

災害発生等緊急事態に役立つ土木技術に関する
調査研究報告書

2024年3月

一般社団法人日本建設業連合会
土木工事技術委員会 土木技術開発部会

はじめに

2024年1月1日の元日、16時10分ごろに石川県能登地方にてマグニチュード7.6、最大震度7の極めて甚大な「令和6年能登半島地震」が発生した。その結果、日本海沿岸の広域に対して大津波警報等が発令され、実際に観測されるとともに、広域にわたる法面崩壊・地滑り、液状化や地盤沈下・隆起等による道路の地割れ・陥没、建物・電柱の傾斜・倒壊が発生し、多くの安否不明者、死者、重軽傷者、ならびに孤立集落の発生が日を追うごとに確認され、11日には激甚災害に指定されるに至った。

あらためて、この大震災で亡くなられた方々に対し、お悔やみを申し上げるとともに、被災されたみなさまに、心よりお見舞いを申し上げます。

政府においては、直ちに非常災害対策本部を設置し、自衛隊や警察、消防などの緊急援助部隊による救命・救助等の活動を開始するとともに、緊急車両が通行するために最低限必要な道路の啓開等に向け、国土交通省のTEC-FORCEが派遣された。同様に、日建連本部および北陸支部においても、地震直後に緊急災害対策本部を立ち上げ、2日午後に北陸地方整備局から日建連北陸支部に災害協定に基づく緊急対応の要請があり、直ちに複数社の日建連会員企業が道路啓開、河道閉塞対応、物資の提供・輸送等の災害応急復旧に向けた取組みを開始し、現在も活動を継続中である。

土木技術開発部会にて、このような災害対策をテーマとした調査研究を開始したのは東日本大震災の発生後10年目となる節目の年であった。将来も起こりうる大規模自然災害に備え、「緊急時の災害復旧工事に日建連会員企業がどのように関わり、貢献することができるか?」、特に当部会の役割として「応急対策工を対象とした、工法、資材、機械、ソフトほか、広義に役立つ技術とは? 今後、開発・導入が必要な技術とは?」等の情報を収集し、過去の災害事例から被災状況に対する緊急対策、復興対策を学び、参考事例として活かすことを目的として、部会メンバー全員でこの『災害発生等緊急事態に役立つ土木技術の調査研究』に取り組んだ。本報告書の発行は、残念ながら上記大震災には間に合わなかったが、本報告書にも記載の通り、緊急事態における地方整備局や自衛隊ほか国の各機関、地方自治体、日建連、日建連会員企業の迅速な協力・連携体制は十分に機能し、日建連会員企業の「技術力」と「機動力」が災害復旧工事に活かされ、能登を中心とした被災地のみなさまの災害復旧・復興に貢献ができていると期待している。そして、将来も起こりうる大規模自然災害への備えにこの報告書が活用されることを願っている。

2024年3月

一般社団法人日本建設業連合会
土木工事技術委員会 土木技術開発部会
部会長 石山 宏二

目 次

はじめに

第Ⅰ編 大規模自然災害への日建連会員企業の対応に関するアンケート調査

1. 災害対策テーマの選定	1
1.1. テーマ提案の背景	1
1.2. 調査研究の取組方針	1
2. アンケート調査の実施	3
3. アンケート調査の結果と分析	10
4. 災害イベントの抽出と調査班の構成	16
5. ヒアリング先の検討	18
参考文献	18
巻末資料1	19
◆対応した具体的な内容一覧	20
◆対応に際し役立った技術(Key Word 整理)一覧	26
◆今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること一覧	29
巻末資料2	37
◆5つの災害イベントに回答した企業別一覧	38

第Ⅱ編 大規模自然災害への官・民・関連企業の対応事例に関するヒアリング調査

II-1 令和元年東日本台風(台風19号)	43
1. 令和元年東日本台風(台風19号)災害の概要	43
1.1. 気象の状況	43
1.2. 被害の状況	44
1.2.1. 全国規模の被害	44
1.2.2. 信濃川水系千曲川での被害	46
2. 千曲川の被災と復旧	49
2.1. 調査の背景と目的	49
2.1.1. 調査対象と事例	49
2.2. 応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス	51
2.2.1. 北陸地方整備局ほかとの災害協定	51
2.2.2. 日建連北陸支部の災害対応	51
2.3. 北陸地方整備局による応急復旧対応	53
2.3.1. 発災から初動の動き	53
2.3.2. 千曲川河川事務所への支援	55
2.3.3. 千曲川(長野市穂保地区)の緊急排水	55

2.3.4. 千曲川(長野市穂保地区)の堤防緊急復旧の動き	56
2.3.5. 鋼矢板仮締切堤防に関する日建連への依頼	59
2.3.6. 千曲川(長野県管理区間)の権限代行の動き	60
2.3.7. 災害廃棄物の扱い	62
2.4. 日建連会員企業による復旧工事	64
2.4.1. 【直轄】長野市穂保(上流工区)の緊急復旧工事(大成建設)	64
2.4.2. 【直轄】長野市穂保(下流工区)の緊急復旧工事(鹿島建設)	69
2.4.3. 【権限代行】佐久市原地先の緊急復旧工事(清水建設)	75
2.4.4. 【権限代行】佐久市原地先の緊急復旧工事(前田建設工業)	80
2.4.5. 【権限代行】東御市海野地先の緊急復旧工事(大林組)	85
2.5. 災害復旧で役立つ技術	90
2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術	90
2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術	91
2.6. 今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項	93
2.7. 地方整備局や自治体への要望	94
3. 北陸新幹線施設等における応急復旧対応事例(JR 東日本)	96
3.1. 被害の概要	96
3.2. 応急復旧・本復旧までの概要	97
3.3. 応急復旧時に役に立った土木技術・対策等	97
3.4. 応急復旧時に困難だったもの	97
3.5. 被災後の浸水対策	98
参考資料	99
参考文献	105
 II-2 平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨)	107
1. 平成 30 年 7 月豪雨により発生した大規模災害の概要	107
1.1. 気象の状況	107
1.2. 被害の状況	115
1.2.1. 概況	115
1.2.2. 中国地方	115
1.2.3. 四国地方	118
2. 岡山県倉敷市真備町の被災と復旧	122
2.1. 調査の背景と目的	122
2.1.1. 調査対象と事例	122
2.2. 応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス	123
2.2.1. 中国地方整備局との災害協定	123
2.2.2. 日建連中国支部の災害対応	123
2.3. 中国地方整備局による応急復旧対応	124

2.4. 日建連会員企業による復旧工事(鹿島建設)	127
2.5. 災害復旧で役立つ技術	129
2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術	129
2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術	132
2.6. 今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項	133
2.7. 地方整備局や自治体への要望	133
3. 高知自動車道の被災と復旧	133
3.1. 調査の背景と目的	133
3.1.1. 調査対象と事例	134
3.2. 応急復旧・本復旧までの概要とプロセス	134
3.2.1. 四国地方整備局との災害協定	134
3.2.2. NEXCO 西日本との災害協定	134
3.2.3. 日建連四国支部による災害対応	134
3.3. 四国地方整備局における応急復旧対策	136
3.3.1. 応急復旧時に役に立った技術・対策	136
3.3.2. 応急復旧時にあればよかった技術・対策	138
3.4. NEXCO 西日本による応急復旧・本復旧対策	138
3.4.1. 応急復旧および本復旧時に役に立った技術・対策	140
3.4.2. 応急復旧および本復旧時にあればよかった技術・対策	142
3.4.3. 将来の大規模災害に対する日建連会員企業に求める応急復旧対応	142
3.5. 日建連四国支部会員企業による応急復旧工事(鹿島建設)	142
3.6. 災害復旧で役立つ技術	145
3.6.1. 応急復旧工事で役立った技術	145
3.6.2. 今後の災害対応であるとよい技術	147
3.7. 今後の災害対応に対して日建連企業に求める事項	147
3.7.1. 四国地方整備局	147
3.7.2. NEXCO 西日本	148
3.8. 日建連への要望【応急復旧工事を担当した日建連会員企業】	148
参考文献	149
 II-3 平成 28 年 8 月台風	150
1. 平成 28 年 8 月台風による豪雨災害の概要	150
1.1. 気象の状況	150
1.1.1. 大雨の概要	150
1.1.2. 台風が相次いで発生した背景(8 日間に 5 個の台風発生)	151
1.1.3. 台風が相次いで北上した背景(2 週間に 4 個の台風が上陸・接近)	151
1.2. 被害の概要	152
2. 国道 274 号(日勝峠付近)の落橋、道路欠損に関する被災と復旧対策・復旧技術	153

2.1. 調査の背景と目的	153
2.2. 国道 274 号線日勝峠の被災と復旧工事	153
2.2.1. 台風 10 号に伴う大雨の概要と気象状況	153
2.2.2. 大雨による被災状況	155
2.2.3. 被災要因と発生メカニズム	155
2.2.4. 災害復旧の歩みと復旧の概要	157
2.2.5. 本災害復旧における対応プロセス	160
3. 災害復旧で役立つ技術	162
3.1. 復旧工事で取り組んだ技術・対策	162
3.2. 今後の災害対応であるとよい技術・対策	163
3.3. 今後の災害対応での検討事項	163
4. 国土交通省 北海道開発局の災害対応と災害対策用機械	164
4.1. 国土交通省 北海道開発局の災害対応	164
4.1.1. 緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)の活動	164
4.2. 国土交通省 北海道開発局の災害対策用機械	165
4.2.1. 豪雨応急対策に有効な機械	165
4.2.2. その他の機械例	167
4.2.3. 開発建設部別災害対策用機械配置	171
4.2.4. 今後の展望における日建連・日建連企業への要望	171
参考文献	172
 II-4 平成 28 年熊本地震	173
1. 平成 28 年 4 月熊本地震により発生した大規模災害の概要	173
1.1. 地震の状況	173
1.2. 被害の状況	175
2. 阿蘇大橋の落橋および大規模土砂崩落に関する被災と復旧	181
2.1. 調査の背景と目的	181
2.2. 被災状況	181
2.3. 応急復旧・本復旧までの概要	183
2.4. 応急復旧の対応プロセス(九州地方整備局・日建連九州支部による災害協定に基づく)	188
2.5. 九州地方整備局による応急復旧対応	188
2.5.1. 熊本地震の被害概要	188
2.5.2. 応急復旧時に役立った技術・対策	189
2.5.3. 応急復旧時にあればよかつた技術・対策	191
2.5.4. 将来の大規模地震に対する日建連会員企業に求められる体制・仕組み	191
2.6. 日建連九州支部における応急復旧対応	191
2.7. 日建連九州支部会員企業による応急復旧対応	191
2.7.1. 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事(株熊谷組)	191

2.7.2. 熊本 325 号災害復旧阿蘇大橋地区工事用道路(大津工区)工事(株フジタ)	194
3. 九州自動車道の被災と復旧	198
3.1. 調査の背景と目的	198
3.2. 被災状況	198
3.3. 応急復旧・本復旧までの概要	199
3.4. 応急復旧の対応プロセス	200
3.5. NEXCO 西日本における応急復旧対応	200
3.5.1. 熊本地震の被害概要	200
3.5.2. 応急復旧時に役立った技術・対策	200
3.5.3. 応急復旧時にあればよかった技術・対策	201
3.5.4. 将来の大規模地震に対する日建連会員企業に求められる体制・仕組み	201
3.6. 日建連九州支部における応急復旧対応	202
参考文献	204
 II-5 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	205
1. 東日本大震災の概要	205
1.1. 気象の状況／地震の状況	205
1.2. 被害の状況	206
2. 東日本大震災の被災と復旧	210
2.1. 調査の背景と目的	210
2.1.1. 調査対象と事例	210
2.2. 応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス	210
2.2.1. 東北地方整備局の災害協定	210
2.2.2. 日建連東北支部の災害対応	210
2.3. 東北地方整備局による港湾施設の応急復旧対応	213
2.4. 日建連会員企業による復旧工事	221
2.4.1. 航路啓開	221
2.4.2. 港湾施設復旧(湾口防波堤)	225
2.4.3. 道路施設復旧(仮橋設置)	229
2.5. 災害復旧で役立つ技術	235
2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術	235
2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術	235
2.6. 今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項	235
2.7. 地方整備局や自治体への要望	236
参考文献	237

第 I 編

大規模自然災害への日建連会員企業の 対応に関するアンケート調査

1. 災害対策テーマの選定

一般社団法人日本建設業連合会（以下、日建連と称す） 土木工事技術委員会の各部会では、日々変化する建設業界を取り巻く環境、国際及び社会情勢を反映し、社会のニーズに適応した課題の抽出・解決に資する調査研究テーマを選定し、取り組んできた。当該土木技術開発部会においてもこれまで同様に、安全・安心に資する土木技術開発、あるいは人工知能（AI）の土木施工技術への適用といった、その時代の要請に適した調査研究テーマを選定し、成果を調査報告書に取りまとめてきた。

今回、部会メンバー全員に対して新たな調査研究テーマを公募し、計24件提案をいただいた。その結果、①激甚災害対応技術、②DX、③DX推進による新しい働き方、④働き方改革、⑤その他、と内容は大きく5つに分類・集約され、あらためて各自の企画書を作成し意見交換したのち、最終的に多数決により以下のテーマを選定した。

○調査研究テーマ：

「災害発生等緊急事態に役立つ土木技術に関する調査研究」

1.1. テーマ提案の背景

東日本大震災から10年が経とうとしているが、熊本や北海道胆振東部など予知できない震災に遭遇し、大きな被害を受けている。南海トラフ地震も発生時期の予知は現状では難しい。

東日本大震災に伴う原発事故も国家的規模の社会問題となり、全国の発電事業に多大な影響を及ぼしている。また、地球温暖化の影響による台風の巨大化や線状降水帯によるゲリラ豪雨などによる河川氾濫や土砂崩壊などの大災害が全国各地で頻発している。

土木技術は、こうした災害に対し、緊急的な応急対応や恒久対策などの扱い手として重要な役割を果たしてきた。一方で、建設業の扱い手不足や高齢化などで技術の伝承や効率化など、ハード・ソフト両面からの技術革新が求められている。

行政機関との災害協定なども整備され、官民が一体となり緊急時に円滑な活動を確保するため、日頃より機能の強化や拡充を図ってきているが、こうした情報が全国展開されていないのではないかという懸念がある。特に、役立った技術や望まれる技術などの情報が伝わっていないのではないかという問題が考えられる。

日建連も災害対応の強化を図っており、早期の復旧・復興活動の支援を目的として「災害復旧・復興に資する技術情報の検索」を整備して、関係者に関連技術の情報提供を行っている。

1.2. 調査研究の取組方針

- ・過去の災害について、被災状況と緊急対策、その後の恒久対策の内容について

広く調査し、どのような技術が有効だったか？どのような技術があれば役に立ったか？また事前にこんなことをやっておけば被害が防止、低減できた等の情報を収集し、今後に向けて展開していく。

- ・災害対応に非定的な技術があるのか？また土木技術者はどのような状況で、どんなことをしたのかを知ることは意義がある。
- ・土木施設の災害応急・復旧対策用資機材の地域性などから生まれた技術や災害を教訓とした平時からの取組を紹介する。
- ・集めた情報を整理し、ゼネコンとして日頃から備えておくべきハード、ソフト今後、開発が望まれる技術を展開する。
- ・ゼネコンとして対応可能な事前の減災対策についても検討する。
- ・活動成果に加えて、以下の2点についても検討を加える。
 - ◆日建連の災害対応体制、活動実績について把握し、会員企業にあらためて周知するとともに、行政機関等にPRする。
 - ◆機会があれば、国の機関（国総研、土研）と意見交換、情報交換を行い、今後の方向性等の指標とする。

2. アンケート調査の実施

前節の背景、取組み方針を踏まえて、過去10年間に発生した大規模自然災害を対象として、日建連加盟の会員企業142社に対し対応実績等に関するアンケート調査を実施することとした。

過去10年間の大きな災害については、7office 株式会社の「日本で起きた災害一覧」を参考にして、東日本大震災以降の25イベントを抽出した(表2-1)。

表 2-1 東日本大震災以降の主な自然災害

番号	年月	名称
1	2020年7月	令和2年7月豪雨
2	2019年10月	令和元年東日本台風(19号)
3	2019年9月	令和元年房総半島台風(15号)
4	2019年8月	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
5	2018年9月	平成30年北海道胆振東部地震
6	2018年6~9月	2018年の猛暑
7	2018年8月	平成30年台風第21号
8	2018年6月	大阪府北部地震
9	2018年6~7月	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
10	2017年7月	平成29年7月九州北部豪雨
11	2016年8月	平成28年台風第7号
12	2016年4月	大分県中部地震
13	2016年4月	熊本地震
14	2015年9月	平成27年9月関東・東北豪雨
15	2014年9月	御嶽山噴火
16	2014年8月	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害
17	2014年2月	平成26年豪雪
18	2013年10月	平成25年台風26号
19	2013年9月	平成25年台風18号
20	2013年8月	2013年の猛暑
21	2012年7月	平成24年7月九州北部豪雨
22	2011年8~9月	平成23年台風12号
23	2011年4月	福島県浜通り地震
24	2011年3月	長野県北部地震(栄村大震災)
25	2011年3月	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

実施したアンケート内容を図2-1(1)~(6)に示す。

令和3年7月20日

日本建設業連合会
会員企業 各位

社団法人 日本建設業連合会
土木工事技術委員会
土木技術開発部会長 石山 宏二

災害発生等緊急事態に役立つ土木技術の調査研究

—アンケートご協力のお願い—

謹啓、時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

平素は当土木工事技術委員会土木技術開発部会の活動に対しまして、格別のご高配を賜り厚く感謝を申し上げます。

時の流れは早いもので、東日本大震災発生から10年の節目を迎えました。この10年を顧みますと、熊本、北海道胆振東部などの震災に遭遇し、大きな被害を受けています。また、地球温暖化の影響で台風の多発や大型化、線状降水帯等による河川氾濫、土砂崩壊災害も全国各地で頻発しております。日本建設業連合会の会員企業の皆さまにおかれましては、これら災害の復旧・復興の担い手として重要な役割を果たしてこられていると存じます。

こうした背景のもとで、土木技術開発部会では、表題に記しました調査研究活動を計画し、その初段として、会員企業の皆様の過去10年間における災害復旧・復興活動の中で

- ① どのような技術が有効だったか？
- ② どのような技術があれば役に立ったか？
- ③ どんな備え(減災防災対策も含む)をしておけばよかつたか？
- ④ 災害対応の準備にあたり、官側に期待すること

などの情報、ご意見をお寄せいただきたく、簡単なアンケートにご協力ををお願いする次第でございます。次段の活動として、アンケート結果を踏まえ、必要に応じ現地調査やヒアリング等を計画しています。その折には更なるご協力ををお願いすることとなります、よろしくお願い致します。

調査研究活動の成果としては、日頃から備えておくべきハード・ソフトを再確認すると共に、今後の技術開発の方向性などを、皆様にご提示できればと考えております。また、会員企業の総意として、官側に期待することを提案できれば、より有意義な調査研究になるものと考えます。

つきましては、業務ご多忙のところ誠に恐縮でございますが、趣旨ご賢察の上、別紙要領等を参照され、アンケートにご協力賜りますようお願い申し上げます。

敬 白

図 2-1(1) アンケート(1)

「災害発生等緊急事態に役立つ土木技術に関する調査研究」アンケート

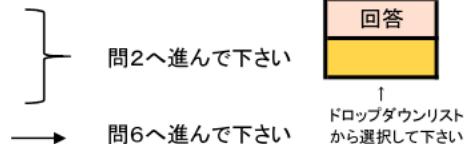
※不明な点等につきましては別紙-1を参照願います

[ご回答者、お問い合わせ先等]

会社名	
回答者	
所属・役職	
e-mail	
TEL	

問1 過去10年間において 災害の応急対策や恒久対策を担った実績はありますか。

1. 応急対策の実績がある
2. 恒久対策の実績がある
3. 応急対策、恒久対策共に実績がある。
4. どちらも実績はない。



問2 実績がある会社への質問です。

添付資料に対応した災害があれば、その番号、対策の区分、災害種別・原因を入力して下さい。

※主な対応事例として別紙-2より5件以内で回答願います。

No	番号	区分	名称	災害種別	災害原因	記入例
				土砂崩れ	地震	
1						
2						
3						
4						
5						

↑ 別紙-2の番号
↓ ドロップダウンリストに該当内容がない場合は空白を選択して直接入力して下さい
(1~25)を入力
して下さい

問3 問2で回答いただいた災害について、対応した時期、場所、発注者をご記入下さい。

No	名称	年	月	場所	発注者	記入例
				北海道厚真町	北海道	
1						
2						
3						
4						
5						

↓ ドロップダウンリストから選択して下さい

図 2-1(2) アンケート(2)

問4 問2で回答いただいた災害について、実施された対応の概要をご記入下さい。

No	名称	実施した対策の内容	記入例
1		道路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	
2			
3			
4			
5			

問5 問2で回答いただいた災害について、対策工を実施する際、何か役に立った技術はありますか。

No	名称	対策工に役立った技術	記入例
1		○×鋼矢板打設工法	
2			
3			
4			
5			

問6 全ての会社への質問です。今後の災害対応に向けて、どのような技術があれば役立つと思いますか。
そのための準備を進めている場合は、概要、想定する災害等について支障のない範囲でご回答下さい。

今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	記入例
大型土のうを無人で製作できるコンパクトな装置	

問7 問6で回答いただいた準備を進める上で、官側に期待するございましたらご記入下さい。

今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	記入例
補助金や税制優遇制度、平時からの情報共有・緊急時の取組体制の確立等	

図 2-1(3) アンケート(3)

「災害発生等緊急事態に役立つ土木技術に関する調査研究」アンケート ご回答要領

日本建設業連合会 土木工事技術委員会 土木技術開発部会

1. ご回答者、お問い合わせ先等

- ・アンケートにご回答いただく方につきましては、追ってご回答内容の確認、次段の現地調査やヒアリングに関するご相談等のお願いについて、ご対応いただける方の連絡先等をご記入願います。

2. 対応実績等について

- ・ご回答いただく災害につきましては、別紙-2「東日本大震災以降の主な災害」より選択していただき、一覧に無いものにつきましては、ご回答不要とさせていただきます。
- ・問1の番号セル には別表-2 の 1~25 の番号を入力願います。名称セル に対応する災害名称が反映されます。
- ・以降の セルはドロップダウンリストを設定していますので、リストの中からご回答を選択願います。なお、空白の選択肢が設定されている場合は、直接入力が可能です。選択肢がない場合にご利用下さい。
- ・問3以降の セルは直接入力をお願いします。

3. 提出方法

- ・ご回答いただきましたアンケートは、Excel シートのまま E-mail で送付願います。
(ファイル名の変更等は不要です)

4. 締切、お問い合わせ先、提出先

- | |
|---|
| ・締切 令和3年8月31日 |
| ・お問い合わせ先、提出先 |
| 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-5-1 東京建設会館8階 |
| 社団法人 日本建設業連合会 土木第二部 森、北浦 |
| TEL:03-3551-2494 E-mail: mori@nikkenren.or.jp |

図 2-1(4) アンケート(4)別紙-1

※アンケートは、PDF とエクセルファイルを会員各社の担当者へメールの送受信により行った。

東日本大震災以降の主な自然災害

<https://www.7mate.jp/saigai/>他参照

番号	年月	名称	概要
1	2020年7月	令和2年7月豪雨	2020年(令和2年)7月3日以降に熊本県を中心に九州や中部地方など日本各地で発生した集中豪雨。
2	2019年10月	令和元年東日本台風(19号)	2019年10月に発生した台風で、関東地方や甲信地方、東北地方などで記録的な大雨となり、甚大な被害をもたらした。
3	2019年9月	令和元年房総半島台風(15号)	2019年9月に発生した関東上陸時の勢力では過去最強クラスの台風
4	2019年8月	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)	長崎県から佐賀県、福岡県までの広い範囲にかけて、長時間にわたる線状降水帯による集中豪雨が発生、8月28日を中心として各地点で観測史上1位の記録を更新した
5	2018年9月	平成30年北海道胆振東部地震	2018年9月6日3:08に発生したM6.7の地震。厚真町で震度7、札幌市東区や新千歳空港などで6弱を観測。苫東厚真火力発電所の緊急停止から発生したブラックアウトにより全道295万户が停電となった
6	2018年6~9月	2018年の猛暑	5年ぶりに40度超え、熊谷市で最高気温記録を更新する41.1°Cを観測した。下呂市、美濃市でも41.0°Cを観測した。他に都内の青梅市で40.8°C、名古屋市で40.3°C、京都市で39.8°Cを観測した。
7	2018年8月	平成30年台風第21号	平成30年台風21号は1993年以来25年ぶりに「非常に強い」勢力で上陸した。大阪湾で第二室戸台風の時を上回る3mを超す高潮を観測し、関西国際空港では滑走路が浸水し、連絡橋にタンカーが衝突して孤立状態となった。
8	2018年6月	大阪府北部地震	大阪北部地震: 2018年6月18日7:58に発生した大阪北部を震源とするM6.1の直下型地震。大阪北部で観測史上最大の震度6弱を観測した。
9	2018年6~7月	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	西日本豪雨とも。2018年7月上旬に発生した豪雨災害。広島県、岡山県、愛媛県などに甚大な被害をもたらし、死者は200人越え。水害による死者100人越えは平成に入ってから初、昭和期に遡っても長崎豪雨以来である。
10	2017年7月	平成29年7月九州北部豪雨	2017年7月5日~6日、福岡県と大分県で集中豪雨。死者行方不明者42人。
11	2016年8月	平成28年台風第7号	2016年8月16日~8月31日に発生した台風及び北海道地方に停滞した前線による大雨により死者25名、住屋倒壊や浸水などの水害、農作物への甚大な被害(ポテトチップス用のジャガイモ、トウモロコシ、玉ねぎなど)をもたらした。
12	2016年4月	大分県中部地震	2016年4月16日7:11に発生したM5.3の地震。平成28年熊本地震に誘発された地震。大分県由布市で最大震度5弱を観測。熊本地震の本震(ほぼ同時発生した大分県中部の誘発地震)で震度6弱の揺れに見舞われた由布市・別府市などでは、被害の拡大を招いた。
13	2016年4月	熊本地震	2016年4月14日21:26に前震(M6.5)が発生し、最大震度7を益城町で観測。その後、4月16日に本震(M7.3)が発生し、熊本県益城町(2回目)、西原村で最大震度7を観測したほか、熊本県と大分県の広範囲で震度6強~6弱を観測。なお、本震の際には大分県中部でも誘発地震が同時発生していた。
14	2015年9月	平成27年9月関東・東北豪雨	台風18号から変わった温帯低気圧による線状降水帯が大雨をもたらした。鬼怒川の堤防が決壊、常総市一帯が浸水。
15	2014年9月	御嶽山噴火	2014年9月27日11:52、登山客が山頂に多数居る時間に突然噴火。多くの登山客が巻き込まれた。死者57人。

1 / 2

図 2-1(5) アンケート(5)別紙-2

東日本大震災以降の主な自然災害

<https://www.7mate.jp/saigai/>他参照

番号	年月	名称	概要
16	2014年8月	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	2014年8月20日に広島市北部の安佐北区・安佐南区の複数箇所にて大規模な土砂災害が発生。土石流などで死者74人・家屋の全半壊255軒。広島市内の地質が影響し被害が拡大した。
17	2014年2月	平成26年豪雪	普段は雪の少ない太平洋側でも大雪となり、首都圏などでスリップ事故が相次いた。特に岐阜県・山梨県・長野県では大雪で孤立する集落が相次いた。
18	2013年10月	平成25年台風26号	東京都の伊豆大島にて記録的な大雨による土石流が発生。集落を飲み込み死者行方不明者39人。
19	2013年9月	平成25年台風18号	愛知県に上陸後岩手県で抜ける。京都府桂川、由良川が氾濫。死者6名
20	2013年8月	2013年の猛暑	8月上旬から中旬にかけて全国的に猛暑となり、高知県四万十市江川崎で当時国内観測史上最高となる最高気温41.0°Cを観測した。各地で熱中症による救急搬送も多数あった。
21	2012年7月	平成24年7月九州北部豪雨	停滞した梅雨前線による大雨。死者30名、矢部川、白川、山国川が氾濫。
22	2011年8~9月	平成23年台風12号	2011年9月2日~3日にかけて、西日本各地に大雨を降らせた。特に紀伊半島の奈良県南部・和歌山県で被害が大きかった。死者・不明者92人
23	2011年4月	福島県浜通り地震	2011年4月11日に発生したM7.0の地震。東北地方太平洋沖地震で誘発された余震。福島県いわき市で震度6弱を記録。また同市で土砂崩れにより3人が死亡した。またこの地震で復旧中の電力が途絶し最大約21万戸が停電した。翌日、同じような場所と深さでM6.4、最大震度6弱の地震が発生したが、この地震で誘発されたと思われるもので厳密には別の地震である。
24	2011年3月	長野県北部地震(栄村大震災)	2011年3月12日に発生したM6.7の地震。長野県栄村では震度6強を記録しており、家屋の倒壊や土砂崩れなどの被害を受けた。
25	2011年3月	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	2011年3月11日に発生したM9.0の巨大地震。(国内観測史上最大の地震)最大震度7。東日本の太平洋沿岸部に大津波が襲来し多大な被害を与えた。福島第一原子力発電所事故も発生するなど、日本は戦後最大ともいえる国難に直面した。

2 / 2

図 2-1(6) アンケート(6)別 紙 -2

3. アンケート調査の結果と分析

実施したアンケート調査については、91社(64%)から回答をいただいた。これらを災害イベント、災害種別、災害原因などについて、整理したので以下に示す。なお、回答の詳細は、巻末資料とした。

・災害別対応件数

アンケートの回答では、東日本大震災関連の対応が最も多く59件(図3-1)。その次は、令和元年東日本台風(19号)が48件で2位につけた。3位以降は、熊本地震が23件、平成30年7月豪雨が20件、平成30年北海道胆振東部地震が17件と続いた。

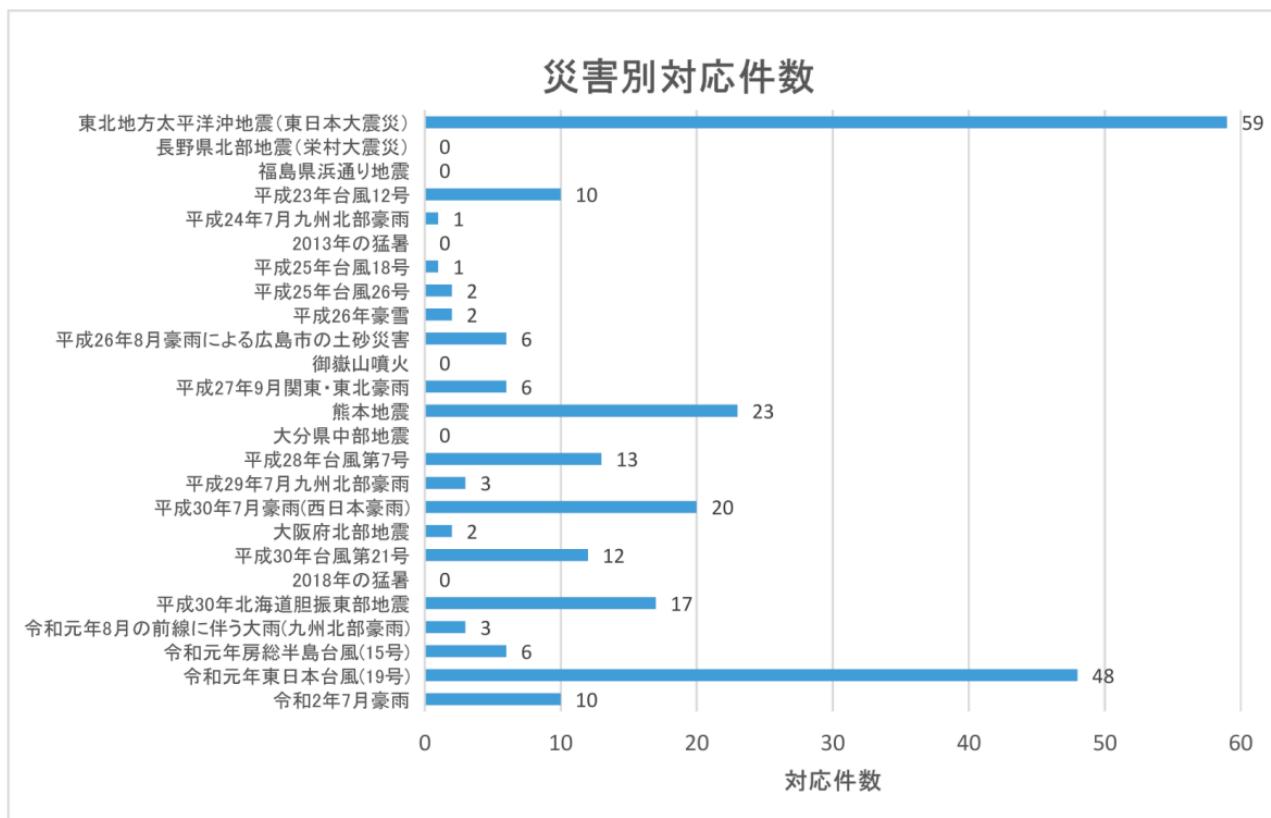


図3-1 災害別対応件数

・災害種別対応件数

災害の種別で比較すると、インフラ損傷に関するものが最も多く55%を占めた(図3-2)。

その次は、斜面崩壊が26%。3位以降は、河川障害対応が6%、建物倒壊対応が5%、海洋港湾障害対応と農地被害対応はそれぞれ2%であった。

・災害原因別対応件数

災害の原因別で比較すると、豪雨によるものが51%で約半数を占めた(図3-3)。

その次は、地震が40%。3位は強風8%となっている。

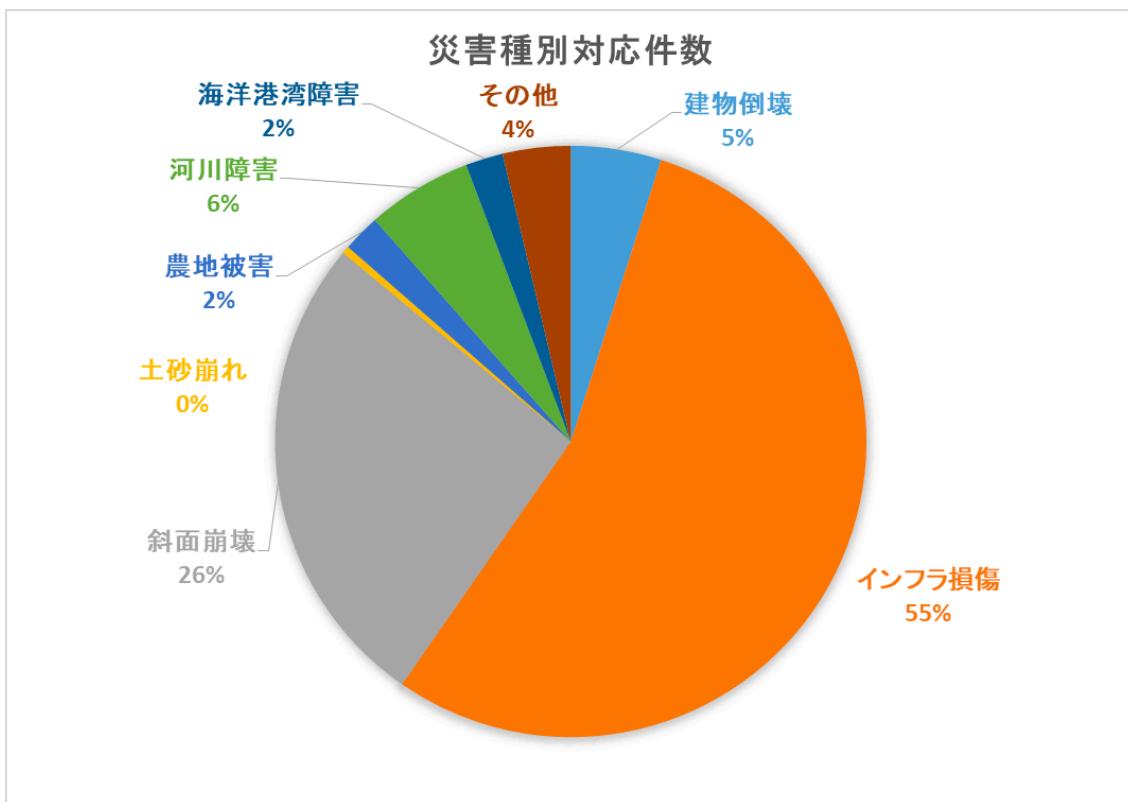


図 3-2 災害種別対応件数

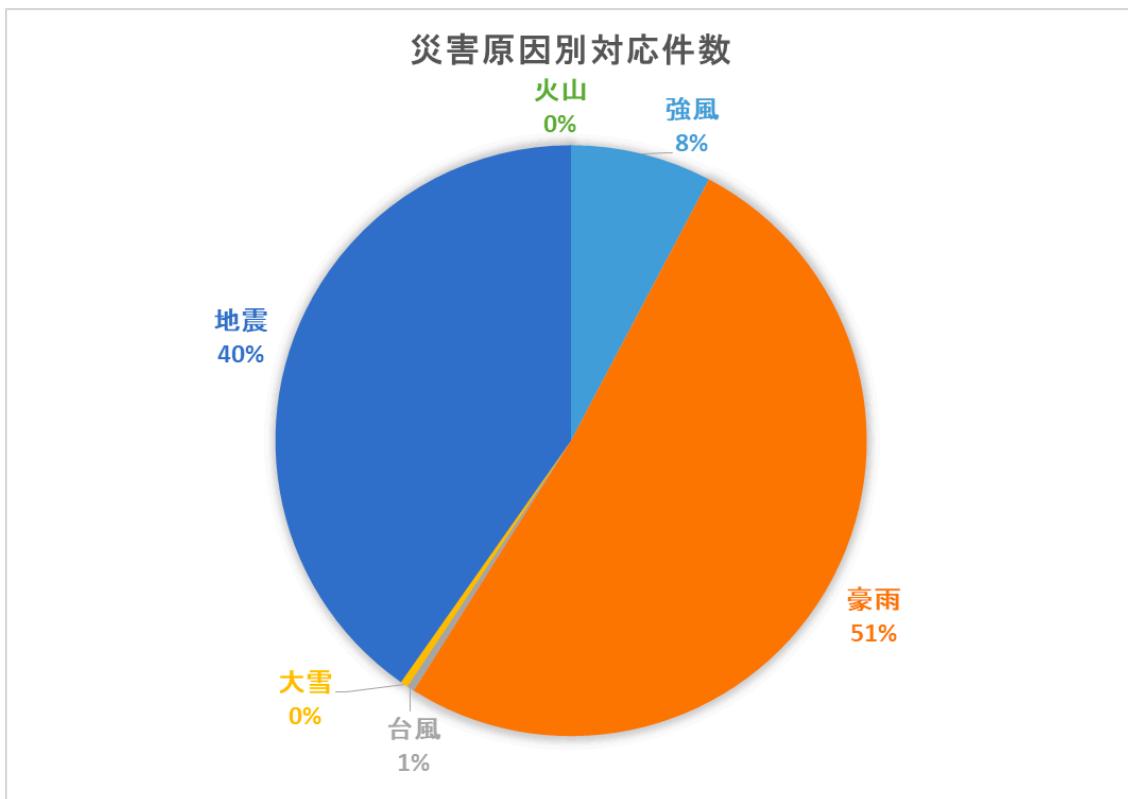


図 3-3 災害原因別対応件数

災害の傾向を把握するため、発災年別、都道府県別、地方別について整理したので、以下に示す。

- ・災害対応年別件数(図3-4)
- ・都道府県別対応件数(図3-5)
- ・地方別対応件数(図3-6)

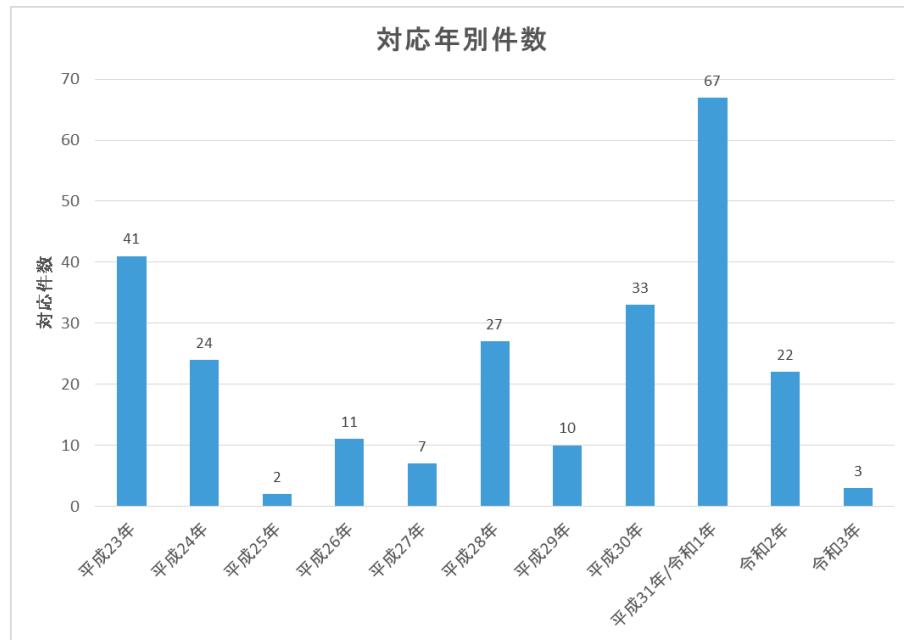


図3-4 災害対応年別件数

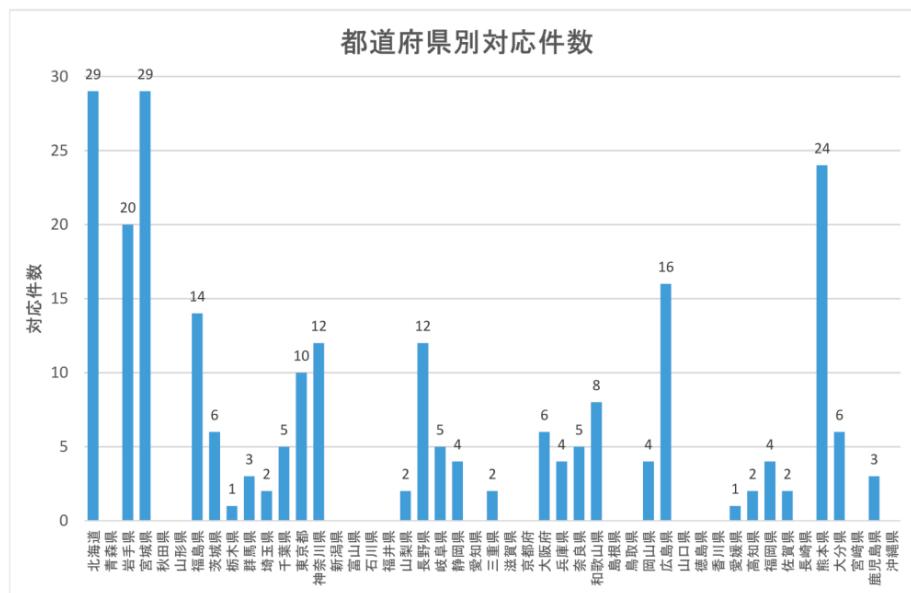


図3-5 都道府県別対応件数

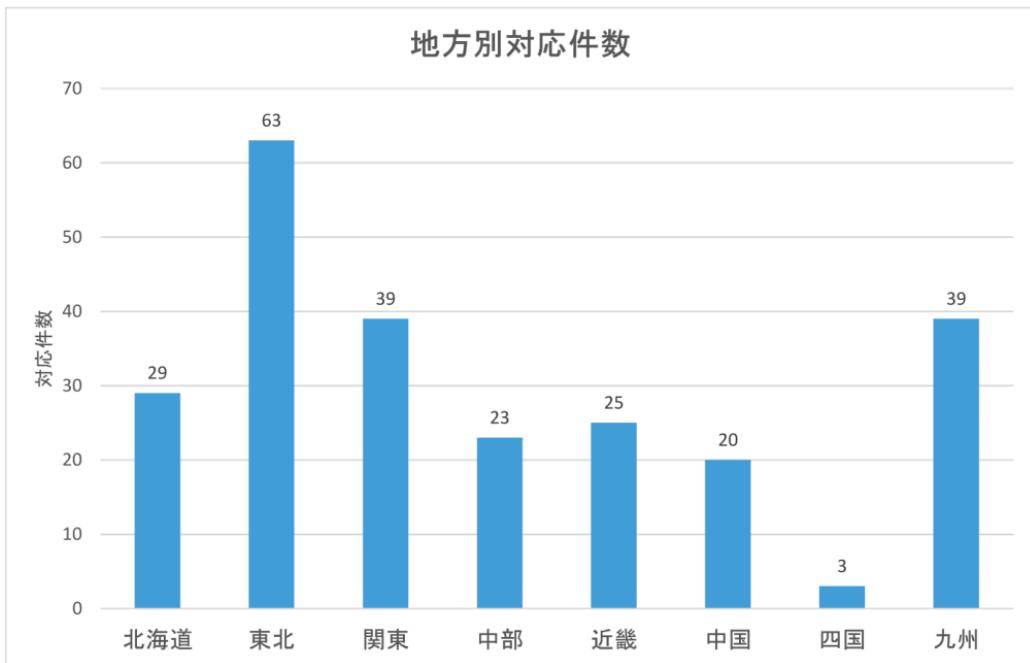


図 3-6 地方別対応件数

対策工として、実施した具体的な対応内容を多い順に並べて整理した(図 3-7)。

また、役立った技術について、多い順に並べて整理した(図 3-8)。

ただし、これらの技術については、単一工種の技術ではなく、ICT 技術や無人化施工など、包括的な技術も含まれているため、留意が必要である。

今後の対策工に役立つと思われる技術を多い順に並べて整理した(図 3-9)。さらに、今後の対策工を進めるために官側に期待することを多い順に並べて整理した(図 3-10)。

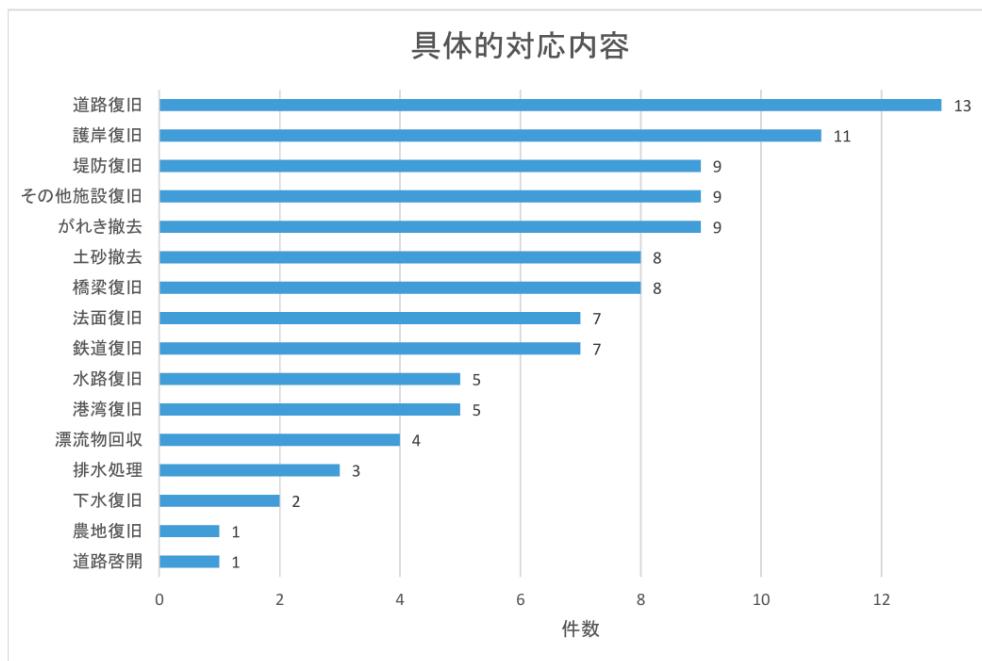


図 3-7 具体的対応内容

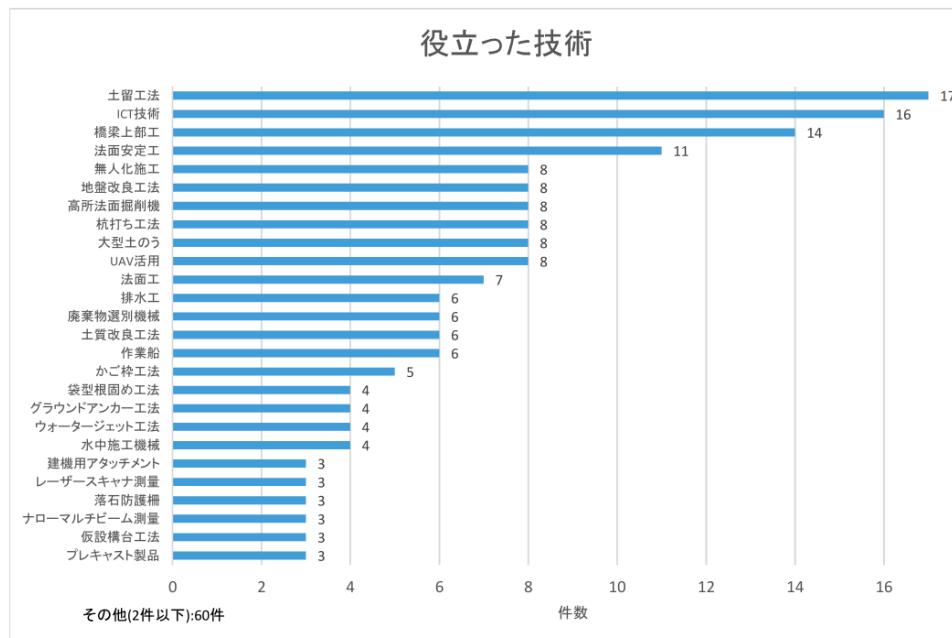


図 3-8 役立った技術内容

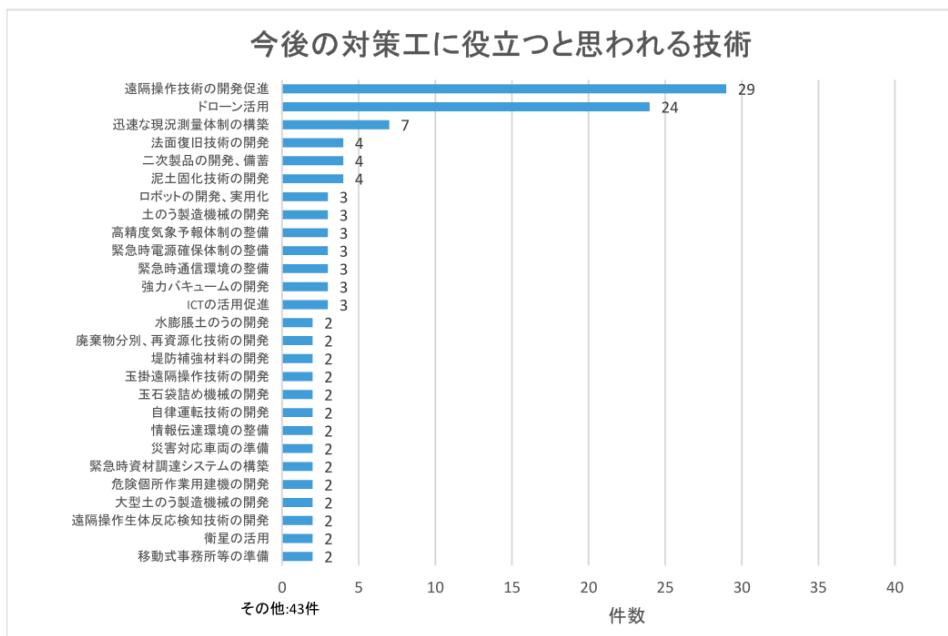


図 3-9 今後の対策工に役立つと思われる技術

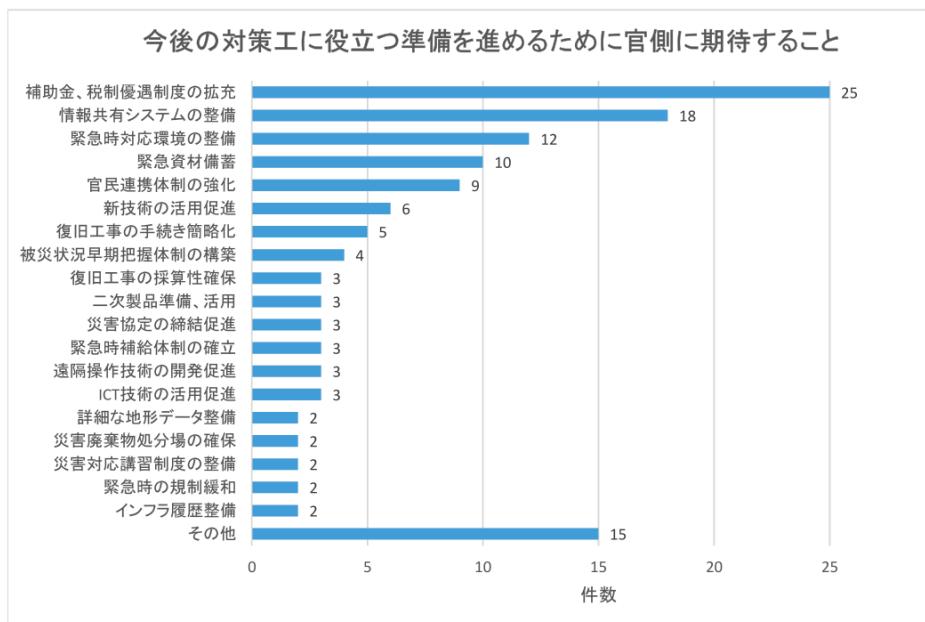


図 3-10 今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側へ期待すること

4. 災害イベントの抽出と調査班の構成

今回の災害対策調査では、応急復旧工事をターゲットにしていることから、災害イベントは、以下のように抽出した。

災害別対応件数のうち、「応急／応急・恒久／恒久」の内訳を確認する(図 4-1)。

対策工の区分のうち「応急／応急・恒久」を含むものを抽出して、件数の多い順に並べて整理する(図 4-2)。

調査班の数も考慮して、上位 5 位を調査対象の災害イベントとすることとした(図 4-3、表 4-1)。

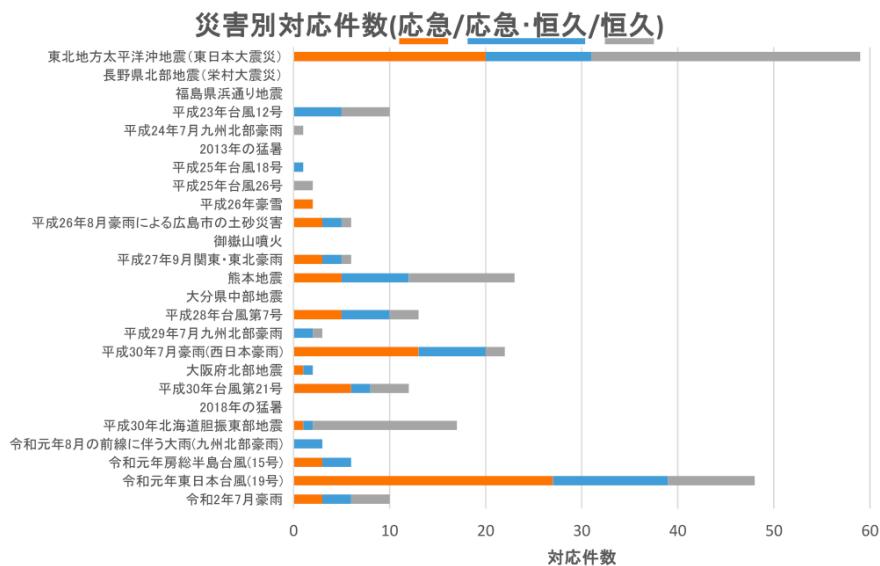


図 4-1 災害別対応件数のうち「応急／応急・恒久／恒久」対策の内訳

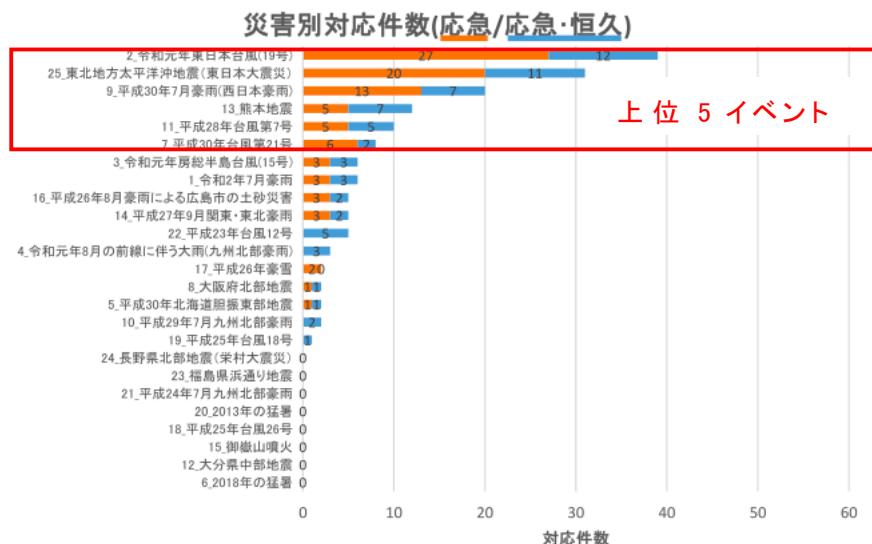


図 4-2 対策工のうち「応急／応急・恒久」対策の抽出

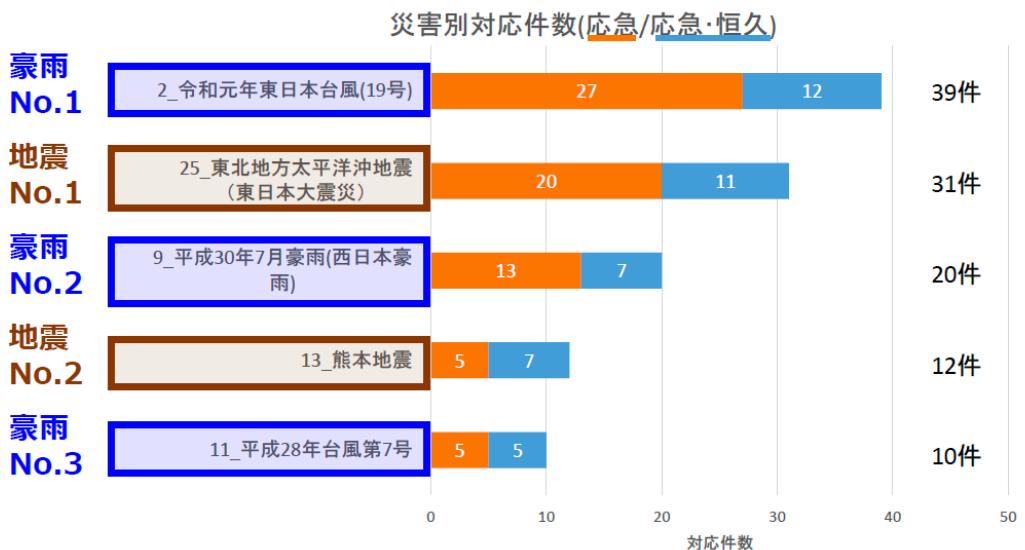


図 4-3 抽出された「応急／応急・恒久」対策の上位 5 イベント

表 4-1 調査対象の災害イベント

調査班	分類	災害イベント	年月	災害の名称	応急	応急・恒久
1班	豪雨	No. 1	2	2019年10月 令和元年東日本台風(19号)	27	12
2班	地震	No. 1	25	2011年3月 東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災)	20	11
3班	豪雨	No. 2	9	2018年6～7月 平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	13	7
4班	地震	No. 2	13	2016年4月 熊本地震	5	7
5班	豪雨	No. 3	11	2016年8月 平成28年台風第7号	5	5

調査班の編成

土木技術開発部会の部会長・副部会長を含めた委員は、全員で 20 余名である。そこで、各災害イベントに対して、それぞれ 4 名程度の 5 つの調査班を設置した。

調査班の人選は、土木技術開発部会の委員名簿の順に振り分けて、5 班を構成し、各班の中でリーダーを決めた。

5. ヒアリング先の検討

今回の調査のヒアリング先は、当初、アンケートを回答した会社に対して、技術的な内容をさらに深掘りするために実施する計画であったが、ヒアリング先を調整していく中で、災害対策の趣旨から、発注者の意向も反映すべきではないか、との意見が出された。このためサブワーキングでの協議の結果、災害対策に関する発注者、日建連各支部、各会員企業など、すべての立場の人の意見について、ヒアリング調査を行い、これらを反映した報告書をとりまとめることとした。

調整の結果、各調査班とヒアリング先を以下に示す(表 5-1)。

表 5-1 調査班とヒアリング先一覧

班	委員	対象とする災害 (主な対象テーマ)	ヒアリング先	
			発注者・日建連	ゼネコン他
1班	石山部会長 ○武田委員 白石委員 小林委員 井上委員	東日本台風19号 「千曲川の破堤氾濫」 「北陸新新幹線施設」	国土交通省 北陸地方整備局 JR東日本 日建連 北陸支部	大成建設 鹿島建設 清水建設 前田建設工業 大林組
2班	手塚副部会長 ○酒匂委員 加藤委員 永山委員	東日本大震災 「航路啓開」 「港湾施設（防波堤）」 「道路施設（仮橋設置）」	国土交通省 東北地方整備局 日建連 東北支部	五洋建設 東亜建設工業
3班	帷子副部会長（～R5/3） ○清水委員 大原委員 中谷委員 星委員（R5/4～）	西日本豪雨 「真備町の水害」 「高知自動車道」	国土交通省 中国地方整備局 国土交通省 四国地方整備局 NEXCO西日本 四国支社 日建連 中国支部 日建連 四国支部	鹿島建設
4班	○柴田副部会長 井上委員（～R5/3） 高橋委員（R5/4～） 加藤委員 五ノ井委員	2016年熊本地震 「阿蘇大橋地区土砂崩壊」 「九州自動車道」	国土交通省 九州地方整備局 NEXCO西日本 九州支社 日建連 九州支部	熊谷組 フジタ
5班	○土屋委員 工藤委員 木井委員 船田委員	平成28年台風7号 (北海道) 「国道274号線日勝峠」	国土交通省 北海道開発局 日建連 北海道支部	清水建設 宮坂建設工業

※青文字○は各班のリーダー

参考文献

- 7 offic 株式会社、日本で起きた災害一覧 (<https://www.7mate.jp/saigai/>)

第 I 編 卷末資料 1

表 対応した具体的内容

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称
強風	応急	漂流物回収	がれき撤去	みなとみらい地区 施設内 倒木処理	令和元年房総半島台風(15号)
			橋梁復旧	船舶衝突により損傷した鋼製横梁損傷部の切断撤去、新規製作部材の取付及びフーチングコンクリート損傷部の復旧	平成30年台風第21号
			道路啓開	強風により多数の街路樹が倒れたため道路啓開対応を実施	平成30年台風第21号
			神戸港コンテナ流出に伴う調査及びコンテナ回収。	平成30年台風第21号	
			連絡橋に衝突したタンカーをタグボートで引き出した。	平成30年台風第21号	
	応急・恒久共	橋梁復旧	関西空港連絡鉄道橋の「橋桁・支承」の移動と一部損傷の復旧	平成30年台風第21号	
			走錨した船舶が衝突した橋梁の短期間での復旧	令和元年房総半島台風(15号)	
		港湾復旧	港湾施設の調査、啓開作業、応急復旧など	令和元年東日本台風(19号)	
			港湾施設の復旧	令和元年房総半島台風(15号)	
		護岸復旧	既設護岸復旧のための鋼管杭打設および道路土砂流出を防ぐための薬液注入	令和元年東日本台風(19号)	
			護岸被覆工	平成30年台風第21号	
			護岸復旧	令和元年房総半島台風(15号)	
	恒久	港湾復旧	波浪により、破損した浮桟橋の復旧工事	平成30年台風第21号	
			護岸復旧	径1320mm、L=27.5mの鋼管杭を打設する消波護岸復旧工事。	平成25年台風26号
		堤防復旧	倒壊した護岸の復旧	平成30年台風第21号	
			波浪により、破損した漁港の防波堤の撤去及び復旧工事	平成30年台風第21号	
		防波堤復旧	防波堤復旧	平成29年7月九州北部豪雨	
豪雨	インフラ損傷	がれき撤去	水害被災がれきの仮置場造成、冠水箇所(小学校)のがれき・汚泥撤去	令和元年東日本台風(19号)	
			道路、水路、電線(トタン屋根飛来で停電)支承物の撤去清掃	平成30年台風第21号	
		橋梁復旧	豪雨により河川が増水し、沈下した橋梁の応急復旧工事のうち、瀬替えと施工ヤードの造成、不要となった橋脚の撤去、護床ブックの現地製作、設置等	令和元年東日本台風(19号)	
			落橋した橋の横に仮設橋梁・道路の設置	平成28年台風第7号	
			流失した橋りょうの撤去、新設	平成28年台風第7号	
		護岸復旧	河川護岸損傷箇所(18箇所)の応急復旧工(かご工の設置等)	令和元年東日本台風(19号)	
			河川堤防の損壊箇所をかごマット多段積、布製型枠による護岸の応急復旧	令和元年東日本台風(19号)	
		堤防復旧	鬼怒川堤防決壊箇所の応急復旧及び本復旧	平成27年9月関東・東北豪雨	
			決壊した河川堤防の大型土壠による仮復旧	平成27年9月関東・東北豪雨	
			決壊した堤防の復旧(盛土、護岸ブロック据付、植生工)	令和元年東日本台風(19号)	
			鋼矢板仮締切堤防の急速施工による応急復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			千曲川決壊災害に対する鋼矢板二重締切工および築堤護岸工	令和元年東日本台風(19号)	
			破堤した河川堤防(末政川)の応急復旧、河床堆積物除去	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
			辺別川右岸が破堤の恐れが生じた為の堤防応急復旧及び洗掘防止工事	平成28年台風第7号	
	応急	道路復旧	仮設組立橋梁を使用した仮桟橋工法による道路復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			高速道路上、土砂崩れによる通行止め箇所の土砂撤去	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
			豪雨により崩壊した道路へのテトラポットの運搬作業	令和2年7月豪雨	
			国道139号、県道505号・33号の道路除雪を10日間実施	平成26年豪雪	
			上り車線崩壊の為、下り車線片側交互通行帯設置	平成30年台風第21号	
			道路除雪及び運搬	平成26年豪雪	
		土砂撤去	堤防決壊により流出した土砂の除去作業	平成27年9月関東・東北豪雨	
			道路、上下水施設の土砂撤去	令和元年東日本台風(19号)	
			道路の流木・土砂撤去、流出箇所の道路復旧	平成28年台風第7号	
			道路を塞いだ土砂の撤去及び堤防決壊部復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			崩落土砂の撤去、倒木撤去、水路仮復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			列車軌条上での崩落土砂復旧	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
		排水処理	道路冠水箇所の水替え作業及び交通誘導	令和元年東日本台風(19号)	
			八代港における河川より流出した流木の回収	令和2年7月豪雨	
		漂流物回収	漂流物回収、緊急物資運搬	令和2年7月豪雨	

表 対応した具体的内容

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称	
豪雨	インフラ損傷	応急・恒久共	橋梁復旧	高速道路敷地外の土砂崩落に起因して流出した高速道路本線橋梁の復旧工事および崩落斜面の応急・恒久復旧工事	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				被災した国道の仮橋設置、既設橋梁撤去・新設工事	平成28年台風第7号	
				流失した橋りょうの復旧(崩壊した既設橋りょうの撤去及び新設)	平成28年台風第7号	
				流出した橋脚の復旧	平成23年台風12号	
			護岸復旧	崩壊した護岸および発電所の復旧工	令和元年東日本台風(19号)	
				崩壊した堤防の仮復旧および大型ブロックによる護岸築造等	令和元年東日本台風(19号)	
			水路復旧	水力発電用水路の復旧、流木除去、護岸、護床ブロック復旧	令和元年東日本台風(19号)	
				豪雨で破堤した箇所の復旧及び築堤盛土・護岸工	平成28年台風第7号	
			堤防復旧	堤防一部崩壊部分の補強、崩壊した護岸等の復旧施工	平成29年7月九州北部豪雨	
				堤防洗掘箇所を仮土留め、大型土嚢で応急措置、その後、本復旧で侵食箇所に流動化処理土充填	平成27年9月関東・東北豪雨	
				土石流による河川崩壊により、緊急対策として仮設砂防ダムを築造し恒久には護岸ブロック築造により河川拡幅を実施した	平成29年7月九州北部豪雨	
		豪雨	鉄道復旧	小田急線 洗沢～新松田間(上り線側)の損壊した擁壁の復旧工事	令和元年東日本台風(19号)	
				線路を塞いだ転石の撤去	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)	
				線路を塞いだ土砂の撤去	平成25年台風18号	
				線路を塞いだ土砂の撤去、崩壊したのり面保護工	令和2年7月豪雨	
				線路を塞いだ土砂の撤去、崩壊した盛土の復旧	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				線路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	
				線路橋梁の倒壊・流出の復旧工事	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				地震により損傷した鉄道高架橋の復旧工事他	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				三陸鉄道・阿武隈急行の軌道復旧・法面復旧	令和元年東日本台風(19号)	
				流出鉄道橋の仮復旧と新橋梁構築	平成23年台風12号	
		道路復旧		豪雨で崩壊した国道の復旧及び道路盛土・法面工	平成28年台風第7号	
				道路陥没箇所の復旧、水力発電用水路の復旧	平成27年9月関東・東北豪雨	
		恒久	橋梁復旧	倒壊した橋梁(178m)の下部工事	平成23年台風12号	
				倒壊した橋梁の桁製作工	令和2年7月豪雨	
			護岸復旧	台風豪雨による増水で河川護岸が洗掘された	令和元年東日本台風(19号)	
				無堤防地帯の築堤盛土	令和元年東日本台風(19号)	
			鉄道復旧	無堤防地帯の築堤盛土	平成27年9月関東・東北豪雨	
				年末年始休暇までに損傷箇所の復旧を冬季施工で実施	平成28年台風第7号	
				落橋した河川横断する鉄道橋梁の撤去および恒久復旧(橋台新設、橋脚補強、トラス式橋梁架設)	令和元年東日本台風(19号)	
			道路復旧	国道219号河川氾濫による道路崩壊部の擁壁工	令和2年7月豪雨	
				河道に堆積した土砂の撤去及び護岸工	平成28年台風第7号	
		土砂撤去		河道に溜まった土砂の撤去及び護岸工	平成28年台風第7号	
				太田川発電所水槽土砂撤去及び覆蓋設置、周囲の法面保護工	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	
				法面復旧	熊本地震	
地震	応急	がれき撤去		磯浜漁港内に飛散した消波ブロック及び堆砂除去撤去	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				漁港内のコンクリート構造物を破碎し、浚渫する工事	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				福島県災害從事要請に対して人員・車両派遣を行った 延人員225名 重機180台	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				流出重油の処理を土壤改質で行った	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
		橋梁復旧		震災により引ス析の疑似連結構の緊急補修及び耐震補強、変位制限装置の製作・設置、落橋防止装置の製作・設置	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				地震により落橋した橋梁の解体・撤去及び被災した橋梁の応急復旧及び補強	熊本地震	
				津波で倒壊した国道橋の横に仮橋を架橋	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				津波により損傷した主桁腹板部の仮設バイパス材を使用した主桁部材交換工、当板補修工、RC床版部分打替工、伸縮装置取替工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	

表 対応した具体的内容

3/6

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称	
インフラ損傷	地震	応急	港湾啓開	起重機船による啓開作業	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				宮古港内の航路啓開作業	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				大阪港 被害状況確認補助	大阪府北部地震	
				大船渡港の啓開作業	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			護岸復旧	地震と津波により崩壊した護岸・ブロック積擁壁の保護工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				高速道路の土工部と橋梁部等の段差による通行遮断箇所、陥没箇所の舗装復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			道路復旧	道路の段差修正等	熊本地震	
				土砂撤去	熊本地震	
			漂流物回収	沈没また陸上に打ち上げられた各種船舶をFCIにて撤去した。	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				橋脚補修、ひび割れ、断面欠損	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
	応急・恒久共	橋梁復旧	上部エジヤッキアップ橋面段差修正、支承、伸縮装置交換	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)		
				津波引き波で洗堀を受けた橋脚の緊急根固め埋戻し	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				倒壊した橋梁の伸縮装置の復旧	熊本地震	
			下水復旧	下水処理場の最初沈殿池、ホッパー基礎、汚泥処理棟の復旧工	熊本地震	
				港湾啓開	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
		堤防復旧	水路復旧	地震で傾いた家の間にある水路の災害復旧	大阪府北部地震	
			新幹線高架橋の修繕工事(支承修繕、断面修復、排水樋補修など)	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)		
				線路等鉄道施設を塞いだ土砂の撤去及び鉄道施設の応復旧	熊本地震	
			鉄道各線の復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)		
		道路復旧		地盤流動化による道路沈下抑制	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				道路を塞いだ土砂の撤去、鉄道高架橋の補修修繕	熊本地震	
		俵山トンネル・南阿蘇トンネルの被害調査・対策工の設計・補修補強工事 JR九州新幹線の脱線修復、高架橋の補修補強 他	俵山トンネル・南阿蘇トンネルの被害調査・対策工の設計・補修補強工事 JR九州新幹線の脱線修復、高架橋の補修補強 他	熊本地震		
			漂流物回収	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)		
	恒久	がれき撤去	ダム貯水池に堆積した土砂・流木の撤去及び護岸工	ダム貯水池に堆積した土砂・流木の撤去及び護岸工	平成30年北海道胆振東部地震	
				震災廃棄物撤去、防潮堤、河川堤防、高台造成、道路付替	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			地震と津波災害に伴う廃棄物の中間処理	地震と津波災害に伴う廃棄物の中間処理	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
		橋梁復旧	PC連続ラーメン箱桁橋の急速施工	PC連続ラーメン箱桁橋の急速施工	熊本地震	
				橋梁部伸縮継手部の段差抑制	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				上部エジヤッキアップ橋面段差修正、支承、伸縮装置交換	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				上部エジヤッキアップ橋面段差線形修正、支承、伸縮装置交換	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				上部エジヤッキアップ支承交換	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			震災により損傷した箱桁の再製作材による取替(ゲルバー一部)他、支承落橋防止装置、床版、伸縮装置の復旧	震災により損傷した箱桁の再製作材による取替(ゲルバー一部)他、支承落橋防止装置、床版、伸縮装置の復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				損壊した橋梁(鋼橋)の撤去・架け替え・法面補強、施設内の道路・排水管補修	熊本地震	
				損傷した陸橋の補修補強工	熊本地震	
				地震により被災した橋梁下部工の耐震補強工事、落橋防止工事、橋梁、調整池、のり面、立入防止柵、C-BOXの補修工事	熊本地震	
				地震動による橋梁上部工変形破損の復旧工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
	下水復旧	港湾復旧	津波により損傷した主桁・横桁の加熱矯正及び補剛材取付、添接部の高力ボルト入替、合成床版の一部取替	津波により損傷した主桁・横桁の加熱矯正及び補剛材取付、添接部の高力ボルト入替、合成床版の一部取替	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				下水処理施設、管渠、マンホール等の復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				下水処理場の災害復旧工事(ひび割れ補修、断面修復等)	平成30年北海道胆振東部地震	
				開削による下水管の撤去・再施工、改築推進工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				汚水管災害復旧	熊本地震	
			護岸復旧	港湾施設復旧(液状化対策)	平成30年北海道胆振東部地震	
				被災した鋼構造岸壁(港湾)の本体工及び背面の液状化対策工(地盤改良工)	平成30年北海道胆振東部地震	

表 対応した具体的内容

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称	
インフラ損傷	地震	恒久	水路復旧	海底設置型フラップゲート式水門設置工事	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				地震で破損した管水路の復旧	平成30年北海道胆振東部地震	
			その他施設復旧	海浜公園の復旧工事	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				固定壁再構築工、断面修復工(災害復旧補修工)	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				宅地擁壁の復旧	熊本地震	
			堤防復旧	液状化による堤防損傷復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				津波で倒壊した防波堤を撤去	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				防潮堤の復旧・嵩上げ工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				防波堤の復旧工事	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				防波堤本体製作工事	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			鉄道復旧	新幹線高架橋補修工事	熊本地震	
				被災した鉄道構造物(盛土、橋台、橋脚、橋梁など)の補修・復旧・新設	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
			道路復旧	斜面崩壊により国道が寸断され、代替路の一部として山岳トンネルを施工	熊本地震	
				液状化により道路の沈下、陥没の復旧	平成30年北海道胆振東部地震	
				液状化により被害を受けた道路復旧・液状化防止対策	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				液状化現象等により損傷した鉄道駅前バスターミナル部の道路復旧工	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				液状化対策として、車道部は深層混合処理工法、宅地部は薬液注入工を実施	平成30年北海道胆振東部地震	
			法面復旧	災害により寸断された国道の別ルート国道整備事業の一環	熊本地震	
				崩落した法面の保護工及び浮石撤去	熊本地震	
				崩壊した法面の復旧等	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
建物倒壊	強風	応急	その他施設復旧	PA擁壁背面吸出し防止空洞充填、既設破損構造物撤去、袋詰根固設置	令和元年東日本台風(19号)	
				千葉県船橋防災センターへの土のう袋等運搬作業	令和元年房総半島台風(15号)	
				台風で飛来した家屋の瓦に対して、屋根にブルーシートを設置した	令和元年東日本台風(19号)	
	豪雨	応急	がれき撤去	災害廃棄物の分別・運搬	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				土砂撤去	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
			排水処理	浸水区域での排水ポンプ車による排水作業	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				千曲川破堤水害地区の排水作業	令和元年東日本台風(19号)	
				千曲川破堤水害地区の排水作業	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				台風により浸水した地域でのポンプ排水作業	令和元年東日本台風(19号)	
				内水面水路の排水	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				排水ポンプの設置撤去	令和元年東日本台風(19号)	
			堤防復旧	安佐南区の崩壊箇所における砂防堰堤新設に伴う法面保護工	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	
				がれき撤去	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
			恒久	1次仮置場から運ばれてくる災害廃棄物を選別し、各処分先に搬入	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				道路復旧	平成30年台風第21号	
	地震	応急	がれき撤去	災害廃棄物の破碎および分別	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				その他施設復旧	物資保管用のテント設置	
			土砂撤去	道路の堆積物の撤去	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
				排水処理	浸水区域での排水ポンプ車による排水作業	
		応急・恒久共		津波により浸水した地域でのポンプ排水作業	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)	
		その他施設復旧	崩落した熊本城石垣の復旧	熊本地震		
			恒久		浄水場倒壊による配管布設、浄水場補修	平成30年北海道胆振東部地震
					被災した旧水門を撤去し、新しい水門を築造	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		堤防復旧	津波にて被災した土地への対策としての防潮堤築造	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)		

表 対応した具体的内容

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称	
斜面崩壊	豪雨	応急	がれき撤去	災害廃棄物の分別処理	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	
				被災地から撤出されたがれき処理	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				崩落土砂の撤去、倒木撤去	令和元年東日本台風(19号)	
			その他施設復旧	冠水部水替、崩落土砂撤去、大型土のう積み、布団かご設置、袋型根固め工(ボトルユニット)	令和元年東日本台風(19号)	
				無人化施工ユニット「ロボQ」を現地に運搬	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
			堤防復旧	崩壊した堤防法面の応急復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			鉄道復旧	線路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した土留擁壁の復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			道路復旧	高速道路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				道路・水路を塞いだ土砂の撤去搬出	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	
				道路を塞いだ土砂の撤去	令和元年東日本台風(19号)	
				道路を塞いだ土砂の撤去	令和元年房総半島台風(15号)	
				道路を塞いだ土砂の撤去及び大型土のう作成・輸送	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
		応急・恒久共		道路を塞いだ土砂の撤去及び土砂の海上からの搬出	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				道路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	令和元年東日本台風(19号)	
				崩壊した国道路肩部への土のう積、盛土工	令和元年東日本台風(19号)	
				崩壊した道路路体の盛土工	平成28年台風第7号	
		土砂撤去	崩落土砂の運搬	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害		
			斜面崩壊箇所の調査と対策工の検討	令和元年東日本台風(19号)		
		法面復旧	崩壊したのり面の保護工(鋼矢板打設)	令和元年東日本台風(19号)		
			崩壊した法面の復旧、流出土砂の撤去	令和元年東日本台風(19号)		
		恒久	道路復旧	がれき撤去 倒木材・崩壊土砂の撤去、法面保護及び砂防堰堤設置他恒久対策	平成23年台風12号	
				護岸復旧 崩壊した護岸の緊急復旧及び本復旧	令和元年東日本台風(19号)	
				水路復旧 河道閉塞の緊急対策として暗渠排水管の設置、土砂掘削により排水路を設置	平成23年台風12号	
				その他施設復旧 河川閉塞箇所の治水、SBウォール工法による堰堤の築造、ロッククライミング・ショベルによる崩壊斜面のラウンディング、土砂ダム崩壊斜面の斜面対策工事	平成23年台風12号	
				発生した地すべりに対する路線復旧と地すべり対策工	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)	
			土砂撤去	鉄道復旧 線路等鉄道施設を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	令和元年東日本台風(19号)	
				(応急対策)道路盛土部の崩落箇所に、道路本線より山留杭を打設して崩壊の進展を抑止したのち埋戻し復旧した。 (恒久対策)隣接して設置されていた側道の復旧工事	令和2年7月豪雨	
				(恒久対策)崩壊土砂を撤去後、補強土壁工により法面を構築し、市道を復旧した。	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)	
				高速道路本線4車化開通を優先した法面保護工	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				常磐自動車道(下り)24.9KP及び首都圏中央連絡自動車道(外)172.6KP、(内)173.4KP付近の法面崩落箇所の復旧工事	令和元年東日本台風(19号)	
		土砂撤去		盛土のり面崩壊に伴う高速道路の応急対策(抑止杭)、恒久対策(碎石盛土)	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				地すべり地形を呈する高速道路切土法面の水抜き・鉄筋挿入工・吹付け・アンカーワークによる補強工	令和2年7月豪雨	
				土石流による高速道路への流入土砂除去運搬工(H28年9月) 恒久対策としての堰堤構築工(H29年9月)	平成28年台風第7号	
				呉線内に流出した土砂撤去、斜面・法面防護	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
				公園内の土砂撤去及び法面崩壊した法面の保護工	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	
		恒久	法面復旧	降雨による法面変状に対する応急復旧(法面アンカー設置) 降雨による法面変状に対する恒久工事(上部排土、排水設備本復旧)	令和元年東日本台風(19号)	
				進行中の地すべりに対し、抑止杭・揚水・集水による応急恒久対策	令和元年東日本台風(19号)	
			護岸復旧	高水護岸の復旧	令和元年東日本台風(19号)	
			護岸復旧	千曲川及び支流の護岸、隣接地の復旧工事	令和元年東日本台風(19号)	
			鉄道復旧	豪雨により崩壊した鉄道盛土の復旧	平成24年7月九州北部豪雨	
			道路復旧	地すべり、市道復旧	平成23年台風12号	

表 対応した具体的内容

災害種別	災害原因	災害区分	Key Word	対策内容	災害名称
斜面崩壊	豪雨	恒久	法面復旧	のり面崩壊による崩積土・崩壊した擁壁撤去および恒久復旧(のり面・擁壁復旧、のり面補強工、排水パイプ工)	令和2年7月豪雨
				施工中の切土法面がくさび崩壊し法面保護工を施工	令和元年東日本台風(19号)
				斜面崩壊した法面の保護工	令和元年東日本台風(19号)
				土砂の流出および崩壊した法面の保護工	令和元年東日本台風(19号)
				土砂崩壊により流出した土砂による新たな災害を防止するため堰堤を構築した	平成23年台風12号
				土石流が発生した箇所の谷止工、法面保護工	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
				土石流災害防止のため砂防堰堤2基を建設	平成23年台風12号
				崩壊した法面の掘削・搬出と法面保護工(アンカー・法枠)	平成23年台風12号
				崩壊した法面の保護工	令和元年東日本台風(19号)
				崩壊した法面の保護工 斜面安定化・表面浸防止・水路工 モルタル吹付	平成25年台風26号
				崩落した法面の復旧、補強工	令和2年7月豪雨
斜面崩壊	地震	応急	水路復旧	地滑り土塊により閉塞された河道の土砂掘削、および護岸工	平成30年北海道胆振東部地震
			その他施設復旧	大型土嚢設置工	熊本地震
			道路復旧	震災で被災した工事用パイロットの復旧、河川渡河仮設復旧	熊本地震
		応急・恒久共	道路復旧	道路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	平成30年北海道胆振東部地震
			法面復旧	盛土法面の復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
				地震により崩壊した法面の安定化と恒久対策	熊本地震
		恒久	護岸復旧	低水護岸の復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
			その他施設復旧	地すべり防止のために表面水排除工と鋼製土留を施工	平成30年北海道胆振東部地震
			法面復旧	地すべり急傾斜地の土砂の撤去及び法面の保護工	平成30年北海道胆振東部地震
				地震による斜面崩壊に伴い、恒久対策として法枠工を施工	平成30年北海道胆振東部地震
				地盤への表層クラックが発生し、土砂崩壊の防止のため排土及びブロック積の施工	平成30年北海道胆振東部地震
				崩壊した法面の保護工(法枠)と崩土防護工(落石防護柵)	平成30年北海道胆振東部地震
				崩壊法面の保護工	平成30年北海道胆振東部地震
農地被害	地震	応急	土砂撤去	津波堆積土砂の分別	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
				放射能に汚染された表土を削り取り除染	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		恒久	施設復旧	被災した既設農業用水パイプラインの敷設換え	平成30年北海道胆振東部地震
			農地復旧	河川堤防、排水機場復旧、農地除塩、除染	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
				津波により塩害を受けた農地復旧	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

表 対応に際し役立った技術→Key Wordで整理

大分類	Key Word	災害種別	災害原因	災害区分	災害名称
土留工法	鋼矢板打設工法	インフラ損傷 斜面崩壊 斜面崩壊 インフラ損傷 インフラ損傷 硬質地盤クリア工法	地震 豪雨 豪雨 豪雨 豪雨 地震 斜面崩壊	恒久 応急 恒久 応急 恒久 恒久 恒久	平成30年北海道胆振東部地震 令和元年東日本台風(19号) 令和2年7月豪雨 令和元年東日本台風(19号) 令和元年東日本台風(19号) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 令和元年東日本台風(19号) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 令和2年7月豪雨 令和2年7月豪雨 平成28年台風第7号 平成23年台風12号 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 平成30年北海道胆振東部地震 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ウォータージェット併用圧入工	斜面崩壊	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	親杭パネル工法	インフラ損傷	豪雨	恒久	令和2年7月豪雨
	親杭横矢板工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和2年7月豪雨
	仮締切PSケーブル	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成28年台風第7号
	鋼製枠土留工	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
	上部障害クリア工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	土留鋼製枠	斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	ノンステージング工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	仮設H鋼杭設置撤去	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
	硬質地盤クリア工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
	マシンガイダンス	インフラ損傷 インフラ損傷 インフラ損傷 インフラ損傷 斜面崩壊	豪雨 豪雨 地震 地震 豪雨	応急・恒久共 恒久 応急 応急・恒久共 応急	平成28年台風第7号 平成28年台風第7号 熊本地震 熊本地震 令和元年東日本台風(19号)
	GPS測量	斜面崩壊	地震	応急	平成30年北海道胆振東部地震
	CIM	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
ICT技術	ICT建設機械	インフラ損傷	地震	応急	平成30年北海道胆振東部地震
	ウェラブルカメラ	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	熊本地震
	情報化施工	農地被害	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	情報共有システム(ASP)	農地被害	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	マシンコントロール	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	無人計測システム	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成28年台風第7号
	法面自動計測	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
	コンパクトロックジャッキ	インフラ損傷 インフラ損傷 インフラ損傷 インフラ損傷	地震 地震 地震 地震	応急・恒久共 恒久 恒久 恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	PC工法	インフラ損傷	豪雨	恒久	令和2年7月豪雨
	イージースラブ橋工法	農地被害	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
橋梁上部工	急曲線析架設工法	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
	桁送り出し工法	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	主桁バイパス工法	インフラ損傷	地震	応急	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	床版撤去設備	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	伸縮装置	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	損傷部材の取替方法	インフラ損傷	強風	応急	平成30年台風第21号
	横取りジャッキ	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	橋台ジャッキアップ工法	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ルートパイル工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	令和2年7月豪雨
	ジオファイバー工法	建物倒壊	豪雨	応急・恒久共	熊本地震
法面安定工	砂吹付工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害
	鉄筋挿入工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成25年台風26号
	布製型枠工(ファブリフォーム)	インフラ損傷	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
	法面工(モルタル吹付)	斜面崩壊	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
	法面ロックボルト工	斜面崩壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	ノンフレーム工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成25年台風26号
	小径棒状鋼材補強工	斜面崩壊	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
	法面鉄筋挿入工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
	ドローン測量	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	インフラ損傷	地震	応急	平成30年北海道胆振東部地震	
UAV活用	UAV写真撮影	インフラ損傷	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
	UAV測量	斜面崩壊	地震	恒久	平成28年台風第7号
	UAVレーザー測量	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成30年北海道胆振東部地震
	空中写真測量	斜面崩壊	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
	大型土のう	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成29年7月九州北部豪雨
	大型土のう製作治具(瞬作)	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)	
杭打ち工法	大型土のう製作装置	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	大型土のう製作装置(瞬作くん)	斜面崩壊	豪雨	応急	平成28年台風第7号
	大型土のう製作方法	インフラ損傷	豪雨	応急	平成27年9月関東・東北豪雨
	大型土のう積み方法	インフラ損傷	豪雨	応急	平成27年9月関東・東北豪雨
	大型土のう盛土工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成29年7月九州北部豪雨
	汚染土袋詰め装置	農地被害	地震	応急	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
	仮設大型土のう設置撤去工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ダウンザホールハンマー工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
	ジャイロプレス工法	インフラ損傷	強風	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	抑止杭工	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
	S・RXリーダーレス工法	インフラ損傷	豪雨	応急	平成28年台風第7号
	鋼管杭工	斜面崩壊	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ドーナツオーガー工法	建物倒壊	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

表 対応に際し役立った技術→Key Wordで整理

大分類	Key Word	災害種別	災害原因	災害区分	災害名称
高所法面掘削機	ロッククライミング工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
		斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	高所法面掘削工法	斜面崩壊	地震	応急・恒久共	平成30年北海道胆振東部地震
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		インフラ損傷	豪雨	恒久	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害
	SSD工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
		斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	断崖掘削機械	斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
地盤改良工法	パワーブレンダー工法	インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
		インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	GIコラム工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和2年7月豪雨
		インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	WILL工法	インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
		インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	地盤改良工	インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
無人化施工	浸透固化処理工法	インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
		インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
		インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	深層混合処理工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
	無人化施工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	熊本地震
		インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
		斜面崩壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
法面工	遠隔操作	斜面崩壊	地震	応急	熊本地震
		汎用遠隔操縦装置サロゲート	建物倒壊	地震	応急・恒久共
		斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	法枠工	斜面崩壊	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		斜面崩壊	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
		斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
	法面工	斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
作業船	簡易吹付法枠(法枠工法)	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ロボQ(無人化施工ユニット)	斜面崩壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	法枠工	斜面崩壊	地震	応急	熊本地震
	汎用遠隔操縦装置サロゲート	建物倒壊	地震	応急・恒久共	熊本地震
土質改良工法	法枠工	斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
	簡易吹付法枠(法枠工法)	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
		斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
		斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	クロノバネル工法	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
		吹付法枠工	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
廃棄物選別機械	作業船	グラブ浚渫船	インフラ損傷	地震	応急・恒久共
		海上杭打設	インフラ損傷	地震	恒久
		作業船	インフラ損傷	強風	平成25年台風26号
	土質改良工法	作業船団	インフラ損傷	地震	応急
		多目的自航式起重機船	インフラ損傷	強風	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
		FTマッドキラー	農地被害	地震	応急
	廃棄物選別機械	INSEMダブルウォール	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		INSEM工法	斜面崩壊	豪雨	恒久
		改良盛土工法	インフラ損傷	地震	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
排水工	土質改良工法	流動化処理土	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共
		路床安定処理	斜面崩壊	地震	平成27年9月関東・東北豪雨
		機械選別工	建物倒壊	豪雨	恒久
	廃棄物選別機械	建物倒壊	豪雨	恒久	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
		湿式選別機(アクアセパレーター)	インフラ損傷	地震	恒久
		振動スクリーン	斜面崩壊	豪雨	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	排水工	トロンメル	斜面崩壊	豪雨	応急
		比重差選別機	インフラ損傷	地震	恒久
		廃棄物の選別・破碎技術	インフラ損傷	地震	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
かご枠工法	排水工	集水井工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		水抜きボーリング	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		水抜きボーリング工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
	かご枠工法	有孔管排水工	斜面崩壊	豪雨	恒久
		地下排水工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		EGポックス工法	斜面崩壊	豪雨	恒久
	水中施工機械	大型ふとん籠	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共
		かご枠	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		省力化かごマット工法	インフラ損傷	豪雨	応急
水中施工機械	袋型根固め工法	ハイバーマット多段積(かごマット工法)	斜面崩壊	豪雨	恒久
		遠隔操作式水陸両用ブルドーザ工法	インフラ損傷	地震	応急
		コンクリート構造物の水中取り壊し工	インフラ損傷	地震	応急・恒久共
	袋型根固め工法	水中ブルドーザー	インフラ損傷	地震	恒久
		ウォータージェット工法	インフラ損傷	豪雨	恒久
		ウォータージェット工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共
袋型根固め工法	袋型根固め工法	ウォータージェット工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共
		グラウンドアンカー工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
		SEEEグラウンドアンカー工法	斜面崩壊	豪雨	恒久
	袋詰め玉石製作(ボトルユニット)	受圧板アンカー工	インフラ損傷	地震	恒久
		袋型根固め工法	インフラ損傷	豪雨	応急
		袋詰め玉石製作(ボトルユニット)	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共
プレキャスト製品	袋詰め玉石製作(ボトルユニット)	ボトルユニット積	インフラ損傷	地震	応急
		プレキャスト製品	建物倒壊	地震	恒久
		プレキャスト延長床版工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共
	仮設構台工法	LIBRA工法	インフラ損傷	地震	恒久
		大規模構台	インフラ損傷	地震	恒久
		大規模構台	インフラ損傷	豪雨	応急

表 対応に際し役立った技術→Key Wordで整理

大分類	Key Word	災害種別	災害原因	災害区分	災害名称
ナローマルチビーム測量	ナローマルチビーム測量	インフラ損傷	地震	応急	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	インフラ損傷	地震	応急・恒久共		東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	マルチビーム測量	インフラ損傷	強風	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
落石防護柵	インパクトバリア工法	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	落石防護柵	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
	仮設落石防護柵設置撤去工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
レーザースキャナ測量	3Dスキャナー測量	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	熊本地震
	三次元レーザー測量	インフラ損傷	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
	レーザースキャナ測量	斜面崩壊	豪雨	恒久	令和元年東日本台風(19号)
建機用アタッチメント	コンクリートホッパー開閉付バックホウ	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
	重機アタッチメント	斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	スイングヤーダー	斜面崩壊	豪雨	恒久	平成23年台風12号
補強土壁工法	アデム工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
	補強土壁	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	平成27年9月関東・東北豪雨
軌陸重機	軌陸重機	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
ケーソン工法	3次元ケーソン据付管理システム	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
	ニューマチックケーソン工法	インフラ損傷	豪雨	恒久	平成23年台風12号
構造物補強工法	鋼板巻き立て工法	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
	耐震補強工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
コンクリート工	コンクリートシール工	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)
	水中コンクリート	インフラ損傷	強風	応急・恒久共	令和元年房総半島台風(15号)
災害対策車両	災害対策車両(国交省保有)	建物倒壊	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
		建物倒壊	地震	応急	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
残存型枠	残存型枠	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成28年台風第7号
	埋設型枠	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
重機土工	重機土工	インフラ損傷	豪雨	応急	平成28年台風第7号
	バックホウ	斜面崩壊	豪雨	応急	令和元年房総半島台風(15号)
注入工法	二重管ダブルパッカーア工法	インフラ損傷	強風	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
	JOG工法	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
寒冷地対応添加剤	耐寒剤	斜面崩壊	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
	無塩化防凍剤	インフラ損傷	豪雨	恒久	平成28年台風第7号
二次製品据付工法	横引き工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	大阪府北部地震
	リフトローラー	建物倒壊	豪雨	恒久	平成30年台風第21号
バキューム車	バキューム車	斜面崩壊	豪雨	応急	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害
		建物倒壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
堰堤壁面材料	INSEMダブルウォール	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
	SBウォール工法	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
ロッキング橋脚	ロッキング橋脚耐震補強工	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
	ロッキング橋脚の壁式橋脚化と剛結化	インフラ損傷	地震	応急	熊本地震
ワイヤーソー	乾式ワイヤーソー	インフラ損傷	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
	水中ワイヤーソー	建物倒壊	強風	恒久	平成30年台風第21号
補強盛土工法	補強土(ジオテキスタイル)	インフラ損傷	地震	恒久	平成30年北海道胆振東部地震
アンダーピニング工法	アンダーピニング工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	熊本地震
液状化対策工法	FL-SAND工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
大型インクライン	大型インクライン	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
大型テント	大型テント	建物倒壊	地震	応急	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
仮設橋梁工法	仮設組立橋梁	インフラ損傷	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
仮設建物	休憩所	建物倒壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
仮設トイレ	仮設トイレ	建物倒壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
仮締切工	仮締切工	インフラ損傷	豪雨	応急・恒久共	令和元年東日本台風(19号)
緊急資材備蓄	緊急資材備蓄	建物倒壊	強風	応急	令和元年東日本台風(19号)
区画線除去	区画線除去	インフラ損傷	豪雨	応急	平成30年台風第21号
構造物修復材料	エポキシ樹脂系補修材	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
構造物修復工法	断面修復工法	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
碎石投入架台	碎石投入架台	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
索道	索道	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
資機材搬入方法	狭隘箇所の資材搬入方法	インフラ損傷	豪雨	応急	平成27年9月関東・東北豪雨
推進工法	改築推進工	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
組織の連携	組織の連携	インフラ損傷	強風	応急・恒久共	平成30年台風第21号
超大型移動作業車	超大型移動作業車	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
超大型重機	超大型重機	インフラ損傷	豪雨	応急	令和元年東日本台風(19号)
津波浸水解析	津波浸水解析	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
低公害破碎工法	放電破碎工法	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
鉄筋定着工法	プレート定着型せん断補強筋	インフラ損傷	豪雨	応急	平成28年台風第7号
土壤・地下水浄化工法	バイオレディエーション	インフラ損傷	地震	応急	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
トンネル補強工法	AGF工法	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
フェリーバージ	フェリーバージ	斜面崩壊	豪雨	応急	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)
ヘリコプター	ヘリコプター	斜面崩壊	豪雨	応急・恒久共	平成23年台風12号
緊急道路補修工法	緊急道路補修工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	熊本地震
高強度プレキャストRC舗装版工法	高強度プレキャストRC舗装版工法	インフラ損傷	地震	応急・恒久共	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)
自昇式大判型枠搭載足場	ACSセルフクライミング工法	インフラ損傷	地震	恒久	熊本地震
補強盛土一体橋梁	GRS一体型橋梁	インフラ損傷	地震	恒久	東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
1	・泥濘地や大水深に対応したゼロエミッション遠隔操作型水中建機	遠隔操作水中建機の開発	・地方整備局の出先機関別になされている災害協定を、近年各地で発生している激甚災害に鑑み、国交省本省との全国ベースの災害協定として戴きたい	災害協定の締結促進
2	・建設機械の無人化、遠隔操作技術	遠隔操作技術の開発促進	・技術開発のための補助金や税制優遇制度	補助金、税制優遇制度の拡充
3	・災害時にも不通にならない情報伝送技術	情報伝達環境の整備		
4	・豪雨による災害の場合、その被災の範囲は広範におよびふため、状況の記録には、位置情報を付加させたものが、復旧計画には有効である。その対応として、携帯端末機で、音声や映像による通信と記録が可能で、そのデータを地図表示等の出力によりデータ活用が可能な通信システムの運用が効果的である。	緊急時通信環境の整備	・技術開発および運用における、諸経費の支援および利活用における闊達な推進が新技術活用による災害対応に、今後、不可欠になると思われる。門戸の広い対応が望まれる。	補助金、税制優遇制度の拡充
5	・遠隔操作可能な重機の開発 ・ドローン活用による現況の早期把握など	遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用		
6	・木に付着した土砂等を機械洗浄できる技術。→再資源化先が多くなると思われる。 ・木くずの水選別をコンパクトにできる装置→再資源化率をあげることができる。 ・開発履歴・地形・地質・地下水変動・植生・気象変動等を包含した面的モニタリング技術 ・不陸条件(不安定足場)でも作業性と安全性が高い建設機械と、能力を保持した機械の小型化 ・遠隔施工技術 ・UAVを活用した遠隔調査(災害状況調査)と資材運搬技術、適用資材の大型化 ・水抜きボーリング工等の削孔精度の向上による標準施工延長の向上 ・ICT技術の斜面防災工への拡大(発災エリア内の測量、位置出し等の人の立入排除) ・様々なツールを兼ね備えた建設機械の拡充(1台で可能な作業の多様化) ・河川の濁流の流速に負けないでその箇所に留まり、ベースになるような二次製品。 ・遠隔操作で玉掛・玉外しができる治具・装置	土砂洗浄技術の開発 木くず選別技術の開発 高度モニタリング技術の開発 不陸整正機械の開発 遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用 高精度ボーリング技術の開発 ICTの活用促進 多機能連機の開発 河川用二次製品の開発 玉掛遠隔操作技術の開発	・技術開発に対する補助金制度の確立 ・多様な情報(開発履歴・災害履歴・雨量履歴・地震履歴・地質情報[SPT,コア写真等]・土質試験結果)の一元マッピングと公開 ・近年の気象・地盤の変動を考慮した設計基準の見直し(雨水排水～確率降雨強度、安全率、多種連成現象[例えは、降雨と地震の連成考慮、土の塑性体(個体)から液性化(密度流)への状態変化]等:極端な例ではバックエンド分野で実施されている熱-水-物質移行-応力-水鉱物化学反応-微生物反応-地質変動連成解析等) ・平時から緊急時を意識した危機感と予算の維持と国民・維持管理事業者への啓発 ・ハザードマップに応じた災害想定に対する具体的対策の確立 ・実際に復旧工事を行う上で、大型土壠などの緊急資材の供給が非常に重要である。そのためには、事前に官民で災害発生時の対応範囲と対応体制を作成し、想定される規模に合わせた"緊急用資材"をストックしておく。	補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備 緊急時の設計基準見直し 緊急資材備蓄
7	・河川護岸に対して、無人で護岸ブロックを設置できる水陸両用重機	水陸両用建機の開発		
8	・法枠工施工時の機械化(法面工(人)の確保が困難) ・3次元モデルの活用(起工時、出来形測定時) ・倒木、流木等の障害物を区別して現況地盤測量が可能な技術(レーザースキャナーやUAVによる測量が適ないことがあり苦労した。) ・ICT建機による施工履歴を用いた出来形管理(バックホウのバケットが通過した履歴にてヒートマップが作成されるので、河道掘削等における水中での出来形計測も可能)	法面復旧技術の開発 3Dモデルの活用 迅速な現況測量体制の構築 ICTの活用促進	・機械化施工における積極的な新工法採用。その際の必要な仮設備の計上 ・震災被害により基準点数値が変更されている場合、受発注者間での情報共有を徹底して欲しい。(発注者:年度替わりでの監督員の交代など)	新技術の活用促進 情報共有システムの整備
9	・ドローンによる実態調査を直ぐに生かせる技術。 ・重機遠隔操作の活用技術。	ドローン活用 遠隔操作技術の開発促進		
10	・被災状況を正確に把握できる地上標定点設置不要なドローンレーザー	ドローン活用	・被災前の地形データが現在よりも詳細になれば、対策工の検討に有用なので、現在の施策を加速して進めさせていただきたい。	詳細な地形データ整備
11	・現在の気象予報以上に正確かつ柔軟な予想の発信 ・都市水害対策(地下水への雨水流入対応) ・災害発生後の早期インフラ復旧 ・無人操縦重機の汎用性拡大と被災者生体反応検知技術の進歩 ・都市部における積雪対策	高精度気象予報体制の整備 遠隔操作生体反応検知技術の開発	・陳情や一部議員の裁量による防災対策費の割り付けでなく、本当に必要な対策への費用配分を行う優先付け ・早期避難情報の発信改善 ・災害に対する国民の意識改革に向けた恒久的な取り組み ・災害発生時、早期復旧のための技術者支援 ・必要なところに必要な支援を提供する情報共有	補助金、税制優遇制度の拡充 早期避難情報発信体制の構築 国民の意識改革 技術者支援体制の確立 情報共有システムの整備

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
12	<ul style="list-style-type: none"> ・無人化施工ができる技術。 ・遠隔操作による重機の運転。 ・土砂崩壊が発生した場合、対策として「H鋼を用いた抑止杭や防護壁」を施工する場合が多々ある。しかし、流出した土砂により大型重機が近づけなかったり、二次災害を鑑みると不安定な個所の補強を行ってからでないと作業を開始できない場合が多く、その結果復旧までに日数がかかってしまう。→遠隔で、自走することなく、離隔のある杭を連續打設できる重機があれば役に立つと思われる(サイレントバイラーのH鋼打設機のようなもの)。 	遠隔操作技術の開発促進 遠隔操作杭打機の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・災害実績から現場のニーズをくみ取った技術開発を積極的に進めてほしい ・開発費用の補助、支援 ・開発技術の積極的な採用とその使用機会の保障 ・災害復旧工事に協力した会社には別途評価点を与えて、新規入札案件への優遇を行う。 ・応急復旧フェーズにおける、発注者側の意思決定の迅速化。 	補助金、税制優遇制度の拡充
13	<ul style="list-style-type: none"> ・早期の地形点群やオルソ写真の取得と公開 ・PLATEAUのような3D都市モデルデータ等の充実による災害対応検討技術 ・二次災害防止のための建設機械の無人化施工技術や自律制御技術 	迅速な現況測量体制の構築 自律運転技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・平時からの災害対策における協調領域への補助金等の開発支援。 ・緊急時の情報共有や施工検討における官民連携体制の確立 	補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備
14	<ul style="list-style-type: none"> ・災害廃棄物を全自動で分別できる装置 ・各種プレキャストコンクリート二次製品及びそのストック ・簡単な準備で無人化施工できる重機およびその環境 ・緊急資機材の調達をコントロールするシステム 	廃棄物分別、再資源化技術の開発 二次製品の開発、備蓄 遠隔操作技術の開発促進 緊急時資材調達システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・各地区の最低限必要な資機材を保有・維持するための補助、税制優遇等の仕組みの構築 ・担い手となる地方建設業の技能者の確保のための取組 ・山間部などでもICT施工できるネット環境の整備 ・官側による資機材調達をコントロールするシステムの確立 (理由)災害発生時には各地方自治体等から多数の建設会社に資機材調達の依頼があるが、建設会社が資機材を依頼する協力業者等の多くが重複し、要求数量の確保が困難なうえに余分な労力・費用が発生する。 	補助金、税制優遇制度の拡充 技能者確保への取組 緊急時通信環境の整備 サプライチェーンの確保
15	<ul style="list-style-type: none"> ・火災に抵抗の強い技術 ・緊急時の段差をなくし、交通を確保する技術 ・道路用PRC版 ・重機の無人化施工 ・水害、地震後の復旧作業時に二次災害が発生しないように、遠隔操作にて無人化で復旧を行う。 ・雨天時、路面湿潤時に施工可能な路面標示 ・立ち入り困難箇所における容易に入りやすい車両、重機(遠隔操作システム) ・災害復旧にあたり大規模工事ではICT技術は活用されているが、現実的には山間部、防災箇所では狭い箇所も多く小規模でのICT建機の活用が出来れば有効かと考える。ただ、3次元データ等を収集するための事前調査に時間と費用は要する。 ・ドローンからの情報(映像、高低差、座標等)をマシンコントロールと連動させる技術 ・ドローン等による災害状況の早急な開示と情報共有 ・岩盤取壊し時に使用できる低騒音機械(夜間近隣住民が居ても使用できる機械) 	遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用 低騒音建機の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴミ、倒木等の無料最終処分地の確保 ・予算の確保 ・技術開発の為の共同研究 ・道路用PRC版のストック置場 ・普段から無人化施工工事を発注し、技術力を高めて有事に備える。 ・早目の要請、情報共有は必要である。 ・状況に応じた必要な資機材の発信と情報共有 ・災害時、業者側にも早急に現地視察、官側との打合せ参加をさせてほしい(早期対応がしたいため) 	災害廃棄物処分場の確保 補助金、税制優遇制度の拡充 官民連携体制の強化 緊急資材備蓄 遠隔操作技術の開発促進 情報共有システムの整備 官民連携体制の強化
16	<ul style="list-style-type: none"> ・道路啓開等に必要な遠隔操作が可能なバックホーや土運搬車両及び現況が早期に把握できる3次元データ作成技術(ドローン、webカメラ等)、防災のデジタル化。 ・基本的な法面復旧方法(水抜き、法尻防護、抑止杭、等)のマニュアル。 	ドローン活用	<ul style="list-style-type: none"> ・平時からの連絡体制の確立及び情報共有訓練 ・災害復旧工事は現場の施工効率の著しい低下や労務単価、資材単価の高騰により経費が多く掛かり、採算性が極めて悪くなる状況が発生する。変更指示書での対応。 ・官側の緊急資機材の備蓄増(大型土嚢等)、遠隔操作可能な重機械の貸与。平時に遠隔機械操作訓練を実施。 	情報共有システムの整備 復旧工事の採算性確保 緊急資材備蓄

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
17	<ul style="list-style-type: none"> 被災状況把握と応急復旧工設計計画のための迅速かつ正確な測量(ドローン、GPS、レーザ)、および測量結果のCADデータ化。 堤防の緊急復旧に資する、迅速に敷設できる堤防護岸・堤防法面補強工法(これらに関する在来の技術は護岸ブロック等、人力作業に終始しており、迅速性の要求に合致しない)。 過去災害発生時の復旧方法(応急・恒久対策)、RC高架橋健全度判定 危険個所に立ち入らない無線操作による踏査・測量・施工の技術の確立、操作者の育成 	ドローン活用	<ul style="list-style-type: none"> 正確な被災現場の測量結果について迅速な提供 堤防決壊や地滑り等、被災リスクが高い地点に対する、平時からの地質等情報の取得とデータベース化。 無人化施工重機の保有。 災害対応に備えた移動式通信設備の保有(臨時の電話基地局等) 大手リース業者保有資機材(施工重機、仮設鋼材、敷設板等)データベースの共有。 ステークホルダ(地方自治体、住民、警察等)との一層迅速な協議 完成図等の完成図書・供用後の調査補修履歴などの整備・整理 様々な民間技術を活用する柔軟な対応ができる体制の整備 道路寸断された場合や山間部等では、給油ルート等の早急な資機材搬入ルートの確保 	被災状況早期把握体制の構築 詳細な地形データ整備 遠隔操作技術の開発促進 緊急時通信環境の整備 緊急資材備蓄 官民連携体制の強化 インフラ履歴整備 民間技術の活用促進 緊急時補給体制の確立
18	<ul style="list-style-type: none"> 大型、普通土嚢袋作成など、人力が多く必要とされる作業の機械化。 崩壊面付近等、危険区域での機械化施工 	土のう製造機械の開発 危険個所作業用建機の開発	<ul style="list-style-type: none"> 災害復旧工事はボランティア行為ではないので、設計変更には柔軟な対応が必要と思われる。 復旧・対策工事は緊急性がある上に現地施工中に予期しない事象に遭遇する場合が多い。その場合契約工期を超える時に、工期延長に伴う現場管理費及びそれに伴う一般管理費の増額が予想される。その清算方法は簡便にし協議をスムーズに行い早期な支出行為をお願いしたい。 平時においても労務者不足が深刻化しているため、災害復旧工事においては入札参加資格を大幅に緩和し、幅広く業者を募ることが必要。 作業員の高齢化、人手不足、技術力の低下により、ますます緊急時の対応が厳しくなるため熟練工を必要としない、機械で設置可能な護岸用二次製品及び機械の開発支援。 緊急対策用の二次製品等の事前製作、保管。 	復旧工事の採算性確保 復旧工事の手続き簡略化 二次製品準備、活用
19	<ul style="list-style-type: none"> 袋詰め玉石を簡単に制作できる装置 重機及び不整地運搬車の無人化 バックホウ0.7m³のクレーン使用を3tまで可能にする 	玉石袋詰め機械の開発 遠隔操作技術の開発促進 BHクレーンの能力拡大	<ul style="list-style-type: none"> 技能講習会等の助成 ICT活用工事の積極的な発注 	災害対応講習制度の整備 ICT技術の活用促進
20	<ul style="list-style-type: none"> 無人化施工の向上(技術者の育成、現地立ち入りらずに無線システムの設置、給油技術の方法としてドローンの利用) ドローン技術の向上(技術者の育成、緊急資材の運搬技術、観測機器の現地設置、無人化施工重機と緊急資材の組立) 地形変状の観測技術(現地踏査しないで観測機器設置による監視 他) 緊急時に資機材を搬入できる運送網 より精度の高い災害予測技術(気象予測、3Dスキャン技術を利用した土砂崩壊の兆候) ヘドロを固めて土嚢を作成する省人化装置 	遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用 迅速な現況測量体制の構築 緊急時資材調達システムの構築 高精度気象予報体制の整備 土のう製造機械の開発	<ul style="list-style-type: none"> 被災状況の早期把握と情報共有、業者選定の迅速化 災害応急対応実施前、後の契約、精算手続き、必要書類等の簡素化 災害応急対策資材の調達先、運搬会社などの整理、情報共有(過去の経験上、資材調達先が限られ数量が確保できない場合や運搬車両が確保できなかった事例があった) 緊急に現地調査を行う測量会社、調査会社(ドローン測量、写真撮影など)とのインセンティブを伴う災害協定 配備要請から工事着手の迅速化、発生費用処理の迅速化(半年から1年遅れの事例あり)。 災害対策に役立つと思われる新技術を導入した通常工事を発注し、予め施工実績をつくる機会をえて欲しい。 補助金や税制優遇制度の確立 	被災状況早期把握体制の構築 復旧工事の手続き簡略化 災害協定の締結促進 新技術の活用促進 補助金、税制優遇制度の拡充
21	二次災害を防止する為に遠隔操作での建設機械の活用	遠隔操作技術の開発促進	遠隔操作を行う人材確保の講習、補助金制度	遠隔操作技術の開発促進
22	ドローンを使用した調査	ドローン活用		

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
23	<ul style="list-style-type: none"> ・液状化したがれき混じり土砂を環境に影響を与えることなく分別・処理できる添加剤の開発 ・災害発生場所は人が入れないところがあるので、無人で遠隔操作ができる機械 ・太陽光発電による無人計測システム ・自走式振動スクリーン、自走式破碎機、自走式土質改良機、手選別ベルコンなどを組合せてライン化し、混合災害廃棄物を分別処理し再生資源化する設備 ・災害直後、早期の現場の状況把握と、対策の決定と実施を行うためのシステム化 ・土がいらない土のうの大型化(少量の水で膨らむ) ・遠隔操作での無人化による土砂、がれきの撤去(バックホウ、ダンプ) ・通常人力で行う作業をロボットにて行う。 	<p>がれき用添加剤の開発 遠隔操作技術の開発促進 無人計測システムの開発 廃棄物分別、再資源化技術の開発</p> <p>水膨脹土のうの開発 遠隔操作技術の開発促進 ロボットの開発、実用化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・災害発生後、即座にゼネコン等の専門会社を、現地送り込み最善の対応策を検討できる様な、非常時に向けた、連携体制の確立 ・現地に乗り込む前に災害箇所を把握できる高精度の衛星写真を提供してほしい。 ・災害廃棄物の中間処理の廃棄物処理施設設置許可申請に係る期間の特例等による時間短縮 ・平時からの情報共有・緊急時の取組体制の確立 ・補助金制度 	<p>官民連携体制の強化 被災状況早期把握体制の構築 災害廃棄物処分場の確保 情報共有システムの整備 補助金、税制優遇制度の拡充</p>
24	<ul style="list-style-type: none"> ・地震による地盤の液状化防止のため、構造物、空港滑走路下部などを事前に地盤改良する技術 ・泥土、泥水を強アルカリ化させることなく速やかに固化する技術(吸水性泥土改質材ワトル) ・広域にわたる災害発生時に、施設の沈下や変形等の被災状況を迅速に把握するため、衛星などによる広域モニタリングシステム ・海域における災害復旧の実施にあたり、潜水土作業を省人化(無人化)できる施工技術 	<p>液状化防止技術の開発 泥土固化技術の開発 衛星の活用 無人潜水作業技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・予防保全の重要性を官民で共有した上で、大規模災害に備えた防災対策の実施を促進して頂きたい ・災害復旧工事に関し、新技術(自動自律施工など)の導入や活用を推進する発注形式を検討して頂きたい 	<p>官民連携体制の強化 新技術の活用促進</p>
25	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローンと3Dスキャナーを利用して、現状地盤等の把握、図面化 ・コンクリート構造物を早期に構築するためのプレキャスト化 ・玉石等の地盤でも可能な、簡易的で機能的な締切工 	<p>ドローン活用 二次製品の開発、備蓄 玉石層対応土留工法の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・上記の地盤データ等を速やかに施工側提示していただく。(速やかな施工計画な施工計画の策定が可能となる) ・コンクリート構造物のプレキャスト化を促進するための標準化 	<p>情報共有システムの整備 二次製品準備、活用</p>
26			<ul style="list-style-type: none"> ・新しい技術に取り組む際に、前例にとらわれない、支援体制の確立 	新技術の活用促進
27	<ul style="list-style-type: none"> ・大型資材を大量に運搬できるドローン ・バックホウ等の重機械異動をカニ足併用 ・土砂、岩、木材が撤去できる大型バキューム装置 	<p>ドローン活用 横移動建機の開発 強力バキュームの開発</p>		
28	<ul style="list-style-type: none"> ・地中、水中などの不可視部構造物の健全度評価技術(地表から診断できるもの) ・大地震や風水害といった災害発生のシミュレーション(予測)技術 ・撤去が不要で安価な仮設の堤防法面防護資材 ・水に反応して膨らむ土壌(大型サイズや普通サイズ) ・含水比の高い土砂を即時搬出できるように固結できる固化材 ・緊急時にに行ったときにすぐに業務に取り掛かれる移動式のコンパクト事務所 	<p>インフラ健全性判定システムの開発 災害予測精度の向上 仮設法面防護材料の開発 水膨脹土のうの開発 泥土固化技術の開発 移動式事務所等の準備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・過去実績のアーカイブ(施工履歴、図面等)を容易に取得できるシステム構築 ・開発費の補助および新しい工法の積極的な採用 ・恒久製品の災害転用への推奨強化(特に予算面に対して) ・被災直後の混乱を避け早期対応を実施する為、緊急時の対応を管轄する組織の設置 ・国、地方自治体と日建連との広域防災協力協定等を締結し、災害時に日建連加盟各社が迅速に動ける体制構築 	<p>情報共有システムの整備 補助金、税制優遇制度の拡充 災害協定の締結促進</p>
29	・ジャッキアップ装置、橋面段差修正に必要な覆工板、土壌、ライナーブレート、サンドルの備え	橋梁補修機材の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・維持業者にて保管 	緊急資材備蓄
30	・災害発生時の現場状況に即時対応が出来る無人化機械	遠隔操作技術の開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ・災害発生を予防する為の災害防除工事の充実と平時から官・地元建設業界との連携強化 	官民連携体制の強化
31	別紙-2の災害事例に掲載はありませんでしたので、問2~5への回答はしておりませんが、2016年8月22日千葉県に上陸した台風9号の影響により東京都東村山市の西武多摩湖線沿線の土砂が崩れ武藏大和駅付近で崩れた土砂に車両が乗り上げ脱線した事故において、当社所有のドローンを事故現場上空に飛ばし被害状況を空撮することにより土砂崩壊の事故状況を把握し、応急対応に役立てられた実績があります。	ドローン活用		
32	・モルタル長距離圧送の技術開発	モルタル長距離圧送	<ul style="list-style-type: none"> ・助成金制度の充実 	補助金、税制優遇制度の拡充

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
33	<ul style="list-style-type: none"> ・大型ドローンや無人ロボット等による資機材運搬技術 ・三次元情報をもとにした自動仮設道路計画技術 ・自動運転機械協調運転制御システムによる自動・自律施工技術 ・無人または一人で複数台の建設機械を運転する技術 	<p>ドローン活用 迅速な現況測量体制の構築 自律運転技術の開発 遠隔操作技術の開発促進</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・安全衛生法、小型無人機等飛行禁止法など法規制の緩和 ・NEDOのGI基金の様な、災害復旧技術の開発に係る基金の設立・運用 ・災害に対応する建設会社の技術情報・対応可否を官民が共有するシステムを整備し、緊急時の情報やり取りや対応の可否を速やかに行う。 ・新技術の準備や保有に対するインセンティブを考慮(技術点加点、工事成績評定加点など) ・私有地の使用や各種許認可手続きに関する臨機の措置(法令の改正を含む) 	<p>緊急時の規制緩和 補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備 新技術の活用促進 緊急時の規制緩和</p>
34	・過去の豪雨、強風等による災害の復旧事例を記録に残しておく(記録誌)			
35	・法面崩壊時には人が立ち入れないので、被害状況確認や土量等計測に行けるドローンの活用が必要です。そのデータにより再計画が早くできるようになる。	ドローン活用	<ul style="list-style-type: none"> ・夜間や深夜に災害が発生すると、近隣の工事担当者が出づばなしになり疲労や不眠による二次災害が懸念されるため、速やかに交代要員が詰めて情報伝達ができる体制。またその費用の負担。 ・災害対策工事中にさらに災害が発生することがあるため、緊急対策用の費用の確保。 	<p>緊急時対応環境の整備 復旧工事の採算性確保</p>
36	<ul style="list-style-type: none"> ・法面工の無人化施工 ・斜面で稼働できる重機 	<p>遠隔操作技術の開発促進 斜面稼働重機の開発</p>	・災害応急対策工事は仕様書外の事項を多く含むと思われる所以、どのように行ったかの情報開示	復旧工事の手続き簡略化
37	<ul style="list-style-type: none"> ・除染で出た除去物の仮置場管理を対象としているため、ハザードマップにより災害発生の可能性を考慮して、除去物の流出防止、河川からの流入防止を図ることのできる大型土のう及び袋型根固め(ボトルユニット)等を予め作成しておく。 ・僻地でも素早く高速通信出来るネットワークシステムの構築 ・事務所、宿泊施設(各個室が守られている)を簡易に素早く建築出来るユニット ・仮設トイレの水洗化と浄化機能。水は循環式にして再利用する。排泄物は、浄化し分別し清潔なトイレを素早く被災(避難)場所に構築するユニットの開発 ・屋根瓦が落ちた際、ブルーシート等で覆っているが、材料不足の為、着手に時間がかかっている。劣化に強く防水・暴風に耐えられる補修シートの開発。屋根に素人が昇るのは、危険なのでドローンを活用した設置技術開発 ・ドローンによる現状確認、対策工法の検討 ・無人化施工による効率的・効果的な災害復旧技術 ・水害時の土のう作成時の中詰め材の材料開発、土のうにかわる簡易、軽量製品の開発 ・地球温暖化による海平面の上昇を見据えた海岸線(山側)の大規模盛土造成。海とつながる河川の防潮堤工事。 ・崩落したのり面等を遠隔で調査出来る技術 ・崩落した土砂を固化する技術 ・崩落した土砂の中を進むことができる特車両やロボットの技術 ・崩壊した建物や崩落した土砂の中に、巻き込まれた人の有無が分かる技術 	<p>緊急時通信環境の整備 移動式事務所等の準備 高機能仮設トイレの開発</p> <p>ドローン活用</p> <p>遠隔操作技術の開発促進 土のう製造機械の開発</p> <p>迅速な現況測量体制の構築 泥土固化技術の開発 ロボットの開発、実用化</p> <p>遠隔操作生体反応検知技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現状は、指示を受けて製作、施工して対策工を実施するが、災害復旧を迅速に行うため維持管理費用に予め準備費用に計上する。 ・技術開発費等の費用補助 ・状況に応じた必要情報の早期共有 ・海岸線の盛土造成に全国的に広める運動。公共事業費の捻出。 ・技術開発のための産官学の連携の旗振り役 ・異常気象の予測技術と防災技術の連携 	<p>緊急時対応環境の整備 補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備 官民連携体制の強化 高精度気象予測技術の開発</p>
38	・最大の懸念が、築堤幅が狭かったので、土のうや鋼板での拡幅方法について、検討した。		・根固めブロックが3tタイプの使用ですが、災害箇所には、必ずしもクレーンが乗り込めない場合があるので、バックホウが最大2.9t吊りなので、2tブロックを連結型で3t以上になるブロックであれば、数の搬入も楽で、狭小箇所でもバックホウが立ち入れるので、連結方式のブロックでの災害対応が出来るご検討をお願いしたい。	二次製品準備、活用
39	<ul style="list-style-type: none"> ・応急対応に従事し、ポンプ排水作業に従事しましたが、災害対策車両が活躍していた。全国に配備されている車両を集め災害に対応できていることが良いと感じた。今後も可能な限り様々な災害に対応できる対策車両を増やせれば良いと思います。 ・また、各地方、地域の建設団体、建設会社とのネットワークや災害協定などを確立し迅速な対応ができるれば良いと思います。 	<p>災害対応車両の準備</p> <p>災害協定の締結促進</p>	・災害対策車両の取り扱いについて知識が少ないため、講習会の回数を増やし、より多くの人が緊急時に対応できるようにしたい。	災害対応講習制度の整備
40	<ul style="list-style-type: none"> ・豪雨等により崩壊した盛土を復旧する際、含水比の高い現地発生土を、即時に含水比を下げて盛土材として活用できる工法 ・切土崩落箇所において、背面地盤を大きく掘削せず、のり面復旧できる工法 	<p>泥土固化技術の開発</p> <p>切土崩落箇所復旧技術の開発</p>	・技術開発に関する補助金等の制度があれば、開発の推進に寄与するものと考える。	補助金、税制優遇制度の拡充

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
41	・急こう配箇所の法面掘削を無人で行うバックホウ(既存技術はあるが、台数が少ない)	危険箇所作業用建機の開発	・施工する下請が使用する、他のICT建機についても、国の補助金制度があれば普及すると思います。	ICT技術の活用促進
42	・CIM(3Dレーザスキャナやドローンによる3次元測量、3次元モデル)を現状把握や応急・恒久対応の早期計画などへ活用 ・重機自動化、無人化施工、遠隔操作(バックホウなど) ・ロボット技術(災害廃棄物などの自動解体・分別機、土のう製造機) ・豪雨の河川越流に対する堤防法面の補強技術、補修・復旧技術	ドローン活用 遠隔操作技術の開発促進 ロボットの開発、実用化 堤防補強材料の開発	・災害復旧時(応急・恒久問わず)の補助金や税制優遇制度の更なる拡張 ・災害対応時の行政手続き(河川協議や道路協議など)の更なる簡素化(より迅速かつ円滑に)	補助金、税制優遇制度の拡充 復旧工事の手続き簡略化
43	・簡易に法面を復旧する機械 ・被災状況の早期把握としてドローンによる3D計測 ・パワーアシストスツヅ	法面復旧技術の開発 ドローン活用 パワーアシストスツヅの活用	・大規模な震災時に重要なインフラ復旧作業を行う建設業者への給油の優先手配 (例:復旧作業に掛る建設業者の登録及び給油所での登録された建設業者の照会を行う等の体制構築)	緊急時補給体制の確立
44	・水門を閉める操作にあたられていた消防団員の方々が津波被害に遭われたという大変痛ましい出来事が繰り返されない為に、平時には海底面に倒伏した状態で水門が格納され、津波・高潮発生時には、水門先端部に取り付けられた係留フックを解除することで水門が浮力を利用して水面まで浮上させるといった、潮位変動などの自然の力が作用することで水門を起立させる技術と、VRを活用した大型構造物据え付けナビゲーション技術。		・研究開発や設備投資に対する補助金や税制優遇だけではなく、これらの実施費用(ICT施工費用や自然の力を利用したインフラ設備製作、設置費用等)に対しても補助金等の制度整備を期待します	補助金、税制優遇制度の拡充
45	・ドローンによる災害状況の確認(定点観測による現状把握と災害予想) ・レッドサラマンダーのような災害用車両の拡充	ドローン活用 災害対応車両の準備	・情報の共有と緊急時の訓練 ・災害時に使用する機械の整備	情報共有システムの整備 緊急資材備蓄
46	・重機の遠隔操作技術(二次災害防止の観点からも有効と思われる)。 ・支障物撤去・資機材設置等の際 遠隔での操作が可能な玉掛用治具と揚重装置。及び当該作業の自動化技術。 ・大型土壌の改良(耐久性向上、大型化、重機のみでの製作を可能とする技術、可動 ・可搬式の土壌制作設備、中詰作業の省力化、中詰土砂の代替材 等)。 ・非常用発電設備等、災害時・緊急時の電力確保対策。 ・路床強度発現までの養生期間が短い地盤改良材。 ・雨水浸透による弱体化やすべり破壊を起こしにくい盛土技術。 ・粘り強い堤防構造、または堤防補強技術。 ・地震災害、土砂災害時等、目視確認が不能な要救助者の位置を速やかに特定し得る探査装置。 及び重機等への実装による、初動期人力作業の負荷低減。	遠隔操作技術の開発促進 玉掛遠隔操作技術の開発 大型土のう製造機械の開発 緊急時電源確保体制の整備 短期強度発現改良材の開発	・発注者と施工者間における、緊急時情報共有連絡体制の整備確立。 ・産官学一体となった防災、減災研究体制の拡充。	官民連携体制の強化 産官学による防災、減災研究
47			・緊急時の指揮・命令系統の確立 ⇒関係部署より緊急要請で現地に行ったが、しばらくの間、指示がなく待ち時間が長かった ※令和元年東日本台風(19号)時	指揮命令系統の強化
48	・危険な場所へ、無人で近づき作業する重機(BHなど)		・民間に任せず、補助金などを含めて、国が強力に推進して欲しい。	補助金、税制優遇制度の拡充
49	・災害状況をリアルタイムで関連各所に伝達できるシステム	情報伝達環境の整備		
50	・ドローン ・遠隔操作無人機械 ・大型バキューム車	ドローン活用 遠隔操作技術の開発促進 強力バキュームの開発	・災害対応等の機械開発における助成金	補助金、税制優遇制度の拡充
51	・ICT活用による機械化施工技術 ・各種の耐震補強技術、降雨の排水対策 ・AG150の小型吹付機の導入 ・軽トラック級もしくはそれより小型運搬機のみの搬入出経路でも施工可能な小型吹付機など ・人力による法面吹付作業の機械化(作業の迅速化、2次災害対策)	ICTの活用促進 小型吹付機の開発 小型運搬機械の開発 法面復旧技術の開発	・ICT施工促進に向けて、技術に見合った積算計上を標準化して欲しい。 ・防災点検による危険地域の把握と早期の対策措置の実施。 ・協議事項に対する、速やかな判断と指示。 ・試験施工のための現場提供。	ICT技術の活用促進 防災点検体制の強化 技術開発フィールドの提供

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
52	<ul style="list-style-type: none"> ・地震による段差を抑制する舗装技術(地震対策型段差抑制工法) ・浸食・洗堀に耐久する盛土材の開発 ・堤防補強技術 ・段差・陥没箇所を舗装復旧後、早期開放を可能とする舗装材料の開発 ・土砂撤去の時間を短縮する技術(大型バキューム装置、泥漬土の固結化等) ・昼夜・天候・被災箇所に影響されない復旧作業の無人化 	段差解消工法の開発 高耐久性盛土材料の開発 堤防補強材料の開発 強力バキュームの開発 遠隔操作技術の開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ・防災技術を研究する作業部会の設立 ・緊急時に迅速な災害復旧活動が行えるための法整備(放置車両の撤去等) 	
53	<ul style="list-style-type: none"> ・悪天候時の全天候型UAVを使用した河川点検技術 ・河川堤防の異常箇所の自動抽出技術、異常時の警告システム(AI技術) ・堤防増水時の越水防止対策、建物浸水防止対策(タイガーダム、デルタチューブなど備蓄) 	ドローン活用	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時の資材(根固めブロック、越水防止対策など)備蓄強化、災害備蓄基地の増設 ・統合防災情報システム(DiMAPS)の活用推進(周知、システムを使用した訓練の実施等) 	緊急資材備蓄 情報共有システムの整備
54	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時に備え大型土のう、コンクリートブロック等を計画的に備蓄しておく。 ・オフィスカーなどの災害現場への配備 	二次製品の開発、 備蓄 オフィスカーの配備	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急時の取り組み体制の確立及び準備費の計上(資機材配備に要した費用含む) ・官側における備蓄品の確保。 	緊急時対応環境の整備 緊急資材備蓄
55	・重機の無線操作	遠隔操作技術の開発促進	・重機メーカーへの開発補助	補助金、税制優遇制度の拡充
56	<p>【自己安定型仮設土留めブロック】 土砂災害現場などにおいて、発生以降の土砂崩壊を防ぐための土留めブロック 設置位置の基礎を整えることが難しいことから、設置するだけで安定できる構造とする。 具体的には、下面を尖らせて崩壊土に刺さるようにして安定を図る。</p>	自己安定型土留ブロックの開発	災害時に提供する資機材は、事前に準備しておく必要があるので購入・保有に関わる費用の負担、保有資産に関わる税金等の免除をお願いしたい。	補助金、税制優遇制度の拡充
57	<ul style="list-style-type: none"> ・電源確保 ・通信網確保 ・燃料確保 	緊急時電源確保体制の整備 緊急時通信環境の整備 緊急時燃料確保体制の整備	・災害時の供給元との提携	緊急時対応環境の整備
58			<ul style="list-style-type: none"> ・上記回答は北陸地方整備局「災害対策用機械出動管理作業」と言う協定の元で行われた『応急対策』(作業機械は貸与)であり、今回のアンケート主旨にはそぐわないかも知れませんが、いずれにせよ災害時初期は地方自治体も混乱していて、各関係機関との連携も困難を極めます。初動からの官側(市町村行政～消防等)連携調整を望みます。 	官民連携体制の強化
59	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星SARによる広域被害把握(地表変位から二次災害危険箇所の抽出、浸水範囲の早期把握) ・汎用重機に搭載可能な無人化施工ユニット ・降雨量予測技術 ・河川水位予測技術 ・ブレキヤストブロック等を利用した仮設堤の緊急構築技術 ・高含水堆積土(ヘドロ)を良質土に改良する吸水改質材 	衛星の活用 遠隔操作技術の開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ・有益な研究開発に対する補助金、助成金制度の拡充 ・降雨量、河川水位等の観測データのリアルタイム発信(国交省、気象庁、防災科研等のデータの一元配信) ・発災時の被害状況などの迅速な情報公開の促進(熱海伊豆山土石流の際に静岡県がLPデータを迅速に公開したような対応) ・土地開発時の防災対策に対する補助金制度 	補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備
60	<ul style="list-style-type: none"> ・崩落法面部応急措置作業時、遠隔操作(無人化)で施工可能な掘削機械(バックホウ)の導入及び設計計上の理解。 ・フェリーバージ機能を有し、災害時車両等輸送の対応可能な起重機船 	遠隔操作技術の開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ・法面保護工の工法が決まらず、崩落部の対策工着手まで1年5ヶ月の期間を要した。その間、当該法面周辺の施工が行えず、工程・歩掛に影響が生じた。早急の対策案確立をお願いしたい。 ・自衛隊や消防救急には災害対策技術があるので、民間にもそれらの技術をフィードバックさせ災害時緊急対応可能作業船にて適時訓練を行うことにより災害時即対応が可能となり、業界としても大きな社会貢献となる。 ・応急復旧時の大型土嚢は、事前に製作して仮置きしておいて欲しい。高速道路上での当日製作は、復旧までに時間が要する。恒久復旧方法についても、かご枠やふとんかご等で復旧方法の検討に時間を要した。法面崩壊時の復旧方法について施工指針等決めておいて欲しい。 	自衛隊、消防との連携 緊急資材備蓄
61	・冬季除雪の若手オペレーターの育成	除雪オペレーターの育成		
62	<ul style="list-style-type: none"> ・予報・災害予測の高度化による被災の未然防止 ・無人化施工技術開発 ・緊急時において、いつでも作業船団や作業員の確保が出来るように、恒久的な公共工事の発注と労働条件向上(賃金など)が必要(東北) 	高精度気象予報体制の整備 遠隔操作技術の開発促進	<ul style="list-style-type: none"> ・補助金や税制優遇制度 ・官民連携強化、情報共有 ・問6の通りであるが、さらに作業船団の係留岸壁が全国的に不足している。早急な作業船係船占用岸壁の整備を期待する(東北)" 	補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備 緊急時対応環境の整備

表 今後の対策に役立つと思われる技術、官側へ期待すること

会社	今後の対策工に役立つと思われる技術(準備している技術も含む)	Key Word	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること	Key Word
63	・崩壊法面に簡単にシートを敷設・固定できる技術 ・入り危険箇所にて災害復旧を行う作業における、バックホウなどの無人化(遠隔操作)システムの普及。	法面復旧技術の開発 遠隔操作技術の開発促進	・新技術導入に対する同意と設計変更の承認	新技術の活用促進
64	・バックホウなどの重機を遠隔操作や自動制御による活用。 ・ドローンなどによる、迅速な調査や物資の運搬。	遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用	・補助金や税制優遇制度。 ・官と民との情報共有とコミュニケーションの向上。	補助金、税制優遇制度の拡充 情報共有システムの整備
65	・袋詰め玉石の大きさにもよりますが、クレーンで吊り込む際フックに掛ける吊り込み部分の改良で玉掛け作業を行いやすくなる。 ・袋詰め玉石の無人で製作できるような装置。	玉石袋詰め機械の開発	・現場環境改善を末端まで理解してもらいたい。(災害時は人海戦術で24時間稼働する場合が多いので作業員の現場環境改善が必要。) ・緊急資材等保管場所の確保と情報共有。 ・発注者間の連携不足による指示の齟齬が生じる場合があり、窓口体制の一元化を要望。(2016年熊本地震による災害出動要請を佐賀国道事務所から受け、現地に向かう前日に打合せを行い舗装機械(フィニッシャー、ローラー等)を搬入した。しかし、熊本(阿蘇)の対策本部では大型土嚢作成、運搬、設置を指示され、舗装機械は使用せず持ち帰った)	緊急時対応環境の整備 緊急資材備蓄 緊急時対応環境の整備
66	・遊砂地の整備 ・技術ではないが、各地名の由来を調査して地域住民に知つてもらうことも必要だと思う。			
67	・遠隔臨場による現地調査 ・3次元測量を簡単に断面図を作成できる技術	遠隔臨場の活用 迅速な現況測量体制の構築	・被災状況についてできるだけ迅速に詳細な情報共有(通行可能箇所などの把握) ・被災対象が構造物の場合、建設時の施工記録・設計図面等の情報公開 ・被災箇所が山間部である場合、通信網の早急な整備(臨時の基地局設置など) ・被災箇所に資機材を搬入するルートの確保(特に重機など特殊車両等の通行許可も含む) ・公共建築物、構造物等の施工記録及び設計図面等が閲覧できるシステムの構築	被災状況早期把握体制の構築 インフラ履歴整備 緊急時通信環境の整備 緊急時補給体制の確立
68	・測量[標定点不要なUAV測量、スマホ等LiDARスキャナ、事前の3D地形データ] ・バックホウ、ブルドーザー、キャリアダンプ[遠隔操作、マシンコントロール機] ・応急復旧工事における出来形管理基準緩和(品質に問題無いと判断された場合)	迅速な現況測量体制の構築 遠隔操作技術の開発促進 緊急工事の出来形規準緩和	・応急復旧工事(土工)であっても通常の出来形管理を要求されると、それなりに施工に時間が掛かってしまいます。出来形基準が緩和されればもっと迅速に復旧できるものと考えます。	復旧工事の手続き簡略化
69	・擁壁のユニット化 ・車両の進入が困難な場所でも入れて使用できる、リモコン操作が可能な照明設備 ・海上での流木回収のできる大型船の配置 ・遠隔で災害状況の確認及び、遠隔無人での物資・資器材を運搬する技術	二次製品の開発、 備蓄 遠隔操作照明設備の開発 大型船の配備 遠隔操作技術の開発促進	・平時からの緊急時対策訓練の実施	緊急時対応環境の整備
70	・施工機械の遠隔操作技術 ・ドローン飛行による現況調査	遠隔操作技術の開発促進 ドローン活用	・ネットワーク環境の整備	情報共有システムの整備
71	・人力で組み立てができるベント	人力施工ベントの開発		
72	・大型土のう無人化施工	大型土のう製造機械の開発	・平時からの情報共有、緊急時用備品の数量及び保管場所の確認、施工中工事の一次中止にて労務確保出来る制度	情報共有システムの整備
73	・技術:被災した地域に早期に物資を大量に運搬出来るドローンの開発 ・準備:物資不足を回避するための備蓄	ドローン活用 緊急資機材の備蓄	・官庁として有事に活用出来るドローンの保有 ・緊急時に迅速に対応するためには、平時より特殊作業船の維持・整備が必要となるため、公共工事の発注時には、適正な金額で発注されるよう指導監督をお願いしたい。	ドローンの活用 緊急時対応環境の整備
74	・ドローンによる広範囲の災害状況判定システム	ドローン活用	・海上での復旧工事には、作業船や船員が不可欠であるが、災害復旧工事だけでは維持できない。平時からある程度の公共工事量を確保、継続していただきたい。	平時工事量の確保

第 I 編 卷末資料 2

5つの災害イベントに回答した企業別一覧

会社	災害名称	対策内容	役立った技術	今後の対策工に役立つと思われる技術（準備している技術も含む）	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること
1	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	磯浜漁港内に飛散した消波ブロック及び堆砂除去撤去	遠隔操作式水陸両用ブルドーザ工法	・泥渦地や大水深に対応したゼロエミッション遠隔操作型水中建機	・地方整備局の出先機関別になされている災害協定を、近年各地で発生している激甚災害に鑑み、国交省本省との全国ベースの災害協定として戴きたい
	熊本地震	震災で被災した工事用パイロットの復旧、河川渡河仮設復旧	遠隔操作技術、遠隔操作式水陸両用ブルドーザ工法		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	津波引き波で洗堀を受けた橋脚の緊急根固め埋戻し	遠隔操作式水陸両用ブルドーザ工法		
2	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	1次仮置場から運ばれてくる災害廃棄物を選別し、各処分先に搬入	機械選別工	・木に付着した土砂等を機械洗浄できる技術。➡再資源化先が多くなると思われる。 ・木くずの水選別をコンパクトにできる装置➡再資源化率をあげることができる。 ・開発履歴・地形・地質・地下水変動・植生・気象変動等を包含した面的モニタリング技術 ・不陸条件（不安定足場）でも作業性と安全性が高い建設機械と、能力を保持した機械の小型化 ・遠隔施工技術 ・UAVを活用した遠隔調査（災害状況調査）と資材運搬技術、通用資材の大型化 ・水抜きボーリング工等の削孔精度の向上による標準施工延長の向上 ・ICT技術の斜面防災工への拡大（発災エリア内での測量、位置出し等の人の立入排除） ・様々なツールを兼ね備えた建設機械の拡充（1台で可能な作業の多様化） ・河川の濁流の流速に負けないでその箇所に留まり、ベースになるような二次製品。 ・遠隔操作で玉掛・玉外しができる治具・装置	・技術開発に対する補助金制度の確立 ・多様な情報（開発履歴・災害履歴・雨量履歴・地震履歴・地質情報[SPT,コア写真等]・土質試験結果）の一元マッピングと公開 ・近年の気象・地震の変動を考慮した設計基準の見直し（雨水排水・確率降雨強度・安全率・多種連成現象[例えば、降雨と地震の連成考慮、土の塑性体（個体）から液化性（密度流）への状態変化]等：極端な例ではバックエンド分野で実施されている熱・水・物質移行・応力・水鉱物化学反応・微生物反応・地質変動連成解析等） ・平時から緊急時を意識した危機感と予算の維持と国民・維持管理者への啓発 ・ハザードマップに応じた災害想定に対する具体的な対策の確立 ・実際に復旧工事を行う上で、大型土嚢などの緊急資材の供給が非常に重要である。そのためには、事前に官民で災害発生時の対応範囲と対応体制を作成し、想定される規模に合わせた“緊急用資材”をストックしておく。
	令和元年8月の前線に伴う大雨(九州北部豪雨)	発生した地すべりに対する路線復旧と地すべり対策工	仮設大型土嚢設置撤去工・仮設H鋼杭設置撤去・仮設落石防護柵設置撤去工・抑止杭工・集水井+水抜きボーリング工・法面鉄筋挿入工・地下排水工・コンクリートシール工		
	令和元年東日本台風(19号)	崩壊した護岸および発電所の復旧工	袋型根固め工法用袋材、埋設型枠、大型土のう製作機		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	地震と津波により崩壊した護岸・ブロック積擁壁の保護工	ボトルユニット積による崩壊箇所の安定化		
3	平成30年北海道胆振東部地震	地すべり急傾斜地の土砂の撤去及び法面の保護工	・UAVによる起工測量、・断崖用無人掘削機（クライミングバック） ・冬期法鉢工施工時の耐寒剤	・法鉢工施工時の機械化（法面工（人）の確保が困難） ・3次元モデルの活用（起工時、出来形測定時） ・倒木、流木等の障害物を区別して現況地盤測量が可能な技術（レーザースキャナーやUAVによる測量が遅きなことがあり苦労した。） ・ICT建機による施工履歴を用いた出来形管理（バックホウのバケットが通過した履歴にてヒートマップが作成されるので、河道掘削等における水中での出来形計測も可能）	・機械化施工における積極的な新工法採用。その際の必要な仮設備の計上 ・震災被害により基準点数値が変更されている場合、受発注者間での情報共有を徹底して欲しい。（発注者：年度替わりでの監督員の交代など）
	平成30年北海道胆振東部地震	ダム貯水池に堆積した土砂・流木の撤去及び護岸工	・GPS測量（震災被害により基準点数値が変更）		
	平成27年台風第7号	河道に堆積した土砂の撤去及び護岸工	・ICT施工：マシンガイダンス・バックホウ（河川内で測量が不要）		
	平成27年台風第7号	河道に溜まった土砂の撤去及び護岸工	・UAVによる空撮（定例会議等での進捗説明に有効）		
4	令和元年東日本台風(19号)	進行中の地すべりに対し、抑止杭・揚水・集水による応急恒久対策	集水井工	・無人化施工ができる技術。 ・遠隔操作による重機の運転。 ・土砂崩壊が発生した場合、対策として「H鋼を用いた抑止杭や防護壁」を施工する場合が多々ある。しかし、流出した土砂により大型重機が近づけなかったり、二次災害を鑑みると不安定な個所の補強を行ってからでないと作業を開始できない場合が多く、その結果復旧までに日数がかかってしまう。一遠隔で、自走することなく、離隔のある杭を連続打設できる重機があれば役に立つと思われる（サイレントバイラーのH鋼打設機のようなもの）。	・災害実績から現場のニーズをくみ取った技術開発を積極的に進めほしい ・開発費用の補助、支援 ・開発技術の積極的な採用とその使用機会の保障 ・災害復旧工事に協力した会社には別途評価点を与えて、新規入札案件への優遇を行う。 ・応急復旧フェーズにおける、発注者側の意思決定の迅速化。
	令和元年東日本台風(19号)	崩壊した護岸の緊急復旧及び本復旧	マシンガイダンス付きバックホー、ウェラブルカメラ		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	高速道路を塞いだ土砂の撤去及び崩壊した法面の保護工	法面ロックボルト工		
	熊本地震	崩落した熊本城石垣の復旧	汎用遠隔操縦装置サロゲート		
5	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	破壊した河川堤防（末政川）の応急復旧、河床堆積物除去		・早期の地形点群やオルソ写真の取得と公開 ・PLATEAUのような3D都市モデルデータ等の充実による災害対応検討技術 ・二次災害防止のための建設機械の無人化施工技術や自律制御技術	・平時からの災害対策における協調領域への補助金等の開発支援。 ・緊急時の情報共有や施工検討における官民連携体制の確立
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	災害廃棄物の分別・運搬			
	平成30年北海道胆振東部地震	下水処理場の災害復旧工事（ひび割れ補修、断面修復等）			
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	大船渡港の啓開作業			

5つの災害イベントに回答した企業別一覧

会社	災害名称	対策内容	役立った技術	今後の対策工に役立つと思われる技術（準備している技術も含む）	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること
6	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	地盤流動化による道路沈下抑制	高強度プレキャストRC鋼装版工法	<ul style="list-style-type: none"> ・火災に抵抗の強い技術 ・緊急時の段差をなくし、交通を確保する技術 ・道路用PRC版 ・重機の無人化施工 ・水害、地震後の復旧作業時に二次災害が発生しないように、遠隔操作にて無人化で復旧を行う。 ・雨天時、路面潤滑時に施工可能な路面標示 ・立ち入り困難箇所における容易に入り易い車両、重機（遠隔操作システム） ・災害復旧にあたり大規模工事ではICT技術は活用されているが、現実的には山間部、防災箇所では狭い箇所も多く小規模でのICT建機の活用が出来れば有効かと考える。ただ、3次元データ等を収集するための事前調査に時間と費用は要する。 ・ドローンからの情報（映像、高低差、座標等）をマシンコントロールと連動させる技術 ・ドローン等による災害状況の早急な開示と情報共有 ・岩盤取壊し時に使用できる低騒音機械（夜間近隣住民が居ても使用できる機械） 	
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	橋梁部伸縮継手部の段差抑制	プレキャスト延長床版工法		<ul style="list-style-type: none"> ・ゴミ、倒木等の無料最終処分地の確保 ・予算の確保 ・技術開発の為の共同研究 ・道路用PRC版のストック置場 ・普段から無人化施工工事を発注し、技術力を高めて有事に備える。 ・早急の要請、情報共有は必要である。 ・状況に応じた必要な資機材の発信と情報共有 ・災害時、業者側にも早急に現地視察、官側との打合せ参加をさせてほしい（早期対応がしたいため）
	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	道路・水路を塞いだ土砂の撤去搬出	バキューム車による土砂吸引		
	熊本地震	道路の段差修正等			
	平成30年台風第21号	上り車線崩壊の為、下り車線片側交互通行帯設置	ウォータージェット、区画線除去		
7	令和元年東日本台風(19号)	千曲川決壊災害に対する鋼矢板二重縦切工および策堤護岸工	被災現場のドローン測量（応急復旧工事の計画設計の協議に効果を発揮し、発災4日後には設計図面が出来た）。		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	高速道路敷地外の土砂崩落に起因して流出した高速道路本線橋梁の復旧工事および崩落斜面の応急・恒久復旧工事	無人バックホウによる崩落土砂の撤去		<ul style="list-style-type: none"> ・正確な被災現場の測量結果について迅速な提供 ・堤防決壊や地滑り等、被災リスクが高い地点に対する、平時からの地質等情報の取得とデータベース化。 ・無人化施工重機の保有。 ・災害対応に備えた移動式通信設備の保有（臨時の電話基地局等） ・大手リース業者保有資機材（施工重機、仮設鋼材、敷設板等）データベースの共有。 ・ステークホルダ（地方自治体、住民、警察等）との一層迅速な協議 ・完成図等の完成図書・供用後の調査補修履歴などの整備・整理 ・様々な民間技術を活用する柔軟な対応ができる体制の整備 ・道路寸断された場合や山間部等では、給油ルート等の早急な資機材搬入ルートの確保
	熊本地震	俵山トンネル・南阿蘇トンネルの被害調査・対策工の設計・補修補強工事 JR九州新幹線の脱線修復、高架橋の補修補強 他	構造物のプレキャスト化 トンネル坑門工のプレキャスト化・3Dスキャナでの構造物・法面等の測量・BHマシンガーデンス		
	平成27年9月関東・東北豪雨	鬼怒川堤防決壊箇所の応急復旧及び本復旧	狭隘な場所での資材搬入マネジメント技術		
	平成23年台風12号	河道閉塞の緊急対策として暗渠排水管の設置、土砂掘削により排水路を設置	ヘリコプターによる水中ポンプ等の資機材の投入 リモコン式のバックホウとクローラダンプによる無人化施工		
8	令和元年東日本台風(19号)	降雨による法面変状に対する応急復旧（法面アンカー設置） 降雨による法面変状に対する恒久工事（上部排土、排水設備本復旧）			<ul style="list-style-type: none"> ・被災状況の早期把握と情報共有、業者選定の迅速化 ・災害応急対策資材の調達先、運搬会社などの整理、情報共有（過去の経験上、資材調達先が限られ数量が確保できない場合や運搬車両が確保できなかった事例があった） ・緊急に現地調査を行う測量会社、調査会社（ドローン測量、写真撮影など）とのインセンティブを伴う災害協定 ・災害応急対応実施前、後の契約、精算手続き、必要書類等の簡素化 ・配備要請から工事着手の迅速化、発生費用処理の迅速化（半年から1年遅れの事例あり）。 ・災害対策に役立つと思われる新技術を導入した通常工事を発注し、予め施工実績をつくる機会を与えて欲しい。 ・補助金や税制優遇制度の確立
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	盛土のり面崩壊に伴う高速道路の応急対策（抑止杭）、恒久対策（碎石盛土）	ダウンザホールハンマーによる抑止杭（H鋼）工、碎石投入架台（滑り台）による盛土材の投入工、小段のシールコンクリートで現場打ちに換えてプレキャストのブロックを採用		
	熊本地震	地震により崩壊した法面の安定化と恒久対策	無人化施工		
	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	太田川発電所水槽土砂撤去及び覆蓋設置、周囲の法面保護他	LIBRA工法(斜張式架設工法)、SSD工法（斜面安全掘削工法）		
	平成23年台風12号	倒木材・崩壊土砂の撤去、法面保護及び砂防堰堤設置他恒久対策	INSEMダブルウォール、無人化施工、ロッククライミング工、クロノバネル工		

5つの災害イベントに回答した企業別一覧

会社	災害名称	対策内容	役立った技術	今後の対策工に役立つと思われる技術（準備している技術も含む）	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること
9	平成23年台風12号	河川閉塞箇所の治水、SBウォール工法による堤防の築造、ロッククライミングショベルによる崩壊斜面のラウンディング、土砂ダム崩壊斜面の斜面対策工事	無人計測システム、SBウォール工法、高所法面掘削工法、高所法面掘削軟岩無人化施工	<ul style="list-style-type: none"> ・液状化したがれき混じり土砂を環境に影響を与えることなく分別・処理できる添加剤の開発 ・災害発生場所は人が入れないところがあるので、無人で遠隔操作ができる機械 ・太陽光発電による無人計測システム ・自走式振動スクリーン、自走式破碎機、自走式土質改良機、手選別ペルコンなどを組合せてライン化し、混合災害廃棄物を分別処理し再生資源化する設備 ・災害直後、早期の現場の状況把握と、対策の決定と実施行うためのシステム化 ・土がいらない土のうの大型化（少量の水で膨らむ） ・遠隔操作での無人化による土砂、がれきの撤去（バックホウ、ダンプ） ・通常人力で行う作業をロボットにて行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害発生後、即座にゼネコン等の専門会社を、現地送り込み最善の対応策を検討できる様な、非常時に向けた、連携体制の確立 ・現地に乗り込む前に災害箇所を把握できる高精度の衛星写真を提供してほしい。 ・災害廃棄物の中間処理の廃棄物処理施設設置許可申請に係る期間の特例等による時間短縮 ・平時からの情報共有・緊急時の取組体制の確立 ・補助金制度
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	地震と津波災害に伴う廃棄物の中間処理	廃棄物の選別・破碎技術		
	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	災害廃棄物の分別処理	振動スクリーンによる分別工法		
	熊本地震	道路を塞いだ土砂の撤去、鉄道高架橋の補修修繕	ウォータージェット工法による構造物解体		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	被災地から搬出されたがれき処理	トロンメルによるがれき土砂篩分け選別		
10	令和元年房総半島台風(15号)	走錨した船舶が衝突した橋梁の短期間での復旧	多目的自航式起重機船CP-5001の自動定点保持機能の活用		<ul style="list-style-type: none"> ・地震による地盤の液状化防止のため、構造物、空港滑走路下部などを事前に地盤改良する技術 ・泥土、泥水を強アルカリ化させることなく速やかに固化する技術（吸水性泥土改質材ワトル） ・広域にわたる災害発生時に、施設の沈下や変形等の被災状況を迅速に把握するため、衛星などによる広域モニタリングシステム ・水中部における構造物の被災状況を迅速に把握するための水中ソナーテクノロジー ・海域における災害復旧の実施にあたり、潜水土作業を省人化（無人化）できる施工技術
	平成30年北海道胆振東部地震	液状化対策として、車道部は深層混合処理工法、宅地部は薬液注入工を実施	深層混合処理工法、浸透固化処理工法		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	道路を塞いだ土砂の撤去及び土砂の海上からの搬出	発生土砂のフェリーバージによる海上からの効果的な搬出		
	平成28年台風第7号	年末年始休暇までに損傷箇所の復旧を冬季施工で実施	寒冷地での早期復旧に向けた施工（コンクリートに無塩化防凍剤を添加など）		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	津波による流出物の撤去、被害を受けた港湾施設の復旧 原子力発電所事故により汚染された浮泥を封じ込めるための海底地盤被覆	津波浸水解析、海底土被覆（FL-SAND工法）		
11	令和元年東日本台風(19号)	斜面崩壊した法面の保護工	セーフティクライマー工法、L I B R A工法		<ul style="list-style-type: none"> ・地中、水中などの不可視部構造物の健全度評価技術（地表から診断できるもの） ・大地震や風水害といった災害発生のシミュレーション（予測）技術 ・泥、土砂を大量に撤去できるバキューム（ハイウォッシャー）搭載はより効果的 ・撤去が不要で安価な仮設の堤防法面防護資材 ・水に反応して膨らむ土嚢（大型サイズや普通サイズ） ・含水比の高い土砂を即時搬出できるよう固結できる固化材 ・緊急時に行動したときにすぐに業務に取り掛かれる移動式のコンパクト事務所
	令和元年東日本台風(19号)	既設護岸復旧のための鋼管杭打設および道路土砂流出を防ぐための薬液注入	鋼管杭打設（ジャイロプレス工法） 薬液注入（二重管ダブルバック工法）		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	家屋内に流入した土砂、汚泥の撤去、清掃	バキューム車による土砂吸引回収		
	令和元年東日本台風(19号)	崩壊した堤防の仮復旧および大型ブロックによる護岸築造等	コンクリートホッパー開閉付き（油圧）バックホウによるコンクリート打設		
	熊本地震	斜面崩壊により国道が寸断され、代替路の一部として山岳トンネルを施工	AGF工法、改良盛土工法		
12	令和元年東日本台風(19号)	鋼矢板仮縫切堤防の急速施工による応急復旧	鋼矢板打設工法		<ul style="list-style-type: none"> ・安全衛生法、小型無人機等飛行禁止法など法規制の緩和 ・NEDOのGI基金の様な、災害復旧技術の開発に係る基金の設立・運用 ・災害に対応する建設会社の技術情報・対応可否を官民が共有するシステムを整備し、緊急時の情報やり取りや対応の可否を速やかに行う。 ・新技術の準備や保有に対するインセンティブを考慮（技術点加点、工事成績評定加点など） ・私有地の使用や各種許認可手続きに関する臨機の措置（法令の改正を含む）
	令和元年東日本台風(19号)	仮設組立橋梁を使用した仮橋工法による道路復旧	仮設組立橋梁を使用した仮橋工法		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	高速道路本線4車化開通を優先した法面保護工	後施工のリ面部の掘削に伴う落石防護柵（直立型）の利用		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	列車軌条上での崩落土砂復旧	軌陸重機（バックホウ、ダンプ、クレーン）		
	熊本地震	PC連続ラーメン箱杭橋の急速施工	超大型移動作業車、ACSセルフクライミング工法、大型インクライム		

5つの災害イベントに回答した企業別一覧

会社	災害名称	対策内容	役立った技術	今後の対策工に役立つと思われる技術（準備している技術も含む）	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること
13	平成25年台風26号	径1320mm、L=27.5mの鋼管杭を打設する消波護岸復旧工事。	海上での杭打設	<ul style="list-style-type: none"> ・法面工の無人化施工 ・斜面で稼働できる重機 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害応急対策工事は仕様書外の事項を多く含むと思われる所以、どのように行ったかの情報開示
	平成23年台風12号	地すべり、市道復旧	グラウンドアンカー、法面工		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	海浜公園の復旧工事	水中ブルドーザーを使用した養浜工事		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	防波堤の復旧工事	索道を使用したポンプ配管		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	漁港内のコンクリート構造物を破碎し、浚渫する工事	コンクリート構造物の水中取り壊し工、ケーソンの浮上。		
14	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	震災廃棄物撤去、防潮堤、河川堤防、高台造成、道路付替	鋼矢板打設（硬質岩盤クリア工法）、可燃物・不燃物混合廃棄物の選別(SH型・比重差選別機)、高含水比の混合廃棄物の選別(湿式選別機/アガセーレータ-ASG1200)	<ul style="list-style-type: none"> ・除染で出た除去物の仮置場管理を対象としているため、ハザードマップにより災害発生の可能性を考慮して、除去物の流出防止、河川からの流入防止を図ることのできる大型土のう及び袋型根固め（ボトルユニット）等を予め作成しておく。 ・僻地でも素早く高速通信出来るネットワークシステムの構築 ・事務所、宿泊施設（各個室が守られている）を簡単に素早く建築出来るユニット ・仮設トイレの水洗化と浄化機能。水は循環式にして再利用する。排泄物は、浄化し分別し清潔なトイレを素早く被災（避難）場所に構築するユニットの開発。 ・屋根瓦が落ちた際、ブルーシート等で覆っているが、材料不足の為、着手に時間がかかっている。劣化に強く防水・暴雨に耐えられる補修シートの開発。屋根に素人が昇るのは、危険なので ドローンを活用した設置技術開発 ・ドローンによる現状確認、対策工法の検討 ・無人化施工による効率的・効果的な災害復旧技術 ・水害時の土のう作成時の中詰め材の材料開発、土のうにかわる簡易、軽量製品の開発 ・地球温暖化による海面の上昇を見据えた海岸線（山側）の大規模盛土造成。海とつながる河川の防潮堤工事。 ・崩落したのり面等を遠隔で調査出来る技術 ・崩落した土砂を固化する技術 ・崩落した土砂の中を進むことができる特車両やロボットの技術 ・崩落した建物や崩落した土砂の中に、巻き込まれた人の有無が分かる技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状は、指示を受けて製作、施工して対策工を実施するが、災害復旧を迅速に行うため維持管理費用に予め準備費用に計上する。 ・技術開発費等の費用補助 ・状況に応じた必要情報の早期共有 ・海岸線の盛土造成に全国的に広める運動。公共事業費の捻出。 ・技術開発のための産官学の連携の旗振り役 ・異常気象の予測技術と防災技術の連携
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	河川堤防、排水機場復旧、農地除塙、除染	情報共有システム（A S P）、イージースラブ橋工法		
	令和元年東日本台風(19号)	冠水部水替、崩落土砂撤去、大型土のう積み、布団かご設置、袋型根固め工（ボトルユニット）			
	令和2年度大分自動車道九重IC～湯布院IC間法面応急復旧工事	（応急対策）道路盛土部の崩落箇所に、道路本線より山留杭を打設して崩壊の進展を抑制したのち埋戻し復旧した。 （恒久対策）隣接して設置されていた側道の復旧工事	親杭横矢板工法 、 深層混合処理工法（GIコラム工法）		
	曾於南部地区直轄災害復旧工事野方導水路緊急応急工事	（恒久対策）崩壊土砂を撤去後、補強土壁工により法面を構築し、市道を復旧した。	補強土壁工（アデム工法）		
15	令和元年東日本台風(19号)	豪雨により河川が増水し、沈下した橋梁の応急復旧工事のうち、瀬替えと施工ヤードの造成、不要となった橋脚の撤去、護床ブックの現地製作、設置等	市街地での超大型重機による瀬替え重機土工と乾式ワイヤーソーによるコンクリートの切断等	<ul style="list-style-type: none"> ・ドローン ・遠隔操作無人機械 ・大型パキューム車 	<ul style="list-style-type: none"> ・災害対応等の機械開発における助成金
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	道路を塞いだ土砂の撤去及び大型土のう作成・輸送	瞬作くん-大型土のう製作治具		
	熊本地震	新幹線高架橋補修工事	ウォータージェット工法		
	熊本地震	崩落した法面の保護工及び浮石撤去	放電破碎工法		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	防潮堤の復旧・嵩上げ工			
16	平成30年北海道胆振東部地震	地震による斜面崩壊に伴い、恒久対策として法棒工を施工	法棒工	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT活用による機械化施工技術 ・各種の耐震補強技術、降雨の排水対策 ・AG150の小型吹付機の導入 ・軽トラック級もしくはそれより小型運搬機のみの搬入出経路でも施工可能な小型吹付機など ・人力による法面吹付作業の機械化（作業の迅速化、2次災害対策） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT施工促進に向けて、技術に見合った清算計上を標準化して欲しい。 ・防災点検による危険地域の把握と早期の対策措置の実施。 ・協議事項に対する、速やかな判断と指示。 ・試験施工のための現場提供。
	令和元年東日本台風(19号)	道路を塞いだ土砂の撤去			
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	開削による下水管の撤去・再施工、改築推進工	改築推進工		
	平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害	安佐南区の崩壊箇所における砂防堰堤新設に伴う法面保護工	ジオワイヤー工		
	令和2年7月豪雨	国道219号河川氾濫による道路崩壊部の擁壁工	親杭パネル工		

5つの災害イベントに回答した企業別一覧

会社	災害名称	対策内容	役立った技術	今後の対策工に役立つと思われる技術（準備している技術も含む）	今後の対策工に役立つ準備を進めるために官側に期待すること
17	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	高速道路の土工部と橋梁部等の段差による通行遮断箇所、陥没箇所の舗装復旧		<減災に役立つ技術> ・地震による段差を抑制する舗装技術（地震対策型段差抑制工法） ・浸食・洗堀に耐久する盛土材の開発 ・堤防補強技術	
	平成26年豪雪	国道139号、県道505号・33号の道路除雪を10日間実施		<災害後に役立つ技術> ・段差・陥没箇所を舗装復旧後、早期開放を可能とする舗装材料の開発 ・土砂撒去の時間を短縮する技術（大型バキューム装置、泥漿土の固結化等） ・昼夜・天候・被災箇所に影響されない復旧作業の無人化”	・防災技術を研究する作業部会の設立 ・緊急時に迅速な災害復旧活動が行えるための法整備（放置車両の撤去等）”
	平成27年9月関東・東北豪雨	堤防洗堀箇所を仮土留め、大型土嚢で応急措置、その後、本復旧で侵食箇所に流動化処理土充填	流動化処理土工法		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	高速道路上、土砂崩れによる通行止め箇所の土砂撤去			
	令和元年東日本台風(19号)	水害被災がれきの仮置場造成、冠水箇所（小学校）のがれき・汚泥撤去			
18	平成30年北海道胆振東部地震	崩壊した法面の保護工(法枠)と崩土防護工(落石防護柵)	断崖掘削機械(急勾配作業の効率化)、伐木・切断・集積アタッチメント(効率化)	※今後あれば役立つと思われる技術 ・悪天候時の全天候型UAVを使用した河川点検技術 ・河川堤防の異常箇所の自動抽出技術、異常時の警告システム(AI技術) ・堤防増水時の越水防止対策、建物浸水防止対策(タイガーダム、デルタチューブなど備蓄)	※官側に期待すること ・緊急時の資材(根固めブロック、越水防止対策など)備蓄強化、災害備蓄基地の増設 ・統合防災情報システム（DiMAPS）の活用推進(周知、システムを使用した訓練の実施等)
	平成30年北海道胆振東部地震	被災した既設農業用水パイプラインの敷設換え			
	平成28年台風第7号	崩壊した道路路体の盛土工			
	平成28年台風第7号	被災した国道の仮橋設置、既設橋梁撤去・新設工事	硬質地盤クリア工法(鋼矢板打設)、仮継切りPSケーブル(切梁削減)		
	令和元年東日本台風(19号)	施工中の切土法面がくさび崩壊し法面保護工を施工	・ウェブを用いた法面自動計測 ・レーザースキャナーによる崩落箇所の測量		・法面保護工の工法が決まらず、崩落部の対策工着手まで1年5ヶ月の期間を要した。その間、当該法面周辺の施工が行えず、工程・歩掛に影響が生じた。早急の対策案確立をお願いしたい。 ・自衛隊や消防救助には災害対策技術があるので、民間にもそれらの技術をフィードバックさせ災害時緊急対応可能作業船にて適時訓練を行うことにより災害時即対応が可能となり、業界としても大きな社会貢献となる。 ・応急復旧時の大型土嚢は、事前に製作して仮置きしておいて欲しい。高速道路上での当日製作は、復旧までに時間が要する。恒久復旧方法についても、かご枠やふとんかご等で復旧方法の検討に時間を要した。法面崩壊時の復旧方法について施工指針等決めておいて欲しい。
19	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	起重機船による啓開作業	ナローマルチビーム		
	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）	防波堤本体製作工事	特になし	・崩落法面部応急措置作業時、遠隔操作（無人化）で施工可能な掘削機械（バックホウ）の導入及び設計計上の理解。 ・フェリーバージ機能を有し、災害時車両等輸送の対応可能な起重機船	
	令和元年東日本台風(19号)	PA擁壁背面吸出し防止空洞充填、既設破損構造物撤去、袋詰根固設置	特になし		
	令和元年東日本台風(19号)	常磐自動車道（下り）24, 9K P及び首都圏中央連絡自動車道（外）172, 6K P、（内）173, 4K P付近の法面崩落箇所の復旧工事	かご枠		
	令和2年7月豪雨	地すべり地形を呈する高速道路切土法面の水抜き・鉄筋挿入工・吹付け・アンカーアーによる補強工	水抜きボーリング・鉄筋挿入工・グランドアンカーアー		
20	令和元年房総半島台風(15号)	道路を塞いだ土砂の撤去	バックホウによる土砂撤去		
	平成30年7月豪雨(西日本豪雨)	公園内の土砂撤去及び法面崩壊した法面の保護工	ドローンによる3次元測量	・遠隔臨場による現地調査 ・3次元測量を簡単に断面図を作成できる技術	
	熊本地震	地震により落橋した橋梁の解体・撤去及び被災した橋梁の応急復旧及び補強	ロックング橋脚の壁式橋脚化と剛結化		
	熊本地震	地震により被災した橋梁下部工の耐震補強工事、落橋防止工事、橋梁、調整池、のり面、立入防止柵、C-BOXの補修工事	ロックング橋脚耐震補強工（RC巻立）		

第Ⅱ編

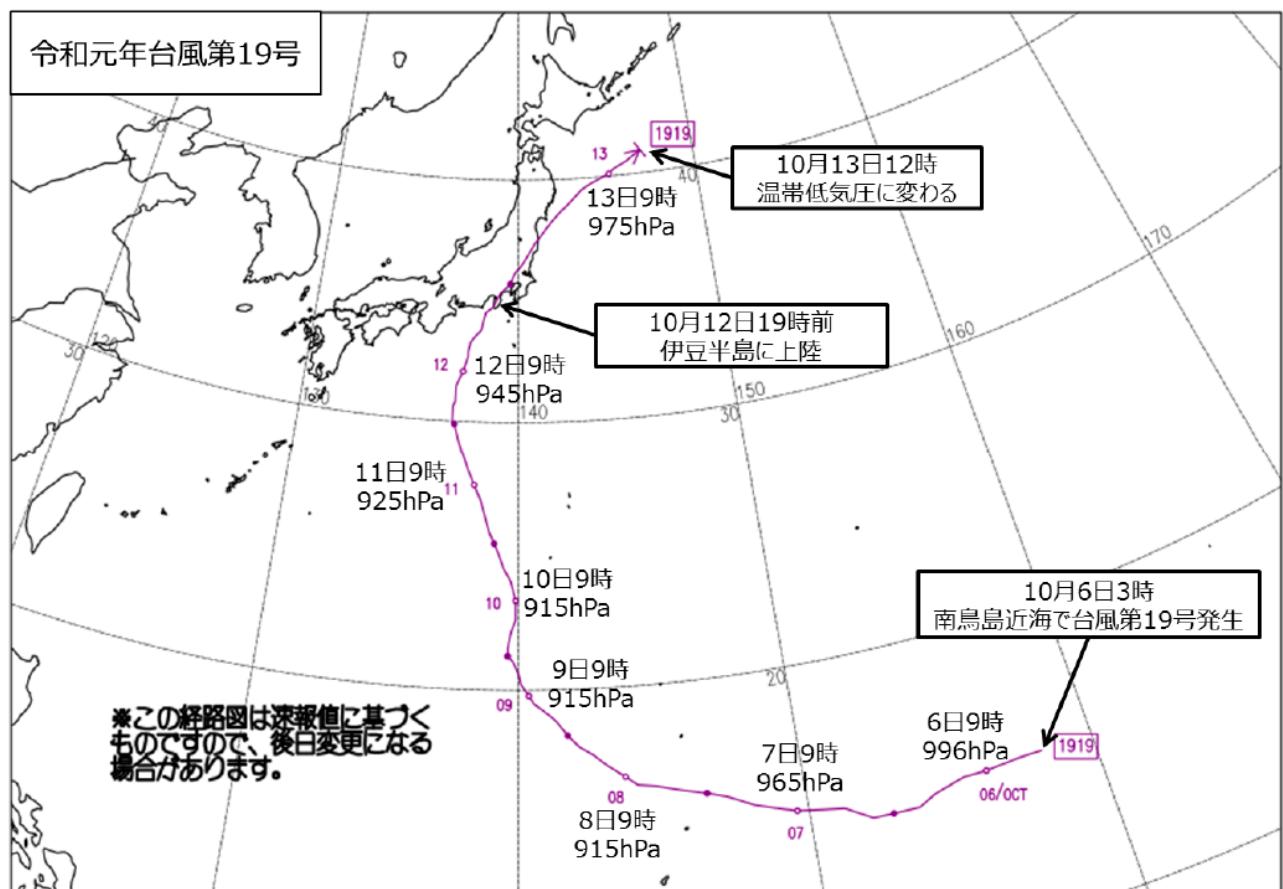
大規模自然災害への官・民・関連企業の 対応事例に関するヒアリング調査

II-1 令和元年東日本台風（台風19号）

1. 令和元年東日本台風（台風19号）災害の概要

1.1. 気象の状況

2019年10月6日に南鳥島近海で発生した台風19号は、大型で強い勢力を保ったまま12日に伊豆半島に上陸し、その後関東地方を通過した（図1-1）。台風の接近・通過に伴い、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となった。なかでも、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で3、6、12、24時間降水量が観測史上1位となるなど記録的な大雨となった（図1-2）。静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県、茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県、岩手県の1都12県に大雨特別警報が発表された。



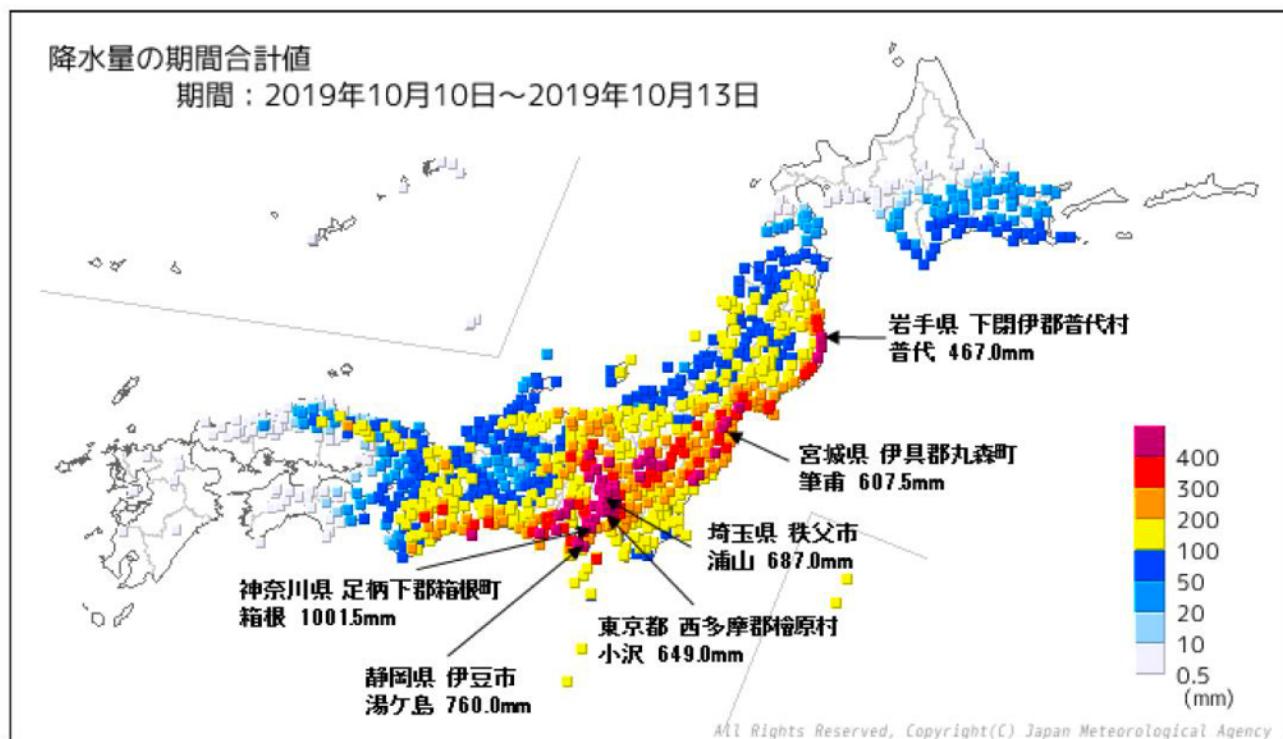


図 1-2 期間降水量分布図(10月10日0時～10月13日24時)
(出典:気象庁)

1.2. 被害の状況

1.2.1. 全国規模の被害

台風 19 号の影響で、河川氾濫、土砂災害、浸水被害が相次ぎ、死者 91 名、行方不明者 3 名となり、9 万棟を超える住家被害、電気・水道・道路・鉄道施設などのライフラインへの被害が発生した（表 1-1）。

表 1-1 台風 19 号による人的・住家被害(令和 2 年 4 月 10 日現在)

都道府県名	人的被害				住家被害					非住家被害	
	死者 <small>うち、災害関連死者</small>	行方不明者	重傷	軽傷	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
		人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟
岩手県	3			4	3	41	790	788	144	953	1,363
宮城県	19		2	8	35	302	2,997	2,860	1,614	12,151	17
福島県	35	5		1	56	1,489	12,560	6,977	1,161	443	42
茨城県	2		1		20	146	1,599	1,461	13	350	944
栃木県	4			4	19	83	5,223	8,666	2	133	14
群馬県	4			1	8	22	296	572	22	112	3
埼玉県	4	1		1	32	134	541	699	2,369	3,387	105
千葉県	1			3	23	32	270	5,665	25	70	11
東京都	1				10	36	661	1,034	318	532	25
神奈川県	9			3	35	54	826	2,499	877	579	21
長野県	5			6	39	920	2,505	3,479	5	1,407	24
静岡県	3	1		2	5	8	12	495	967	1,312	36
その他	1			9	49	6	26	242	149	461	40
合計	91	7	3	42	334	3,273	28,306	35,437	7,666	21,890	187
											13,769

(出典:内閣府)

河川氾濫については、国管理河川では 6 水系 7 河川 14 箇所、都道府県管理河川では 20 水系 67 河川 128 箇所で決壊が発生しており、濁流による浸水域は広範囲にわたった。また、土砂災害については、東日本を中心に 20 都県にわたって 952 件発生しており、統計開始後、過去最大の発生件数となった（令和 2 年 4 月 10 日現在、図 1-3、図 1-4）。

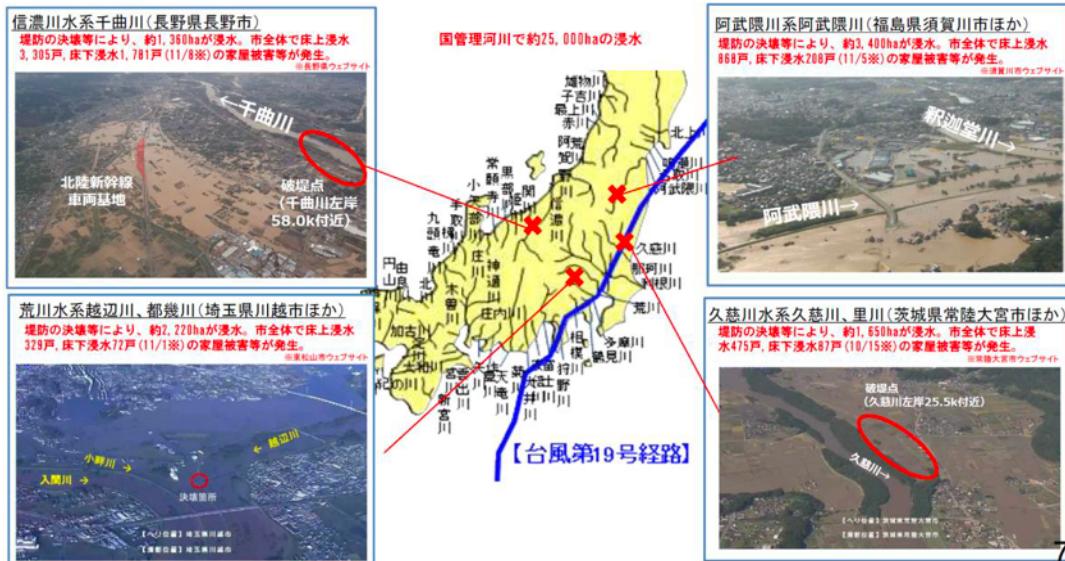


図 1-3 令和元年台風第 19 号による浸水被害状況
(出典:国土交通省)



図 1-4 令和元年台風第 19 号による土砂災害発生状況
(出典:国土交通省)

1.2.2. 信濃川水系千曲川での被害

千曲川は、急流（上流域）、緩流（下流域）、狭窄部、盆地などの地形の特徴を持つ、延長が長く流域面積が大きい河川である。台風 19 号に伴う記録的な豪雨により、千曲川左岸の長野市穂保地区で堤防決壊が発生するなど、多くの被害が発生した（図 1-5）。



図 1-5 令和元年台風第 19 号による千曲川の被害状況

（出典：北陸地方整備局）

長野市穂保地区では、堤防を越える流水のため堤防法面が徐々に侵食されたことにより延長約 70 m の堤防決壊が発生し、下流処理区終末処理場（クリーンピア千曲）の水没、北陸新幹線の車両基地にあった新幹線車両 10 編成が浸水した（図 1-6～図 1-9）。



図 1-6 堤防決壊箇所（長野市穂保地区）

（出典：北陸地方整備局）

※図中の「北陸新幹線車両センター」は、「長野新幹線車両センター」が正しい。

また、同車両センターは、黒囲みではなく線路を挟んだ反対側に位置する。



千曲川小布施橋付近左岸を望む(令和元年10月13日 15時頃)

図 1-7 堤防決壊による浸水(長野市穂保地区)
(出典:北陸地方整備局)



撮影: 2019年10月13日 13時10分頃



図 1-8 堤防決壊地点(千曲川左岸 57.5K 付近)の状況

(出典:北陸地方整備局)



図 1-9 長野新幹線車両センターの被害状況
(出典:国土交通省)

上田市諏訪形地区は急流河川の水衝部であり、激しい流れによる洗掘が生じ、延長約300mにわたる河岸及び堤防の欠損が発生した。堤防欠損により、上田電鉄別所線千曲川橋梁の左岸側橋台が倒壊、落橋に至った(図1-10)。この復旧には、地元業者が対応した。



図 1-10 堤防欠損箇所(上田市諏訪形地区)
(出典:北陸地方整備局)

2. 千曲川の被災と復旧

2.1. 調査の背景と目的

令和元年台風 19 号は、上述の通り、記録的な豪雨により東日本の広い範囲で河川の氾濫が相次いだほか、浸水害、土砂災害等が発生し、全国規模で甚大な自然災害をもたらした。

長野県では 10 月 12 日から 13 日にかけて非常に激しい雨が降り、13 日未明に長野市内で千曲川の堤防が決壊、周辺地域は緊急を要する事態となった（図 1-6）。その時撮影された被災状況の報道シーンの 1 つに、長野新幹線車両センター構内で停められた北陸新幹線の 10 編成が浸水している様子（図 1-9）は、いまだ多くの方の記憶に残っていると思われる。

発生した千曲川の破堤氾濫に対し、国土交通省北陸地方整備局は、事前に災害協定を結んでいた日本建設業連合会（以下、日建連と称す）北陸支部に対し、決壊箇所を含めた危険箇所の緊急対応を要請した。要請を受け、日建連北陸支部に加盟する建設会社により直ちに対応がなされ、決壊箇所においては緊急復旧工事として約 2 週間の短期間で鋼矢板仮締切堤防を完成させた。また、長野県からの権限代行区間（権限代行制度：工事実施体制や技術上の制約等により都道府県等管理河川で迅速な災害復旧工事などを的確に実施できない場合に、国土交通大臣又は水資源機構が代わって実施できる制度）では本復旧工事も対応がなされ、地域の復旧・復興に大きく貢献した。

本報告では、この千曲川の破堤氾濫に対し、日建連北陸支部会員企業が対応した表 2-1 に示す 5 件の緊急復旧工事を好事例の 1 つと捉え、「緊急時の災害復旧工事にどのように関わり、地域に貢献することができるか？」「応急対策を対象として、役立つ技術とは？ 今後必要な技術とは？」等について実績・情報を収集、取りまとめ、将来も起こりうる大規模自然災害に備えるべく、建設会社の今後の活動に役立てる目的で調査を行った。

2.1.1. 調査対象と事例

調査は、千曲川の破堤氾濫という緊急事態に際しての国土交通省北陸地方整備局による応急復旧・本復旧に向けての対応プロセス、北陸地方整備局との災害協定に基づく日建連北陸支部および会員企業による下記 5 件の災害復旧工事の対応プロセスを対象に、それぞれ実際に対応された方々へヒアリング調査を行い、工事実績の概要や課題、エピソード等を中心に取りまとめる。

また参考として、北陸新幹線施設における災害復旧工事についても東日本旅客鉄道株式会社（JR 東日本）長野土木設備技術センターの方々に対しヒアリング調査を行ったので、応急復旧対応事例について取りまとめる。

表 2-1 千曲川破堤氾濫に伴う日建連北陸支部を介し会員企業が対応した緊急復旧工事

	工事名	工事体制	工期 (応急復旧工事*)	施工会社
1	令和元年台風19号長野市穂保 (上流工区)緊急復旧工事	直轄区間	(令和元年10月16 日～30日)	大成建設
2	令和元年台風19号長野市穂保 (下流工区)緊急復旧工事	直轄区間	(令和元年10月16 日～27日)	鹿島建設
3	令和元年台風19号千曲川権限 代行区間(佐久市原地先)緊急 復旧工事(その1)	権限代行区間 (長野県)	令和元年10月23日 ～令和3年3月31日	清水建設
4	令和元年台風19号千曲川権限 代行区間(佐久市原地先)緊急 復旧工事(その2)	権限代行区間 (長野県)	令和元年10月23日 ～令和2年8月31日	前田建設工業
5	令和元年台風19号千曲川権限 代行区間(東御市海野地先)緊 急復旧工事(その1)	権限代行区間 (長野県)	令和元年10月23日 ～令和3年7月10日	大林組

*緊急復旧の場合、24時間体制で概ね2週間で完了することを目標として要請

2.2. 応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス

2.2.1. 北陸地方整備局ほかとの災害協定

日建連北陸支部と北陸地方整備局との災害協定は、平成15年に日建連の前身である日本土木工業協会として最初に締結され、平成16年10月に発生した中越地震、平成19年7月に発生した中越沖地震といった大震災の災害対応が行われた。平成23年には、日建連としてあらためて災害協定を締結し、平成25年4月に協定内容を見直し、現在の「災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する協定書」【参考資料1】を締結している。

その後、平成25年5月に東日本高速道路株式会社新潟支社と、平成26年7月に中日本高速道路株式会社金沢支社と、平成28年5月に東北電力株式会社と、令和2年4月に東北電力ネットワーク株式会社と災害時における応急対策業務に関する協定書を締結している。ただし、台風19号に伴う千曲川の破堤氾濫災害に関して、北陸地方整備局以外から日建連北陸支部への緊急災害対応の支援要請は無かった。

北陸地方整備局との災害協定に基づき、日建連北陸支部では年度当初に災害復旧連絡体制を北陸地方整備局に報告し、北陸地方整備局からも防災担当者連絡先がいただける。その他、日建連北陸支部は、会員企業から、毎年、「技術支援動員可能人材数」や「資機材台数（地区別）」を取りまとめ、年度当初に北陸地方整備局に報告し、迅速な災害復旧対応に向けて情報共有を図っている。また、北陸地方整備局の防災訓練、北陸防災連絡会議のほか、堤防決壊時の緊急対策検討会等にも参加し、有事の際の連携強化に努めている。

2.2.2. 日建連北陸支部の災害対応

令和元年10月に発生した台風19号に伴う長野県を流れる千曲川の堤防決壊（10月13日5時半頃確認）において、上記災害協定に基づき日建連北陸支部は北陸地方整備局からの要請を受け、「災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する確認書」（平成25年4月）【参考資料2】にある「要請の手順」、および「災害時対応マニュアル」（令和4年8月）【参考資料3】に沿った以下の手順で緊急災害対応が行われた。

- ① 10月13日8時12分に北陸地方整備局長名で日建連北陸支部長に対して緊急復旧工事を要請。本局から被災概要と緊急の復旧工法（鋼矢板二重締切工）を提示するとともに、対応は24時間体制で概ね2週間を目標に完了するよう依頼。
- ② 日建連北陸支部緊急災害対策本部（本部長（支部長）、副本部長（副支部長）、本部委員（支部総務委員、事務局長））会議を直ちに開催。
- ③ 迅速に対応できることを考慮の上、全員一致で対応可能会員会社を選定し、

日建連北陸支部長から北陸地方整備局長に災害応急対策業務の対応可能会員会社複数を報告。

④北陸地方整備局の判断として、北陸地方整備局長から日建連北陸支部長に災害応急対策業務の実施企業選定結果を通知。千曲川破堤現場の緊急復旧工事（長野市穂保地先）では、鹿島建設、大成建設の2社が対応可能会員会社として選定され、10月16日には緊急復旧工事に着手、10月30日に鋼矢板仮締切堤防の完成に至った。

また、10月20日に長野県知事から北陸地方整備局への要請があり、長野県管理区間の権限代行により千曲川破堤箇所以外で特に被害の大きかった3箇所（佐久市原地先および東御市本海野地先）に関しても、10月21日に北陸地方整備局から日建連北陸支部に緊急復旧工事の要請があり、日建連会員企業3社（清水建設、前田建設工業、大林組）が選定され、10月23日には緊急復旧工事（その後の本復旧工事を含む）の着手に至った。

2.3. 北陸地方整備局による応急復旧対応

2.3.1. 発災から初動の動き

北陸地方整備局は、台風19号接近前の10月11日13時に災害対策本部を設置。同日16時に第1回本部会議を開催し、全事務所とのWeb会議で台風の事前対策を確認した。翌12日9時30分に警戒体制を発令、同日17時40分に非常体制を発令、発災前から災害対策車をプッシュ型派遣するなど、災害体制を整えた。あわせて、事前に管内市町村の首長とホットラインを構築するとともに、長野県をはじめとする3県18市町村に対してリエゾンを派遣し、災害発生時の支援要請に直ちに対応できる体制を確保した。災害対応時系列（図2-1）と初動からの軌跡（図2-2）を以下に示す。

		10月			11月			12月	
		20	31	1	10	20	30	1	8
台風19号		上陸	12日19時伊豆半島上陸、13日温帯低気圧						
北陸地方整備局体制		注警	緊急		非常	10/12～12/26			
全般	ホットライン	管内87市町村及び長野・新潟・富山・石川県	10/11～12						
	記者発表	4 14 4 3 4 2 2 回回回回回回回回	1 回	1 1 1 回回回	2 1 2 1 1 回回回回回	1 1 回回	2 回	1 1 回回	
T E C . F O R C E 等	長野県内							長野県庁ほか8市村	
	新潟県内		新潟県庁ほか6市町						
	富山県内		富山県庁ほか2町						
	福島県内		2市町						
ヘリ調査	防災ヘリ	北陸機、西国機		北陸機					
	ドローン								
高度技術支援班	上田建設事務所管内								
	長野市								
被災状況調査班	河川班 (長野県内)								
	道路班 (新潟県内)								
	砂防班 (長野県内)								
応急対策班	排水ポンプ車等								
	路面清掃車等								
情報通信班	衛星通信設備								
千曲川河川事務所応援班									
千曲川緊急治水対策出張所							設置 11/22 (※R2.4/1 飯山市移転)		
応急復旧	長野市 穂保		飯堤防完成 10/17	鋼矢板仮締切堤防完成 10/30					
	上田市 諏訪形		発	瀬替工完成 10/28	飯堤防完成 11/3				
	東御市本高野 (緊急復旧)	緊 急 復 旧	瀬替工仮設道路 10/20		緊急復旧完成 11/15				

図2-1 災害対応時系列

(提供:北陸地方整備局)



図 2-2 東日本台風に対する初動からの軌跡

（提供：北陸地方整備局）

2.3.2. 千曲川河川事務所への支援

北陸地方整備局は、発災前の10月12日より排水ポンプ車を千曲川河川事務所へ派遣した。発災直後より現地司令班を千曲川河川事務所に設置し、緊急排水を実施。浸水状況把握などの現地調査や、堤防の緊急復旧、情報通信網の復旧などの支援班を派遣し、災害対応に当たった。

千曲川河川事務所への支援は、10月12日より12月4日までの間に、のべ550人・日を超える人員が派遣され、のべ約900台・日の災害対策用機械が稼働した。災害対策用機械は、北陸地方整備局並びに近畿・四国・九州地方整備局より派遣され、主に排水活動が行われた。

2.3.3. 千曲川(長野市穂保地区)の緊急排水

台風の接近前から北陸・近畿・四国・九州地方整備局の TEC-FORCE が長野市に派遣され、発災後から直ちに 24 時間体制で緊急排水に着手。これにより、発災から 2 日後には国道 18 号や新幹線車両センターの浸水が解消、発災から 3 日後には、長野市穂保地区の浸水が概ね解消された（図 2-3）。

また、大規模氾濫により長野県及び長野市の各排水機場が水没して故障したため、次の降雨に備えて、11月15日まで排水ポンプ車の待機を継続した。

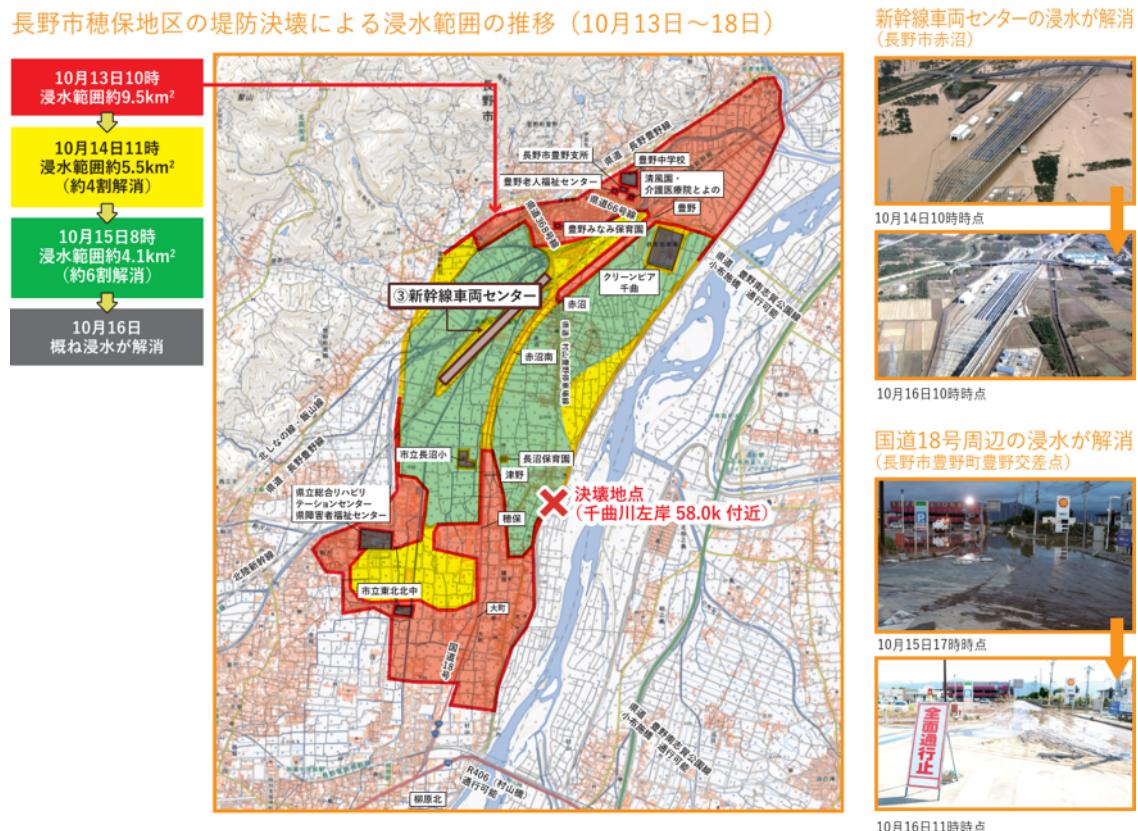


図 2-3 長野市穂保地区の緊急排水

(提 供 : 北 陸 地 方 整 備 局)

2.3.4. 千曲川（長野市穂保地区）の堤防緊急復旧の動き

千曲川（長野市穂保地区）では、設置済みの高感度な河川監視カメラ（CCTVカメラ）により、10月13日0:55頃に越水が始まったことを職員が確認した。同日2:15以降、CCTVカメラが倒壊し監視不能となった（図2-4）。この時点で被害が大規模かつ広範囲に及ぶことが想定された。災害協定を結んでいる地元業者とは、「夜明けとともに活動開始する」ことを事前に調整した。

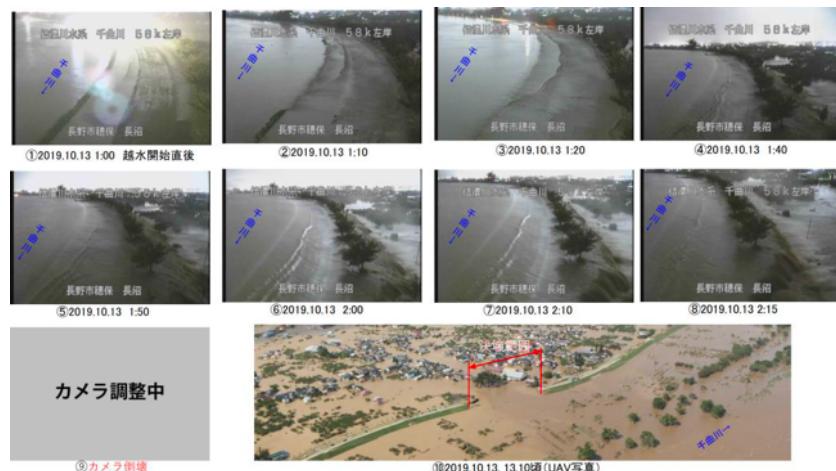


図 2-4 堤防決壊前後の時系列変化

（提供：北陸地方整備局）

同日4:00頃から地元業者と活動準備を始めた。同日5:30に、堤防の決壊（約70m）を現地で確認。同日7:10より、千曲川の災害協定会社（地元業者）によって、24時間体制で決壊箇所を一次締切するための応急仮堤防工事に着手し、発災後5日間で完成させた。その後、日建連との災害協定によって選出された大成建設（上流側）と鹿島建設（下流側）によって、24時間体制で二次締切の鋼矢板仮締切堤防工事を開始し、10月30日に完成させた。千曲川（長野市穂保地区）の堤防緊急復旧のステップを図2-5に示す。



図 2-5 長野市穂保地区の堤防緊急復旧のステップ

（提供：北陸地方整備局）

堤防緊急復旧工事の流れを図2-6に示す。堤防緊急復旧工事は、管内河川を対象に実施した「堤防決壊時の緊急対策検討」で想定した工法で実施した。これは、平成19年から国交省が毎年実施しているもので、それぞれの川ごとに決壊箇所を想定して、浸水シミュレーションや復旧手順を検討するものである。最近の復旧手順では、平成27年の鬼怒川決壊時の復旧工事を参考に、応急仮堤防+鋼矢板仮締切堤防を標準的な工法としている。この検討の中で、鋼矢板仮締切堤防は、大量の資機材調達が必要であり、地元企業だけでは対応できないことが想定された。そこで、鋼矢板仮締切堤防は、技術力と機動力を期待して日建連に依頼することを想定しておくことにした。なお、この検討の中では、堤防が決壊した場合には24時間体制で、1週間で応急仮堤防（図2-7）、2週間を目途に鋼矢板仮締切堤防（図2-8）を完了させる計画を立てている。

なお、堤防が決壊してから鋼矢板仮締切堤防が完成するまでの間は、洪水予報の基準水位を暫定的に低く設定して運用した。

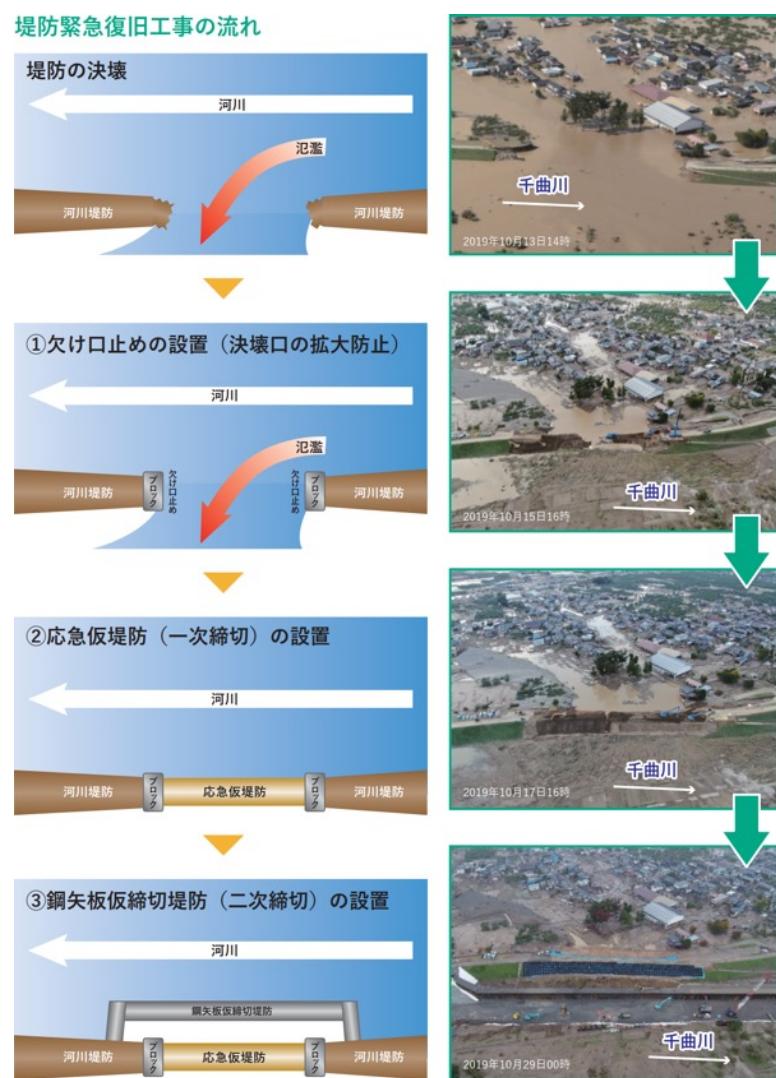


図2-6 堤防緊急復旧工事の流れ(応急仮堤防+鋼矢板仮締切堤防)
(提供:北陸地方整備局)

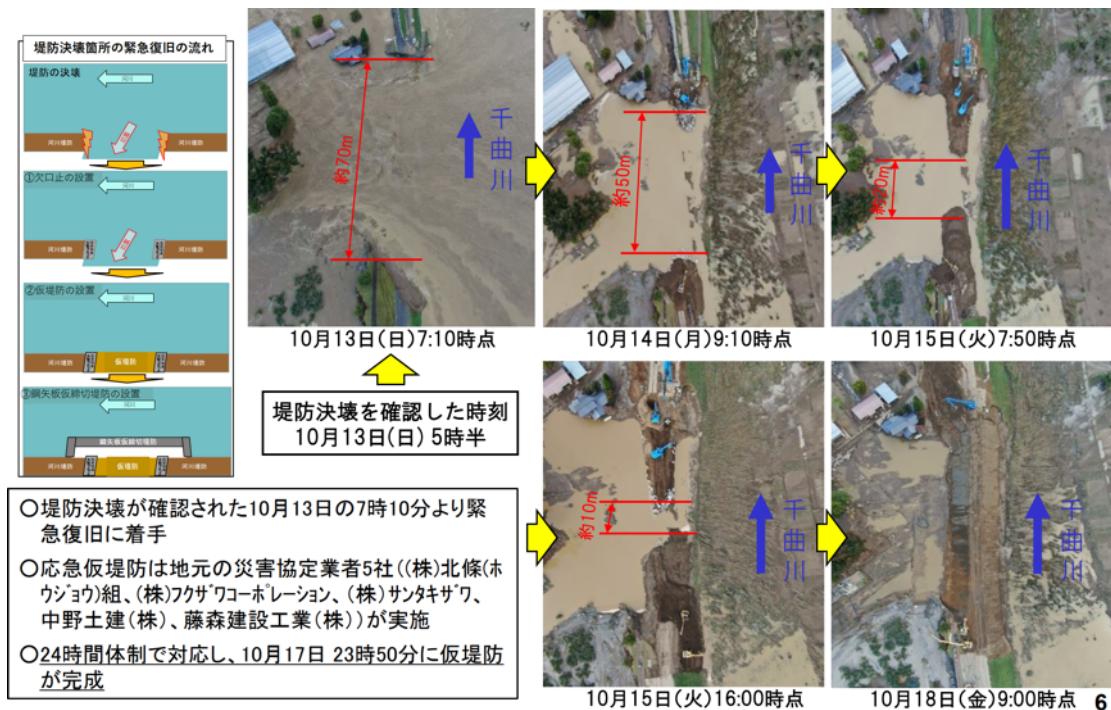


図 2-7 応急仮堤防の進捗状況
(提供:北陸地方整備局)



図 2-8 鋼矢板仮締切堤防の進捗状況
(提供:北陸地方整備局)

堤防緊急復旧工事の後は、堤防の本復旧が地元業者によって実施され、令和2年6月10日に復旧を完了した(図2-9)。

- 令和元年10月13日(日) : 7:10より24時間体制で緊急復旧工事に着手。
- 令和元年10月17日(水) : 仮堤防が完成。
【施工】(株)北條(おがじょう)組、(株)ワクザワコーポレーション、(株)サンタキザワ、中野土建(株)、藤森建設工業(株)
- 令和元年10月30日(水) : 9:00鋼矢板仮締切堤防が完成。【施工】上流側:大成建設(株)、下流側:鹿島建設(株)
- 令和2年6月10日(水) : 決壊箇所を含むL=140mの堤防復旧完了。【施工】(株)北條(おがじょう)組



9

図 2-9 千曲川(長野市穗保地区)の堤防復旧までの流れ
(提供:北陸地方整備局)

2.3.5. 鋼矢板仮締切堤防に関する日建連への依頼

10月13日8:12に、本局より日建連に災害協定に基づく支援要請を実施した。対応できそうな会社を複数紹介していただき、整備局で打合せを実施した。被災概要と「堤防決壊時の緊急対策検討」の成果による緊急復旧工法を示した。24時間体制で概ね2週間を目標に完了するよう依頼したところ、上下流の2方向からの施工を提案いただいた。そこで、整備局の判断で2社(鹿島建設・大成建設)に対応いただくことを決定した。

10月14日に、鹿島建設・大成建設と監督職員、防災エキスパートを交えて、現地で打合せを実施した。内容は、鋼矢板の確保状況の確認、鋼矢板の設計、施工計画立案等の役割分担である。この打合せで、タイロッドの製作・搬入が間に合わないため、代替品として丸鋼で対応するなどの詳細条件も確認した。河川管理者としては鋼矢板締切堤防用の資材(鋼矢板、タイロッド)備蓄の必要性を実感した。日建連企業からは、特殊車両通行許可申請がネックになる可能性があるため、スムーズに行くように調整できないか相談もあった。その他、地質、平面図・断面図などは事務所から配付すること、鋼矢板の長さは「堤防決壊時の緊急対策検討」をベースに検討することを確認した。リース、買取りにかかわらず入手できる方法で資機材の調達を行うよう指示し、翌日には資材の確保ができた連絡があった。

2.3.6. 千曲川(長野県管理区間)の権限代行の動き

長野県管理区間の信濃川水系千曲川及び夜間瀬川では、東日本台風の記録的な大雨により広範囲で河川管理施設が被災した(図2-10)。このうち、被災箇所が長大にわたるなど、大規模な被災が発生した5箇所(表2-2)において、令和元年10月20日に長野県知事からの要請を受け、国が権限代行により24時間体制で緊急復旧工事などに着手し、令和2年5月末までに重点復旧箇所の対策は完了した。



図2-10 千曲川(長野県管理区間)の権限代行による復旧工事箇所及び被災状況
(提供:北陸地方整備局)

直轄区間での堤防決壊、欠損などの被災箇所の緊急対応を地元協定業者にお願いしていたため、権限代行区間への追加対応を長野県建設協会に打診した。しかし、県内複数箇所の被災対応のため困難との回答であったため、新潟・富山・石川各県建設業協会からも支援をいただいた。権限代行区間のうち、特に被害の大きかった3箇所(佐久市原地区右岸・左岸、東御市本海野地区)で日建連企業3社に緊急復旧を要請した(図2-11、図2-12)。佐久市原地区を清水建設と前田建設工業が、東御市本海野地区を大林組が施工を担当した。

表 2-2 権限代行区間による復旧工事箇所一覧

河川名	箇所名	地区名	被災延長
千曲川	東御市海野地区～田中地区 (緊急復旧工事)	東御市海野地区	約300m
		東御市田中地区	約100m
	佐久市原地区～ 佐久穂町高野町地区	佐久市原地区	約260m
		佐久市臼田地区	約600m
		佐久穂町高野町地区	約500m
	小海町千代里地区～ 東馬流地区	小海町千代里地区	約500m
		小海町本間地区	約290m
		小海町東馬流地区	約400m
	野沢温泉村七ヶ巻地区	野沢温泉村七ヶ巻地区	約150m
夜間瀬川	中野市笠原地区	中野市笠原地区	約800m

(提供:北陸地方整備局)

佐久市原地区の応急復旧状況

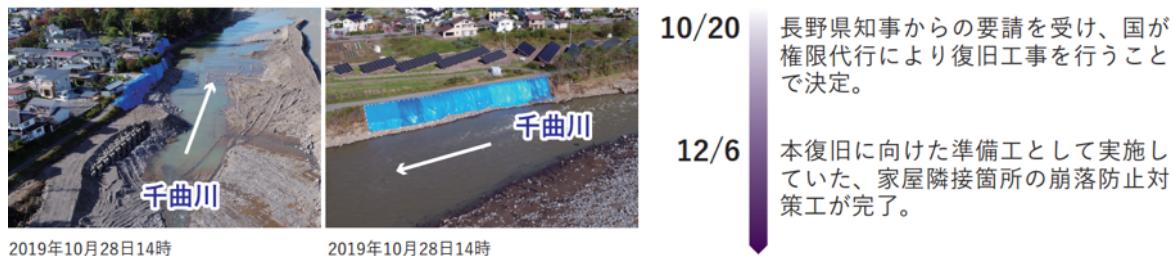


図 2-11 佐久市原地区の応急復旧状況

(提供:北陸地方整備局)

東御市本海野地区の緊急復旧状況



図 2-12 東御市本海野地区の応急復旧状況

(提供:北陸地方整備局)

権限代行区間は、整備局としても土地勘がなかった。そこで、日建連企業が現地確認し、その対応策を検討した。その後、整備局からの派遣職員と日建連企業と相談しながら、整備局の了解を得て工法を決定した。

土地勘のない現場のため、地元対応などが難しかった場所もあったようである。その一方で、国交省が乗り込む前に県の協定業者が住宅地の脇で 24 時間施工する旨を住民説明されている現場では、国交省が住民対応で苦労したという話はなかった。また、協定業者をそのまま下請けに入れられて対応されたと思う。また、決壊により全員避難した場所は、当然のことながら 24 時間施工に関する苦情はなかった。

ほかには、ボランティアなどの様々な方から、工事用道路を通行させてほしいと要望があり、工事区間の一部を開放しなければならないという気遣いがあったと聞いている。

日建連企業の担当された工事の後も、地元業者による別の工事が多く残されたが、地元業者の資機材に限りがあり困っていた。日建連企業から地元企業へ資機材を都合いただいたことはたいへんありがたかった。

令和 4 年 3 月末をもってすべての工事が完成し、令和 4 年 4 月 25 日に北陸地方整備局長から長野県知事へ完了通知が手交され、県への引継ぎが行われた。

表 2-3 長野県内での権限代行区間の引継日

地区	箇所名	引継日
1	野沢温泉村七ヶ巻地先	令和4年4月25日
2	中野市笠原地先	令和3年7月30日
3	東御市海野地先～田中地先	令和3年7月30日
4	佐久市原地先～佐久穂町高野町地先	令和3年5月31日
5	小海町千代里地先～東馬流地先	令和3年5月31日

（提供：北陸地方整備局）

2.3.7. 災害廃棄物の扱い

堤防の決壊に伴い発生した災害廃棄物の管轄は、国交省が土砂で、環境省がそれ以外のすべてという区分となる。千曲川では、もともと高水敷に土砂を堆積させていたが、決壊があって水と一緒に土砂が宅地の方に流れていった。長野市が土砂の仮置場を作っていた。ただし、軟弱土のままでは受け入れできないため、改良後に仮置き場に運搬した。

LP データ（河川航空レーザー測量成果）は、権限代行の被災箇所の河川災害申請、工事設計に活用したほか、河川内農地の災害申請支援（堆積土砂除去）や復旧工事の土砂仮置き場所の選定に活用した。

その他の廃棄物については、環境省の「災害廃棄物対策情報サイト」に指針やガイドラインが掲載されているので、参考にしてほしい。

人災があった場合の対応は未経験であるが、土砂の中に人が埋まっている可能性がある場合は、警察・消防などが立ち会うため、国交省の指示による土砂除去作業にはならないと考えられる。おそらく専門家である警察・消防の指示に従いながら作業すると想定される。

道路「啓開」の際、(災害対策法上) 支障物の撤去はできるが処分はできない。細かい対応は、地区ごとに異なるのが実情である。

2.4. 日建連会員企業による復旧工事

2.4.1. 【直轄】長野市穂保(上流工区)の緊急復旧工事(大成建設)

(1) 工事名

令和元年台風19号長野市穂保緊急復旧工事上流工区

(2) 工事場所

長野県長野市穂保

(3) 発注者

国土交通省北陸地方整備局

(4) 請負者

大成建設株式会社

(5) 工期

令和元年10月16日～令和2年1月31日

(※ 10月30日(二重締切施工完了))

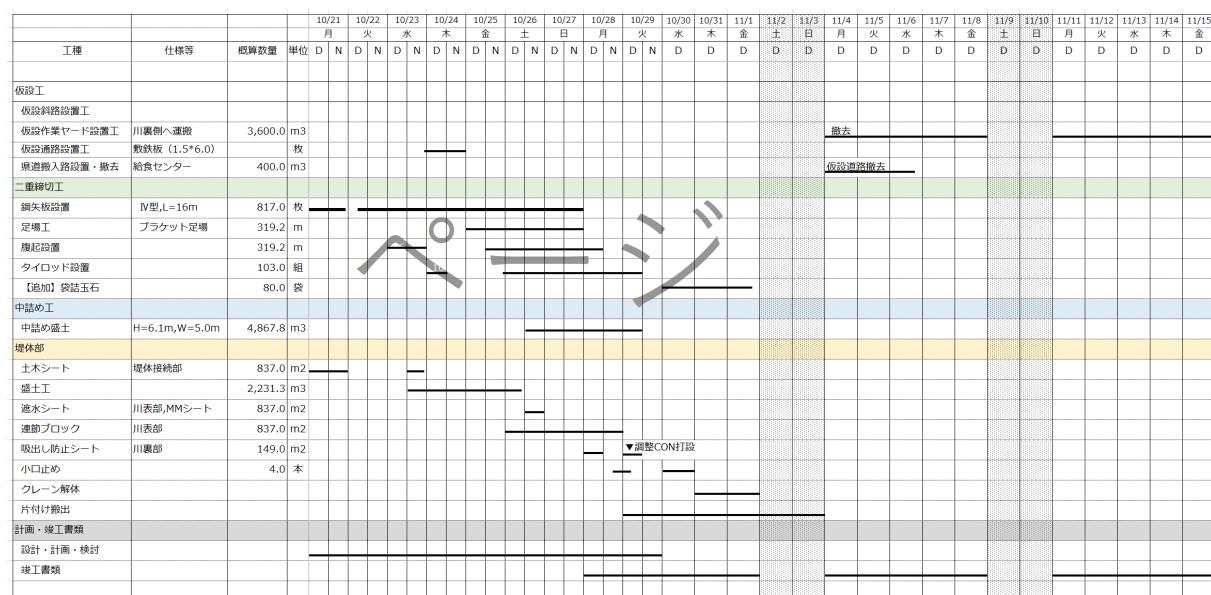


図 2-13 実施工程

(提供: 大成建設)

(6) 工種(応急復旧)

施工延長 L=約 200m

【河川土工】

- 路体(築堤) 盛土 2,231m³ 碎石(C-40)
- 法面整形(盛土部) 680m²

【法面護岸工】

- 連接ブロック張工 837m² 土木シート・遮水シート含む
- 吸出し防止材設置 149m²

【仮設工】

- ・鋼矢板 817 枚 SP-IV 型 (SY295)、L=16.0m
- ・タイロッド・腹起こし 103 本 丸鋼 ϕ 36、ねじ切り、HT690
- ・中詰盛工 4,868 m^3 碎石 (C-40)
- ・仮設ヤード設置・撤去一式

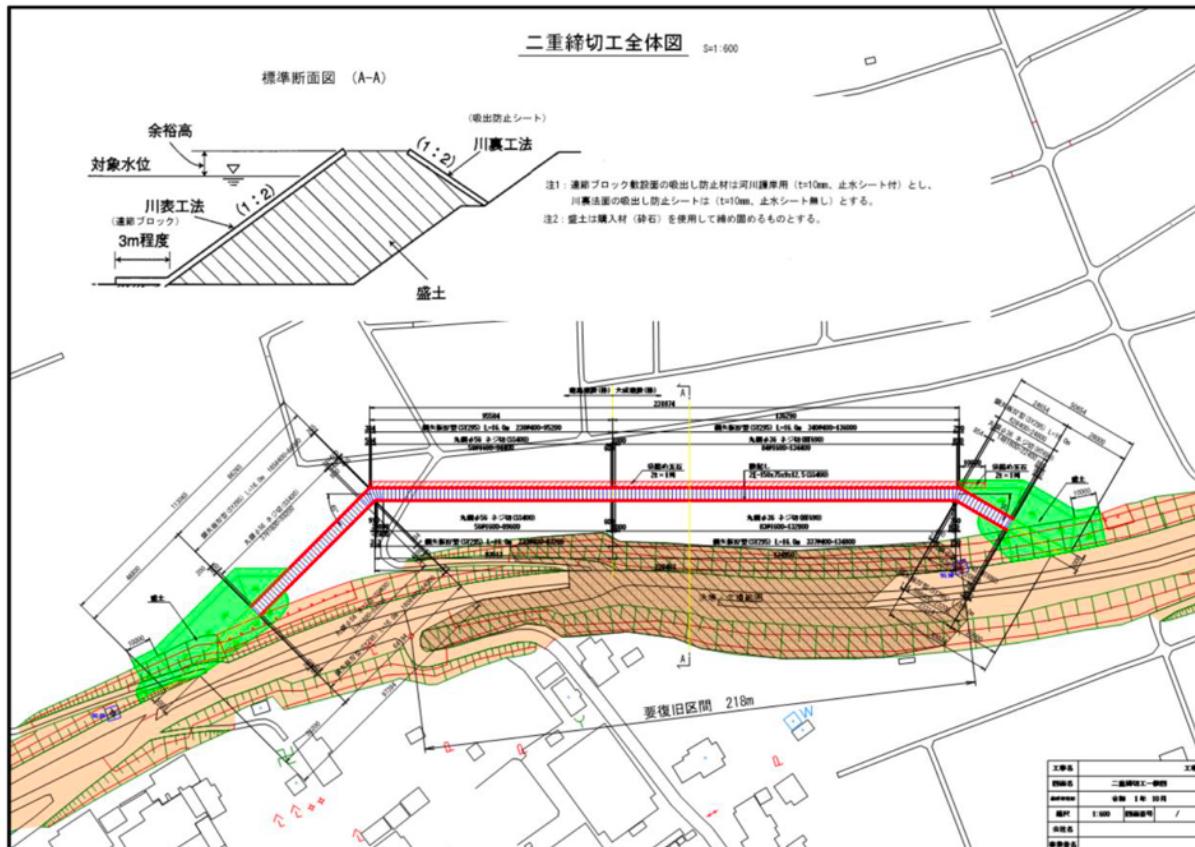


図 2-14 二重締切全体図 (上流側が大成建設)
(提供: 大成建設)

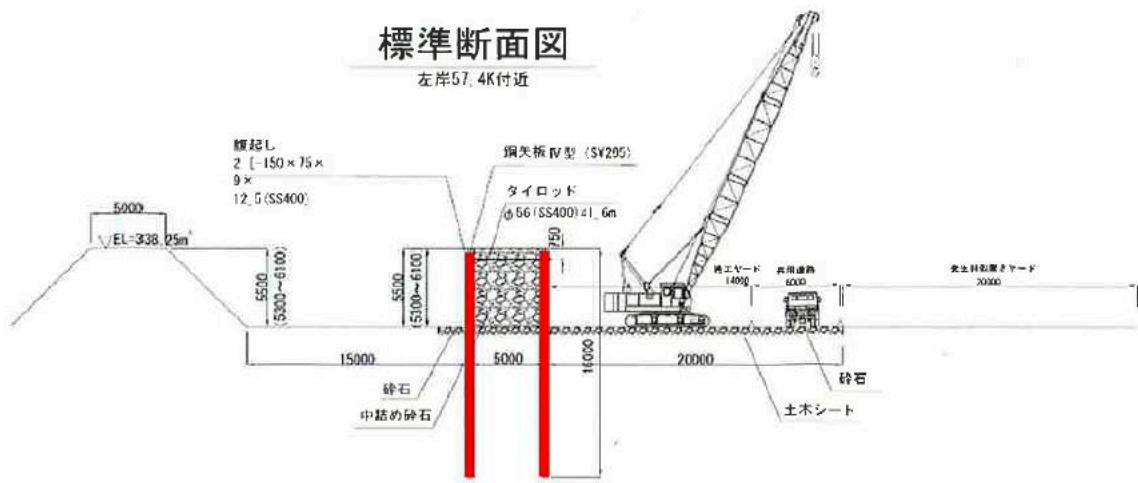


図 2-15 標準断面図
(提供: 大成建設)

(7) 工種（本復旧）

なし

(8) 着工前・着工後の写真



図 2-16 工事着手前の状況

（提供：大成建設）



図 2-17 応急復旧完了

（提供：大成建設）

(9) 工事特有の情報

■ 応急復旧

- ・ 乗り込み当初、設計図書がないことが一番の課題であった。
- ・ 整備局管内のそれぞれの河川ごとに決壊箇所を想定した「浸水シミュレーション（国交省が平成19年より毎年実施）」で示されたボーリングデータを最大限に活用し、設計を固めることから着手した。
- ・ ボーリングデータがなければ、これほど迅速に設計および施工計画を固めることはできなかつたと思う。
- ・ 鬼怒川（関東地整）と本件（千曲川（北陸地整））の設計は、仮締切端部の処理が異なつていた。本件は、仮設物（仮締切）を堤体本体の手前で止める設計となつていた。
- ・ 資材調達は、鋼矢板（SP-IV型）の計画長が一般的な16mだったので迅速に対応できた。これ以上長ければ、調達に苦労した可能性が高い。
- ・ 中詰砂は、地元企業から調達するため、ストック可能な数量が限られていたが、地元企業と交渉して24時間体制で出荷できる体制を構築し、工程を確保した。
- ・ 労務宿舎は、長野市内だけでは確保できず、20km程度離れた信濃町まで範囲を拡大し、民宿等を確保した。
- ・ ダンプは、長野県だけでは必要な台数を確保することができず、他県からも調達した。その際、一番問題になったのが、ドライバーの通勤車両用の駐車場の確保であった。20kmも離れた信濃町などの宿舎から毎日ダンプで通勤してもらうわけにはいかないことによる。
- ・ 重機は、故障するリスクがあるため、予備機の手配と、建機レンタル・リース会社に、昼夜対応できる体制確保をあらかじめ要請した。
- ・ 資材調達においては、上記のような細かいロジスティクス（駐車場の確保、メンテナンス体制の確保など）が重要となる。
- ・ 資機材運搬は、特殊車両（大型車両）の通行申請が必要になるが、関係機関の末端部署まで話が伝わっておらず、調整に時間を要した。
- ・ 一方、施工中の新設道路を工事用道路として長野市より提供していただけた。その結果、工事エリアに入場する際、大型車両と一般車両の動線を分けることができた。この道路がなかつたら、大型車両が工事エリアへ容易に進入できなかつたので、工事への影響は大きかつたと思う。
- ・ 河川堤防内のリンゴ園については、国交省主導でJAと協議した上で、工事着手前に立木調査を実施した。
- ・ (被災に伴う保障項目を決めるための) 被災状況調査にかかる、立木の伐採、流木等の移動は、発注者の許可のもと実施した。
- ・ スプリンクラーは、緊急工事に伴い破損するリスクがあることを地権者に事前通知した。
- ・ 上記対応等が、緊急工事の進捗の妨げになることはほぼなかつた。
- ・ 堤防道路の脇（余盛して桜が植樹されていた場所）が、被災ごみ置場になつて

いたので、その工事用車両等との取り合いの調整、第三者車両への配慮である。

- ・工事の施工体制は、鬼怒川の緊急工事を経験した職員2名が先行して乗り込んで大まかな流れをつくったあと、今回工事の担当職員に引き継いだ。
- ・設計は、本店ではなく、支店の設計・技術部で対応した。配置職員は、全国から若い職員を中心に、40名程度を確保した。非常に厳しい施工条件であったが、「インフラ整備に力を発揮するのが、我々ゼネコンの努め、エンジニアの矜持をもって取り組もう」と日々若手職員を叱咤激励して乗り切った。
- ・施工方法での大きな変更事項は、仮締切の工法である。当初、ボーリングデータから、調達が容易で施工が早い油圧圧入工法での施工を選定し工事を開始したが、中間層の玉石混じりの砂礫層に当たり圧入不能となつたため、バイブロ工法に変更することになった。
- ・施工数量は、工事着手後、数日で概算計画数量を算出し、工事完了後、最終出来高数量を算出した。
- ・通常単価での施工は難しいため、項目ごとに根拠を提示し、新単価を設定した。具体的な新単価設定項目は以下のとおり。

◇施工ロス率のアップ

◇労務費・交通費・宿泊費等は、実費で積上げ。

◇資材費は、地元組合等の見積もりを採用。

◇機材は、使用重機の変更、予備機を別途計上。

◇仮設費は、任意仮設（仮設道路など）も含めて積上げ計上。

◇その他、共通仮設費として、仮設ハウス・トイレ等を積上げ計上。

- ・設計変更協議では、隣接する鹿島建設工区とすべてを整合させることはなく、各社の施工方法、調達方法を尊重した上で、設計変更協議に応じていただけた。
- ・労務、資機材の調達・確保に多大な労力を要した。
- ・災害復旧の緊急工事であり、早期の工事完了を求められていたため、労務・機械の効率的な運用までは至らなかつた。

2.4.2. 【直轄】長野市穂保(下流工区)の緊急復旧工事(鹿島建設)

(1) 工事名

令和元年台風 19 号長野市穂保(下流工区)緊急復旧工事

(2) 工事場所

長野県長野市穂保

(3) 発注者

国土交通省北陸地方整備局

(4) 請負者

鹿島建設株式会社

(5) 工期

実施工期：令和元年 10 月 16 日～令和元年 10 月 27 日



図 2-18 実施工工程(提供:鹿島建設)

(6) 工種(応急復旧)

令和元年 12 月末まで(検査:令和 2 年 3 月 24 日)

- 二重締切工 = 延長約 157 m (鋼矢板: 約 800 枚)
- 中詰め工 = 約 4,400 m
- 既設堤取付: 築堤盛土 = 約 3,150 m³、連節ブロック工 = 約 920 m²

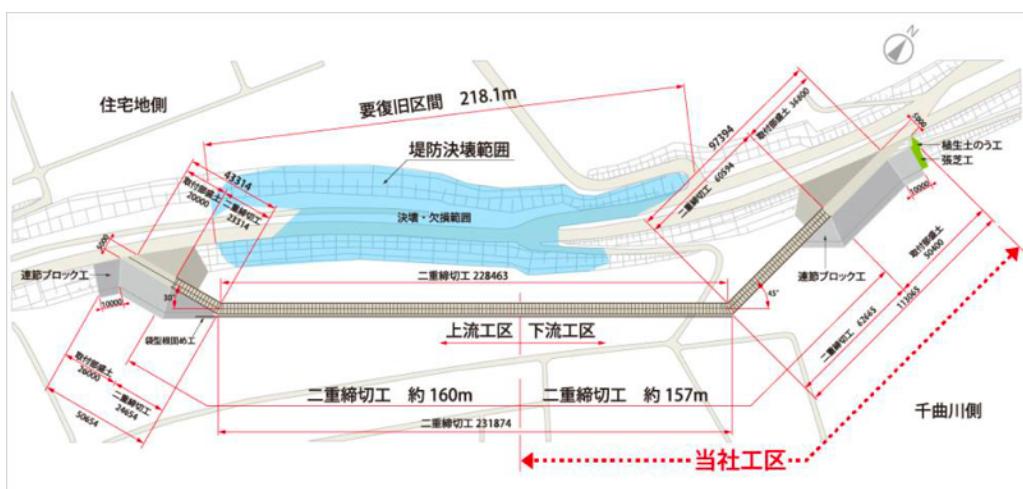


図 2-19 鋼矢板二重締切工平面図

(提供:鹿島建設)

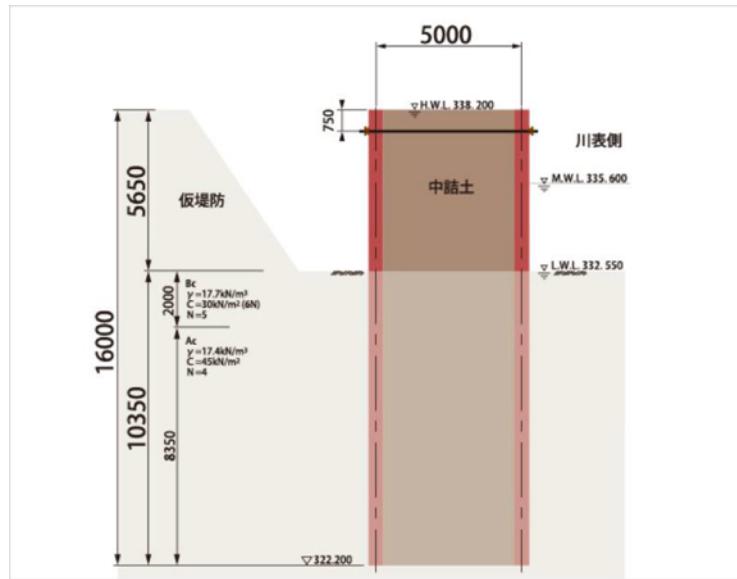


図 2-20 鋼矢板二重締切工の標準断面
(提供:鹿島建設)

- (7) 工種（本復旧）
なし
- (8) 着工前、着工後の写真



図 2-21 工事着手前の状況 [10月14日撮影]
(提供:鹿島建設)



図 2-22 応急復旧完了時
(提供:鹿島建設)

(9) 工事特有の情報

■ 応急復旧

- ・本工事は、地元建設会社による応急仮堤防工事が完了した後、従来の堤防と同等の機能を有する仮締切を鋼矢板二重締切工により施工する（鋼矢板：IV型×L16m）ものである。鹿島建設は、図 2-19 の堤防中央部から右側（下流工区）を担当。二重締切工による鋼矢板仮締切工事と既設堤防との取付け部に盛土を行い、川表側に連節ブロックを施工した。
- ・応急復旧は、災害発生（10月13日（日））から約2週間で行う（応急仮堤防（地元業者）：1週間、鋼矢板仮締切堤防（日建連企業）：1週間）ものであった。避難されている近隣住民の感情を考えると、発災から2週間で復旧工事を完了させることには、一定の妥当性を感じる。
- ・10月13日（日）08:12に北陸地方整備局から日建連北陸支部に支援要請が来た。日建連北陸支部は8:20の段階で、「災害復旧工法（案）」を受領した。14:00の段階で、日建連北陸支部緊急災害対策本部会議を開催し、対応業者（鹿島建設、大成建設）を北陸地方整備局へ推薦することが決められた。15:30、整備局災害対策本部にて対応方針の打合せを実施した。
- ・10月13日に北陸地方整備局から受領した「災害復旧工法（案）」の手書き断面図（図 2-23）を基に検討に着手した。

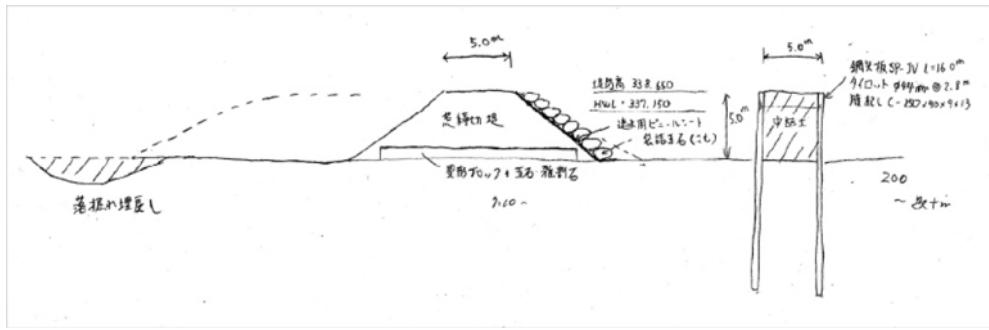


図 2-23 受領した「災害復旧工法（案）」の手書き断面図
(提供:鹿島建設)

- ・鋼矢板の根入れは、被災地区の 2 km 位上流側の二重締切で樋門工事が行われており、その根入れ長を流用した。
- ・発災翌日の 14 日に先行して現地入りした職員に続き、15 日から現地派遣の命を受けた職員が続々と現地入りしてきた。長野営業所にはもともと寮が併設されており、派遣された職員の受け入れ先となった。長野営業所員は、工事の間の 2 週間、必要物資の調達や運搬をはじめ、食事などの後方支援をすべて引き受けてくれた。
- ・まず取り掛かったのが使用材料である鋼矢板 (IV型 × L16m) の調達と、それに伴う鋼矢板工および重機土工などの協力会社の確保である。
- ・鋼矢板の調達には苦労した。鋼矢板のリース会社にアプローチしようにも 3 連休中 (10 月 12~14 日) でなかなか連絡がつかず、枚数の確約が取れなかった。支店と営業所とが連携し、14 日中になんとか調達のめどをつけた。ところが、14 日に現地踏査した結果、想定より 50% 増の約 800 枚が必要となり、最終的に全数量確保の見通しがついたのは翌 15 日になつてからだった。
- ・復旧対象範囲がなかなか決められなかつたが、最終的には発注者が決めた。最初の要復旧区間は 218 m だったが、最終的には 320 m に増えたため、矢板は追加で注文した。割付図については、一度書き直ししている。
- ・鋼矢板は 3 社のリース会社から調達し、各社工場のある千葉県千葉市、新潟県新潟市から搬入した。特殊車両申請が必要であったが、発注者の迅速な対応により、申請翌日には鋼矢板の運搬が可能になった。ただし、特殊車両による現場搬入時間帯が規制されることと、現場内に十分な仮置きヤードが確保できないことから、長野営業所の紹介で地元のトレーラー会社のモータープール (重機置場) を鋼矢板の仮置き場および中継基地として使用できたことも大きかった。
- ・鋼矢板打設工は、県内業者で見つからず、3 社の県外業者に依頼した。鋼矢板打設業者の増員含め、職員・労務者は比較的滞りなく確保できた。
- ・重機土工の施工会社は、長野県内における別の災害復旧工事の影響で、県内業者を手配することが困難だったため、県外のいたるところに声を掛けた。ダンプは県内ではほぼ調達できた。県外業者所有のダンプも一部使用した。

- ・既設堤防取付け部築堤における法面保護工（連節ブロック工）は、二次製品（連節ブロック）の供給よりも、ブロック業者の手配に窮した。地元業者に複数打診している中で、本工事の下流側で同工種を担当していた地元業者（被災により工事中止の状態）1社に対応いただけたこととなった。このおかげで、工期内に終了できたと言える。ただし、作業員の問題から昼間しか施工ができないかった。19日によくすべての協力会社の手配にめどがついた。
- ・県外からの協力業者の宿舎は、被災箇所が長野市に近いこともあり、民宿、旅館が手配できた。
- ・最盛期で職員を含め約60名、元請職員は最盛期で事務も含め25名位であった。職員、協力会社の増員要請は、関東、横浜エリアまで拡大して実施した。
- ・鬼怒川とは担当する支店が異なることから、鬼怒川の災害復旧経験者を現場に呼ぶことはなかった。ただし、アイデア出しや業者紹介については、電話で協力を仰いだ。
- ・応急復旧工事の施工フローは、進入路盛土⇒ヤード造成・工事用道路工⇒鋼矢板打設⇒中詰め工（一次）⇒タイロッド工⇒中詰め工（二次）⇒取付け部築堤工⇒取付け部法面保護工⇒ヤード撤去工の順に実施した。
- ・先行して実施されている仮堤防工事に支障が出ないよう配慮しながら、16日の夜勤から担当工区の仮設工として、工事用道路や施工ヤードの造成準備に入った。また、同時に現場詰所も設営し、情報インフラのための通信環境も整えた。
- ・最初に、工事用道路や施工ヤード造成を行ったが、ヘドロのように土砂が膿んだ状態であったため土木シートを敷いた上に大きな栗石を敷き詰め、表面に碎石で被覆した。その上に敷鉄板を敷き詰め、車両を通行させた。ヘドロ化した土砂の処分で困ることはなかった。
- ・工事地点までのアクセス道路が幅員約3mの堤防道路1本だけであったため、工事用道路の確保が最も苦労した。市街地に貯まった残留水の排水用ホースが堤防道路上へ横断したり、廃棄物集積場所が堤防の法裏側だったため災害廃棄物搬入車両が往来したり、復旧工事に使用する材料（特に中詰め工や取付部築堤に使用する盛土材）を搬入し、いろいろ錯綜した。この調整に苦慮した。被災された地域の方々の生活復旧につながることであり、復旧工事側が譲歩せざるを得ないものと認識し、その方針で対処した。
- ・幅3mの道路で離合する場所がなく、向かい合わせになるとどうしようもなくなる状態であり車両の出入りが大変だった。そこで、車両が出入りする場所にWEBカメラを設置して、ハウスの中のモニターにカメラの映像を流し、車両の出入りを確保した。
- ・地元建設会社による仮堤防が20日に完成し、その夜からいよいよ鋼矢板仮締切堤防の工事が始まった。
- ・鋼矢板仮締切堤防は、鋼矢板を2列に打設（二重式）し、両側の鋼矢板をタイロッドで固定、その間を碎石で中詰めする。20日朝から鋼矢板専門の協力会社2社（23日から3社）との打設工事が始まった。普段は競合関係にあり、同じ工事で協同作業をする事はないという3社だった。

- ・当初、ボーリングデータから油圧圧入工法のほうが早いと判断し施工を始めたが、実際には地中 3m ほどで玉混じりの砂礫層に当たり施工が困難となつたため、急遽バイブロハンマ工法に切り替えた。地盤条件の不確実さに対応するために複数の機種・規格の打設機械を搬入していたことによって、迅速に工法変更が可能であった。途中でバイブル打設に変更したが、杭打ち業者からいろいろとアドバイスをされ、油圧圧入機による圧入では打設できない可能性があつたことから、当初よりバイブルハンマ 2 機種を段取りしていた。
- ・中詰め盛土、築堤盛土の材料は、現場から 30 分程度のところから調達した。碎石工場は、今回の復旧工事にあわせ、昼夜で稼働していただいた。現状の工事では RC 材が基本であるが、河川内工事でもありバージン材を使用したかった。スペック上は RC 材“若しくは”バージン材となっていた。最終の契約精算は、RC 材、バージン材をそれぞれの伝票で行った。
- ・鋼矢板仮締切堤防と既設堤防との取付け部には、約 3,150 m³ の築堤盛土を行い、川表側の法面は遮水シートを展張したうえで大型連節ブロックを設置した。連節ブロック工の協力会社は、豊富な経験を有しており、短期間の工期に間に合わせてくれた。
- ・10月 27 日に完成検査を実施し、元請職員はその場で解散した。
- ・最後の締切りは、上流工区（大成建設）が行った。仮締切堤防のため、バチ矢板は用いず、最後の 1 枚をラップさせて締め切っている。下流工区のコーナー部もラップで対応した。
- ・工事完了後に数量計算・契約を行った。そのため、契約上の工期は令和 2 年 2 月 14 日となった。
- ・国交省の河川情報は、オンラインの情報はネットに公開するが、6 時間後の河川水位予測値は公開していない。
- ・発災後 10 日目に行った次の台風接近に伴う緊急退避は、国交省の河川水位予測データを基に、当日の朝に決断した。2 次災害を起こさないよう退避するための時間を確保するためには、退避開始基準を定めておく必要がある。河川水位は、結果的に我々の施工基面まで上昇することは無かったが、退避行動を実施して敷設板以外の資機材をすべて堤防上に退避させることができた。
- ・リース材を用いた鋼矢板のミルシートは求められなかつたが、タイロッドのミルシートは提出した。タイロッドは、Φ 50 mm の丸棒を代用することで承諾された。
- ・リース材を用いたため、鋼矢板の長さが 16m を超えるものもあったが、天端をそろえる形で、根入れ長を深く打設を行つた。
- ・現在、特車許可はネットで申請できるようになっている。鬼怒川の教訓から、最優先で許可を出すように国交省に働きかけていただき、申請の翌日には許可が下りた。
- ・鋼矢板が関東からの運搬であり、車両も限られた。また、走行できる時間に規制がかかる場所もあり、オンラインでの搬入はできなかつた。そのため、鹿島建設で手配した長野市内の仮置き場に荷下ろしし、二次運搬を行つた。

2.4.3. 【権限代行】佐久市原地先の緊急復旧工事(清水建設)

(1) 工事名

令和元年 台風 19 号千曲川権限代行区間（佐久市原地先）緊急復旧工事
(その 1)

(2) 工事場所

長野県佐久市原地先（千曲川右岸）

(3) 発注者

国土交通省北陸地方整備局



図 2-24 現場位置図

(提供: 清水建設)

(4) 請負者

清水建設株式会社

(5) 工期

令和元年 10 月 23 日～令和 2 年 3 月 31 日（当初、応急復旧）

令和 2 年 8 月 31 日（第 1 回変更）

令和 3 年 3 月 31 日（第 2 回変更）・（第 3 回変更）

(6) 工種（応急復旧）

a) 提防崩落箇所の仮復旧 L=80m

b) 低水敷盛土 L=260m

(7) 工種（本復旧）

a) 河川土工

掘削工 V=35,730 m³

盛土工 $V=20,000 \text{ m}^3$

整地工 $V=18,000 \text{ m}^3$

b) 法 覆 護 岸 工

基礎工 (基-P-6-無) L=260m

(基 -P-1- 無) L=79m

コンクリートブロック A=3, 133m²

護岸付属物 一式

c) 根固め工

三連ブロック (5t) N=2,321基

半ブロック (2.25t) N=86 基

掘削、据付 一式

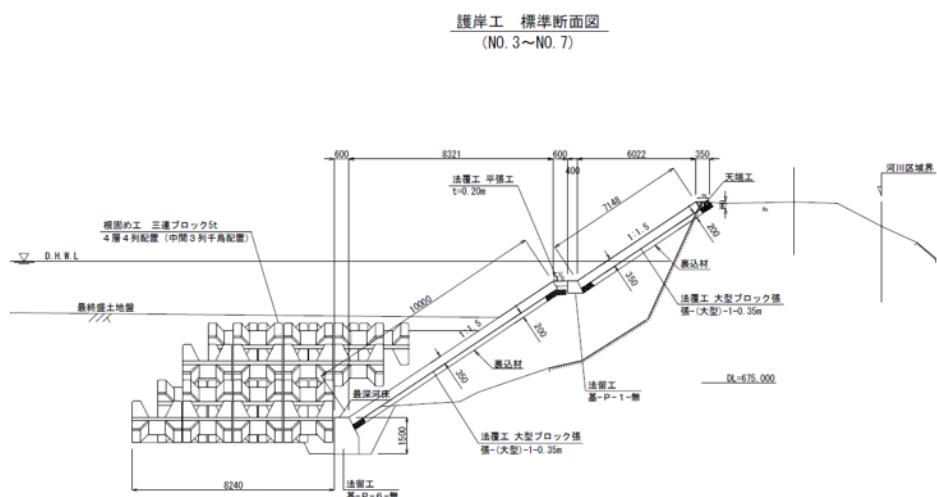


図 2-25 標準断面図(本復旧工事)(提供:清水建設)

(8) 着工前・着工後の写真

(1) 着工前(全景)



(2) 応急復旧状況(近景)



(3) 低水小段盛土状況



○本復旧工(NO.3～NO.7) L=80m (第1回設計変更)

(4) 根固めブロック製作状況



(5) 根固めブロック据付状況



(6) 本復旧完了(L=80m)



◎本復旧工(NO.0～NO.3・NO.7～NO.13) L=180m(第2回変更)

(7) 根固めブロック製作状況(場外)



(8) 仮置・養生状況



(9) ブロック数量・出来形確認



(9) 掘削・床掘り状況



(10) 背替え・仮締切



(11) 大型ブロック据付



(12) 根固めブロック据付



(13) 埋戻し



(14) 整地



図 2-26 施工ごとの状況 (提供:清水建設)

(9) 工事特有の情報

- ・応急復旧は、河川中央部分に堆積した土砂を護岸に貼り付け、低水小段盛土・仮堤防を作り、足元の施工基面を固めながら進めた。当初の契約工期は令和元年10月29日から令和2年3月31日であったが、実施工は令和元年12月6日に終了した。照明がなく住居も近かったため、24時間施工は実施していない。
- ・本復旧の一期工事を令和2年8月31日までの工期で実施した。大型ブロックを護岸の下段に設置後、根固めブロックを設置、埋め戻しを行った。根固めブロックの製作は、河川内の狭小なヤードで行った。
- ・本復旧の二期工事では、根固めブロックを2,300個も製作する必要があったが、国交省から与えられたブロック製作ヤードが500平米とあまりにも狭すぎたため、自社で空地を探し1万平米(3,000坪)程度のブロック製作ヤードを確保した。当初予定からかなり離れたところでの製作になりトレーラーで運搬した。ただし、車両の確保は難しく、遠方の松本市や長野市から来てもらった。
- ・根固めブロックは、1日当たり25基打設、養生含めて4日サイクルの製作工程を組み、型枠は100基確保した。この型枠の確保がかなり大変であった。
- ・河川内工事のため、渇水期の施工が求められた。根固めブロックを令和2年10月中にはある程度ストックしておき、11月から掘削したところに据え付けるというサイクルとした。根固めブロックを製作、養生、検査し、合格したのち、床掘したエリアに設置という施工サイクルが非常に重要だった。
- ・生コンの調達は、プラントを3社押さえていたため、ミキサー車の手配とともに問題はなかった。
- ・一番苦労したのは、大型ブロックの調達であった。このブロックは、新潟県で製作されているが、この年は非常に雪が多かったため、運搬できないトラブルが発生した。とにかく材料手配には苦労した。
- ・床掘の掘削土は、瀬替え盛土や仮堤防に用いたが、大量の土量が発生するため、仮堤防の高さを3m程度と高くした。
- ・大型ブロックが終わったところから、根固めブロックを設置していくという施工のサイクル調整が非常に難しかった。
- ・基本測量は当社で実施し、国交省がコンサルに設計業務を委託した。標準断面図はもらっていたが、ドローンを飛ばして地形を把握し、当社で基本断面図(案)を提出して承認してもらった。
- ・長野県はこの権限代行区間の測量データを保管していなかったため、流されずに残っていた対岸側の堤防道路の舗装や既設橋梁から河川境界測量などを当社で実施し、河川境界などに問題ないということを確認したうえで工事を開始した。
- ・掘削工では、河川内掘削のため水替え処理が課題となり、本復旧の一期工事は時間がなく、発電機で大型ポンプを回した。一方、二期工事では工程的に余裕があったため、受電設備を整えてから大型ポンプを回した。
- ・地元業者がすでに他の災害復旧工事に従事していたため、遠方から応援を呼ぶを得なかった。重機土工は仙台の業者に、車両系は松本や長野から応援し

てもらい、宿舎はホテル住まいとした。

- ・権限代行区間が長いため、応急復旧の最初の頃は、立会に来てくれず、待ちが発生したが、河川事務所の課長に、待ちがないように権限代行区間の各社を輪番するようなスケジュール調整をしてもらい助かった。
- ・当初設計がないところからのスタートなので、測量、設計、施工が並行して進むような状況であり、手戻り作業が懸念された。

2.4.4. 【権限代行】佐久市原地先の緊急復旧工事(前田建設工業)

(1) 工事名

令和元年台風 19 号千曲川権限代行区間(佐久市原地先)緊急復旧工事
(その 2)

(2) 工事場所

長野県佐久市原地先(千曲川左岸)

(3) 発注者

国土交通省北陸地方整備局

(4) 請負者

前田建設工業株式会社

(5) 工期

令和元年 10 月 23 日～ 令和 2 年 8 月 31 日

(※12 月 20 日(応急復旧工事完了))

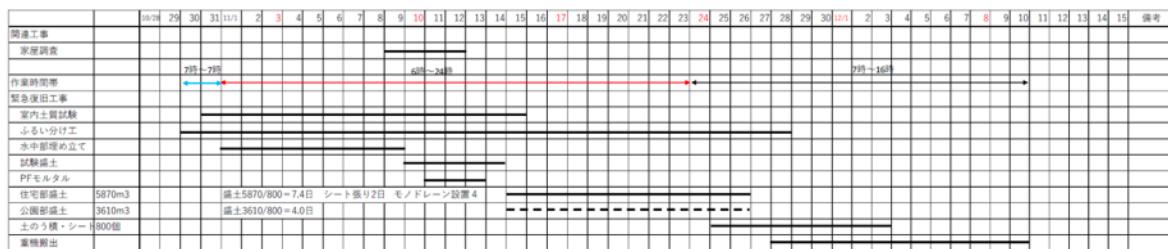


図 2-27 全体工程(応急復旧工事)

(提供:前田建設工業)

(6) 工種(応急復旧)

施工延長: L=212m (盛土区間)

- ・水中盛土: 約 7,900 m³
- ・応急盛土(改良土): 約 7,700 m³
- ・応急盛土(発生土): 約 700 m³
- ・排水工、法面保護工、安全対策工、他

(7) 工種(本復旧)

施工延長: L=220m (盛土区間)

- ・掘削: 10,000 m³
- ・盛土: 6,800 m³
- ・コンクリートブロック張: 2,850 m³
- ・法留工下段: 220m
- ・法留工上段: 220m
- ・根固工ブロック製作: 2,058 個
- ・ブロック設置: 2,058 個
- ・背負い部掘削: 40,000 m³
- ・仮設工: 一式

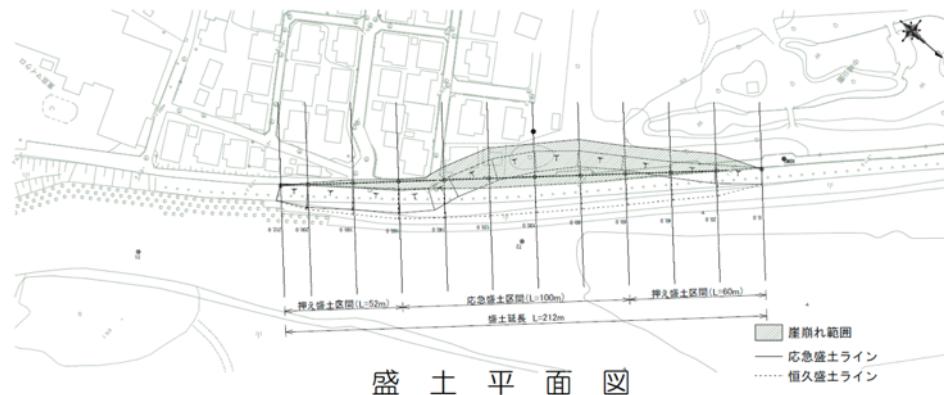


図 2-28 盛土平面図
(提供:前田建設工業)

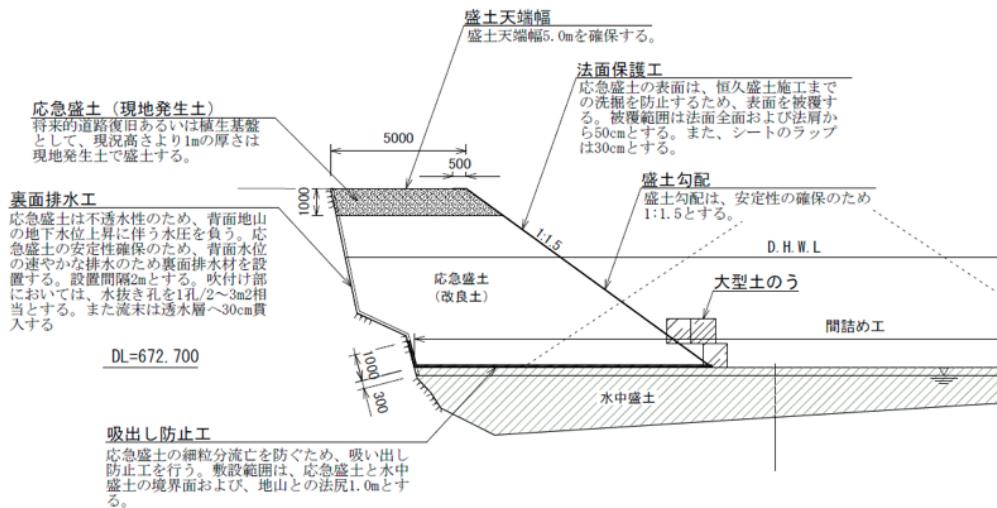


図 2-29 応急復旧工事の標準断面図
(提供:前田建設工業)

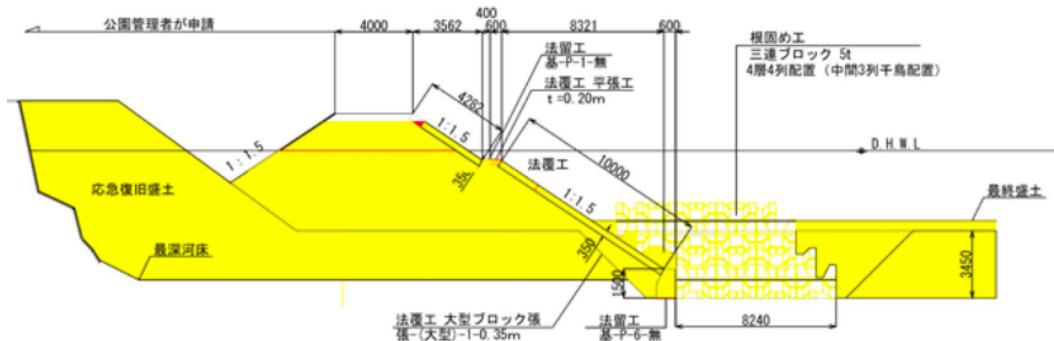


図 2-30 本復旧工事の標準断面図
(提供:前田建設工業)

(8) 着工前・着工後の写真



図 2-31 着手前(撮影日 2019.10.28)
(提供:前田建設工業)



図 2-32 応急復旧完了(撮影日 2019.12.06)
(提供:前田建設工業)



図 2-33 本復旧完了（撮影日 2020.08.21）

（提供：前田建設工業）

（9）工事特有の情報

- ・権限代行区間の施工業者選定について、10月22日に打合せ、10月23日に現地視察があり、その場で請負うことを承諾した。
- ・応急復旧にあたり国交省からは、まず家の倒壊を防いでほしいと要請された。その際、24時間体制での施工を要請されたが、近隣アパートの住人等に配慮し、朝6時から24時までの2交代制とした。
- ・本復旧への対応は、応急復旧完了後に打診され受諾した。なお、本復旧の設計検討は、応急復旧完了後の12月から2月にかけて前田建設工業の協力のもと、建設コンサルタントにより実施された。
- ・家屋倒壊などの二次災害が懸念されることから、工事着手前に国交省が家屋調査を実施し、現場は、周辺環境のモニタリングとして、地滑り計を設置した。
- ・根固めブロックは現地で製作した。製作にあたって、生コン工場を5社確保するとともに、工事現場の上流側にブロック運搬用の工事用道路を別途敷設した。
- ・被覆ブロックは国交省からの要請により二次製品を使用した。
- ・ボトルネックになった工種は、二次製品であるコンクリートブロックの製作である。災害復旧現場すべてが同一製品を使用することになり、コンクリート二次製品工場の生産が追い付かない状況が生じた。
- ・その他、ボトルネックになりそうな工種（掘削工、基礎工、埋戻し、碎石敷き均し等）については、発注者に施工方法の改善を提案し、承諾を得たうえで施工した。
- ・復旧工事を進める中で苦労したことは、労務宿舎とブロック工の確保である。労務宿舎は旅館とアパートを確保したが、双方一長一短で、作業員によって好みが分かれた。旅館は、夕食が付くが個室ではない。一方、アパートは夕食を

各自で用意する必要があるが個室である。いずれも高速通信環境（Wi-Fi）の確保が重要である。

- ・ブロック工は、全国規模で手配をかけて確保した。
- ・工期設定は、近隣住民の早期安全確保の観点から猶予のあるものではなかつたが、災害復旧工事は腹を括って対応するしかないとの認識だった。
- ・緊急復旧工事は、年内完工が必須条件であったため、昼夜施工で対応した。
- ・本復旧工事は、渇水期施工の縛りがあったため、土日なしの急速施工にて対応した。特に、本復旧工事においては、二次製品であるコンクリートブロックの搬入遅延に伴い、工事着手が遅れたため、資材置場を HWL 以上となるよう盛土したうえで、増水期も施工した。
- ・大型重機を含む調達、職員・労務者の確保は、全社的なネットワークを活用することで対応することができた。

2.4.5. 【権限代行】東御市海野地先の緊急復旧工事(大林組)

(1) 工事名

令和元年台風 19 号千曲川権限代行区間(東御市海野地先)緊急復旧工事
(その 1)

(2) 工事場所

長野県東御市海野地先

(3) 発注者

国土交通省北陸地方整備局

(4) 請負者

株式会社大林組

(5) 工期

令和元年 10 月 23 日～ 令和 3 年 7 月 10 日

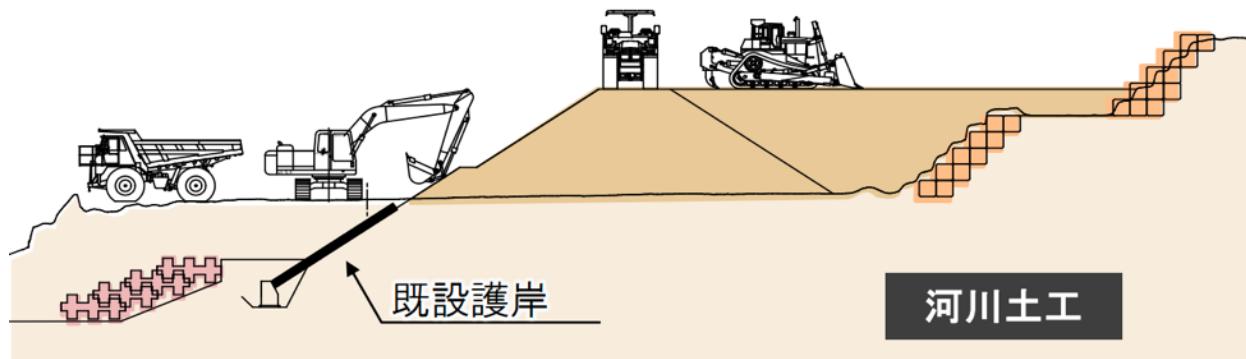
(6) 工種(応急復旧)

- a) 路体(築堤) 盛土 13,300 m³
- b) 法覆護岸工(大型土のう積) 5,420 個
- c) 構造物撤去工、コンクリート構造物取壊し(有筋) 142 m³

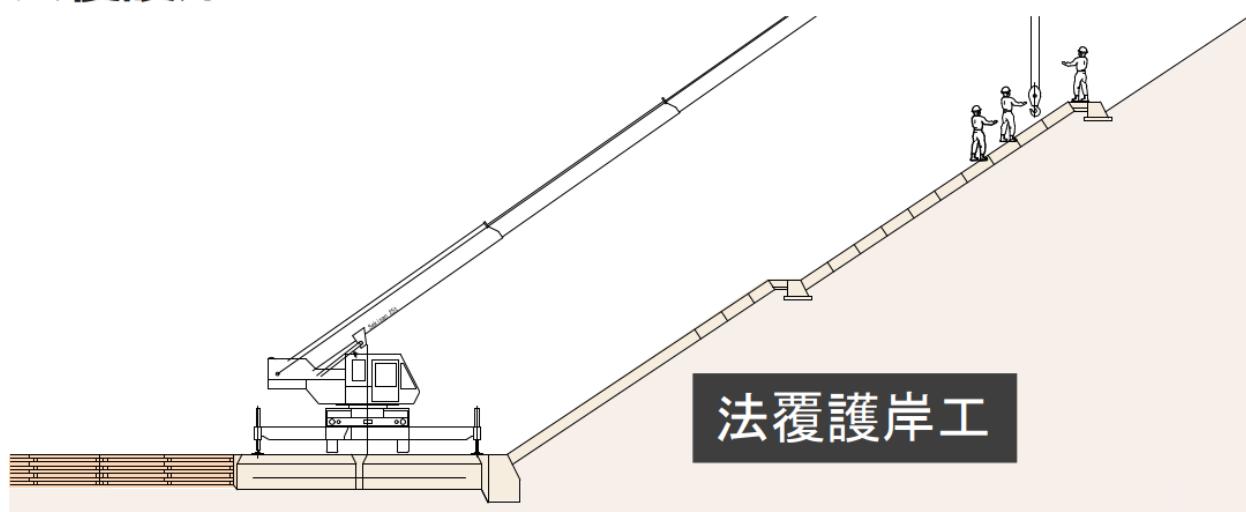
(7) 工種(本復旧)

- a) 河川土工 削工 66,200 m³
- b) 路体(築堤) 盛土 40,000 m³
- c) 護岸基礎工 1 型法留基礎 842m、6 型法留基礎 484m
- d) 法覆護岸工 コンクリートブロック工 10,858m²、護岸付属物工 一式
- e) 根固め工現場打根固め工(コンクリート) 3,469 m³
- f) 水制工 根固めブロック(5t) 製作・運搬・据付 1,387 個、
根固めブロック(3t) 運搬・据付 1,015 個
- g) 付帯水路工函渠工、流末工 一式
- h) 構造物撤去工 大型土のう撤去工 4,765 個、有筋・無筋構造物 5,920 m³
- i) 仮設工土留・仮締切工など 1 式

護岸築堤盛土



法覆護岸工



根固め工、水制工

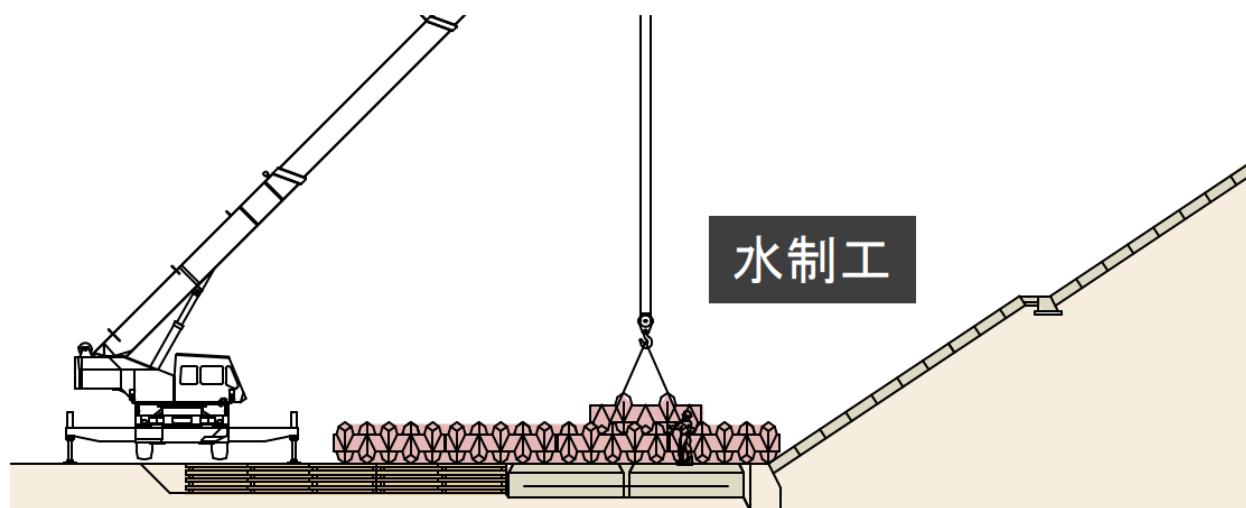


図 2-34 施工状況図

(提供:大林組)

(8) 着工前・着工後の写真



図 2-35 着工前全景 (東御市海野地先)
(提供:大林組)

<応急復旧工事 着手前>



<応急復旧工事 完了時>



図 2-36 応急復旧完了時 (東御市海野地先)
(提供:大林組)



図 2-37 本復旧完了時(東御市海野地先)
(提供:大林組)

(9) 工事特有の情報

■ 応急復旧

- ・応急復旧では、法覆護岸（大型土のう設置）と盛土、構造物撤去と仮堤防の構築を実施。24時間施工で対応し、令和元年12月末に終了（約2か月）。大型土のう工は人海戦術になったが、土のう作製治具「瞬作」や、自動玉掛け外し装置を利用し、省力化とスピードアップを図った。中詰土は、河川の土砂を使用した。

■ 本復旧

- ・設計は受注者で実施した。湾曲した地形での構造物の取り合いを考慮できるように3D CADによるモデルを採用した。
- ・本復旧は、通常工事の扱いになり、日中のみの施工となった。
- ・本復旧では、河川土工、盛土、護岸基礎、法覆護岸をコンクリートブロック、根固め工、水制工で根固めブロックの製作・運搬・据付、その他、管渠流末、構造物撤去等を実施。
- ・護岸の盛土は、下流側の土を運んで、ブルドーザーで転圧した。
- ・法覆護岸工には、1m角の大型コンクリートブロックを使用した。ブロック工場は、2~3箇所に分けて製作し、安定した納入と品質確保に苦心した。ブロック設置時のズレ防止と裏込めコンクリートの厚さ確保のため、建築材料の「床束」を使用してブロックを設置し、隣接ブロックに線（アイマーク）をつけた。ブロック同士の僅かなズレを発見した場合、再設置した。施工速度の最大化を図

るため、配置できる限りの最大作業員を投入して施工した。ラフタークレーンは最大 16 台配置した。

- ・根固め工では、現場打ちコンクリート同士の隙間が少なく、通常の型枠組立解体が不可能であったため、PCa の残存型枠を採用した。
- ・水制工の 5t ブロックは、複雑な形状のブロックを現場で製作するにあたり、コンクリートの性状管理と打設管理、十分な養生に留意して品質を確保した。
- ・工程を確保するため、根固め工や法覆護岸工、水制工の進捗管理に苦心した。
- ・協力会社となった地元業者から、じゃかご、玉石の設置方法や既設護岸への擦付け方法など、きめ細やかな施工に対する熟練技術を当社職員と共有でき、大変助かった。
- ・梅雨が本格化するまでに工事を終えることが必達目標であった。
- ・同時期に被災を受けている護岸や堤防が様々な場所であったため、労務者の確保に苦労した。一方で、県内全体で見ると、千曲川の被災は限定的であったため、県の通常工事や、民間の建築工事も普通に動いていたという問題もあった。
- ・工事規模がそれほど大きくないエリアのため、地元の生コン工場はすぐ近くに 1 社しかなかった。生コン工場や地元企業から、地元工事を優先してほしいという要請があった。幸いにも、コンクリートの製造能力は問題がなかったので、アジテーター車を別途手配して対応した。
- ・通常の護岸工事は、地元業者で小規模に少しづつやるのが基本である。しかし、今回の災害復旧では、国交省の河川工事で大型ブロックを施工したことのある会社を全国規模で集めた。職員は、応急復旧が終了した時点で 1 回解散し、本復旧のときに再招集した。本復旧は国交省の河川工事経験者を増員し対応した。
- ・大型重機は、全国規模で調達した。近隣の道路が非常に細かったり、学校があったりしたため、通行時間帯などを配慮する必要があった。
- ・近隣住民を対象にした工事説明会、現場見学会を複数回実施した。3D モデルを採用していたため VR 体験も実施し、重機試乗、マイ定礎等実施。参加者からの意見を施工に反映した。
- ・被災で埋まった既設護岸ブロックやもともと地中に埋まっている根固め工や水制工は、荷姿や撤去量が不明であり、次工程に大きく響いた。
- ・雨が降るとすぐ増水する非常に川幅の狭い場所だったため、増水時の対策をしつかりやるように特に指示を受けた。水位予測シミュレーションで水位の変化を大まかに予測できるようになったので、いつ退避を始めるかなどの計画や実行ができた。それによって、川の水位が下がった時の復帰が早く行える利点があった。
- ・今回、地元からのいろいろな苦情や要望があり、それに細かく対応するためには、最後は見学会などで実際に見せながら施工するのがよかったです。

2.5. 災害復旧で役立つ技術

2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術

- ・現場の全体状況把握のために、ドローンを導入して毎日朝夕2度撮影し、発注者と工事の全体進捗状況を共有した。
- ・現場の施工状況をリアルタイムで把握するために、現場にクラウドカメラを設置し、人や重機の動きを把握し、本支店で情報共有した。
- ・Wi-Fi環境の現場内構築。
- ・測量をしている時間がなかったので、進入路などの土量を計測するために、ドローンを飛ばし、レーザープロファイラにより点群データを取得した。工事用の基準点は、堤防上に残った3点ほどを利用した。ただし、契約数量については、3Dの形状のままではNGで、平均断面法で数量計算する必要があった。断面作成は、点群データを基にした。
- ・コミュニケーションツール（Teams）が重要だった。昼夜作業であることもあり、職員間だけでなく協力業者の職長の方々との連絡に役立った。発注者との打合せでもモバイル機器を持ち込み、WEBカメラの映像を用いて現場の状況の説明を行った。社内対応にも用いた。
- ・今回の災害では、緊急対応でも段取りできたのがWEBカメラだったが、夜も材料を搬入していたので、安全管理も行うことができた。ただし、WEBカメラ用の電源がなく、電池を日々ないし一日おきに交換する必要があった。
- ・ドローンは、進捗管理と材料管理の合理化を目的に毎日飛ばした。映像などは国交省と共有した。ドローンは、請負者所有のもので、操縦は職員が行った。最も役に立ったのは、施工延長は長いものの狭隘な現場における長尺鋼矢板の荷下ろし場所の指示である。現場の職長とドローンの画像を見ながら、次の段取りを把握・合意しながら打合せできた。
- ・立ち上げ時に現状把握にドローンを使った（測量まで実施したかは不明）。
- ・本復旧工事のみ測量機器に「杭ナビ」を使用した。測量機器に追尾システムが搭載されており、図面とリンクしているため、測量の簡素化が図れた。手元作業員も限られた人数であったため、法丁張、水準測量などの測量が職員一人でき、離れの確認とかもできるので、立会にはとても重宝した。
- ・現地地形を正確かつ迅速に把握し、施工計画に反映するために、ドローンによる3D測量を実施した。
- ・AI機能付き大型クレーン用吊り荷監視カメラ
- ・AI搭載重機接触防止装置「クアトロアイズ」
- ・クレーン接近警報システム「レーザーシールド」
- ・工事騒音モニタリングシステム「音ジャッジ」
- ・UAV
- ・デジタルサイネージ（対 現場用）
- ・デジタルサイネージ（対 地元用）
- ・「e-YACHO」を使った現場管理
- ・「Teams」を使った昼・夕方の打合せ

- ・「Direct」を使った関係者への情報共有
- ・ウェアラブルカメラ「Safie」を使った現場管理
- ・「スマホでサーベイ」を活用した測量
- ・コンクリートボリューム計測アプリ「ピタコン」
- ・「SiteBox」スマートフォンを使った写真撮影・管理
- ・「携帯 BCP」安否確認アプリ
- ・「Civil 3D」による設計図の 3 次元モデル化
- ・3D モデル及びドローン 3D 点群を VR 化
- ・「テレサ」体温記録活用アプリ
- ・「暑さ指数ウォッチャー」による熱中症防止対策
- ・ピンポイント気象観測装置「ZEROSAI」
- ・「杭ナビ」
- ・GNSS を活用した測量
- ・PIP-Maker
- ・UAV 写真測量「EveryDayDrone」
- ・顔認証システムを利用した建設キャリアアップ
- ・非接触型体温計
- ・「Safie pocket 2」というウェアラブルカメラは、現場での自社確認や遠隔立会に有効である。
- ・最近メジャーな「eYACHO」は同時編集できるメモで、チェックリストを作った。現場では、チェックマークを入れたり、寸法値を入れたり、写真を埋め込んだりできる。社内の確認や発注者の確認も同時にできる。

2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術

- ・（スマートフォンの LiDAR 機能等を活用して）堆積汚泥や仮設道路などの体積算出が容易にできるアプリケーションやサービス
- ・河川上流の水位から現地水位を予測し、その情報を手軽にリアルタイムに共有できるアプリケーションやサービス
- ・当時はデータ通信等の設備も整わず ICT 重機もなかったが、今後活用できるとよい。
- ・当時はなかったが、雨量予測、河川の流量予測の技術が出てきた。雨の状況から数時間後の河川水位が予測できれば、災害防止はもちろん緊急復旧工事の稼働時間確保にもつながる。
- ・道路の使い方で WEB カメラを何台も使用したが、車両を個別に管理できる技術があれば使用したい。
- ・リース重機に後付けできる ICT 技術マシンガイダンス（レトロフィット）を使用してみたかった。これにより、高さ管理や、法面の法切りをオペが画面を見ながら施工できる。特に、河川工事では、丁張りがかけづらい場所や、床付けが確認しづらい場所に、とても重宝すると思う。ただし、三次元の図面や測量データを予め準備しておく必要がある。

- ・緊急復旧対応工事は、昼夜施工になることが多く、夜間作業の危険度は特に高い。また、今後担い手不足も深刻になることが予測されているため、重機等の無人化施工技術が進展してほしい。
- ・技術による省力化の取り組みの標準化。働き方改革の規制もあり、全部人で行う時代ではなくなっている。機械化が更に推進できるような仕組みが（未来に向けて）ほしい。機械が自動でやることを目標に、よりシステムチックな仕組みを作ってほしい。そのためには、3D CADに関する発注者と職員のスキル向上と、点群データから早く図面にする技術も必要。

2.6.今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項

北陸地方整備局では、千曲川の堤防決壊時の緊急対策検討を平時に予め実施していた。その中で、緊急対策工法の1つに鬼怒川決壊時に実績のある「応急仮堤防+鋼矢板仮締切堤防」を想定したシミュレーションを行っており、日建連同様に災害協定を締結している地元企業にも被災直後から出動要請し、決壊箇所において堤内地側に流入している状況から荒締切に着手していた。

ただし、鋼矢板仮締切堤防には大量の資機材の迅速な手配・調達が必要であり、24時間体制で2週間を目途に締切を終了させるには地元企業だけでは対応できないとの判断から、役割分担として、日建連会員企業の「技術力」と「機動力」に期待した支援要請が行われた。特に、矢板を含めた大量の資機材の緊急調達（特車申請の要請等含む）、鋼矢板設計・施工計画の立案等に要するスピード感、矢板が入らないといったトラブル時の臨機応変な対応、WEBカメラやUAVを使った現地進捗状況のリアルタイム、あるいは定期的な監視・報告等の対応に満足いただいている。

今回の緊急復旧工事は、事前の「堤防決壊時の緊急対策検討」を策定していくなかで、防災エキスパートや事務所で締結している災害協定業者が一緒に意見交換した成果を効果的に活用できた。日建連会員企業を含む災害協定業者にとっても緊急復旧工事におけるスピード感や24時間体制など、平時からの事前の心構えや連携・協力体制に関する理解が重要と考えられる。

2.7. 地方整備局や自治体への要望

- ・緊急復旧対応工事で、受注者は昼夜問わず対応しているにもかかわらず、発注者の監督員が3日ぐらいで交代してしまう。監督官も業務多忙であることは理解しているが、復旧工事を効率的にすすめるためにも、監督官を頻繁に交代させるのではなく、常駐させてほしい。
- ・緊急復旧対応では、現場内のWi-Fi環境の早期構築が必須であるが、光回線開設手続きに時間がかかる。また、災害が起きるところは、光回線の通信環境が整っていない場所が多い。その場合、SIMによる無線通信で対応する必要があるが、容量を超えると通信が切れる問題がある。発注者サイドで、災害時に災害復旧業者が使えるような光回線を常設いただきたい。民間企業が各社個別に対応することは、あまり経済的でない。
- ・災害はいつ起こるか分からぬが、3連休の中日には商社の連絡がつかず、材料調達がネックとなる。議論の余地はあるものの、労務だけでなく、資機材の調達先（メーカー、商社など）との災害協定締結について検討してほしい。
- ・緊急復旧工事の標準工法に、機械施工ができない工種（法面保護工：連節ブロックは石工が1個ずつ貼り付ける）がある。災害復旧の特別ルールとして、機械施工が可能な代替工法があればよい。
- ・堤防上の道路を約3kmを1車線で通行しなければならなかつた。災害の発生箇所で状況は異なるかもしれないが、調整可能であれば何か所か2車線化できればよい。特に、進入路の計画は、工事の肝となるのではないか。
- ・流域治水の考え方の中で、下流側の水害を防止するために上流側で越流させざるを得ないエリアがある。このエリアについては、堤防道路の対策をしておく必要がある。
- ・働き方改革の中で、会社的に緊急復旧の時は適用除外とするであろうが、労働組合との協定はまだやつていない。
- ・日建連として国交省に提出している災害時に対応可能な資機材のリストは、一般的な機械やブルーシート、土のう袋等だけである。鋼材などの重厚長大な資材はゼネコン各社が個別に調達するのは合理的ではないため、官側で調達や備蓄する仕組みがあるとよい。
- ・災害は予期できないため、積極的にダム・調整池の整備をして事前対策を行うべきと考える。また、災害後の処置としては地方整備局・自治体も官民一体化で迅速に対応する必要があると思う。
- ・応急復旧ということで、県や国交省の方が、いろいろな地方から来て、地場の状況も分からぬ中で復旧工事を監督している。様々な協議を進めていくなかで、ある程度時期が来ると入れ替わりがあり、後任との引継ぎがうまくいくつなくして苦労した。この点の改善が必要である。
- ・重機土工の歩掛があまりにも実際と違すぎる点は改善してもらいたい。
- ・また、官積上は25tR/Cや50tC/Cで積算されているが、実際は、スピード感をもって動けるように220tC/Cを使用した。この単価乖離も非常に大きかった。
- ・応急復旧の時は、ある程度費用を見てもらえたようだが、本復旧になると急に

厳しくなった（根固めブロックの運搬費は見積もりを全部出したが、見てもらえないなかった）。

- ・今後、こういう大規模災害復旧工事が出件になるとき、河川工事経験者という条件を付与されると対応が難しい。計画段階にアドバイザーとして経験者を配置すればよいというような条件であればよいと思う。
- ・現状の河川工事は、工事費を概ね3億円未満に抑えて、地元の業者が施工するケースがほとんどである。そのため、大手及び準大手ゼネコンでは、河川工事の経験者が少なく、河川工事の常識を理解し、施工管理できる人材が相対的に少ない。
- ・災害発生時、ゼネコンの機動力を活用して迅速に災害復旧するためには、発注者は平時からゼネコン向けに比較的大ロットの河川工事を発注し、ゼネコンは河川工事に明るい職員を育成すべきである。
- ・また、昔の自治体発注の護岸工事では正確な完工図面が存在しないケースが多くあり、原形復旧のための施工計画へ時間を要するので、完工図面等の確実な管理をお願いしたい。
- ・応急復旧後の本復旧は、日中のみの通常工事になる。住民からの早期復旧の要望や心情も踏まえて、応急復旧扱いとなるよう改善いただきたい。
- ・労基法の改正後について、仮復旧から本復旧に変わった場合にも災害時適用除外が受けられるよう、お願いしたい。

3. 北陸新幹線施設等における応急復旧対応事例 (JR 東日本)

ここでは、東日本旅客鉄道株式会社 長野新幹線車両センターでの浸水被害と対応について記載する。

3.1. 被害の概要

2019年10月13日未明に千曲川の堤防が決壊した。決壊位置から約2km北側にある長野新幹線車両センター（以下、車両センター）に大量の水が流れ込んだ（図3-1、図3-2）。当時、車両センターには、新幹線車両の検査・修繕などに従事する36名の関係者がいたが、深夜の避難は困難と判断して、運転事務所屋上などに避難した。なお、新幹線の検査・修繕は、運行しない深夜・早朝帯が主であり、車両センターには多くの新幹線が入庫していた。避難者は、13日の夜までに自衛隊によって全員が無事に救助された。車両センター近隣や内部の水の排出は、15日までかかった。



図 3-1 浸水の状況（全景）
(出典: 運転協会誌)



図 3-2 浸水の状況（構内）
(出典: 運転協会誌)

浸水の規模は、周辺地盤から4～5mほどの高さであった。車両センターの敷地内は周辺地盤より2mほど高く盛られているため、車両センター内の建物は、2～3mの高さの浸水を受けた。また、車両センター脇の本線においては延長約690mの範囲が浸水したほか、車両センター構内では北陸新幹線車両10編成が水没した。水が引いた後、新幹線車両の2編成が脱線していた（浮力によるものと考えられる）ため、ジャッキにて復旧を行った。新幹線車両は、内部浸水していたため廃車された。電力・信号設備も浸水して使用不能となつたほか、保守用基地の確認車・保守用車も浸水被害を受けた。これらの被害によって、長野新幹線車両センターでは、北陸新幹線E7系の車両の検査・清掃・車輪研削作業等が実施できなくなつた。

水が引いた後の調査によると、構造物基礎などの土木構造物の大きな被害は特にみられなかつた。漂流物（流木、農家のリンゴ、農業資材）によって、車両センター周囲の敷地境界に設置されている支柱やフェンスが倒れるなどの被害があつた。また、車両センター敷地内は、数cm程の厚さの土砂（泥）が広範囲に堆積していた。泥は、線路下のバラスト内にも入り込んだため、状態の悪い箇所はバ

ラストの交換を行った。

3.2. 応急復旧・本復旧までの概要

被災後直ちに復旧工事を長野新幹線車両センターに常駐しているパートナー会社に発注し、土砂・漂流物の撤去から開始した。堆積した土砂によってなかなか敷地の奥に入ることはできなかったため、人海戦術で対応した。この復旧作業が長期戦になることを覚悟し、24時間体制とせず昼間だけの作業とした。

次に、線路上の浸水車両の撤去を行い、車両留置のなかった着発10番・11番線(図3-3)から順番に復旧・使用開始していった。被災前とほぼ同じ状態までに復旧したのは2021年4月25日であった。

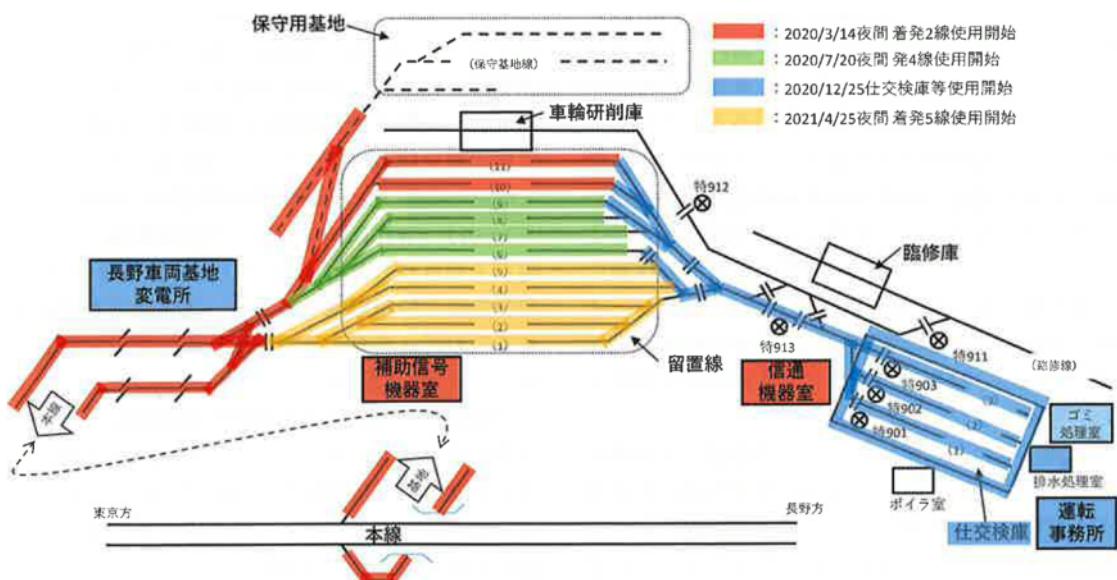


図3-3 長野新幹線車両センター構内の復旧計画
(出典:運転協会誌)

3.3. 応急復旧時に役に立った土木技術・対策等

長野新幹線車両センターの土木構造物には大きな損傷はなかったため、応急復旧時に役に立ったハード対策は特になかった。

一方で、JR東日本では、車両や設備により所管する技術部門が分かれており(車両、保線、土木、建築、機械、信号通信、電力)、それぞれの部署で復旧工事を行うため、工程等の部門間調整に苦労した。そこで、復旧途中からコミュニケーションツールとしてTeamsを使用し始め、JR東日本の各技術部門間での情報共有を図り課題解決を行った。ただし、社内セキュリティルールの関係上、協力会社等にはTeamsを利用することができず、電話等での直接的な作業指示を行う必要があった。

3.4. 応急復旧時に困難だったもの

- ・広範囲に堆積した土砂(軟弱な泥)の影響で、敷地内の道路啓開に時間を要した。

舗装洗浄車のような機械化による工期短縮が求められる。また、人員・物資の輸送のため、土砂(軟弱な泥)があっても走行可能な水陸両用車のような機械、あるいはアクセス用ヘリポート(高台)もあるとよい。

- ・留置線が11本あり、これを段階的に利用できるよう作業を進めた。ただし、留置線の使用再開(復旧)時には架線に高圧の電気(交流25kV)が流れるため、作業員の感電防止対策として加圧区間の明示(A型バリケード使用)が不可欠で、新幹線車両(25m/両×12両編成)分の延長に相当する長さにわたってバラスト上でバリケードが倒れないよう確実に設置・取り囲む作業が必要であった。
- ・車両センター構内の庁舎に入居するパートナー会社の事務所も水没したため、使用機材に不具合が生じた。そのような中で、パートナー会社は復旧作業に加えて通常の維持管理業務も行う必要があった。
- ・構内の下水道が利用できず、仮設トイレを準備する必要があったが、必要数の確保ができなかつた(各地で同時に必要としたため)。
- ・敷地内にある給湯管を巻くグラスウールが浸水・泥付着によりすべて交換となつた。グラスウールに代わるような保温材が開発されるとよい。

3.5. 被災後の浸水対策

- ・新幹線車両および保守用車の疎開

大雨等で浸水する可能性がある場合に備え、予測水位によりアラートを派出する「車両疎開判断支援システム」を新たに導入し、対策本部の判断により新幹線車両や保守用車の退避(疎開)等の対応を速やかに実施できる体制とした。

- ・恒久的な浸水対策

今後の水害対策として、運行への影響が大きいと考えられる電気設備に対するかさ上げ、車両の検査を行う建屋の開口部等に対して止水板の設置などが想定されるが、具体的な対策は整備新幹線区間の財産を所有している独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構(JRTT)との協議が必要となる。

災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する協定書

国土交通省北陸地方整備局長（以下「甲」という。）と、一般社団法人日本建設業連合会北陸支部長（以下「乙」という。）とは、災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務の実施に関し、次のとおり協定する。

（目的）

第1条 この協定は、地震災害や風水害等異常な自然現象及び予期できない災害等が発生した場合において、甲が直接管理又は管理委託する施設（工事中の施設を含め、以下「所管施設」という。）が被災し、その応急対策を実施するにあたり、乙はこれを支援するため、必要な建設資機材、技術者及び労力者（以下「建設資機材等」という。）の確保及びその動員の方法を定め、以下、被害の拡大の防止と被災施設の早期復旧に資することを目的とする。

（業務の実施範囲）

第2条 業務の実施範囲は、北陸地方整備局所管施設において発生した災害復旧箇所とする。

（業務の内容）

第3条 甲又は甲の所掌する事務所及び管理所（以下「事務所等」という。）の長は、所管施設が被災し必要と認めるときは、被災状況に応じて乙の会員の出動を要請することができるものとし、要請の内容及び手順等については、別途甲乙協議の上あらかじめ定めておくものとする。

- 2 乙の会員は、甲又は事務所等の長からの出動要請について、乙から連絡があつたときは、できる限り速やかに所管施設の被災状況を甲又は事務所等の長の指示により把握し、当該災害の応急対策を実施するものとする。
- 3 乙は、あらかじめ応急対策を早急に実施できるよう必要な建設資機材等の確保、動員の方法を定め、その実施体制を甲に報告するものとする。

（業務の実施体制）

第4条 前条第3項に定める所管施設の災害応急対策業務の実施体制は、乙の会員による編成表及び連絡系統とする。なお、乙は編成表及び連絡系統について毎年、年度当初に見直しを行い、甲に報告するものとする。

- 2 甲は事務所等の長に対して、乙の実施体制を連絡しておくものとする。

（建設資機材等の報告）

第5条 乙は、第3条第3項に定める建設資機材等の数量を把握し、あらかじめ乙の会員の編成表ごとに、書面により甲に報告するものとする。

- 2 乙は、前項で報告した内容について毎年、年度当初に見直しを行い、甲に報告するものとする。

(契約の締結)

第6条 甲又は事務所等の長は、乙に乙の会員の出動を要請したときは、出動した乙の会員と遅滞なく工事請負契約を締結するものとする。

(実施範囲の特例)

第7条 甲又は事務所等の長は、第2条に規定する実施範囲以外において、大規模自然災害等により甚大な被害が発生又は発生する恐れがあり、災害の状況により特に必要と認めるときは、乙の会員の出動を、要請することができるものとし、要請の内容及び手順等については、第3条第1項と同様とする。

(有効期限)

第8条 この協定の期間は、平成25年4月1日から平成26年3月31日までとする。

2 前項に規定する期間満了の1箇月前までに、甲乙いずれからも何ら申し出のないときは、引き続き同一条件をもって本協定を更に1年間延長するものとし、その後も同様とする。

また、締結後、甲乙いずれかの申し出により本協定は、廃止することができる。
なお、申し出の時期は、廃止する期日の1箇月以前とする。

(損害の負担)

第9条 業務の実施に伴い、甲乙双方の責に帰さない理由により、第三者に損害を及ぼした場合、又は建設資機材等に損害が生じた場合、乙はその事実の発生後遅滞なくその状況を書面により甲に報告し、その措置について、甲乙協議して定めるものとする。

(その他)

第10条 本協定に定めのない事項、又は本協定に疑義が生じたときは、その都度、甲乙が協議してこれを定めるものとする。

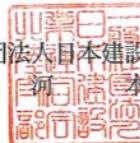
平成23年4月1日付け「協定書」は、廃止する。
本協定書は2通作成し、甲乙が各1通を保有する。

平成25年4月1日

甲 国土交通省北陸地方整備局長
橋 場 克



乙 一般社団法人日本建設業連合会北陸支部長
河 本 克 正



【参考資料2】

災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する確認書

国土交通省北陸地方整備局と一般社団法人日本建設業連合会北陸支部は、「災害時における北陸地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する協定書」（以下「本協定」という。）第3条第1項の協議事項「要請の内容及び手順等」について、以下のとおり定める。

（要請の内容）

本協定第1条に規定する「必要な建設資機材」には、地方公共団体等からの支援要請に基づく仮設トイレ等の調達又はその手配を含むものとし、これらの費用負担については、その都度、協議の上決定する。

（要請の手順）

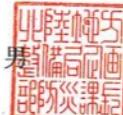
本協定第3条に基づき甲又は事務所等の長が乙に乙の会員の出動を要請する手順は、次のとおりとする。

- ①甲から乙へ、乙の会員に関する情報収集の要請
- ②乙から甲へ、前号の要請に対する報告
- ③甲から乙へ、調達実施企業選定結果を通知

以上、確認する。

平成25年4月1日

国土交通省北陸地方整備局
企画部防災課長 右近則



一般社団法人日本建設業連合会北陸支部
事務局長 桑原行正



災害時対応マニュアル

2022年8月30日

一般社団法人 日本建設業連合会
北陸支部

1. 目的

本マニュアルは、一般社団法人日本建設業連合会(以下「日建連」という。)の災害対応基準を補完するために、北陸支部の災害発生時における体制、具体的な活動項目及び手順を定めるものである。

2. 災害発生時の対応

(1) 緊急災害対策本部の設置

以下の場合に緊急災害支部対策本部（以下「対策本部」という。）を北陸支部に設置する。

- ① 北陸地域（原則として、新潟県、富山県、石川県内とする。）において震度6強以上の大規模地震が発生した場合
- ② 地震以外の災害で広域に渡り大被害が生じ、関係行政機関からの要請があるなど、総務委員会で必要と判断した場合

(2) 北陸支部対策本部の体制

① 組織

- | | | |
|------|-------------|-----------------------|
| 本部長 | 支部長 | ・対策本部の総括 |
| 副本部長 | 副支部長 | ・対策本部の副総括 |
| 本部委員 | 支部総務委員、事務局長 | ・関係行政機関等からの要請への対応の検討等 |
| 連絡委員 | 支部契約積算・技術委員 | ・緊急災害時の連絡対応 |

② 本部会議

本部会議の構成員は、本部長、副本部長、本部委員とし、本部長が必要に応じ開催する。

(3) 緊急災害対応活動

関係行政機関等からの要請への対応

① 応急復旧工事等

応急復旧工事等に関する業務は、締結している災害協定に定める範囲を原則とし、具体的な対応は対策本部が主体となって行うものとする。

なお、対策本部において特に必要と判断した場合には、災害協定外の要請であっても可能な範囲で対応することとする。

また、対応に当たっては、支部会員会社と連携して対応するとともに、支部会員会社への呼びかけはなるべく広く行うものとする。

② 資機材の調達・運搬

応急復旧工事等に関連しない仮設トイレや生活支援物資等の資機材の調達・運搬は、締結している災害協定の趣旨に基づくものを原則とし、具体的な対応は対策本部が主体となって行うものとする。

なお、対策本部において特に必要と判断した場合には、上記以外の要請であっても可能な範囲で対応することとする。

また、資機材の調達・運搬要請を受けた際は、支部長、副支部長会社を中心に支部会員会社と連携して対応するとともに、支部会員会社への呼びかけはなるべく広く行うものとする。

③ その他の役務・情報提供

対策本部は、関係行政機関等から要請のあったその他の役務・情報提供についても、可能な範囲で対応するものとする。

④ 対応会社の決定

基本的には、対応会社の決定は災害協定締結先が行うものとする。

(4) 対策本部の縮小及び終了

対策本部は、活動状況を確認のうえ、対策本部会議に諮って活動を縮小又は終了することができる。

付則

本要領は2012年5月21日から実施する。

付則

2022年8月30日 一部改正

参考文献

■ 国土交通省北陸地方整備局

北陸地方整備局：令和元年東日本台風 北陸地方整備局管内の被害記録

<https://www.hrr.mlit.go.jp/bosai/higasinhontaihuu/web.pdf>

防災情報：災害対応状況 令和元年 10 月 台風 19 号に対する対応

<https://www.hrr.mlit.go.jp/bosai/index.html>

ヒアリング時提供資料、2023 年 3 月 9 日

■ 一般社団法人日本建設業連合会北陸支部

北陸地方整備局との災害協定書（日建連北陸支部）130401

災害時対応マニュアル（日建連北陸支部）220830

■ 大成建設株式会社

千曲川堤防復旧までの 2 週間の記録【土木施工】_2021Sep_vol.62_No.9

ヒアリング時提供資料、2023 年 6 月 8 日

■ 鹿島建設株式会社

【月報鹿島】千曲川堤防緊急復旧工事、2020 年 2 月

https://www.kajima.co.jp/news/digest/feb_2020/feature/index.html

ヒアリング時提供資料、2023 年 6 月 14 日

■ 清水建設株式会社

完成検査資料 工事概要書、2021 年 3 月 30 日

■ 前田建設工業株式会社

ヒアリング時提供資料、2023 年 6 月 8 日

■ 株式会社大林組

ヒアリング時提供資料、2023 年 6 月 14 日

■ 東日本旅客鉄道株式会社（JR 東日本）

奥本将, 宇佐美真希子：令和元年東日本台風による北陸新幹線の被災・復旧状況（東日本旅客鉄道），運転協会誌，日本鉄道運転協会[編]，63(12)，5-8，2021.

■ その他

気象庁：台風第19号による大雨、暴風等

https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2019/20191012/jyun_sokuchi20191010-1013.pdf

内閣府：令和2年版防災白書 特集第1章第1節 1-3 令和元年東日本台風による災害

https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/0b_1s_01_03.html

国土交通省：令和元年台風第19号による被害等

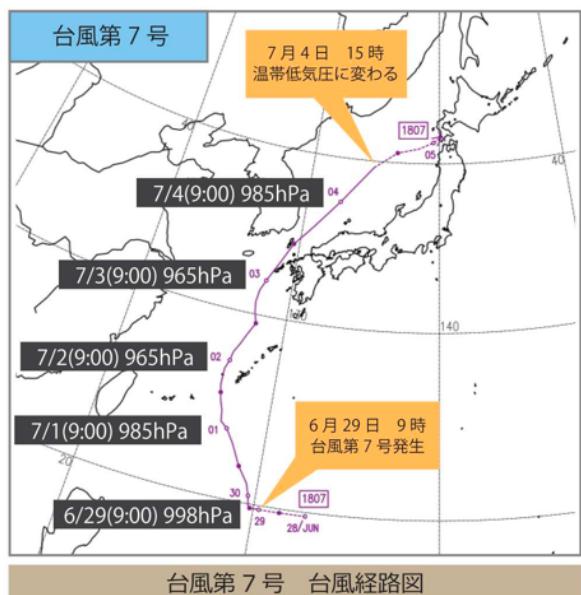
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou_suigai/1/pdf/11_R1T19niyoruhigai.pdf

II-2 平成 30 年 7 月豪雨(西日本豪雨)

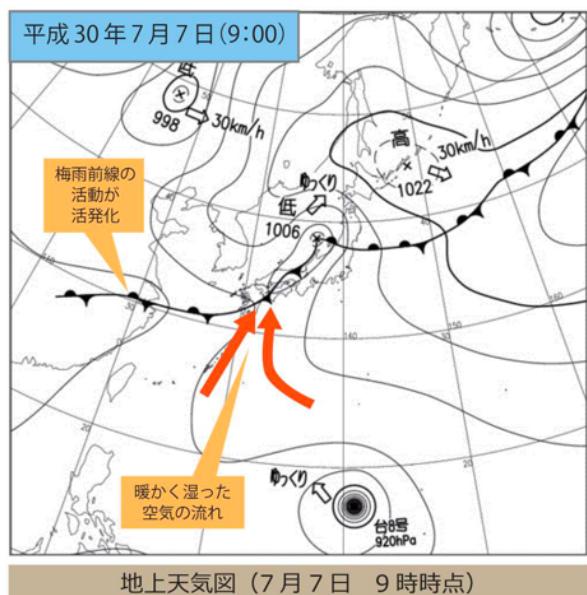
1. 平成 30 年 7 月豪雨により発生した大規模災害の概要

1.1. 気象の状況

平成 30 年 6 月 29 日に日本の南で発生した台風 7 号はゆっくりとした速度で北上し、7 月 3 日に九州北部に接近した後、対馬海峡を通過して 7 月 4 日の 15 時に日本海で温帯低気圧に変わった。この台風 7 号の通過に伴い日本列島を覆っていた太平洋高気圧が南東に後退し、北海道付近に停滞していた梅雨前線が 7 月 5 日には西日本まで南下し、その後停滞した。そこへ台風から変わった温帯低気圧から暖かく非常に湿った空気が日本付近に流れ込み、梅雨前線が活発となった。そのため、9 日に梅雨前線が北上して活動を弱めるまでの長期にわたり西日本の広い範囲で強い雨が続き、今回の記録的な豪雨となった(図 1-1)。



出典) 気象庁 WEB 「平成 30 年 (2018 年) 台風経路図・位置表」



出典) 松山地方気象台「平成 30 年 7 月 5 日から 8 日にかけての梅雨前線による大雨について【愛媛県の気象速報】(07/09 17 時時点)

図 1-1 台風第 7 号経路図と地上天気図(7 月 7 日 9 時時点)

(出典: 国土交通省)

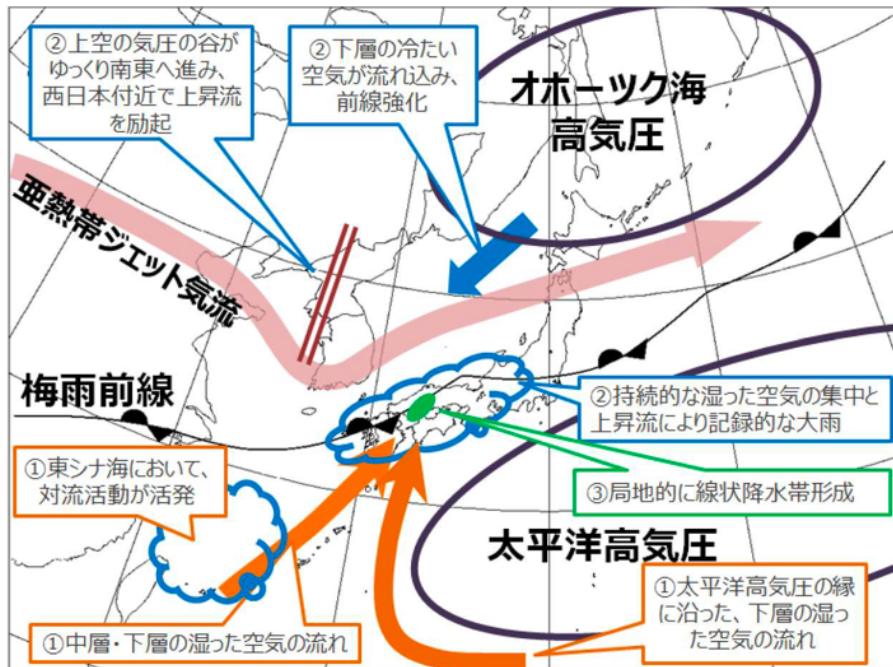


図 1-2 7月5日から8日の記録的な大雨の気象要因のイメージ図
(出典:気象庁)

7月5日から8日にかけての西日本を中心とした記録的な大雨の気象要因を気象庁が解析した結果、次の3つと考えられている(図1-2)。

- ① 多量の水蒸気の 2 つの流れ込みが西日本付近で合流し持続
 - ② 梅雨前線の停滞・強化などによる持続的な上昇気流の形成
 - ③ 局地的な線状降水帯の形成

特に、①と②が主な要因であり、これまでの梅雨期としては、これまでにない量の水蒸気が集中していたようである。

気象庁により暫定公表された観測データによれば、6月28日0時から7月8日9時までの総降水量は、ところにより四国地方で1,800mm、東海地方で1,200mm、九州地方で900mm、近畿地方で600mm、中国地方で500mmを超えるところがあるなど、7月の月降水量平年値の2~4倍となる大雨となったところがあった(図1-3)。

西日本から東海地方にかけての地域を中心に、多くの地点で 24 時間、48 時間、72 時間降水量の観測史上最大値を更新した。

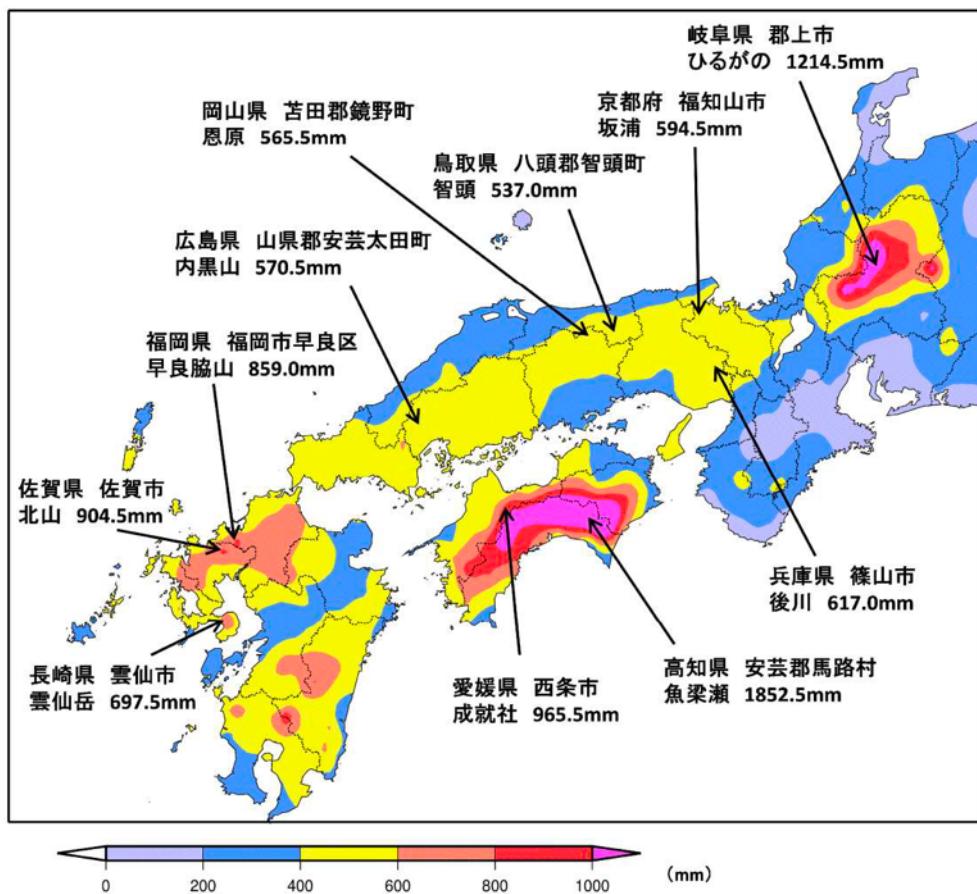


図 1-3 期間降水量分布図(6月28日0時～7月8日24時)
(出典:気象庁)

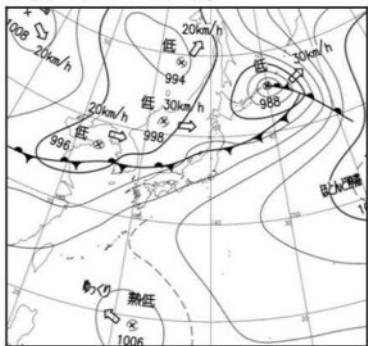
中国、四国地方の天気図・衛星画像・日降水量(解析雨量)を図 1-4(1)～(3)に、48 時間降水量(解析雨量)・大雨警報(浸水害)の危険度分布・土砂災害判定メッシュ情報・洪水警報の危険度分布(広島県、岡山県、鳥取県に大雨特別警報を発表した直後)を図 1-5(1)に示す。また、同(愛媛県、高知県)を図 1-5(2)に示す。

天気図

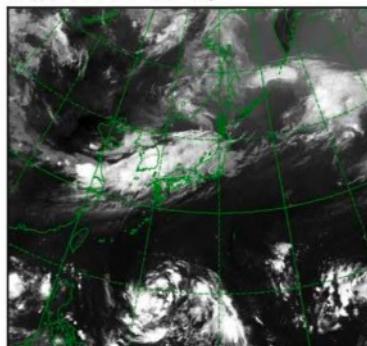
衛星赤外画像

日降水量(解析雨量※)

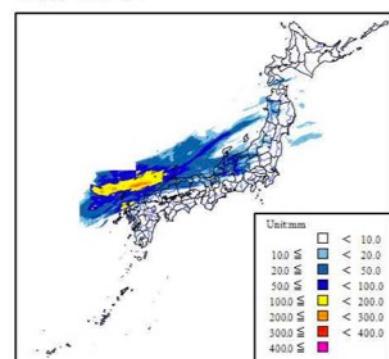
6月28日09時



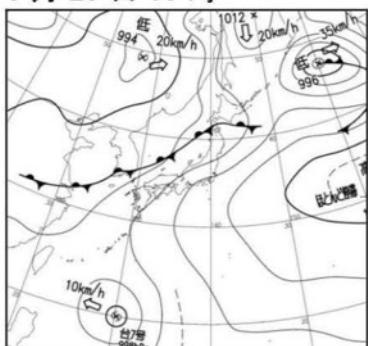
6月28日09時



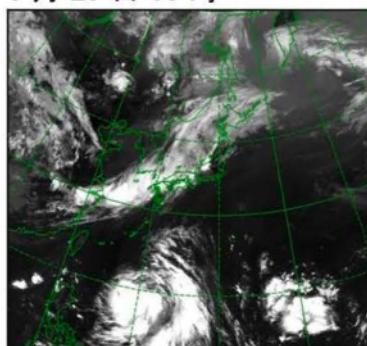
6月28日



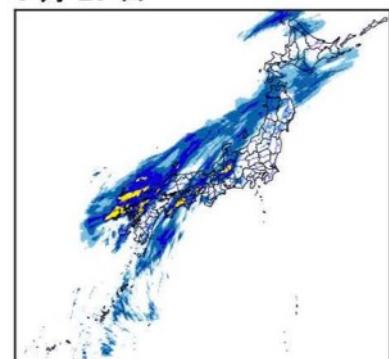
6月29日09時



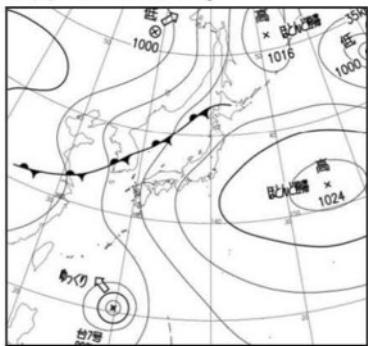
6月29日09時



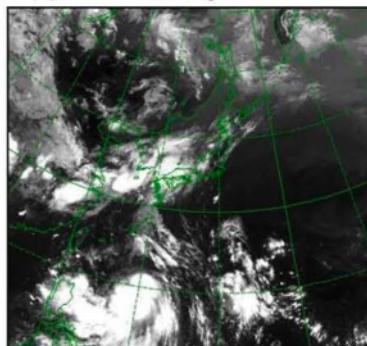
6月29日



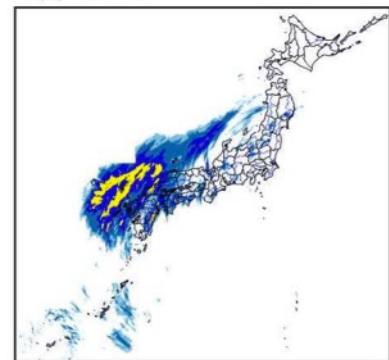
6月30日09時



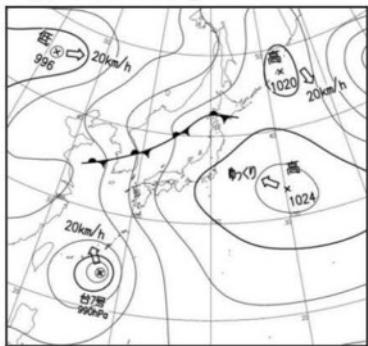
6月30日09時



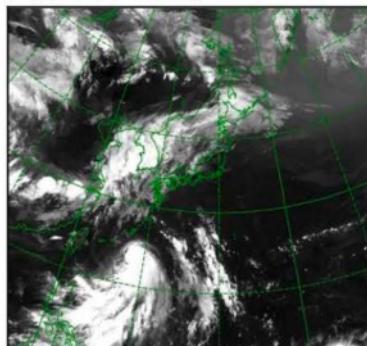
6月30日



7月1日09時



7月1日09時



7月1日

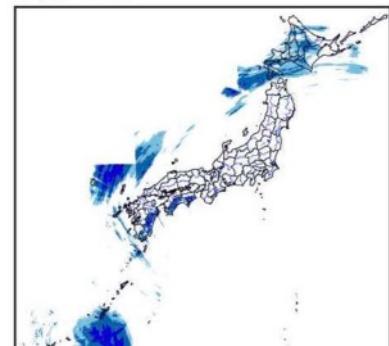


図 1-4(1) 天気図・衛星画像・解析雨量
(出典:気象庁)

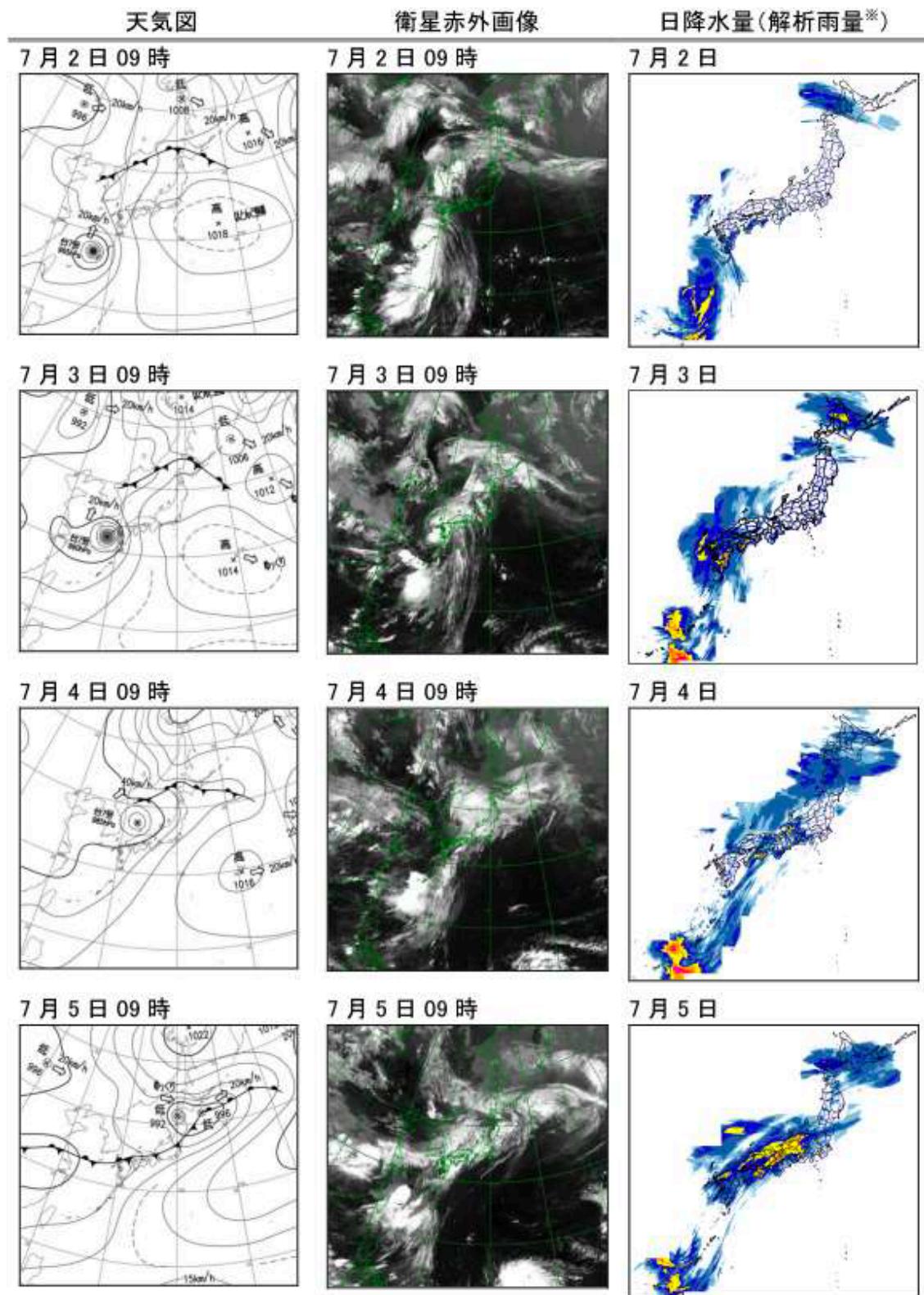


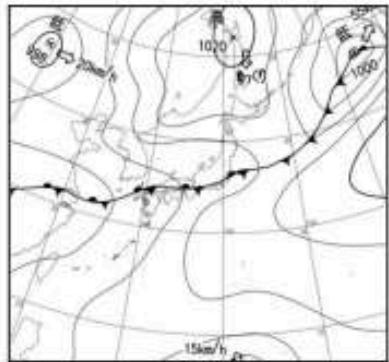
図 1-4(2) 天気図・衛星画像・解析雨量
(出典:気象庁)

天気図

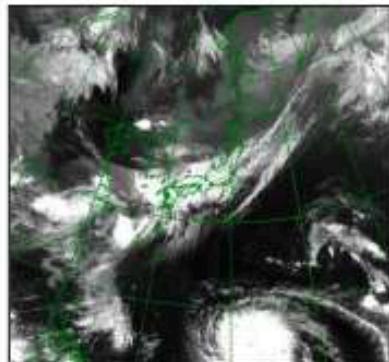
衛星赤外画像

日降水量(解析雨量*)

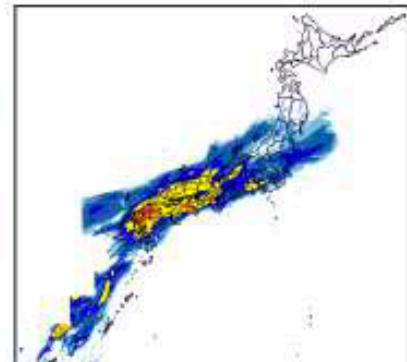
7月6日09時



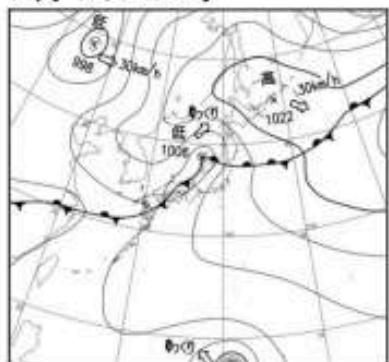
7月6日09時



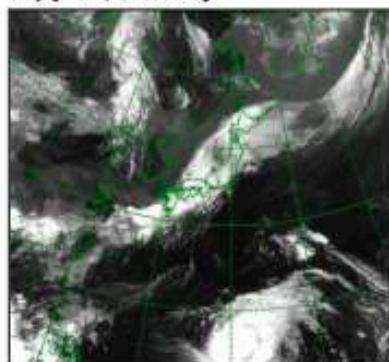
7月6日



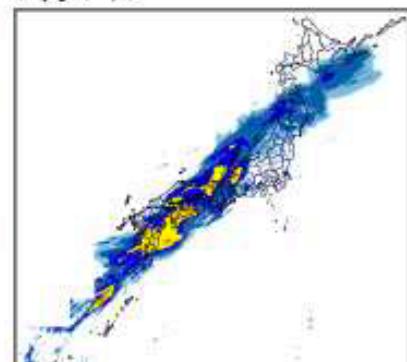
7月7日09時



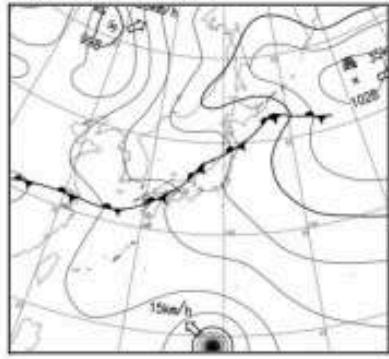
7月7日09時



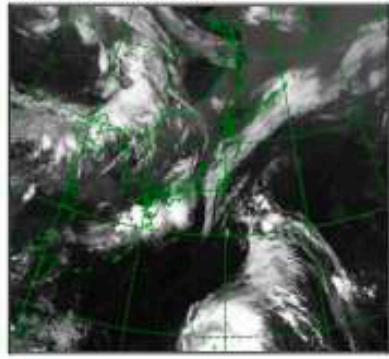
7月7日



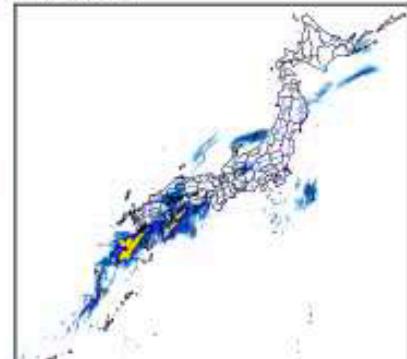
7月8日09時



7月8日09時



7月8日



※解析雨量とは、気象レーダーと、アメダス等の雨量計を組み合わせて、雨量分布を1km四方の細かさで解析したもの

図 1-4(3) 天 気 図・衛 星 画 像・解 析 雨 量

(出典: 気象庁)

<中国地方の状況>

7月6日20時(広島県、岡山県、鳥取県に大雨特別警報を発表した直後)

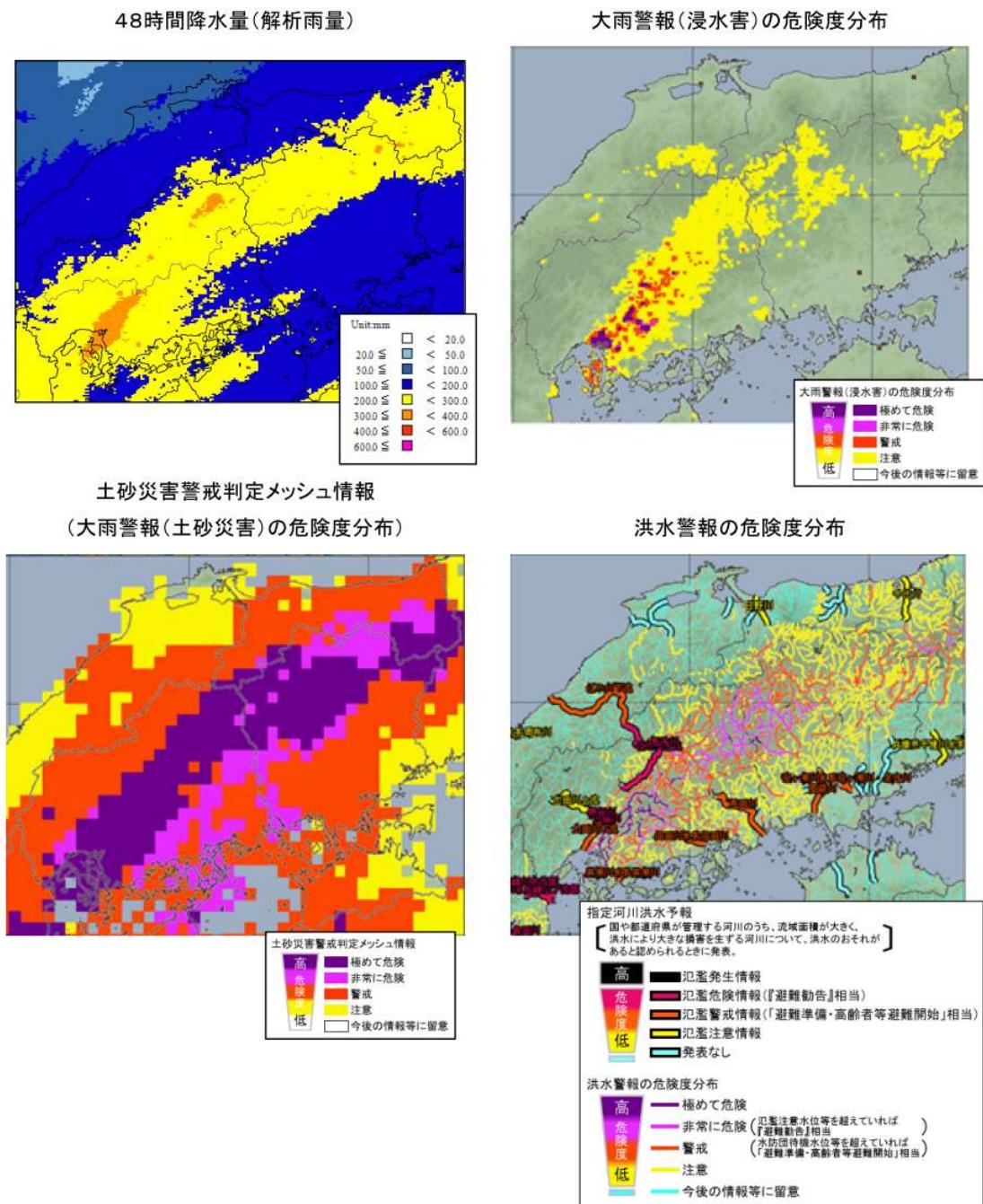
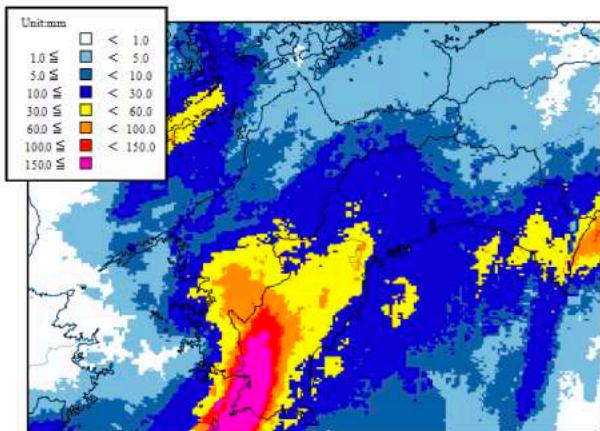


図 1-5(1) 48 時間降水量(解析雨量)・大雨警報(浸水害)の危険度分布
・土砂災害判定メッシュ情報・洪水警報の危険度分布
(広島県、岡山県、鳥取県に大雨特別警報を発表した直後)
(出典:気象庁)

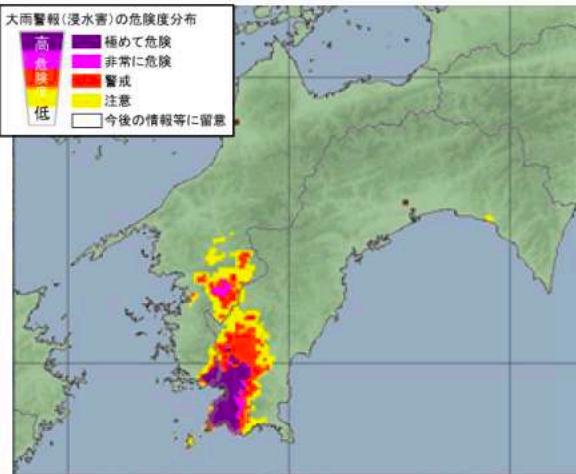
<四国地方の状況>

7月8日6時(愛媛県、高知県に大雨特別警報を発表した直後)

3時間降水量(解析雨量)

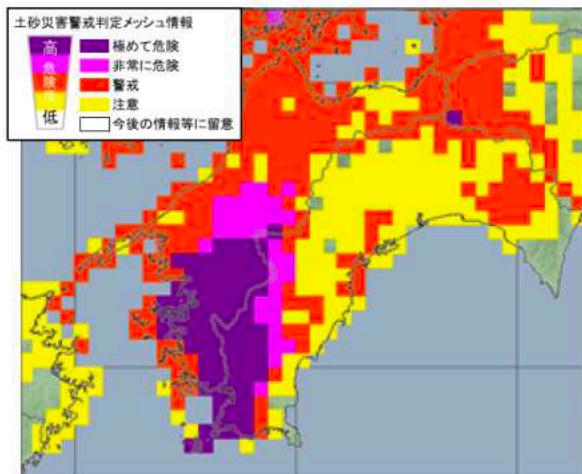


大雨警報(浸水害)の危険度分布



土砂災害警戒判定メッシュ情報

(大雨警報(土砂災害)の危険度分布)



洪水警報の危険度分布

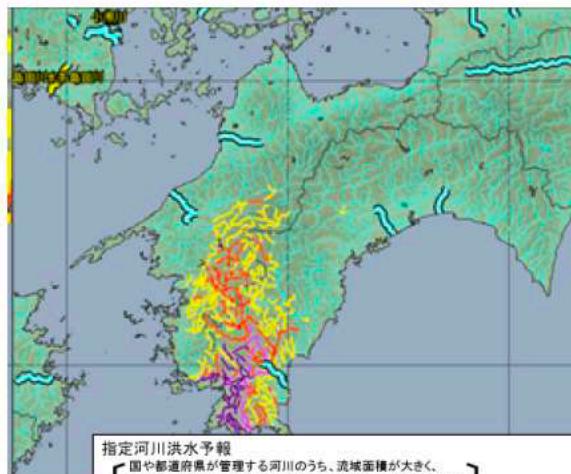


図 1-5(2) 48 時間降水量(解析雨量)・大雨警報(浸水害)の危険度分布

・土砂災害判定メッシュ情報・洪水警報の危険度分布

(愛媛県、高知県に大雨特別警報を発表した直後)

(出典:気象庁)

1.2.被害の状況

1.2.1.概況

平成30年6月28日以降の台風第7号や梅雨前線の影響によって、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となり、全国各地で甚大な被害が発生したことを踏まえ、今般の豪雨について、気象庁により7月9日に「平成30年7月豪雨」と定められた。

1.2.2.中国地方

【一般被害の概要】

1) 人的被害

岡山県内で死者61人、行方不明者3人、負傷者161人、広島県内で死者109人、行方不明者5人、負傷者138人、山口県内で死者3人、負傷者13人の人的被害が発生した。(全国における死者224人、行方不明者8人、負傷者427人)(災害関連死除く)(平成30年10月9日時点(消防庁))。

2) 建物被害

住宅被害は全国で51,337棟と大規模に及んだが、中国地方で34,804棟(約7割)と被害が集中している。

表 1-1 人的・物的被害の状況

■人的・物的被害の状況【消防庁 平成30年10月9日17時時点】

都道府県名	人的被害				住宅被害						非住家被害	
	死者	行方不明者	負傷者			全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
			重傷	軽傷	程度不明							
鳥取県								3	7	54		
島根県						55	127	2		61		61
岡山県	61	3	9	152		4,822	3,081	1,108	2,921	6,035	1	42
広島県	109	5	49	89		1,085	3,258	1,996	3,234	5,603		
山口県	3		3	10		21	448	95	135	653		
合計	173	8	61	251	0	5,983	6,914	3,204	6,297	12,406	1	103
【参考】												
合計(全国)	(224)	(8)	(109)	(315)	(3)	(6,695)	(10,719)	(3,707)	(8,640)	(21,576)	(9)	(259)
全国比	77.2%	100.0%	56.0%	79.7%	0.0%	89.4%	64.5%	86.4%	72.9%	57.5%	11.1%	39.8%

※災害関連死除く

(出典:国土交通省)

【ライフライン被害の概要】

1) 電力

7日5時時点 중국地方における停電は約30,000戸。このうち、広島県内で最大7,600戸に影響を与えた沼田西変電所は、県管理河川の沼田川の決壊により水没。その後、19日に完全復旧した。

2) ガス

土砂崩れによる供給管や灯外内管の破損等のため、広島県、岡山県で約40戸のガス供給障害が発生した。

3) 水道

広島県、岡山県では、約 22 万戸の断水が発生し、応急復旧を含めて給水を再開するまでに最長で 1 か月かかった（広島市の水道管破裂復旧は 8 月 9 日まで）。広島県企業局の宮原浄水場導水トンネル閉塞、本郷取水場の水没により被害を受けた、呉市、尾道市、三原市、江田島市は約 18.6 万戸と被害総数の約 8 割を占めるほど、深刻な断水被害となつた。

【河川被害の概要】

1) 出水概況

7 月 5 日から本州付近に停滞する梅雨前線の活動が活発になり、中国地方では多いところで降り始めからの総雨量が 450mm を超え、昭和 47 年 7 月豪雨以来の記録的な豪雨となつた。

この記録的な豪雨により、国管理河川においては 6 水系 13 河川 23 観測所で「氾濫危険水位」を超過し、このうち高梁川、芦田川、江の川など、5 水系 9 河川 13 観測所で観測史上最高水位を記録した。

この出水により、国管理河川では、8 水系 13 河川 50 箇所で施設被害が発生した。特に、高梁川水系小田川では堤防が決壊し、岡山県倉敷市真備町において大規模な浸水被害が発生したほか、太田川水系三篠川や江の川水系江の川等で溢水※¹等による浸水被害が発生した。また、芦田川水系芦田川等、管内各地で内水等による浸水被害※²も発生した。

県管理河川においても、鳥取県の 3 水系 4 河川、島根県の 1 水系 1 河川、岡山県の 6 水系 12 河川、広島県の 13 水系 32 河川、山口県の 19 水系 25 河川、あわせて 42 水系 74 河川で「氾濫危険水位」を超過した。

岡山県の旭川水系砂川や広島県の沼田川水系梨和川などで堤防が決壊して大規模な浸水被害が発生したほか、各所で溢水や内水等による浸水被害が発生した。

※1: 溢水: 堤防のない区間において、河川等の水が溢れ出ること。

※2: 内水氾濫、内水被害: 河川が増水したことによる水位上昇により、堤内地（宅地）に降った雨が自然に河川へ排水ができなくなり、堤内地の水路が溢れること。内水氾濫による被害を内水被害という。

これらの国管理河川の出水概況を図 1-6 に、被災状況を図 1-7 に示す。また、倉敷市真備町周辺の氾濫状況を図 1-8 に示す。

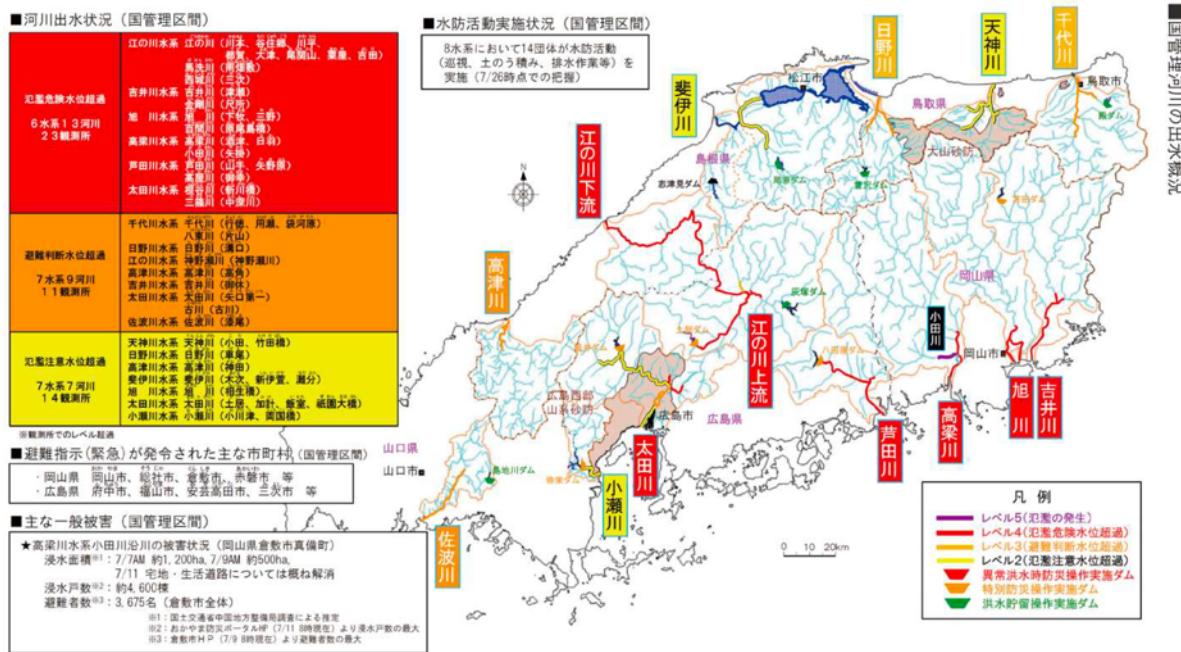


図 1-6 国管理河川の出水概況

(出典:国土交通省)

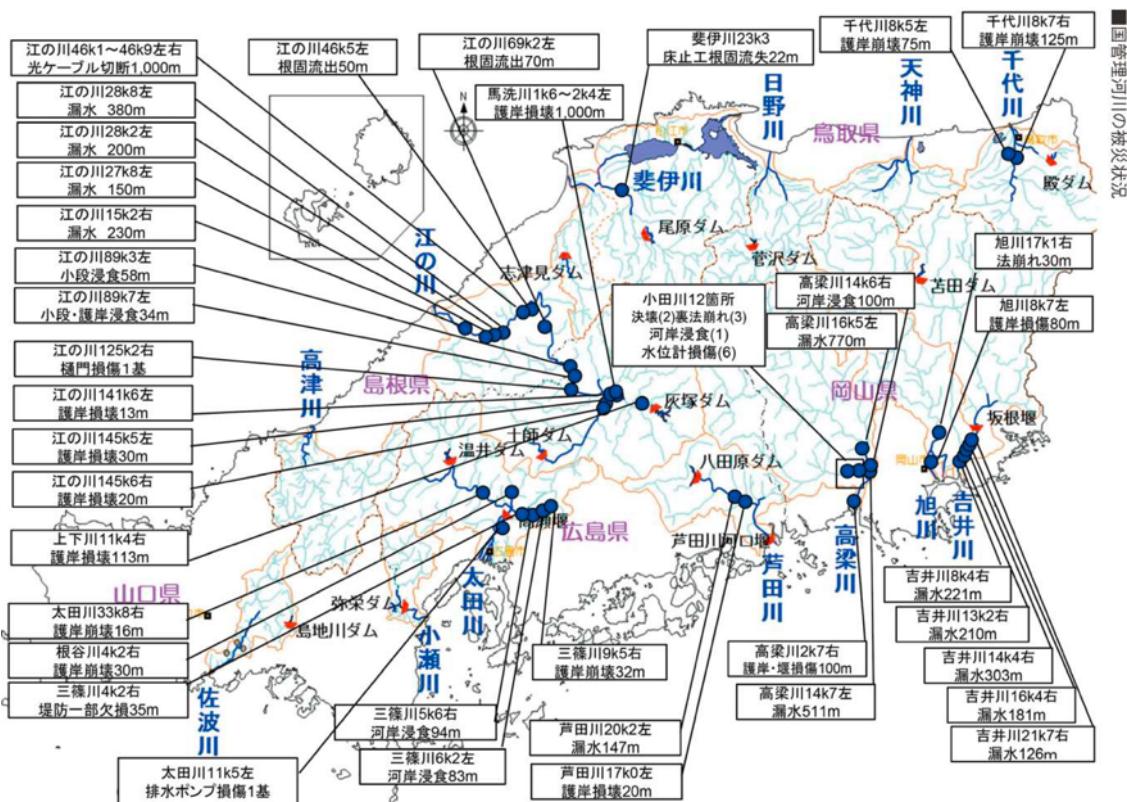


図 1-7 国管理河川の被災状況

(出典:国土交通省)

氾濫状況(高梁川水系小田川)

■小田川等の堤防決壊により、介護施設、病院、学校等が浸水し、**浸水深は最大で約5m^{※1}**に達したものと推定されます。

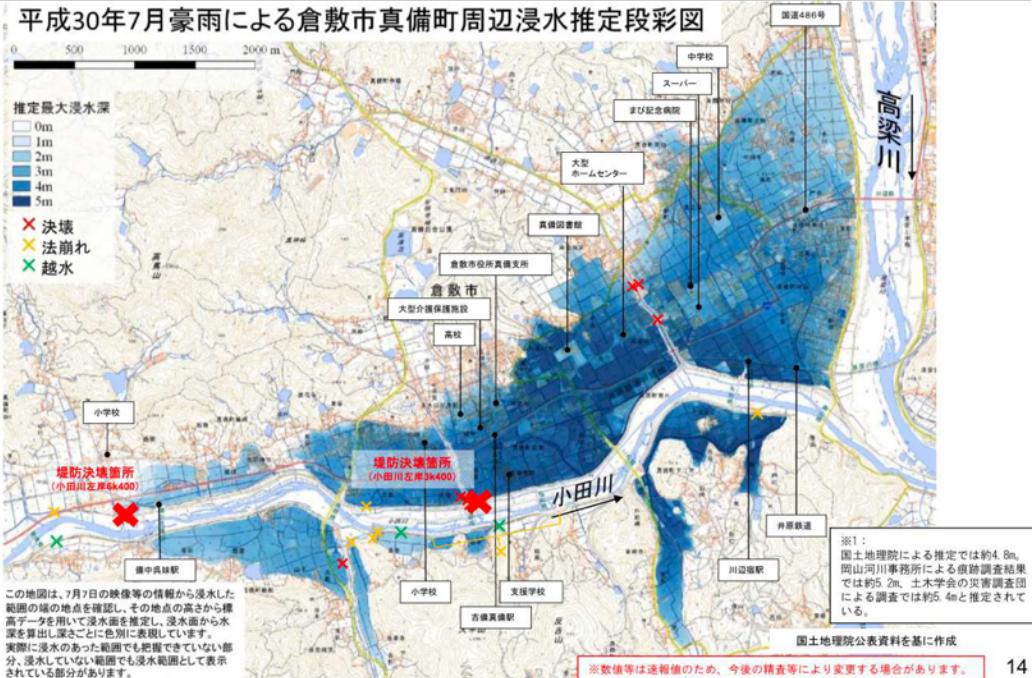


図 1-8 気象状況(倉敷市真備町周辺)

(出典:国土交通省)

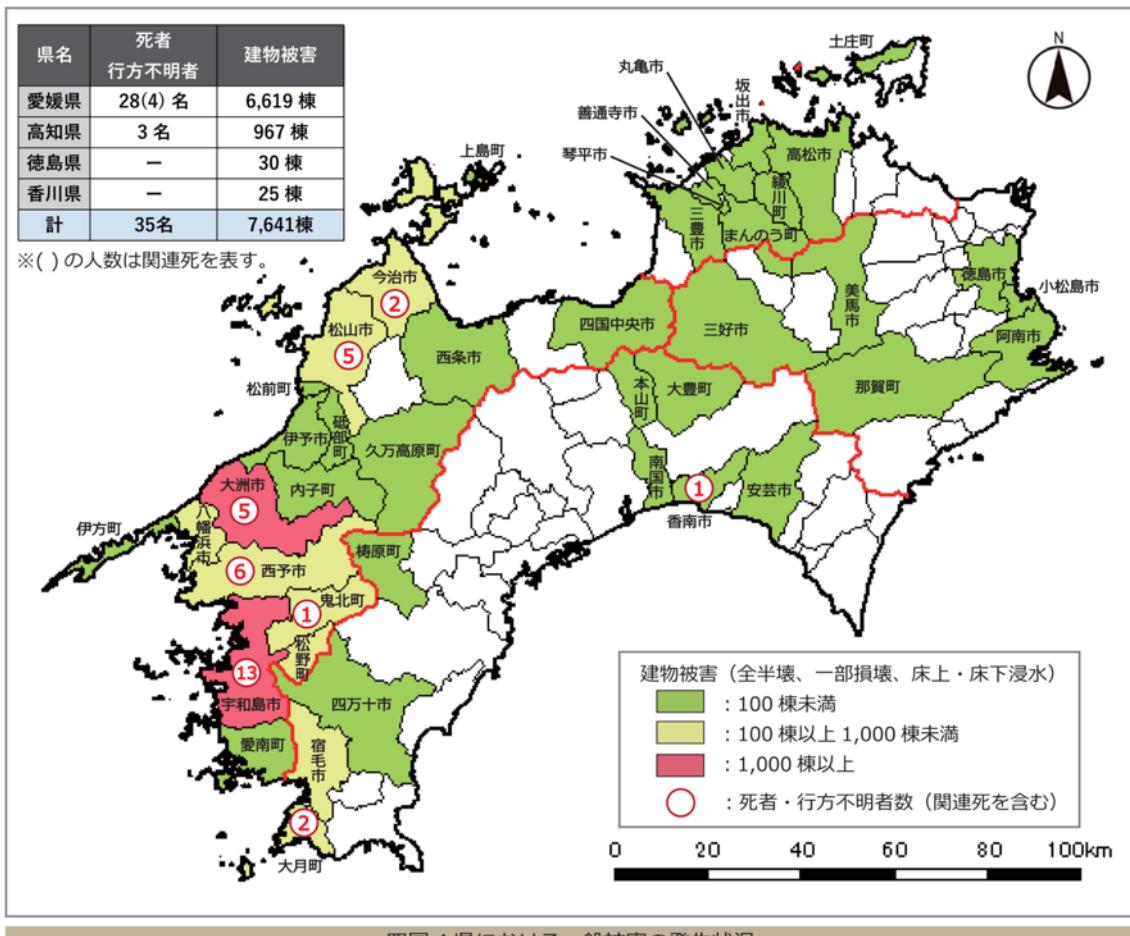
1.2.3.四国地方

今回の大雨により、愛媛県の東予西部から南予地域、及び高知県の幡多地域にかけ、人的被害や建物の損壊、浸水による被害が集中した。

愛媛県では、西予市野村町で7日朝、肱川が氾濫し、逃げ遅れた5人が死亡した。宇和島市吉田町では7日、多数の土砂崩れが発生し11人が死亡した。松山市の怒和島では7日0時50分頃、住宅の裏山が崩れて1棟が倒壊し、3人が死亡した。

高知県では、香南市で6日朝、1人が香宗川で流され死亡した。大月町では2人が亡くなり、県内で計3人が死亡した。安芸市では、6日未明に市内を流れる安芸川が柄ノ木地区で氾濫し、川沿いの東地の集落では約10棟が浸水被害に遭い、21人が一時孤立した。 (出典:ウィキペディア「平成30年7月豪雨」)

四国4県における一般被害の発生状況を図1-9に、四国で発生した主な被害を図1-10に示す。補助国道及び県道の通行止め状況を図1-11に、孤立集落の発生情報を図1-12に示す。



四国 4 県における一般被害の発生状況

出典) 愛媛県「平成 30 年 7 月豪雨による人の被害状況及び住家被害状況 (12/10 時点) について (12/28 時点)」

高知県「平成 30 年 7 月豪雨第 13 回高知県災害対策本部会議資料 (07/18 13 時 15 分時点)」

徳島県「平成 30 年 7 月豪雨に関する状況等について (07/26 17 時時点)」

香川県「平成 30 年 7 月 5 日からの梅雨前線による大雨について 一般被害集計 (平成 31 年 2 月 21 日現在)」

図 1-9 四国 4 県における一般被害の発生状況

(出典: 国土交通省)

土砂災害は、愛媛県西部から愛媛県中部に線状に集中しているが、高知県、香川県、徳島県にも広く発生した。また、この豪雨により、高速道路や直轄国道の主要幹線道路で、土砂流入や法面崩壊等が多発した。通行規制実施区間(延べ延長)の総延長に占める割合は、高速道路では約 57%、一般国道(直轄管理区間)では約 11%となり、直轄国道の事前通行規制区間は、12箇所のうち 9箇所で規制を実施した。

■ 平成30年7月豪雨 四国管内の主な被害



■ 被災状況

道路	
高速道路	5箇所
直轄国道	7箇所
補助国道	30箇所
県道	117箇所
計	159箇所

河川管理施設		
直轄河川	36箇所	
補助河川	53箇所	
計	89箇所	

土砂災害	
被災箇所	224箇所
計	224箇所

(H30.7.25時点)

■ 事前通行規制による通行止め(直轄国道)

総延長	今回の規制実施区間及び延長
129km	②～⑩ 104.2km (80.8%)

■ 災害も含めた通行止め

管理主体	総延長	今回の規制実施延長
高速道路	694.3km	396.6km (57.1%)
直轄国道	1,192.6km	128.2km (10.7%)

※通行止め状況は延べ通行規制

図 1-10 四国で発生した主な被害

(出典:国土交通省)

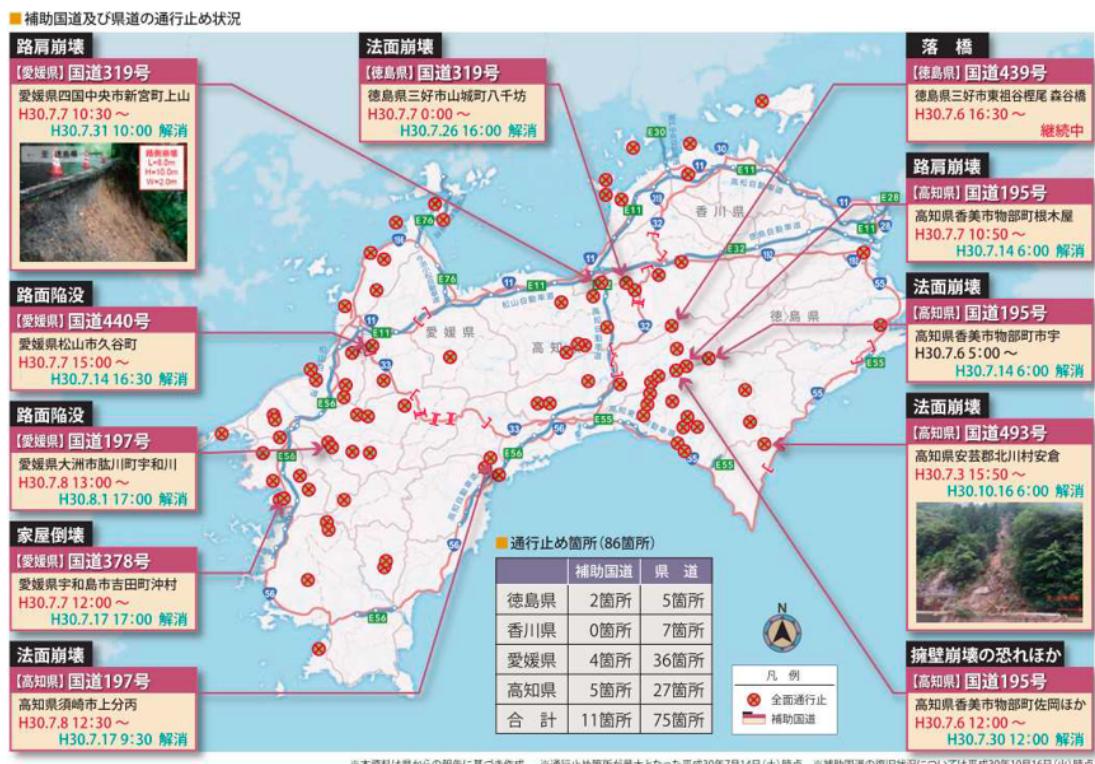


図 1-11 補助国道及び県道の通行止め状況

(出典:国土交通省)

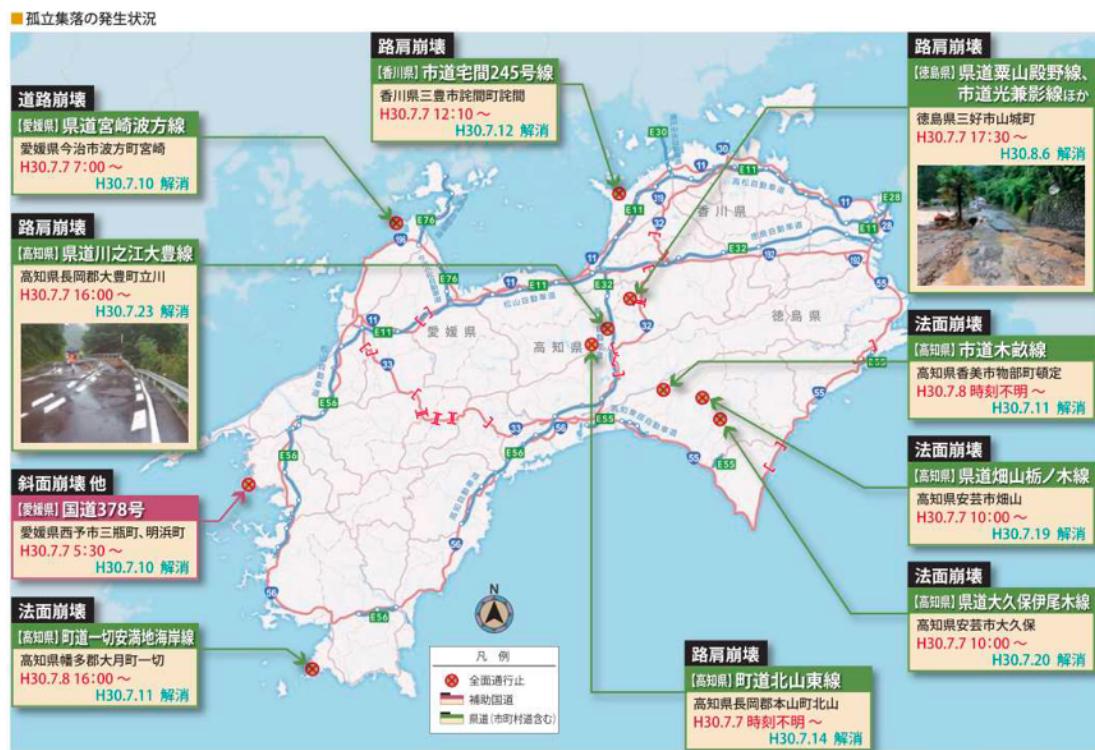


図 1-12 孤立集落の発生状況

(出典:国土交通省)

2. 岡山県倉敷市真備町の被災と復旧

2.1. 調査の背景と目的

西日本豪雨は西日本の広い範囲に大雨に伴う浸水災害、堤防損傷、土砂災害など、大きな被害をもたらした。その中でも岡山県倉敷市真備町では、高梁川水系小田川およびその派川の決壊により約1,200haが浸水し、死者51人、全半壊住宅約5,500戸という大惨事となった。浸水区域の緊急排水、決壊箇所の応急復旧、浸水区域内の道路の啓開、堆積土砂の撤去、塵芥対策（散水他）等、多くの課題に対して、関係者が迅速に取り組んだ例として、取り上げることとした。

なお、この応急対策工事に引き続き、国土交通省は、氾濫を防ぐため、小田川が高梁川に合流する地点を4km余り下流に付け替える大掛かりな改修工事を継続している。本稿執筆時の令和5年10月29日には、新たな水路の通水が始まった。今後は、いまの合流点を堤防で閉め切り、水の流れを完全に切り替えるための工事が行われており、この一連の工事は、令和6年3月に完成する見込みである。

今回の災害に対して、関係各所がどのように対処したか等について、中国地方整備局と日建連中国支部および復旧に携わった日建連加盟建設会社へヒアリングを行い取りまとめることとした。

2.1.1. 調査対象と事例

梅雨末期の雨の続いた7月6日の夜、岡山県倉敷市真備町を流れる高梁川の水位が上昇し、これに合流する小田川でも流れがせき止められて水位が上がっていた。増水した本流に支流の水が流れにくくなり、水位が上がる「バックウォーター」と呼ばれる現象が発生した。高梁川と小田川の合流部で起きたバックウォーターが、今度は小田川と支流の合流部でも発生した。支流の水位も急上昇し、堤防が次々と決壊していった。この間、上流で降った雨はどんどん真備町に押し寄せ、水深が最大5mに達した。すると今度は、水圧に耐えきれず、それまでに決壊していた場所の対岸の堤防が新たに決壊したことにより、時間差で東側の地域も飲み込まれていった。これにより、住宅や病院、飲食店などが建ち並ぶ町の中心部が広範囲にわたって浸水した。バックウォーターによる小田川とその支流の堤防決壊以外に同様の事例で旭川、砂川、岩倉川、尾坂川、高屋川、18箇所でも堤防が決壊した。

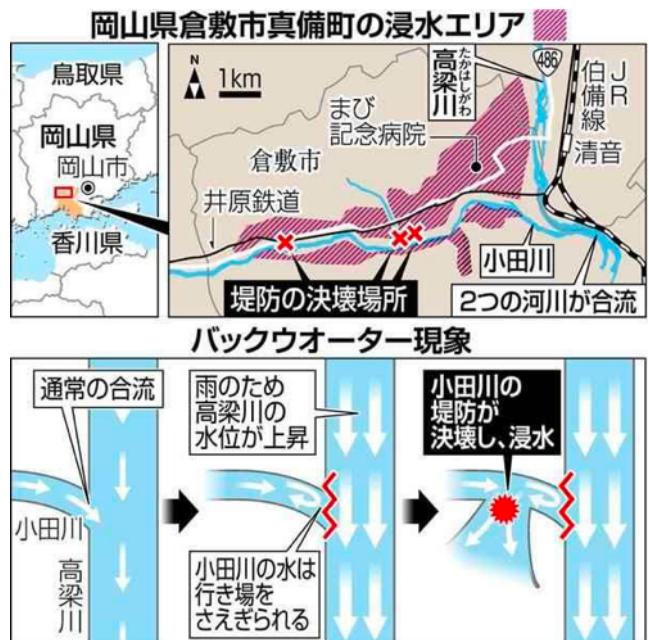


図2-1 倉敷市真備町の浸水エリアとバックウォーター現象
(出典:産経新聞 産経WEST 西日本豪雨 甚大被害の原因、「バックウォーター現象」か…専門家指摘)

2.2.応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス

2.2.1.中国地方整備局との災害協定

2011(平成23)年4月1日付で、中国地方整備局と日建連・中国支部との間で、「災害時における中国地方整備局所管施設の災害応急対策業務に関する協定」が結ばれた。その後、日建連が「指定公共機関」に指定されたことを背景に、南海トラフ巨大地震など各県にまたがる大規模な広域災害が発生した事態を想定し、その復旧、復興にあたり、全国的な技術力、資機材の調達など大手民間建設業の支援が可能となる包括協定を2016(平成28)年3月29日に締結した。この協定では、複数の県および政令市への支援にあたり、東日本大震災での経験を踏まえ、円滑に災害対応が行えるように中国地方整備局が支援要請を取りまとめることとなっている。

岡山県倉敷市真備町の被災と復旧においては、岡山河川事務所と「災害応急対策活動等(写真撮影)に関する基本協定」を締結している2社(西部技術コンサルタント㈱、㈱秋山測量設計)に要請し、堤防決壊等の被災状況調査、排水作業状況撮影等を実施した。応急復旧工事は、岡山河川事務所と「河川等災害応急対策活動等に関する基本協定」を締結している会社の内、高梁川出張所管内を担当する7社(㈱大森工務店、㈱小田組、㈱カザケン、㈱ナイカイアーキット、㈱ニシテクノ、㈱藤原組、三宅建設㈱)に決壊箇所等の緊急復旧を依頼し、緊急復旧工事が必要となった3箇所を分担して工事にあたった。

2.2.2 日建連中国支部の災害対応

西日本豪雨の際の緊急復旧工事について、日建連では、国道2号の被災地での現地確認および土のう袋(917,550袋)・スコップ(2,352丁)の納入を行っている。その他、散水車の要請があったため、散水車を確保して対応可能な体制を準備した。

日建連中国支部の対策本部では、災害時に対応可能な会員を調査して対応可能業者リストを作成し、発注者に提出している。また、提供可能な人員、資機材についても毎年報告をしているが、岡山県倉敷市真備町の被災と復旧においては、発注者からの問い合わせはなかった。

2.3 中国地方整備局による応急復旧対応

大規模な浸水被害が確認された小田川では、7日早朝から河川巡視等より堤防決壊などが確認され、岡山河川事務所から河川室へ報告された。7日昼すぎまでに確認された堤防の大規模な被災箇所は、堤防決壊が2箇所（写真2-1、写真2-2）、法崩れが1箇所であった。小田川の応急復旧工事位置図を図2-2に示す。



写真2-1 堤防決壊箇所（左岸3k400）写真2-2 堤防決壊箇所（左岸6k400）
(提供:中国地方整備局)

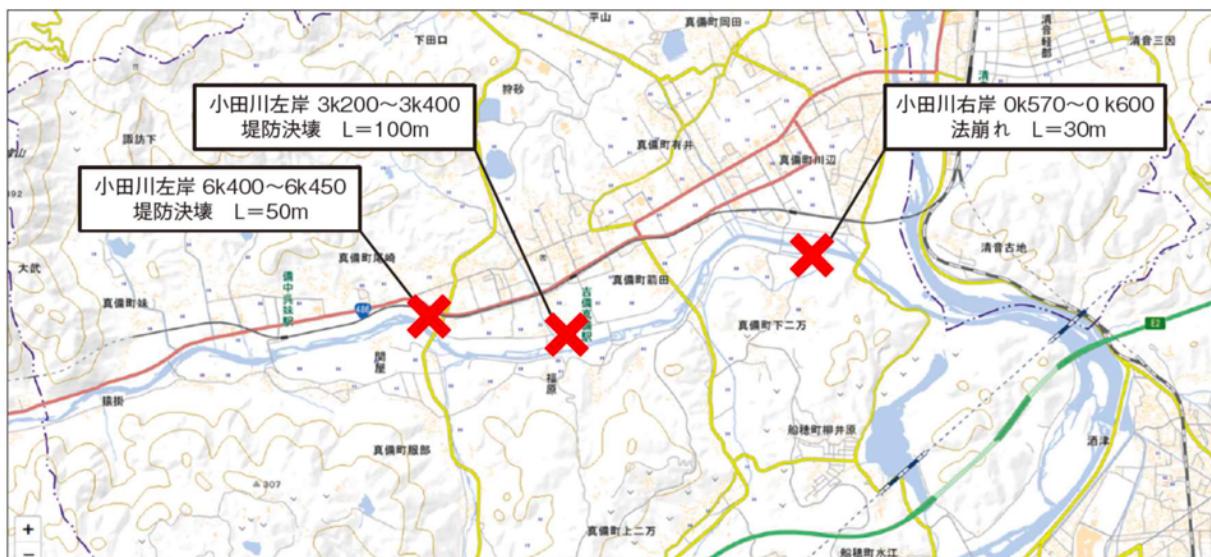
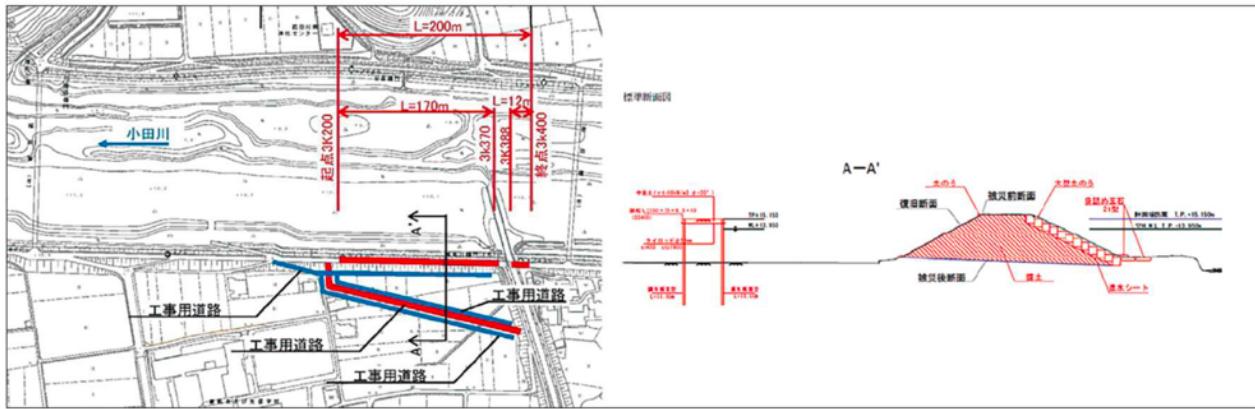


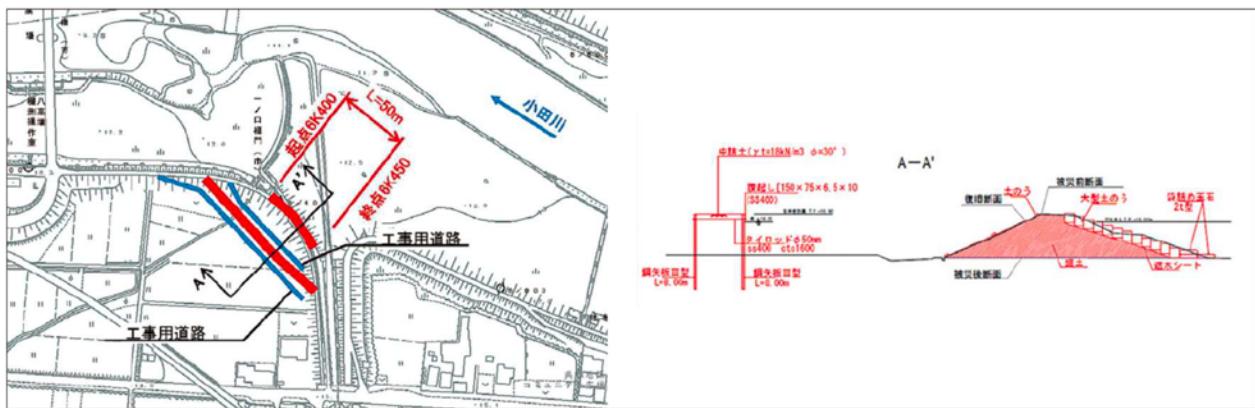
図2-2 小田川応急復旧工事位置図
(提供:中国地方整備局)

河川室は堤防決壊等の被害の連絡を受け、災害復旧事業を担当する水管理・国土保全局治水課へ報告し、緊急復旧事業として手続を進めることとした。その後、岡山河川事務所と協議し応急復旧の計画案を作成、治水課より緊急復旧事業としての了解を得て、応急復旧工事に着手した。

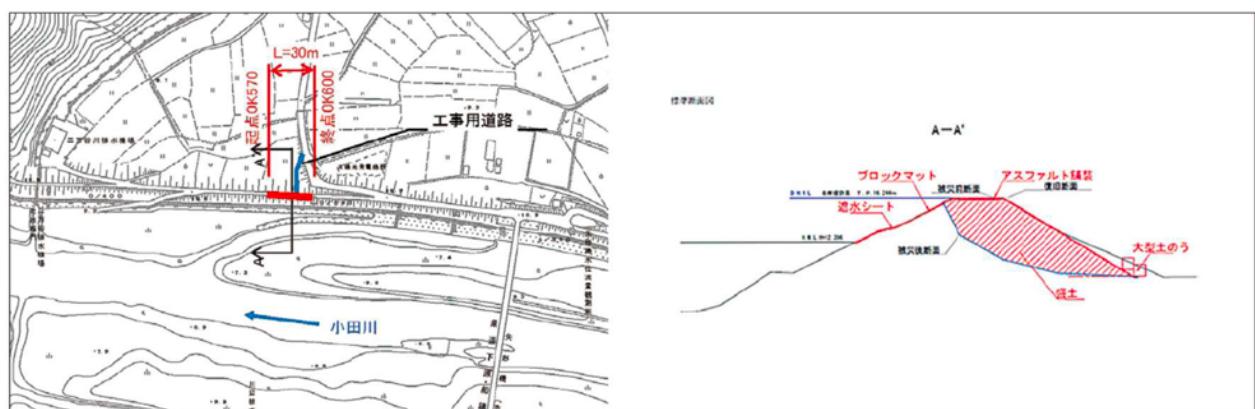
応急復旧工事の計画図を図2-3に示す。応急復旧は、荒締切盛土を2週間、鋼矢板締切を2週間で施工する計画とした。



小田川応急復旧計画図(左岸 3k 400)



小田川応急復旧計画図(左岸 6k 400)



小田川応急復旧計画図(右岸 0k 600)

図 2-3 小田川応急復旧計画図

(提供:中国地方整備局)

岡山河川事務所では7月4日までにはタイムラインに基づいて、災害協定締結会社に決壊箇所等の応急復旧を依頼し、緊急復旧工事が必要となった3箇所を分担して工事にあたった。応急復旧工事の状況を表2-1、写真2-3~6に示す。

表 2-1 小田川応急復旧状況

河川名	距離標	被 告	被害確認	現地着手	完 了		担当会社
			日 時	日 時	日 時	概 要	
小田川	右岸 0k600	裏法崩れ 約 30m	7日 7:20	8日 15:00	16日 17:00	盛土・ブロックマット	(株)カザケン
小田川	左岸 3k400	堤防決壊 約 100m	7日 6:52	7日 22:00	15日 23:00	荒締切盛土	(株)カザケン
					21日 10:00	鋼矢板二重締切堤防	(株)ナイカイアーキット (株)藤原組 三宅建設(株)
小田川	左岸 6k400	堤防決壊 約 50m	7日 12:30	8日 14:30	15日 16:00	荒締切盛土	(株)大森工務店
					19日 14:00	鋼矢板二重締切堤防	(株)小田組 (株)ニシテクノ

(提供:中国地方整備局)



写真 2-3 荒締切施工状況



写真 2-4 荒締切盛土夜間施工状況

(提供:中国地方整備局)



写真 2-5 鋼矢板二重締切堤施工状況



写真 2-6 応急復旧堤防完成状況

(提供:中国地方整備局)

岡山河川事務所は、小田川の堤防決壊の情報を確認の後、高梁川出張所を支援する職員として、7日から建設監督官を、8日からは副所長（技術）を現地へ派遣し対応にあたった。

応急復旧全般に対応するため、本局から河川情報管理官、流域・水防調整官を7月10日から23日まで、さらに工事の実施面に対応するため河川工事課長補佐および河川部職員1名を7月11日から22日まで高梁川出張所へ派遣した。

また、災害対策本部から（一社）中国建設弘済会へ防災エキスパートの派遣要請があり、高梁川出張所へは10日から15日までの間、のべ12人の防災エキスパートが派遣され、応急工事の実施にあたり技術的な助言を行った。緊急復旧工事の現場対応に係る監督等の応援についても、本局および管内事務所等より工事監督が可能な職員が派遣され、日々の工事進捗状況の確認、現場での立会、関係者間の調整などに従事した。工事は3箇所において24時間体制で行われていたため、2交替で現場に常駐して現地を担当した。

2.4. 日建連会員企業による復旧工事（鹿島建設）

平成30年（2018年）7月豪雨では中国地方において甚大な被害をもたらした。特に、高梁川水系小田川では堤防が決壊し、岡山県倉敷市真備町において大規模な浸水被害が発生した。

本項では、真備町の水害を受けて多くの復旧工事が施工された中で、最も大規模な復旧工事といえる「小田川付替え南山掘削他工事」を施工した建設会社のうち鹿島建設に災害復旧技術についてヒアリングを実施し、その結果を取りまとめて報告する。

「小田川付替え南山掘削他工事」は高梁川と小田川の合流地点を現在地から約4.6キロ下流に移し、柳井原貯水池（同市船穂町）を小田川のバイパス（長さ約3.4キロ）として利用する。

本流の高梁川の水位が上昇した際、支流の小田川から水が流れ込みにくくなる「バックウォーター現象」の影響を抑え、氾濫を防ぐのが目的である。以前にも同様の災害が発生しており、平成30年の西日本豪雨での被災の前から10年の事業工期で川の付替えが計画されていた。西日本豪雨の被害を受けて、緊急治水対策工事として事業工期を5年に短縮して事業が進められた経緯がある。

復旧工事への取り組みにおいて特徴的なものとして、緊急を要する事業であることから、様々な技術で工程短縮、作業の効率化を図っている点が挙げられる。



図2-4 小田川の緊急治水対策計画
(出典:国土交通省)

1) 施工機械の大型化

工程のクリティカルとなる約92万m³の掘削には、6m³積バックホウ、40t級ダンプトラック、72t級ブルドーザーを採用し、工程短縮を図った。また、施工場所周辺の環境条件等に応じて、大型ブレーカ等の機械掘削や発破掘削を採用した。

2) ドローンの活用

ドローンによる撮影は、工事範囲の把握、各段階における施工状況の把握に大きな効果があった。また、土量計算ソフトの採用によって、施工計画立案への活用、タイムリーな工事進捗把握も可能であった。小田川の新河道となる貯水池では、湖底形状の把握に音響測深機を活用した。

3) 3次元データ活用

発注者より貸与いただいた掘削対象箇所の3次元設計データを施工計画に利用し、ステップ図作成により作業の見える化を図った。施工内容を記録することで施工後の状況確認にも有効であった。

4) 情報のデジタル化

河川水位、気象情報、南山挙動監視システム（傾斜計・アンカー荷重計）等をデジタル化し、集中豪雨や地山変動等の自然災害発生リスクを管理し、施工管理、安全管理に活用した。そのほか、webカメラを4箇所配置し、事務所や会議室での直接指導、安全教育等に活用した。

また、今後の災害復旧等の対応技術として、開発・改良が必要なものとして、次のものが挙げられる。

1) ドローンについて

ドローンを使用するには事前に申請や講習が必要である。申請は1年に1回、認可まで1か月を要する。また、新幹線等の施設がある範囲は飛ばせない等の規制もある。応急復旧で急遽ドローンの使用が必要となる場合を想定して、事前に機械・オペレーター・申請の準備を実施する等の対策ができていれば有効である。

現在は、目視で確認できる範囲での操作が求められるが、応急復旧で活用するには遠隔地からの操作が可能となれば有効である。例えば、被災地に入れないので簡易に状況把握が可能となる。

2) 無人化施工

被災地への立ち入りができない場合を想定して、無人機械施工の開発が必要である。無人化には、掘削機械のほか、資機材運搬のためのキャリアダンプの無人化、ドローンでの運搬等も考えられる。現在の自動化、無人化技術は、決められた手順、プログラムによるものであるため、現地状況を把握して臨機応変に機械が動くシステムへの発展が必要と思われる。

3) 施工記録、実績のデータ化

現状では応急復旧は地元建設会社で、本復旧は大手建設会社で施工されることが多い。しかしながら、もし可能であれば、応急復旧と本復旧は同じ会社での施工が望ましいといえる。応急復旧の状況が不明なまま本復旧を行った結果、想定していない事象が起こりえるからである。同じ会社で継続して応急復旧、本復旧を施工するのであれば、本復旧を見越しながら、応急復旧の施工をすることも可能となり、準備・計画等も効率的になる。現状のように別の会社で復旧工事に携わるのであれば、応急復旧の内容を記録するシステム・技術を開発することで、本復旧時に効率的に施工可能となると思われる。

2.5. 災害復旧で役立つ技術

2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術

(1) 被害の現況調査のための技術・対策

1) 防災ヘリコプター

被害が広域にわたって発生していることが想定されたため、防災ヘリコプターによる上空からの広域調査が特に求められた。防災ヘリコプターによる被災調査状況を写真 2-7、2-8 に示す。



写真 2-7 被災調査状況



写真 2-8 防災ヘリコプター

(出典: 国土交通省)

2) ドローン

局所的な詳細調査に関して有効なドローンは、本災害において、発災直後のヘリ調査に時間を要したこともあり活躍することとなる。

ドローンは、大規模な機材を必要としない（最悪徒步で目的地へたどり着ける）ため、土砂崩れ等で車両が進入できない場所においても迅速な立ち入り調査が可能であった。日々の工事の進捗状況の把握についてもドローンを活用し、進捗状況を写真で報告した。さらに、ドローンにより撮影された写真・映像は広報活動でも大いに役立った。

降雨状況等により 7 日 9 時より撮影が開始され、同日午前中に小田川の堤防決壊等の施設被災状況や浸水状況を把握した。その後もドローンを活用し、小田川周辺の河川管理施設被害の状況や浸水箇所の対応状況、復旧の進捗状況の把握等を実施し、延べ 30 機・日が活動した。ドローンによる被災調査状況を写真 2-9、2-10 に示す。



写真 2-9 被災調査状況



写真 2-10 被災地域状況

(出典：国土交通省)

(2) 応急復旧のための仮設材

1) 大型土のう、土砂

緊急復旧工事の荒縫切盛土や大型土のうなどに大量の土砂が必要となった。多くの土砂を 24 時間体制で緊急に採取し、輸送するため、運搬のダンプトラックの待機や積込機械が複数作業できる場所が必要であり、小田川合流点部の高梁川右岸高水敷の土砂を採取して使用した。土砂運搬のダンプトラックには、10 日から岡山国道事務所の応援によるダンプトラック 5 台も加わった。工事現場近くで土砂採取することにより工期短縮が可能となった。

復旧工事に必要となる大量の大型土のうは、現地での製造に加え、7 月 8 日に岡山河川事務所長から近隣の事務所長に資材の応援要請を行い、鳥取河川国道事務所、倉吉河川国道事務所、日野川河川事務所、福山河川国道事務所、三次河川国道事務所の災害協定会社の応援により約 3,000 袋の大型土のうが現地に搬入された。また、鳥取河川国道事務所の災害協定会社は、輸送による道路渋滞が懸念されたため、重機、ダンプ等の作業班を派遣し、浅口市の玉島・笠岡道路用地内において、大型土のう製作作業を 13 日から 14 日にかけて行い、約 1,000 袋を復旧工事等に供給した。高梁川高水敷土砂採取状況を写真 2-11 に、大型土のう製作支援状況を写真 2-12 に示す。



写真 2-11 高梁川高水敷土砂採取状況 写真 2-12 大型土のう製作支援状況
(出典:国土交通省)

2) 鋼矢板

二重締切に使用した鋼矢板は JFE に緊急発注し、ロールから作成した。タイロッドも在庫が無いため、鉄筋にネジ加工して作成した。また、ブルーシートも事務所の在庫では足りず、地場業者に依頼して必要数を確保した。

3) ブロックマット

強く耐久性のある高強度の合成繊維で作られたシート上に、多数のブロックが接着剤により固定されたもので、法面の土壌保護、浸食防止用として用いられる。

多くのブロックを一度に施工できるため、工期短縮に有利（写真 2-13）。



写真 2-13 ブロックマット施工状況
(出典:国土交通省)

4) コンクリートキャンバス

末政川の堤防決壊箇所（岡山県施工）では、大型土のう設置前にコンクリートキャンバスを敷設して施工した。コンクリートキャンバスは水を撒くだけで固まるので、河床に敷くと洗掘しなくなるので有効な製品であった。施工状況を写真 2-14 に、製品概要を図 2-5 に示す。



写真 2-14 コンクリートキャンバス施工状況

(出典: 太陽工業株式会社)

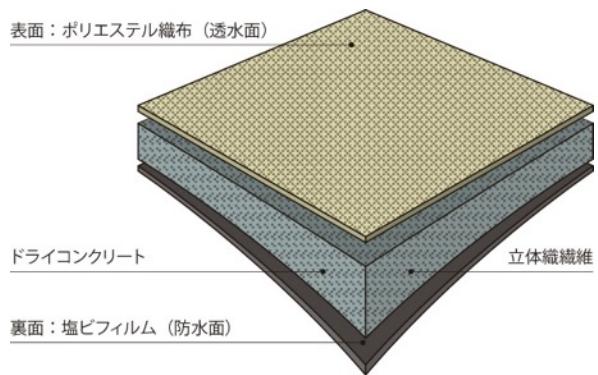


図 2-5 コンクリートキャンバス概要

(3) その他

1) 大型クレーン

施工エリアが狭いため、大型クレーン4台を使用して大型土のうを横取りして設置した。

2) 防災エキスパート

小田川が決壊したのは約50年振りであり、その当時係員として応急復旧を経験された方が防災エキスパートとして派遣された。防災エキスパートの技術的な助言が役立った。

3) SNS

SNSは情報収集手段だけではなく、情報発信媒体として有効である。SNSの情報収集では、フェイクニュースを除外するサービスを利用している。

2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術

1) 二重矢板締切を必要としない荒締切工法

破堤箇所の応急復旧工事は、荒締切と二重矢板締切を併用することが標準となっている。施工期間短縮のため、荒締切だけで応急復旧できるように信頼性の高い復旧工法が確立されるとよい。

2) ドローン申請・許可システム

災害時には、現地調査が肝要である。ドローン等での調査も申請・許可が必要となる場合があるので、災害時等での調査飛行であれば、発注者等への申請・届出などで他の飛行計画との干渉・支障を確認できるシステムがあるとよい。

3) 被災地調査・計画・積算システム

現地調査から断面図作成、復旧計画図、工程表、概算工事費まで一連で作成できるシステムがあれば、災害復旧が格段に早くなると考えられる。このシステムがあれば、地元のゼネコンと無人機械を使用して大手ゼネコンが施工する範囲の棟み分けが可能となると考えられる。

2.6 今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項

1)工事全体のマネジメント

荒縫切を行うために大量の土砂を運搬する必要があったが、ダンプトラックと交通誘導員が不足し、盛土の進捗が進まなかった。複数の施工業者が工事を担当しており、工事全体のマネジメントは、国交省の監督員が直接マネジメントを行っていた。施工業者の人手が少ないとから日々の現場管理と内業ができないことから、進捗管理と資料作成は国交省の職員が自ら実施した。規模の大きな工事のマネジメントの経験が豊富なゼネコン職員が工事全体のマネジメントを実施していれば、監督員は他の業務を行うことができ、速やかに施工体制を整えることができたと思われる。

2)資材調達

応急復旧時には、大量の資材が必要となるため、大型土のう、ブルーシートなどの資材をすぐに調達できる体制・仕組みがあるとよい。

3)人材の育成、確保

大規模災害時に工事のマネジメントができる人材、機転がきく人材の確保が求められる。また、地元でのネットワークが広い企業の確保が求められる。上記の人材を育てるためには、経験が必要であることから、若年技術者ができるだけ多くの災害現場を経験するような人材配置が良いと思われる。

4)氾濫シミュレーションへの参加

河川事務所では、氾濫シミュレーションを年に2回（決壊、地震）実施している。日建連会員企業も参加して工程や手順等の議論に参加するとよい。

2.7 地方整備局や自治体への要望

現在の協定では、契約してから工事着手することになっている。緊急時には契約行為を後回しとして災害復旧工事に着手できるようになればよい。また、応急復旧工事時の日建連企業と地元の建設業者の棲み分けができるような契約の仕組みができるとよい。

3.高知自動車道の被災と復旧

3.1.調査の背景と目的

平成30年7月豪雨は西日本の広い範囲に大雨に伴う浸水災害、堤防損傷、土砂災害など、大きな被害をもたらした。四国管内の広いエリアで降雨による通行止め基準を超過したため、NEXCO西日本が長距離にわたる通行止めを実施したことにより、利用者への直接の被災は無かったものの、高知自動車道の被災は、道路橋梁流出を伴う大きな法面崩壊であった。

四国の動脈ともいいうべき高速道路の一時も早い復旧に向けて、関係者がさまざま

ま工夫して取り組んだ結果、被災しなかった下り線を対面通行としながら、比較的速やかに復旧できた好例として、取り上げることとした。

今回の災害に対して、関係各所がどのように対処したか等について、四国地方整備局、NEXCO 西日本、日建連四国支部および復旧に携わった日建連加盟建設会社へヒアリングを行い取りまとめることとした。

3.1.1.調査対象と事例

NEXCO 西日本は、被災した箇所の高速道路の早期復旧を実施しながら、これが復旧するまでの間、近くを走る国道等を迂回路として活用するダブルネットワーク化により、高速道路の通行止めの影響を緩和し、都市間を繋ぐ公共交通を確保する方法を推進している。このたびの E32 高知自動車道の被災では、近くを走る国道 32 号が代替路として機能した。また、四国南西部の国道 56 号の被災では、すぐに E56 松山自動車道が復旧したので、救急車両や自衛隊車両等が通行可能な命の道として機能した。今後、ダブルネットワーク化ができていない地域の整備が急がれるところである。

3.2.応急復旧・本復旧までの概要とプロセス

3.2.1.四国地方整備局との災害協定

日建連四国支部は、平成 18 年 3 月 22 日に、「災害時における応急対策業務に関する協定書」を四国地方整備局との 2 社で締結している。この協定書は、その後、現在に至るまで毎年度ごとに更新継続している。

しかしながら、今回の対象とした西日本豪雨による災害に際して、何度か調達可能な資機材等の問合せはあったものの、四国地方整備局から日建連四国支部への具体的な支援要請はなかった。

3.2.2.NEXCO 西日本との災害協定

日建連四国支部は、平成 18 年 12 月 26 日に、「災害時における西日本高速株式会社四国支社所管施設の災害応急復旧業務に関する協定書」を 2 社で締結している。平成 19 年 1 月 4 日から施行しており、その後、現在に至るまで毎年度ごとに更新継続している。

しかしながら、今回対象とした西日本豪雨による災害に関して、NEXCO 西日本から日建連四国支部への支援要請はなかった。

3.2.3 日建連四国支部による災害対応

日建連四国支部は、災害協定締結機関からの支援要請はなかったが、7 月 15 日(日)頃、日建連中国支部を通して、給水車の支援等の問合せがあったことと、愛媛県宇和島市における長期間にわたる断水が懸念されており、四国地方整備局災害対策本部等からの支援要請に対応する必要から、7 月 17 日(火)9 時、支部災害対応基準に基づき四国支部災害対策本部を設置した。その後、四国地方整備局か

ら給水車やバックホウ、ダンプ、トレーラー等の重機の調達の可否、数量、調達場所などの打診・調整確認はあったものの、結果として、正式な支援要請はなかった。7月29日(日)頃には、瀬戸内海を西進した台風12号の影響により更なる支援要請依頼への対応のための待機状態が続いたが、これに伴う新たな災害発生は無かった。8月8日(水)に四国地整テックフォース・砂防班が帰還し、機械班(機械清掃班)は残って活動を継続するものの、現状で日建連への支援要請等のないことを確認したので、関係者へ周知連絡し、8月10日(金)12時、四国支部災害対策本部を解散した。災害本部設置から24日間3時間の非常態勢を終了した。

なお、四国支部の対策本部組織図を図3-1に示す。四国では、4県を4ブロックに分けて、それぞれ責任会社と副責任会社を設置しており、いつでも対応できる体制としている。

(一社)日本建設業連合会 四国支部対策本部組織図

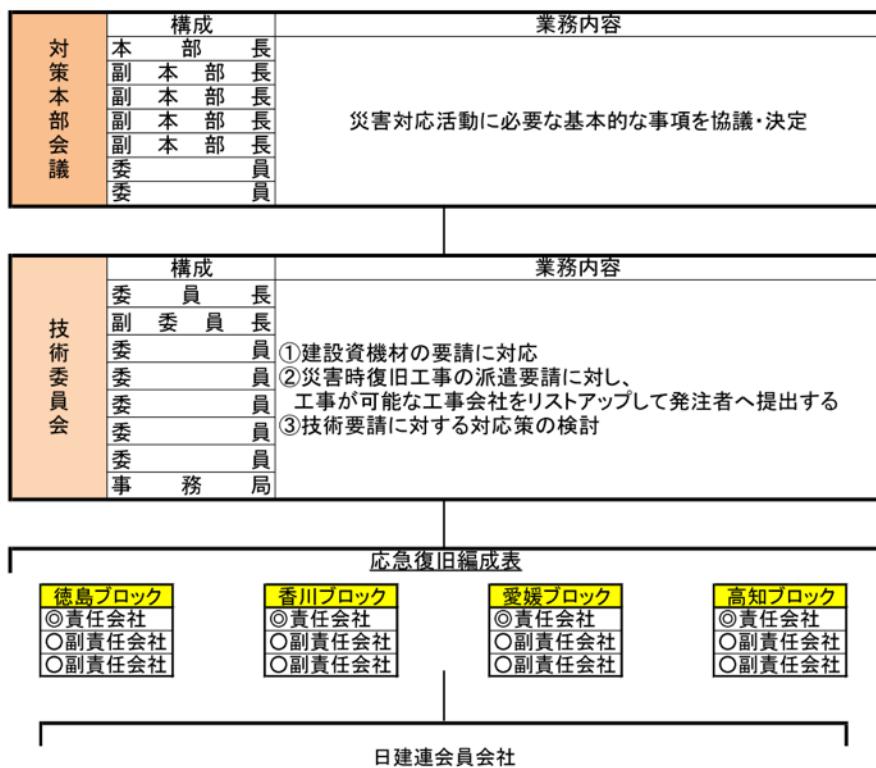


図 3-1 四国支部対策本部組織図(※提供資料に一部加筆)

(提 供 : 日 建 連 四 国 支 部)

3.3.四国地方整備局における応急復旧対策

平成30年（2018年）7月豪雨では四国地方において、広範囲に多くの土砂災害が発生している。土砂災害は、愛媛県西部から愛媛県中部に線状に集中しているが、高知県、香川県、徳島県にも広く発生した。また、この豪雨により、高速道路や直轄国道の主要幹線道路で、土砂流入や法面崩壊等が多発した。通行規制実施区間（延べ延長）の総延長に占める割合は、高速道路では約57%、一般国道（直轄管理区間）では約11%となり、直轄国道の事前通行規制区間は、12箇所のうち9箇所で規制を実施した。

本項では、高知自動車道立川橋付近の法面崩壊災害に限らず、激甚な自然災害における四国地方整備局の対応・取り組みについて、ヒアリングを実施し、その結果について報告する。

3.3.1 応急復旧時に役に立った技術・対策

大規模な自然災害において、応急復旧および本復旧時に役に立った技術について、地整の担当者からは以下の技術が挙げられた。

1) 遠隔操作のバックホウ

急峻で有人での操作では登坂が危険を伴うこともあり得るため、ラジコン等による遠隔からの操作が必要となる場合に備え、四国地整では技術事務所に2台、簡易遠隔操縦装置1台を保有している。遠隔操縦タイプは各地整で1台以上保有することになっており、複数台必要な場合は近接している地整から貸し出しを受けることもある。

立川橋における応急復旧においてはNEXCOへの貸し出しを行った。遠隔操作のバックホウの操縦については、協定を結んでいる業者が行った。遠隔操作については、四国内で毎年講習会を実施している。無線の機種によって異なるが、およそ300m程度の範囲では有効であり、カメラの搭載もされているため、画像を見ながら操縦することもできた。

ただ、災害時は地中になにが埋まっているか不明であり、場合によっては人が埋まっていることもあり得るため、無人での作業が必要となった場合には状況にあった安全対策が必要となる。

2) ドローンによる状況確認

ドローンによる上空からの撮影で災害状況の把握、記録を実施している。測量については、バッテリーの性能面から緊急性の高い測量には向きであったため、現状では活用できなかった。

3) 小型バックホウ

いたるところで土砂災害が発生したため、直轄道路だけでなく県道、市道も土

砂等の撤去の必要が生じた。路面清掃車はほとんど役に立たず、とりあえず側溝に泥を流し込むことになる。崩れた土砂は水路に入り、側溝が閉塞する。側溝清掃車で土砂の吸出しを行うが、土砂が硬化しており時間がかかった。今回は側溝をまたいで作業できる小型バックホウによる土砂撤去がもっとも確実であった。

側溝の復旧は、生活排水に支障が出ることから、地域支援のためにスピードが要求される。小型バックホウを可能な限り集めて復旧作業にあたった。

4) 路面清掃機およびハイウォッシャー

土が乾いて固まるとグレーダー、路面清掃車では清掃が困難となる。しかし、路面清掃が不十分では粉塵が発生し、生活に支障をきたすため、路面清掃の仕上げには、ハイウォッシャーによる清掃を行った。ハイウォッシャーの台数が足りないのでガソリンスタンドに頼んだ業者もいる。排水性舗装の清掃において、高圧水を出してバキュームで吸う機械を使用している業者もあり、効率的で清掃が速いため、小回りの利く機械があればよりよいと思われる。

5) その他

宇和島では吉田町の浄水場が被災したが、東京都から仮設の浄化設備の貸与を受けて、応急復旧を行った。

3.3.2. 応急復旧時にあればよかつた技術・対策

大規模な自然災害において、応急復旧および本復旧時にあればよかつた技術・対策について、地整の担当者からは以下の技術・対策が挙げられた。

1) ドローンの改良

測量用の大型ドローンは、充電したまでの保管ができないため、使用にあたって1日充電時間を設ける必要がある。その結果、緊急を要する測量には使えないケースが発生した。短時間での充電が可能になる等、今後のバッテリー性能の改良が望まれる。

2) 崩落土砂の撤去技術

豪雨で被災した土砂は飽和状態なので、曝気しないとダンプトラックへの積み込みが困難である。ダンプ1台で運搬できる量も少なくなるとともに時間もかかり、ダンプ台数も不足する。

汚泥が瞬時に固まるような改良材があれば有効かと思われる。逆に、液体状に流動化させて大型バキュームで収集することも考えられる。

3) 資機材の運用・活用

四国は資機材の備蓄が少ない。資機材が足りない状態を克服するような技術開発、活用方法があればよいと思われる。

3.4. NEXCO 西日本による応急復旧・本復旧対策

平成30年（2018年）7月豪雨では西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨になった。

11府県に大雨特別警報が発令され、NEXCO西日本管轄でも降雨による通行止め基準を超過したため7月7日5時の時点では28路線、延長にして管理する高速道路の約65%が通行止めとなつた。高知自動車道の災害発生箇所における降雨量の推移と通行止めについて図3-2に示す。

災害発生箇所である立川橋付近においても7月6日18時30分から通行止めを実施していた。土砂崩壊が発生したと思われる7月7日3時ごろに立川トンネル付近に設置している非常電話に異常が感知されたため、職員が現地に行ったところ本線に流出した土砂を確認した。夜間であり危険なため翌朝再度確認したところ区域外からの土砂崩落により、高知自動車道の立川橋の橋梁上部工が流出する災害が確

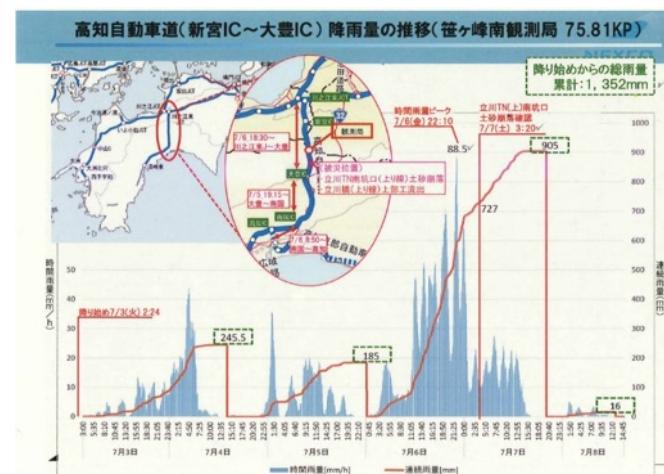


図 3-2 降雨量の推移と通行止め

(提供:NEXCO 西日本)

認された。災害発生直後の状況を写真 3-1 に、災害発生翌日の崩落状況を図 3-3 に、立川橋上部工流出状況を図 3-4 に示す。



写真 3-1 災害発生直後の状況
(提供:NEXCO 西日本)



図 3-3 災害発生翌日の崩落状況
(提供:NEXCO 西日本)

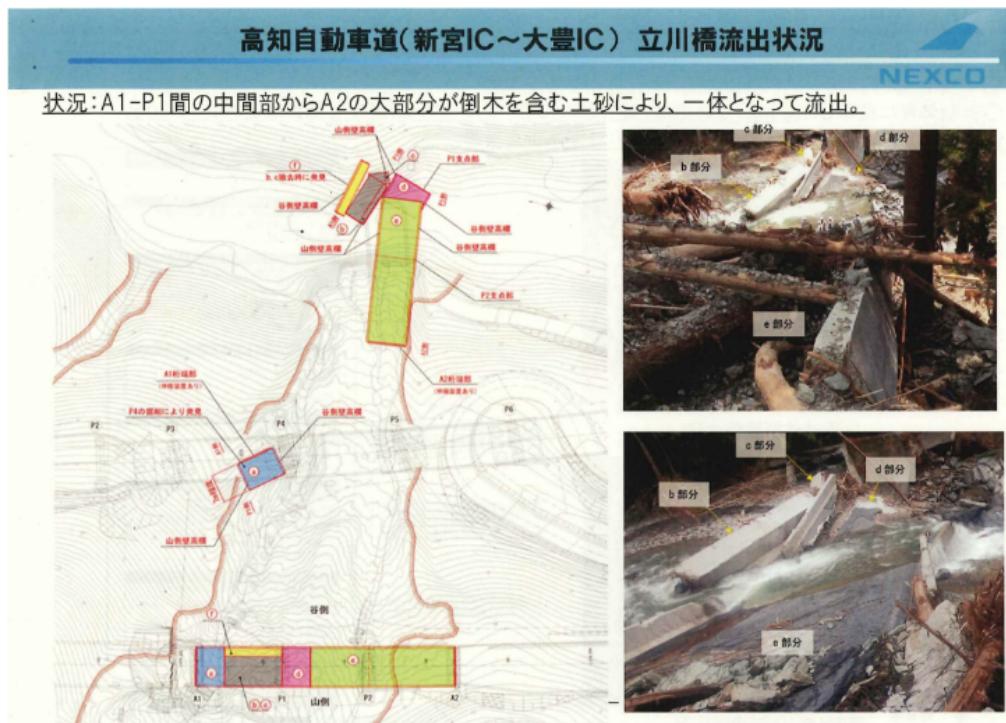


図 3-4 立川橋上部工流出状況
(提供:NEXCO 西日本)

3.4.1. 応急復旧および本復旧時に役に立った技術・対策

応急復旧に向け、下記の調査を実施した。

- 1) 土砂崩落により流出した上部工の確認
- 2) ドローンによる災害状況調査
- 3) 走行に影響を与える損害有無の確認（下り線対面通行に向けての調査）
 - ・橋梁下部工の近傍目視点検
 - ・上部構造の近傍目視点検
 - ・散水車を用いた載荷試験

本復旧に向けては下記の調査を実施した。

- 1) 残存橋台・橋脚の健全度調査
- 2) 崩落箇所及び周辺の地質調査
- 3) 崩落箇所での動態観測によるモニタリング等

これらの調査においては、災害発生の全貌をつかむのにはドローンと防災ヘリを飛ばして初めて実際の被害範囲を把握することができた。このような災害発生後に近寄れない場合には有効であると思われる。またドローンによる測量にて崩落土砂および堆積土砂を概算で算出している。ドローンによる土砂崩落現地調査状況について図3-5に示す。

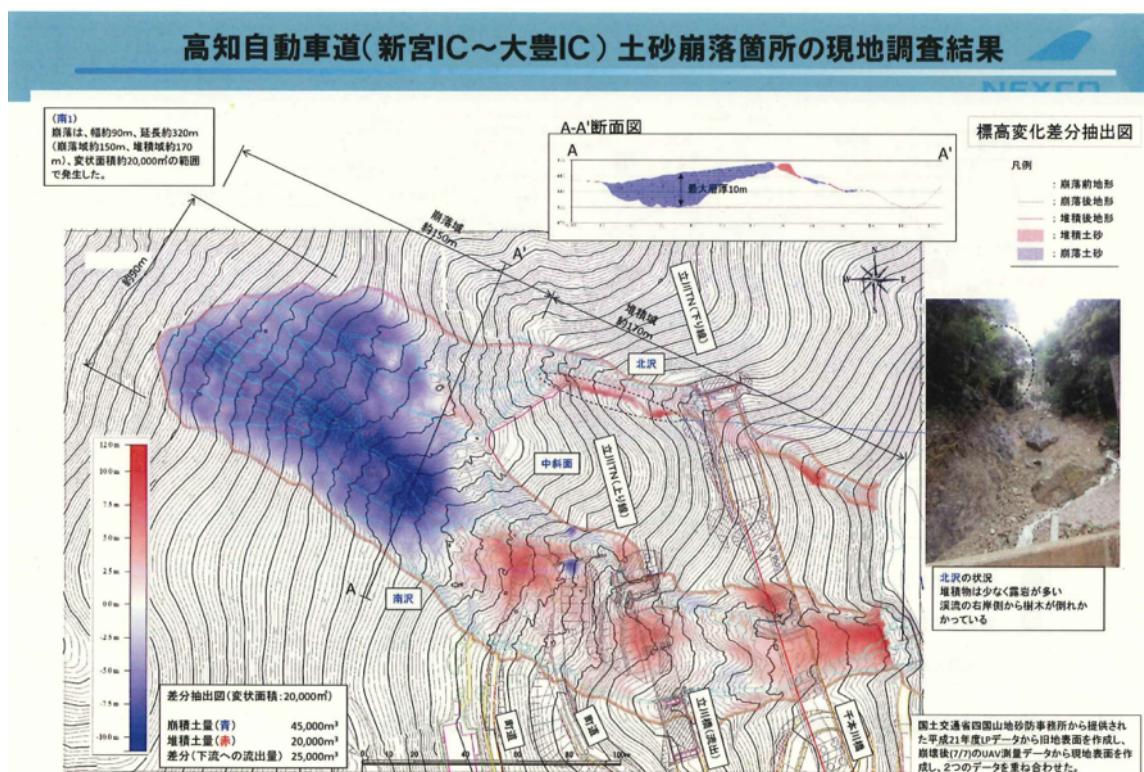


図 3-5 ドローンによる土砂崩落現地調査状況

(提供:NEXCO西日本)

法面工事においては、現地乗り込み時には土砂の状況も不明で危険性も高いため国より貸与された遠隔操縦タイプのバックホウ（写真3-2）は有効であった。

また急傾斜地での「セイフティークライマー工法」による遠隔操縦タイプのバックホウ（写真3-3）も有効に機能した。



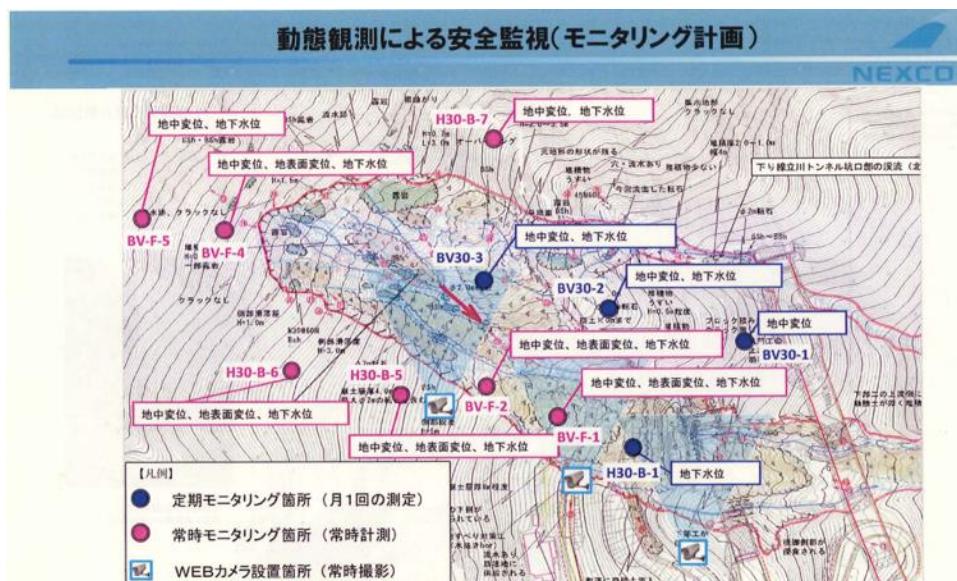
写真3-2 遠隔操縦式バックホウ



写真3-3 セイフティークライマー工法

（提供：NEXCO西日本）

また、工事の安全性を確保するために法面状態のモニタリング機器を設置し、その情報がリアルタイムで確認でき、異常時にアラートが通知される仕組みについても有用であった。動態観測による安全監視（モニタリング計画）について図3-6に示す。



万一、施工中に崩落が発生した場合二次災害が懸念される

↓
地中変位、地表面変位、地下水位の観測およびWEBカメラによる現場監視を実施

図3-6 動態観測による安全監視(モニタリング計画)

（提供：NEXCO西日本）

3.4.2. 応急復旧および本復旧時にあればよかつた技術・対策

今後の技術・対策としては以下が挙げられる。

- 1) ドローンによる測量においては飛行時間が短く、風雨に弱いところが難点である。もっと長時間で風雨の影響を受けにくい機器が開発されれば災害発生時点でも状況を確認することができるのでより有効と考える。
- 2) 不安定な法面でのモニタリングについては、計測機器の設置に際し危険が伴い時間もかかることとなる。簡易に設置できるものが開発されるとよい。例えばドローン等で現地に落下させたらそれだけで設置完了となり、計測を開始できるような機器があると今回のケースのような場合は非常に有効となる。

3.4.3. 将来の大規模災害に対する日建連会員企業に求める応急復旧対応

今回の応急復旧における対面通行化に伴い約8km分のポストコーンが必要となった。接着式のタイプが必要であったが、時間的制約があったので、その収集に苦労した。そのような場合の対応を支援してもらえたとよい。

また、大規模法面崩壊では多くの計測機器が必要となるため指定の業者だけでは必要数が揃えられない。これらの早期調達を行ってもらえたと早期復旧に繋がる。

技術開発としては、不安定土砂の撤去技術を開発し確立してもらえたと同様の災害時には有効である。

3.5. 日建連四国支部会員企業による応急復旧工事(鹿島建設)

法面崩壊発生 당시に災害発生箇所同一路線内の施工業者であることで、発注者から応援要請があり、応急復旧工事に対応することとなった。

発生翌朝に現地をNEXCO職員と共に確認し、対面通行への応急復旧のための下り線側での土砂崩壊部復旧が最初の工事となった。下り線土砂流出範囲および復旧状況を図3-7に示す。



図 3-7 下り線土砂流出範囲および復旧状況

(提供: NEXCO西日本)

その後に、流出した上部工の発掘、搬出、崩落した土砂撤去、法面補強、上部工復旧と施工することとなった。

1) 崩落土砂の撤去、搬出

崩落した土砂はドローン測量と平成 21 年に撮影した航空レーザー測量データにより算出した結果、約 5 万 m^3 が流出し、そのうち約 2 万 m^3 が法面に堆積していた。

ドローンによる測量結果については工程を立てるためには必要であったが、実情のところ流木交じりの土砂であったため、実際の土量と測量結果が整合しているかについては不明となった。

2) 法面災害復旧

当初、崩落箇所に繋がる町道の沢にかかっていた橋が流出しており被災場所にアクセスできない状況であったので高速道路上り線の壁高欄を撤去し仮橋を設置してアクセスした。仮橋の状況を写真 3-4、3-5 に、仮橋設置箇所の現況を写真 3-6 に示す。



写真 3-4 仮橋（当初）



写真 3-5 仮橋（再設置）

（提供：NEXCO 西日本）

法面災害復旧時には遠隔操縦タイプのバックホウが四国地整から貸与された。遠隔操縦タイプのバックホウは $0.45m^3$ 積で今回の復旧には大きすぎる機械であったことは否めない。機械が入るための足場造成に小型有人バックホウを必要とする場面もあり、 $0.25m^3$ 積クラスの遠隔操縦タイプのバックホウであれば利便性が高いと思われる。

また、遠隔操縦タイプのバックホウ掘削については一定速度で掘削して許容を超えると停止する仕組みであるので、オペレーター



写真 3-6 仮橋設置箇所（現況）

がその土砂の状態を把握するのには苦労した。

土砂の性状が不確定であり、運搬用のモノレール設置や計測器の設置を行う際にも危険性を排除できず、非常に苦慮し、時間もかかることになった。

本復旧に関する計画は第三者委員会等で検討していく中、仮設計画について検討を行う際にも現地に入らないと決められないことが多く発生した。

今回のような災害復旧工事を行うに際しては、本復旧計画、仮設計画を行う上でも事前に（今回で言えば、国、県、NEXCO 各々の）統合的な 3D データがあれば、搬出土砂量や仮設道路計画、法面補強工検討等に有効に利用できたと考える。

新技術としては、危険性の残る法面作業等で利用できる 4 足歩行の無人ロボット技術開発で計測器の設置や現地 3D データの採取等が行えると有効である。

日建連関連企業への要望としては、今回のようなケースでは災害発生時から喫緊の課題であった土砂処分地や倒木処分地等を日建連にて探してもらえるとありがたい。また、復旧のタスクフォースチームが立ち上がる中、施工サイドの有識者として施工の見地や仮設計画の策定に参画してもらいたい。



写真 3-7 災害発生箇所（現況）

3.6.災害復旧で役立つ技術

3.6.1.応急復旧工事で役立った技術

今回の応急復旧工事にて役立った技術については以下のとおりである。

1)防災ヘリコプター

災害発生当初における被災状況の把握に有効(図 3-8)



図 3-8 防災ヘリコプター活動状況

(出典:高知県)

2)ドローン技術・測量

災害発生当初における被災状況の把握に有効、崩落土砂、堆積土砂の概算数量算出に利用



図 3-9 ドローン技術

3) 遠隔操縦式バックホウ

- ・土砂の堆積状況が不明で危険性の高い状況下で有効
- ・倒木撤去にも有用



写真 3-8 遠隔操縦式バックホウ(国土交通省)
(提供:NEXCO西日本)

4) セイフティークライマー工法

急傾斜地での無人化施工時に有効



写真 3-9 セイフティークライマー工法
(提供:NEXCO西日本)

5) 動態観測

- ・地中変位、地表面変位、地下水位を常時モニタリング
- ・WEBカメラ監視および異常時アラート通知により管理

3.6.2.今後の災害対応であるとよい技術

今後、同様の災害発生時にあるとよいと考えられる技術は以下のとおりである。

1)ドローン技術の発展

災害発生時の調査が十分行えるため、長時間飛行が可能であり、風雨の影響を受けにくい機器の開発。

2)簡易設置型モニタリング機器

災害発生箇所においては計測機器の設置に危険が伴うため、ドローン等で落下させたら設置完了となり計測開始できる簡易設置型の機器の開発。

3)小型遠隔操縦式バックホウ

今回のような土砂災害では重機足場の設置に苦慮するため、小型遠隔操縦タイプのバックホウがあると有効。

4)4足歩行無人ロボット技術

危険箇所への計測器の設置や運搬用モノレールの設置、現地3Dデータの採取等を無人で行える技術開発。

3.7.今後の災害対応に対して日建連企業に求める事項

3.7.1.四国地方整備局

大規模災害に対する日建連会員企業に求める事項について、地整の担当者からは以下の対応が挙げられた。

1)復旧工事のマネジメント

破堤などの大規模災害では日建連会員企業ゼネコンの力が必要になると思われる。今回の西日本豪雨においても、宇和島市で4、5箇所の法面崩壊が発生し、復旧に多くの時間を有したことから、本当に大規模な災害ではゼネコンにお願いすることになると思われる。ただ、四国ではゼネコンの仕事が少なく、地元業者とのネットワークがないため、燃料や宿泊施設等の確保が懸念される。

2)非被災地域からの応援派遣

南海トラフ地震の発生確率は80%を超えており、大地震が発生すれば高知市等は長期浸水の可能性がある。このような大災害が発生した場合、被害がない地域の現場を中断して、被災地の復旧支援に対応するといった体制は、多くの地域で施工しているゼネコンに求められるのではないかと思う。

3.7.2.NEXCO 西日本

今回の災害を踏まえ、今後日建連に求める事項については以下のとおりである。

1)対面交通化に必要となる約 8km 分のポストコーンの収集に苦慮

→応急復旧時に多量に必要となる資材に対してその収集業務の対応。

2)不安定土砂等の撤去技術の革新への開発推進とその確立

→新たな土砂撤去方法として、現状のものではなく、現地に立ち入らずとも行えるような革新的な撤去技術の開発推進。

3.8.日建連への要望【応急復旧工事を担当した日建連会員企業】

今回応急復旧工事を行った結果を踏まえ、よりスムーズな復旧を行うため日建連への今後の要望は以下のとおりである。

1)統合的な 3D データの事前作成

→国、県、NEXCO 各々の 3D データの統合版が事前に作成されていることにより、搬出土量算定や仮設計画、法面補強工検討等に有効活用が可能。

2)処分地選定

→応急復旧時に喫緊の課題となる土砂処分、倒木処分場所の早期選定。

3)タスクフォースチームの参加

→復旧タスクフォースチームが有識者で立ち上がる中、仮設計画について十分な討議を行うためにも施工サイドの見地や仮設計画の策定に日建連が有識者として参画。

参考文献

■国土交通省中国地方整備局

平成 30 年 7 月豪雨～中国地方整備局 災害対応の記録～、平成 31 年 1 月

岡山県倉敷市真備町の被害状況と対応(高梁川水系小田川)

真備町緊急治水対策プロジェクト、平成 30 年 7 月豪雨概要

ヒアリング時提供資料、2023 年 3 月 2 日

■国土交通省四国地方整備局

四国山地砂防事務所、平成 30 年 7 月豪雨 土砂災害対応の記録、平成 31 年 4 月

道路部、平成 30 年 7 月豪雨～四国地方の道路被害と対応～、平成 30 年 10 月

■NEXCO 西日本

平成 30 年 7 月豪雨に伴う NEXCO 西日本管内の高速道路の被災状況と復旧概要
<道路行政セミナー 2019.1>

ヒアリング時提供資料、2023 年 7 月 28 日

■一般社団法人日本建設業連合会中国支部

ヒアリング時提供資料、2023 年 3 月 2 日

■一般社団法人日本建設業連合会四国支部

平成 18 年 12 月、災害時における西日本高速道路株式会社四国支社所管施設の災害応急復旧業務に関する協定書

平成 24 年 9 月、災害時における応急対策業務に関する協定書

災害対策本部・対応状況、ヒアリング時提供資料、2023 年 3 月 3 日

四国支部対策本部組織図、ヒアリング時提供資料、2023 年 3 月 3 日

■その他

気象庁災害をもたらした事例（平成 30 年 7 月豪雨(前線及び台風第 7 号による大雨等)、平成 30 年 7 月 13 日

気象庁報道発表（平成 30 年 7 月豪雨の大雨の特徴とその要因について（速報）、平成 30 年 7 月 13 日

気象庁報道発表（H30. 7. 9、今般の降雨の名称について

ウェブディア「平成 30 年 7 月豪雨」

NHK 岡山 NEWS WEB、西日本豪雨被害 小田川の流れ変える新水路への通水開始 倉敷、2023/10/29

NHK 岡山 WEB リポート、西日本豪雨 5 年 あの日、岡山県倉敷市真備町で何が起きた？「もぎたて！」、2023/7/5

産経 WEST、「甚大被害の原因、「バックウォーター現象」か…専門家指摘」、2018/7/10

太陽工業株式会社 HP : <https://www.taiyokogyo.co.jp/index.html>

(コンクリートキャンバス)

II-3 平成 28 年 8 月台風

1. 平成 28 年 8 月台風による豪雨災害の概要

1.1. 気象の状況

1.1.1. 大雨の概要

平成 28 年 8 月は台風が相次いで北海道に上陸・接近し、大きな影響を及ぼした。8 月 17 日の第 7 号上陸に続き、21 日に第 11 号、23 日に第 9 号とわずか 1 週間の間に 3 つの台風が北海道に上陸した。1 年で 3 つの台風が北海道に上陸したのは、1951 年の統計開始以来初めてのことであった。更に 8 月末には台風第 10 号が接近し、北海道では再び十勝地方を中心に大雨となった（図 1-1）。

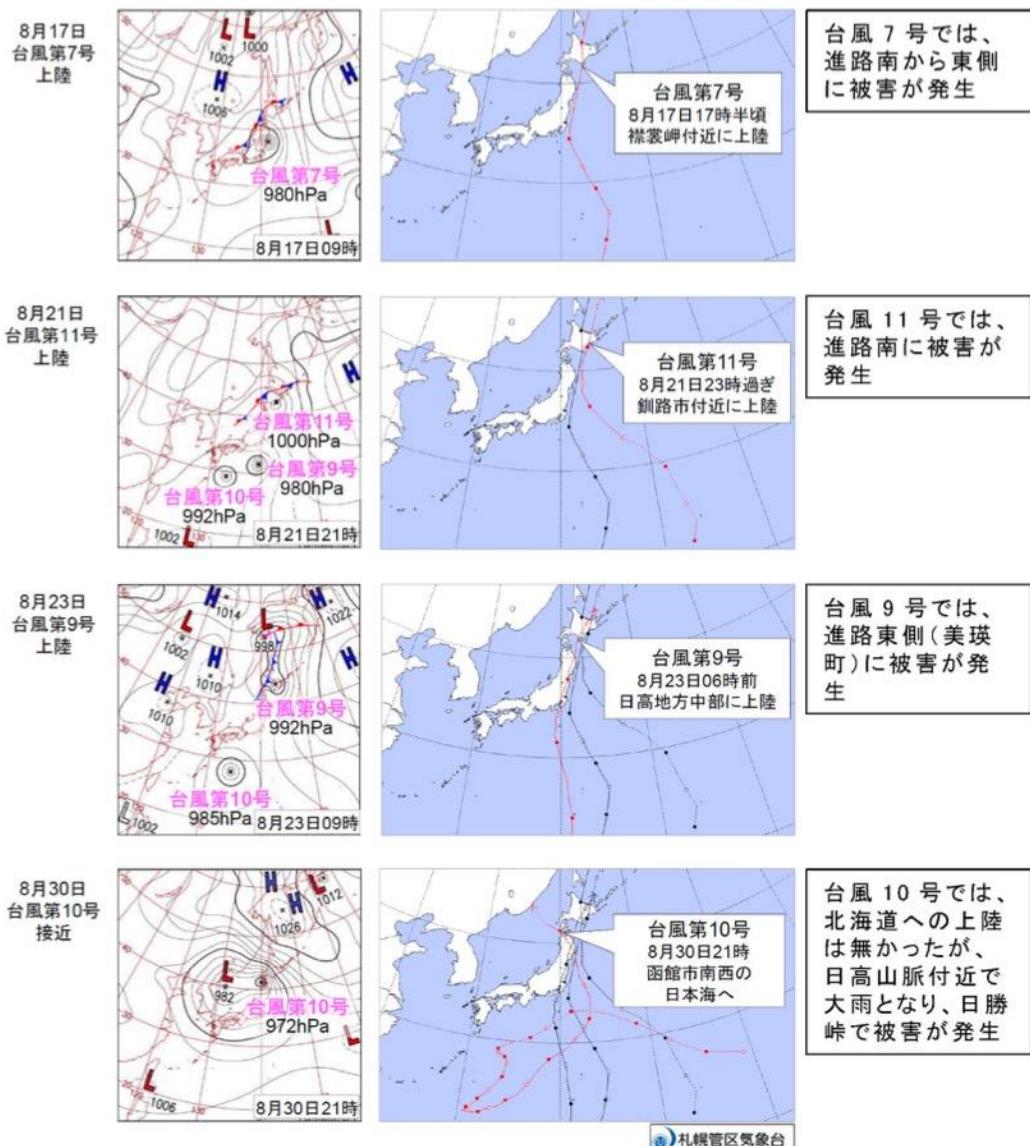


図 1-1 次々と北上する台風

（提供：北海道開発局）

このような台風による影響に加え、北海道付近に停滞していた前線の活動も活発となつたため、オホーツク海側と太平洋側を中心に各地で記録的な大雨となり、道内のアメダス 225 地点中、89 地点において月の降水量の記録を更新した（図 1-2）。

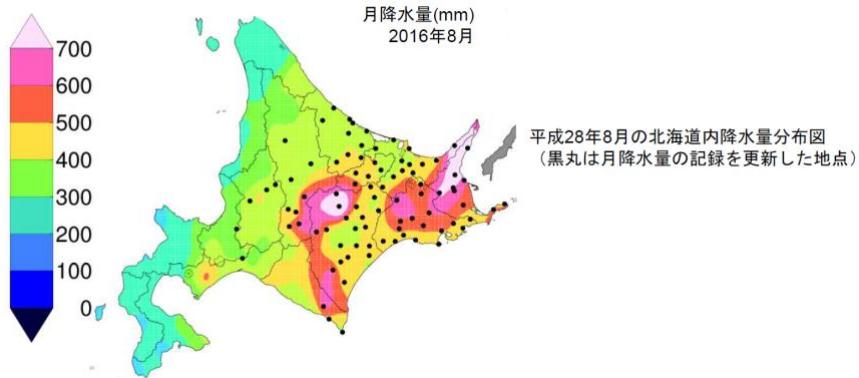


図 1-2 北海道内降水量分布図
(提供: 北海道開発局)

1.1.2 台風が相次いで発生した背景(8 日間に 5 個の台風発生)

平成 28 年 8 月は、7 個の台風が発生した。このうち、台風第 7~11 号の 5 つの台風は、8 月 14~21 日の 8 日間に発生している（図 1-3）。このように、台風が短期間に相次いで発生した主な要因としては、次のことが挙げられる。

- ・上空の気圧の谷が太平洋中部から日本の南東海上に移動してきたこと
- ・積乱雲が多く発生する領域が、フィリピン付近から日付変更線付近に移動してきたこと

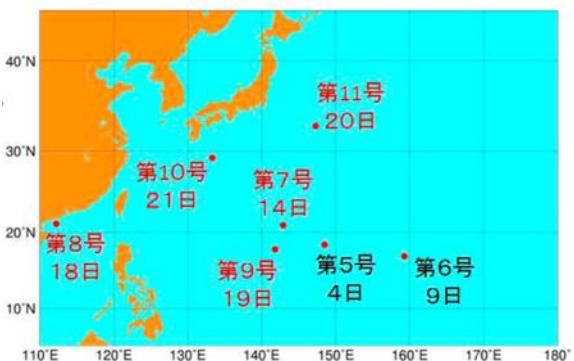


図 1-3 発生した台風とその発生日
(提供: 北海道開発局)

1.1.3 台風が相次いで北上した背景(2 週間に 4 個の台風が上陸・接近)

平成 28 年 8 月は、太平洋高気圧の日本付近への張り出しが弱くなっていた。平成 28 年と平年の 8 月の地上天気図における気圧の差において、カムチャツカ半島から千島の東にかけて暖色となっており、日本付近は寒色となっていました（図 1-4 暖色は平年より気圧が高く、寒色は平年より気圧が低いことを示す）。つまり、平成 28 年 8 月は太平洋高気圧が日本のはるか東で強かったものの、日本付近への張り出しが弱かったということがわかる（図 1-4）。このため、太平洋高気

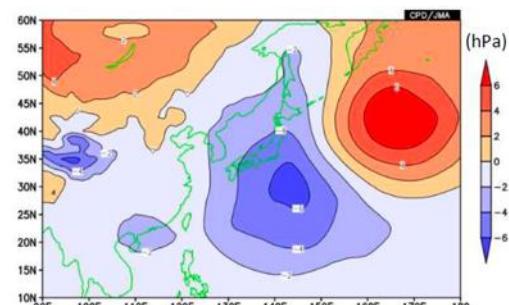


図 1-4 地上天気図における気圧差
(提供: 北海道開発局)

圧の縁に沿って台風が北海道へと北上しやすい状況となり、南から暖かく湿った空気が北海道に入りやすくなつたため、前線の活動も活発となつた。

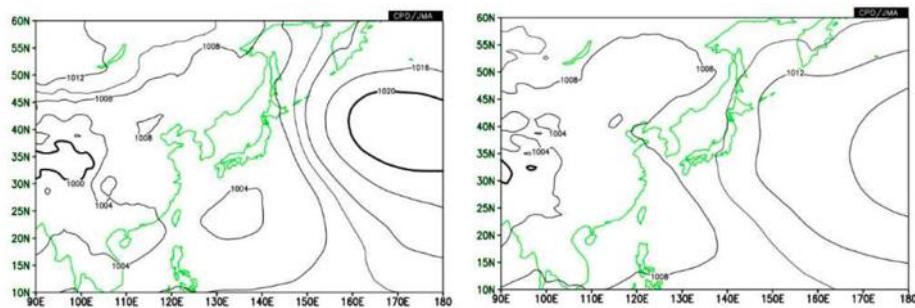


図 1-5 平成 28 年 8 月の地上天気図(左)、平年の 8 月の地上天気図(右)
(提供: 北海道開発局)

1.2 被害の概要

平成 28 年 8 月の台風は、広範囲に避難指示、避難勧告が発令され、多数の避難者が発生し、死者 4 名、不明者 2 名、住家被害は 1,277 棟、浸水被害は 1,476 棟、河川、道路に加え、農地、農作物など被害は甚大かつ広範囲に亘るものとなつた。

表 1-1 平成 28 年 8 月台風による被害状況

人的被害	死者4名(北見市、大樹町、新得町、羅臼町) 行方不明者2名(清水町) 重傷者2名(上川町、羅臼町)
家屋被害	全壊 39 棟、半壊 113 棟、一部損壊 1,125 棟 床上浸水 395 棟、床下浸水 1,081 棟
道路の状況	総規制数 国道: 33 路線 69 区間 道道: 322 路線 409 区間
河川の状況	堤防決壊 国管理 4 河川 道管理 5 河川 河川氾濫 国管理 5 河川 道管理 74 河川
土砂災害の状況	国道24路線 31区間 道道96路線 136区間
避難指示・勧告等	避難指示 最大26市町村(対象 21,503人) 避難勧告 最大66市町村(対象125,147人) 最大避難者数 11,170人
鉄道被害 (JR北海道における 不通区間)	・石北線 上川～白滝 ・根室線、石勝線 トマム～芽室 ・根室線 東鹿越～新得 ・日高線 鶴川～様似
商業被害 工業被害 その他	台風第7号、第11号、第9号、第10号、第13号から変わつた低気圧等による一連被害のうち、道分及び市町村分(平成29年2月末時点)
農地等 共同利用施設 農作物関係	箇所(件)／被害額(百万円) 434／ 601(建物・設備被害) 箇所(件)／被害額(百万円) 145／ 2,031(設備・商品被害) 箇所(件)／被害額(百万円) 499／ 1,562(観光施設等への浸水)
水産被害 林業被害	箇所(件)／被害額(百万円) 3,262／22,012(ほ場等への土砂堆積等) 箇所(件)／被害額(百万円) 20／ 3,005(施設機器の損壊、施設の損壊等) 箇所(件)／被害額(百万円) 一／29,276(作物の浸水・倒伏、ビニールハウスの損壊等)
道路の状況 総規制数 国道は8/16-9/9の期間 「平成28年8月から9月にかけての大雨等災害に関する検証報告書」(北海道『平成28年8月から9月にかけての大雨等災害』に関する検証委員会)より作成	箇所(件)／被害額(百万円) 2,216／ 7,874(水産施設等) 箇所(件)／被害額(百万円) 554／ 7,119(林地・治山施設、林道等)

(提供: 北海道開発局)

2. 国道 274 号(日勝峠付近)の落橋、道路欠損に関する被災と復旧対策・復旧技術

2.1. 調査の背景と目的

前述のように、平成 28 年 8 月台風による被害は、甚大かつ広範囲にわたるものであった。その中でも、国道 274 号日勝峠は、被災区間 43km、被災箇所は 66 箇所にも及び、被災範囲及び被災内容ともに甚大であった。国道 274 号日勝峠の復旧は、被災箇所の復旧対策、復旧技術の視点から見ると、多くの知見や技術が集結した事例と考えられたため、今回の調査対象とした。

2.2. 国道 274 号線日勝峠の被災と復旧工事

2.2.1. 台風 10 号に伴う大雨の概要と気象状況

国道 274 号日勝峠では、台風 7 号、11 号、9 号にて、連続雨量 100~150mm に 3 度到達し、更に台風 10 号の接近に伴い、連続雨量 488mm、時間雨量 55mm/h を記録した（図 2-1）。

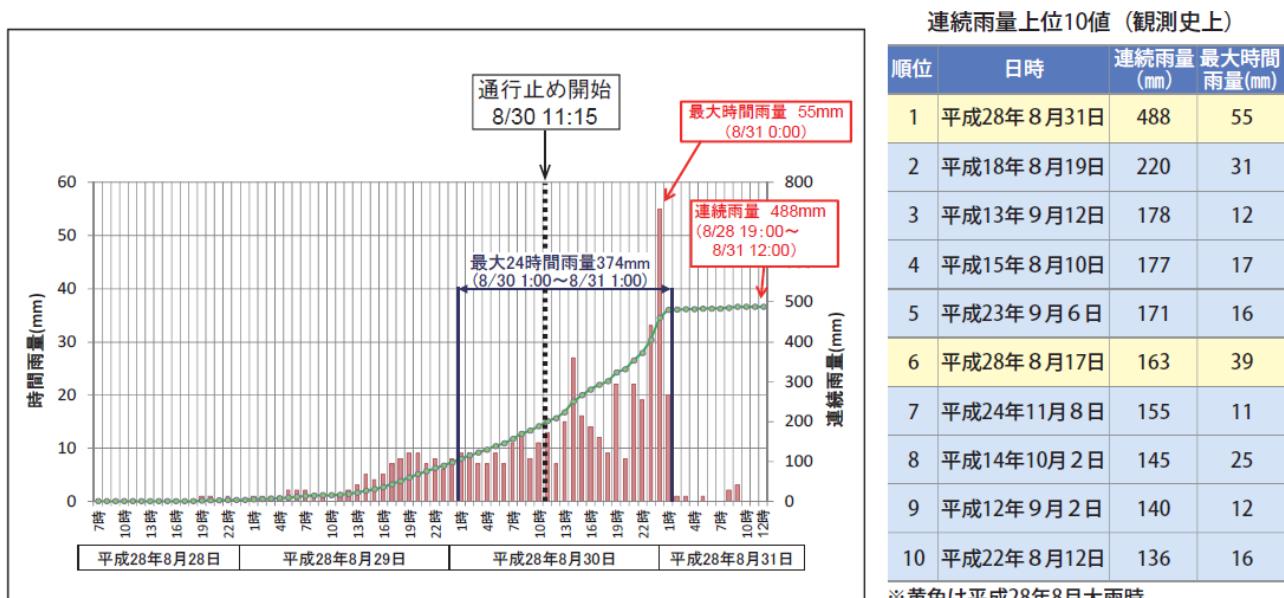


図 2-1 台風 10 号 (8 月 28 日 ~ 8 月 31 日) 気象データ

(提供: 北海道開発局)

特に、台風 10 号（8月 28 日～8月 31 日）の降雨は、台風本体に伴う降雨ではなく、長時間にわたり東寄りの暖湿気が日高山脈にぶつかり発達した雨雲に起因する地形性降雨で、日勝峠を源流とする河川が増水し、土石流伴い道路及び橋梁が被災した。

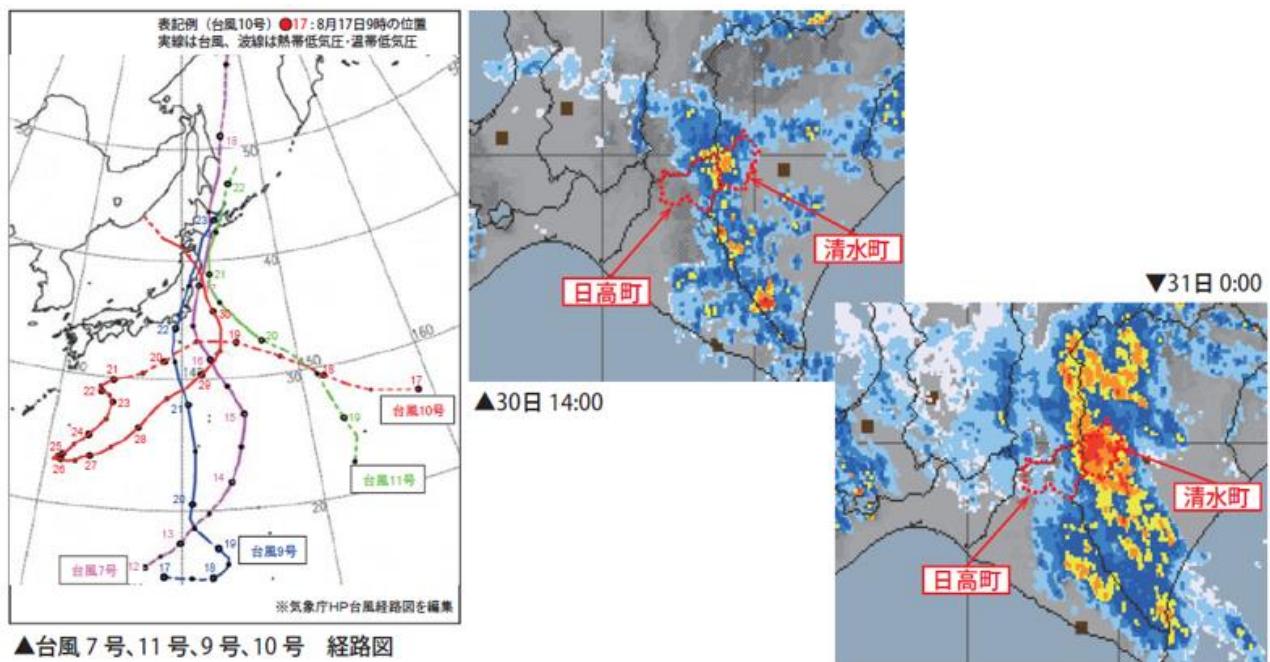


図 2-2 台風 10 号に伴う大雨
(提供: 北海道開発局)

2.2.2 大雨による被災状況

被災区間は日高町千栄～清水町清水間の延長 43km で、落橋等による橋梁損傷 10箇所、覆道損傷 3箇所、道路本体が大きく欠損 6箇所、その他 47箇所の合計 66箇所が主な被災箇所であり、日勝峠の全線にわたり甚大な被災を受けた（図 2-3、図 2-4）。



図 2-3 被災箇所位置図（提供：北海道開発局）

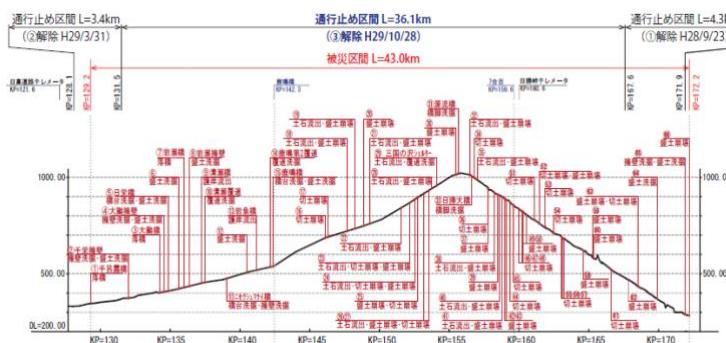


図 2-4 被災箇所縦断図（提供：北海道開発局）

2.2.3. 被災原因と発生メカニズム

被災の要因は、大きくは「河川氾濫」と「土石流・表面水」の区間に分けることができ、それぞれ被災の形態が異なる。河川氾濫による被災としては、短時間かつ多量の降雨による影響で、河川水位が急激に上昇し、千呂露橋は A1 橋台背面側の盛土洗堀、崩壊により橋台が転倒し、それに伴い主桁の落橋と変形、P1 橋脚の変形・回転が発生し落橋した（写真 2-1）。



写真 2-1 千呂露橋落橋
(出展：北海道開発局)

土石流・表面水による被災としては、沢からの土石流により横断管が閉塞し土石や地表面の水が道路面に流出し、越流したことにより盛土が大規模に崩壊した。その他にも国道274号日勝峠の多くの箇所で被災が発生した（写真2-2）。

主な被災箇所の被災要因とメカニズムについて、表2-1に示す。



写真2-2 清水側7合目盛土崩壊
(出展:北海道開発局)

表2-1 被災要因と発生のメカニズム

被災要因	被災状況	メカニズム
(1)河川	①落橋（千呂露橋）	・河川の水位上昇と流速増加により湾曲部の河岸浸食が進行、流向や川幅が変化 ・土砂の流出に伴い、洗掘による橋台転倒、主桁落橋、橋脚の変形が発生
	②擁壁洗掘・盛土法面洗掘	・豪雨に伴う河川の水位上昇と流速増加により、擁壁底面の洗掘が進行 ・洗掘により安定性を失った擁壁が倒壊後に、道路盛土本体が浸食を受け流出
	⑩覆道洗掘（清瀬第1～4覆道）	・河川の水位上昇と流速増加により、護岸兼用擁壁を越流し盛土を浸食 ・盛土は浸食されて流出し、覆道杭基礎が露出
	⑩④⑫盛土法面崩壊	・河川増水により水衝部となっている道路盛土下部が浸食により崩壊 ・道路本体まで崩壊が拡大
(2)土石流	⑩土石流出・盛土法面崩壊	・沢からの土石流により横断管閉塞 ・土石や地表水が道路面を越流 ・土石が道路面に堆積 ・越流水の増大により盛土が崩壊
	⑩土石流出・覆道洗掘	・沢からの土石流により横断管閉塞 ・土石や地表水により横断管部の沢埋め盛土が洗掘 ・沢埋め盛土の崩壊によりシェルター内の路面陥没及び道路盛土流出
(3)表面水・湧水	⑩切土法面崩壊	・法面の湧水及び表面水の集中により、小段排水が溢流して切土法面への表流水が増大 ・表流水の増大により切土法面が崩壊

（提供：北海道開発局）

2.2.4. 災害復旧の歩みと復旧の概要

1) 日高側の復旧作業

日高側では、千呂露橋の落橋により、地域住民が大きな迂回を強いられたことから、復旧作業用の仮橋を約10日間で架設し、地域住民や緊急車両、調査・工事用車両の通行を可能とした（写真2-3）。



写真2-3迂回路等の早期解消(千呂露橋作業用仮橋)

（提供：北海道開発局）

2) 清水側の復旧作業

一方、清水側は盛土工事が多く、冬季間の工事はほぼできないため、雪解けと同時に工事に着手できるよう、3月初旬頃から除雪作業を、4月からは盛土用の土砂の搬入を行い、5月から本格的な工事を開始した。

復旧作業の早期着手のため、現地の測量や地質調査完了後、復旧作業用道路を順次整備し、工事車両の進入路を確保した（写真2-4）。



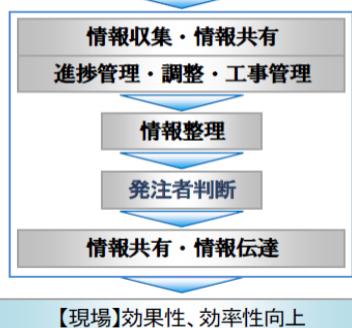
写真2-4作業用道路の設置(清水側)

（提供：北海道開発局）

3) 復旧作業の工事体制および情報連絡体制

工事 32 件全体に関係する問題点や各工事の問題点に対応するためには、情報収集、情報共有、進捗管理、調整、工事管理、情報伝達等を行う受発注者との協議体制が必要であった。そのための方策として、現場での問題点を早期に解消するためのフローや発注者の早期判断・遂行のための『復旧事業 ppp』という新たな試みによって体制の強化を図った。

【現場】工事 32 件全体に関係する問題点や各工事間の問題点が発生
⇒効果性、効率性が著しく低下



【現場】効果性、効率性向上

発注者が早期に判断できる協力体制が必要
協力体制の形成が課題

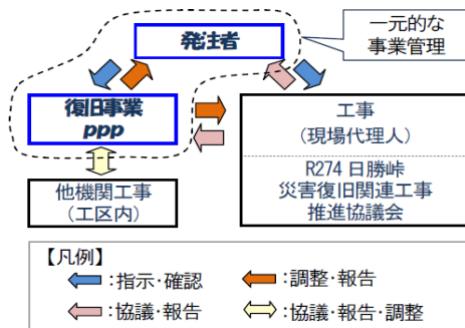


図 2-5 現場での問題点を早期解消するフロー

(出典: 北海道開発局)

図 2-6 『復旧事業 ppp』工事体制図

(出典: 北海道開発局)

4) 復旧作業の調整

一本しかない工事用道路を使って多数の工事を同時並行で行うには、工事用車両の幅員の問題があるため、工事業者間の連携、調整が不可欠である。このため、日高側、清水側それぞれに、工事の受注者で構成される工事連絡協議会を設置し、作業工程・車両運行等の調整を綿密に図りながら施工を行った。



写真 2-5 復旧工事の最盛状況

(出展: 北海道開発局)

5) 再開通[全線通行止め解除]

復旧作業には、延べ現場入場者数 95,708 人、延べ工事車両台数 45,384 台が投入され、2017 年（平成 29 年）10 月 28 日（土）13 時に 1 年 2 か月にわたった通行止めを解除するに至った。



写真 2-6 復旧に携わった土木技術者達

（提供：北海道開発局）



写真 2-7 全線通行止め解除状況（平成 29 年 10 月 28 日（土）13 時）

（出典：北海道開発局）

2.2.5.本災害復旧における対応プロセス

1) 災害協定に基づく出動要請と初期出動時の要請内容

北海道開発局と日本建設業連合会北海道支部では、「北海道開発局所管施設等の災害応急対策業務に関する協定」を平成25年4月に締結している。

本災害協定における（出動等の要請）、（業務の実施）の項目は、以下のような協定内容となっている（災害協定における該当部を抜粋する。災害協定中の「甲」は北海道開発局長、「乙」は一般社団法人日本建設業連合会北海道支部長を示す。）。

（出動等の要請）

第4条 甲又は部長等（甲が所掌する開発建設部長及び事務所、事業所若しくは管理所の長をいう。以下同じ）は、所管施設等に災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、当該災害に係る応急措置を実施するため必要があると認められたときは、口頭又は書面により、乙の会員に出動を要請することができるものとする。ただし、口頭による場合は要請後速やかに書面による要請手続きを行うものとする。

- 2 乙の会員は、前項の規定により甲又は部長等から出動の要請があったときは、特別な理由がない限り、これに応じるものとする。
- 3 甲又は部長等は、出動を要請するに当たっては、口頭又は書面により、次の事項を明らかにして行うものとする。
 - (1) 被災等の状況
 - (2) 業務の内容
 - (3) 出動の場所
 - (4) 資機材の種類・数量
 - (5) 甲又は部長等の指名により所管施設等の応急措置に係る業務の実施について指示するもの
 - (6) その他必要な事項

（業務の実施）

第5条 乙の会員は、前条第1項の出動の要請があったときは、速やかに出動し、甲又は部長等（前項第3項第5号に規定する者を含む。）の指示により所管施設等の応急措置に係る業務を実施するものとする。

北海道開発局によると、国道においては各区間で年間維持除雪工事を請け負っている企業が災害時の初動及び応急対応を担っているが、災害規模に応じた必要な資機材の調達、必要となる技術力等を考慮して、災害協定を締結している団体等の構成（会員）企業の施工実績等を踏まえて北海道開発局（開発建設部）が建設会社を別途選定し、緊急随意契約による応急対応を行っている。

今回の災害についても、被災区間の維持管理を担当している建設会社に片側1車線程度の道路啓開や、被害の拡大を防止する必要最低限の応急対応を既契約工事の設計変更や緊急随意契約で実施した。その後の復旧工事においては一般競争により別途発注した。なお、孤立集落の解消及び対岸の道路啓開等に早期着手するための復旧作業用仮橋を早急に設置する必要があった日高側の千呂露橋の落橋対応等では、清水建設や道内大手企業等と緊急随意契約により対応を要請したものもあった。

2) 現地調査と災害対応及び災害復旧工事の軌跡

災害対応及び災害復旧工事に先行して、現地の災害状況と作業用進入路の確保のための調査は早期復旧に重要な要素となる。

現地調査に当たっては、移動は徒歩をはじめ、自転車・ゴムボート・ヘリコプターを使用し、調査は UAV による撮影や ICT 技術の活用など、様々な手段を駆使し、迅速に現地の被災状況を把握した。そして、その調査結果を基に復旧対応及び復旧工事を行った。図 2-7 に現地調査及び復旧作業、復旧工事の軌跡を示す。



図 2-7 現地調査のプロセス及び復旧作業、復旧工事の軌跡

（提供：北海道開発局）

3.災害復旧で役立つ技術

3.1.復旧工事で取り組んだ技術・対策

<国土交通省 北海道開発局> <日本建設業連合会 北海道支部>

- ・千呂露橋の復旧作業用仮橋及び設置技術
- ・仮橋設置に使用した 1200t 級大型クレーン
- ・ヘリコプター（開発局も 1 機保有）
- ・根固めブロック
- ・i-Construction 技術
UAV（調査・測量による被害箇所と被害規模の把握）
CIM（地形の 3DCAD 化）
ICT 施工（3DCAD データを元とした MG 施工）
- ・その他
高速道路の無料開放

<清水建設㈱ 北海道支店> <宮坂建設工業㈱>

- ・千呂露橋の復旧作業用仮橋及び設置技術
(正三角形の部材で組み立てたワーレントラス桁 スパン 69m)
- ・仮橋設置に使用した 1200t 級大型クレーン
- ・消波ブロック（盛土を安定させるために使用）
- ・ICT 施工（3D データによる無丁張での施工）
- ・スマートフォン（ガラパゴス携帯で電波が届かなかったため）
- ・資材（碎石等）
- ・バックホウ（無人機含む）
- ・移動手段（自転車）

3.2.今後の災害対応であるとよい技術・対策

<国土交通省 北海道開発局> <日本建設業連合会 北海道支部>

- ・遠隔操作の重機（無人化重機施工）
- ・遠隔臨場のための衛星通信（衛星通信車含む）
- ・分解組立バックホウ
- ・ラジコンヘリコプター
- ・ICT施工（汎用性が高く、オペレーター技術に依存しないこと）
- ・プレキャスト製品（現地状況に合わせることが容易なもの）
- ・流木処理技術（啓開作業のために先行して行う）

<清水建設㈱ 北海道支店> <宮坂建設工業㈱>

- ・遠隔操作の重機（無人化重機施工）
- ・ドローン
- ・3Dスキャナー
- ・遠隔臨場のための衛星通信（衛星通信車含む）
- ・分解組立バックホウ
- ・WEBカメラ（ネット通信）

3.3.今後の災害対応での検討事項

- ・初動時、コンサルタンツ会社を要請し、早急の対応設計が必要である
- ・日建連に緊急依頼が来た時の緊急連絡網と訓練実施
- ・緊急時に対する作業員・機械・資材の確保（先行確保が難しい）
- ・上記の保有をどこで管理した方がよいか決める必要がある

4. 国土交通省 北海道開発局の災害対応と災害対策用機械

4.1. 国土交通省 北海道開発局の災害対応

4.1.1. 緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）の活動

（1）TEC-FORCE の概要

平成 20 年に「緊急災害対策派遣隊」（通称：TEC-FORCE）として発足。被災地方公共団体等が行う災害応急対策に対する技術的支援を円滑かつ迅速に行うものと定義されている。

平成 28 年の台風 8 号でも北海道開発局は被災した市町村が早期に被災状況を把握し復旧を行えるよう、TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）を派遣し支援した。北海道外の地方整備局（関東、中国、四国）の隊員が派遣されたのは初めてで、24 時間体制で対応した。

（2）TEC-FORCE の支援内容

支援メニューは主に以下のような内容となっている。

- ・被災地方公共団体等と北海道開発局との間の連絡調整を「リエゾン」と呼ばれる隊員が担う。
- ・災害復旧に向け国に提出する第 1 報、最終報等の被害報告表作成を支援する。
- ・被害の発生や拡大を防止するため災害復旧用資材を貸与する。
- ・災害対策用機械等の被害の発生や拡大を防止するための貸付（災害時の機械経費は無償、人件費・燃料費は要請者負担）災害復旧機能確保のための派遣を行う。

（3）TEC-FORCE の最新技術の活用事例

被災直後に人が近づけないエリアにおける迅速な調査手法として北海道開発局では TEC-FORCE ドローン隊を設置し、操縦者の育成と必要な知識・技能の習得を開始している（写真 4-2）。



写真 4-1 TEC-FORCE

（提供：北海道開発局）



写真 4-2 ドローン操作状況

（提供：北海道開発局）

支援ニーズを把握するために被災箇所状況をリアルタイムで視覚化するため、災害対策用ヘリコプター、小型衛星画像伝送装置（Ku-SATⅡ）、5GHz 帯域無線アクセスシステム（i-RAS）等の設備を導入している（写真 4-3）。



写真 4-3 Ku-SATⅡによる画像伝送状況
(提供: 北海道開発局)

4.2 国土交通省 北海道開発局の災害対策用機械

4.2.1 豪雨応急対策に有効な機械

(1) 排水ポンプ車

洪水災害時において排水作業を行う機械で、排水ポンプ・発動発電機・照明装置・クレーン装置等を搭載し、ポンプ設置から排水作業までの作業を1台で行う（写真 4-4）。出水期に出動要請が多い。

● 車両の規格（例）

全長	7.8 m
全幅	2.5 m
全高	3.2 m
車両重量	10.7 t
排水能力	30～60 m ³ /分



写真 4-4 排水ポンプ車稼働状況
(提供: 北海道開発局)

(2) 土のう造成機

洪水時に堤防の漏水などを防ぐ土のう積工法に使用する土のうを迅速且つ大量に作成する（写真4-5）。特別な技能を要さない簡単な操作で土のうを連続供給でき、現場における土のう造成作業での負担軽減を図る。粘土質以外の土質に対応し、ペダルスイッチ一つの簡単な操作で迅速に土のうを作成可能。

●機械の主要諸元（例）

全長	7.3m
全幅	2.5m
全高	2.5m
機械重量	12.5t
作業能力	720袋/h



写真4-5 土のう造成機

（提供：北海道開発局）

(3) 応急組立橋

橋梁が流出又は損傷して通行不能となつた場合に、短期間で応急的に組立・架設して道路機能を確保する（写真4-6）。平成28年の台風で被災したR273高原大橋の迂回路の2車線仮橋として約2年間にわたり設置された。

●機械の主要諸元

延長	鋼製 50m
幅員	7.5m



写真4-6 応急組立橋

（提供：北海道開発局）

4.2.2. その他の機械例

北海道開発局事業振興部防災課では平成27年度より「北海道開発局の災害用対策機械」として保有する機械のリストを公開している。4.2.1.で紹介した豪雨応急対策以外の主な機械を紹介する。

(1) 照明車（ブーム式、ポール式）

照明車は、発動発電機・照明装置を搭載しており、各種災害における夜間の復旧作業および監視などで出動。搭載している照明は約400m先でも資料が読める明るさを有している（写真4-7）。

●機械の主要諸元（例）

全長	5.9m
全幅	2.2m
全高	3.4m
機械重量	6.9t
装備ランプ	2KW×6灯



写真4-7 照明車

（提供：北海道開発局）

(2) 多目的支援車（履帶式）

ゴム製無限軌道（履帶）装着により沼地・雪上などの不整路面の走行が可能。立入が容易ではない箇所での現地調査や人員・災害復旧資機材の輸送など多目的での使用が可能（写真4-8）。

●機械の主要諸元

全長	5.0m	走行速度（舗装路面）	40km/h
全幅	2.3m	最大登坂能力 未舗装/雪上圧雪面	20度
全高	3.1m	最大接地圧	19.6kPa(0.2kg/cm ²)
重量	5.0t	最大渡河水深（静水にて）	40cm
最高渡河速度（静水にて）			10km/h
最小回転半径			10km/h
乗車定員 運転室2名 客室8名			



写真4-8 多目的支援車

（提供：北海道開発局）

(3) 分解組立型バックホウ

災害等で通行経路寸断により被災現場に機材が投入できない場合に空輸で運搬対応可能な分解組立式の機械（写真4-9）。

平成28年8月に羅臼町で発生した地滑り災害対応や平成30年9月の胆振東部地震で生じた河道閉塞土砂の撤去作業で派遣された。また、ラジコン操作で安全な場所から遠隔操縦が行える仕様である。

●車両の主要諸元

バケット容量	1.0 m ³ （山積）
全長	10.1 m
全幅	3.0 m
全高	3.3 m
車両総重量	26 t
アタッチメント	油圧ブレーカ、グラップル
無線方式	特定小電力無線



写真4-9 分解組立型バックホウ
(提供: 北海道開発局)

(4) 簡易遠隔操縦装置（ロボQS）

土砂災害等で有人操縦が危険な現場において、バックホウの座席に装置を設置することで無人化施工による応急復旧作業を可能とするもの（写真4-10）。

複数のバックホウのメーカー・機種に汎用性がある。

●装置の主要諸元

搭載対象	0.28～0.8 m ³ 級バックホウ
動力源	DC24V, 15A(重機バッテリー)
通信距離	障害物がない場合 約 150m
装着方法	操縦席の運転席に取付
運搬方法	ワンボックス1台で運搬可能



写真4-10 簡易遠隔操縦装置
(提供: 北海道開発局)

(5) 災害対策用ヘリコプター「ほっかい」

映像撮影装置（カメラ）など各種情報収集機器を搭載し、①災害時の被災状況及び応急復旧作業に必要な情報の収集・伝達、②防災訓練等の防災関連業務での利用、③当局所掌事業の実施に必要な情報取得のための調査などを目的として導入されたヘリコプター（写真4-11）。

● ヘリコプターの主要諸元

全長 × 全幅 × 全高	1 7 . 1 m × 2 . 8 m × 4 . 6 m
機体重量	3 . 8 t 最大離陸重量：約 5 t
搭乗者数	8名（乗務員3名除く）
巡航速度 170 km/h	
道内は丘珠ヘリポートより2時間圏内	



写真4-11 災害対策用ヘリコプター

（提供：北海道開発局）

(6) 衛星通信車

衛星通信設備を搭載し、通信確保及び車載カメラによる情報収集等、発災現場の情報通信の中心となる機械（写真4-12）。衛星通信設備の利用により不感地帯がほとんど無く、開発局・各開発建設部及び地方自治体等の衛星受信設備を持つ施設に送信することが可能。

● 機械の主要諸元（例）

全長	6 . 2 m
全幅	2 . 2 m
全高	3 . 0 m
重量	6 . 4 t



写真4-12 衛星通信車

（提供：北海道開発局）

(7) 移動型衛星通信設備「Car-SAT」

災害等の状況を移動中のカメラで撮影した映像を通信衛星経由でリアルタイムに基地局へ伝送するシステム（写真 4-13）。令和元年度にシステムを配備し、令和2年度にシステムを専用車両へ搭載して運用。

● 設備の主要諸元

映像伝送速度	1～3Mbps
映像合成部	4分割



写真 4-13 移動型衛星通信設備「Car-SAT」
(提供: 北海道開発局)

4.2.3. 開発建設部別災害対策用機械配置

令和5年4月1日現在の北海道開発局公表の災害対策用機械の保有台数は全91台となっており、道央、道南、道北、道東の4ブロックの本部を中心に全道に配備されている。

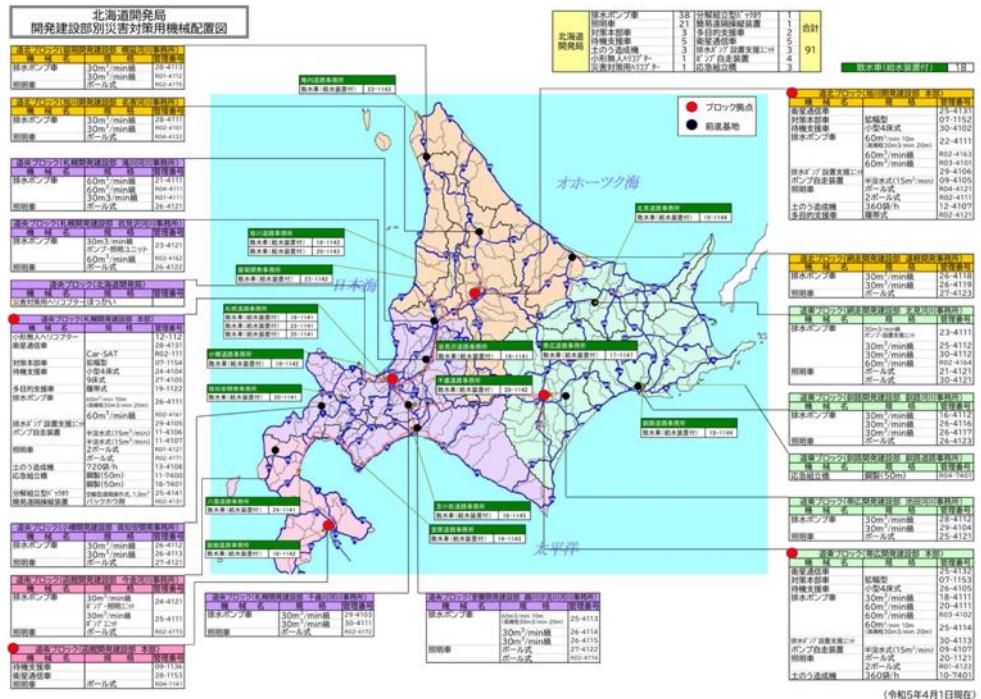


図 4-1 開発建設部別災害対策用機械配置図

(提 供 : 北 海 道 開 発 局)

4.2.4. 今後の展望における日建連・日建連企業への要望

以下のような分野で、今後、日建連企業の協力が期待されている。

危険な場所での作業に対して無人機械の有効性が確認されている。遠隔操縦機械はレンタル機として調達も可能となっているが、道内には経験オペレータが少ないため育成が必要である。その育成を施策としていくうえで、経験のある日建連企業との連携が望まれる。

北海道の地域特性として、冬場の災害では現場でコンクリートを用いた復旧が困難になる問題がある。応急対策・復旧における構造物のプレキャスト化が有効と考えられ、今後導入を行なっていくうえで経験のある日建連企業のノウハウが必要である。

参考文献

■ 国土交通省北海道開発局

- ・平成 28 年 8 月 北海道大雨災害への対応（国土交通省 北海道開発局、第 2 版 平成 30 年 2 月 28 日）
- ・平成 28 年 8 月 20 日からの大雨及び 台風第 10 号による出水の概要（H28 年 10 月 5 日版）
- ・災害情報：台風第 10 号による被害状況等について（第 7 報）（国土交通省 R4 年 9 月 2 日）
- ・国道 274 号日勝峠災害復旧の歩み～424 日間の軌跡～（国土交通省 北海道開発局、平成 29 年 10 月 28 日）
- ・TEC-FORCE 緊急災害対策派遣パンフレット（北海道開発局事業振興部防災課）
- ・北海道開発局の災害対策用機械（北海道開発局事業振興部防災課 R5 年 4 月）
- ・開発建設部別災害対策用機械配置図（北海道開発局事業振興部防災課 R5 年 4 月）

■ その他

- ・報道発表：平成 28 年 8 月 20 日からの大雨による災害対応について～羅臼町地滑り被災地へ分解組立型バックホウを派遣しました～（国土交通省北海道開発局、H28 年 8 月 27 日）
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/renkei/splaat000000r8q0.html>
- ・報文：4 つの台風通過による一般国道 274 号日勝峠の被災状況と災害復旧～66 箇所もの落橋、盛土崩壊をなぜ 1 年 2 カ月で復旧できたのか～（（一財）日本みち研究所北海道ブロック主査 和泉晶裕）
http://rirs.or.jp/report/National_Highway/NH_81.pdf
- ・報文：台風の影響により被災した国道 274 号日勝峠（日高側）の復旧について－被災から 14 カ月での開通を可能にした受発注者との協力体制－（北海道開発局 室蘭開発建設部 日高工事事務所 佐藤友祐）
- ・報道発表：開発局 TEC-FORCE チームにドローン隊を設置（北海道開発局 R4 年 2 月 22 日）
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/release/slo5pa00000050th.html>

II-4 平成 28 年熊本地震

1. 平成 28 年 4 月熊本地震により発生した大規模災害の概要

1.1. 地震の状況

平成 28 年 4 月 14 日(木)21 時 26 分、熊本県熊本地方を中心にマグニチュード 6.5 の地震が発生した。さらに 28 時間後の 4 月 16 日(土)01 時 25 分に同地方を中心にマグニチュード 7.3 の地震が発生し、いずれにおいても熊本県内で震度 7 が観測された。これだけ短期間に同じ地域で震度 7 の地震が発生したのは、気象庁の観測史上初めてのことであった。気象庁はこれら一連の火山活動を「平成 28 年(2016 年)熊本地震」と命名し、4 月 14 日に発生した地震を「前震」、4 月 16 日に発生した地震を「本震」と称した(図 1-1)。

○前震

発生日時：4月14日(木)21時26分

震源地：熊本県熊本地方(北緯32° 44'、東経130° 48')

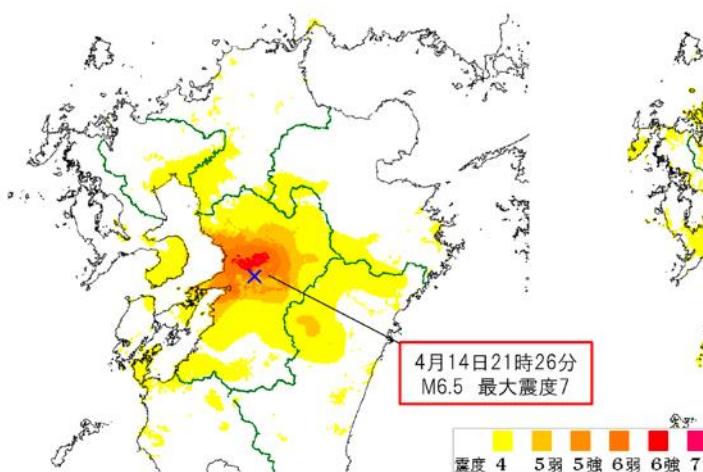
震源の深さ：11km

地震の規模：マグニチュード 6.5

各地の震度

震度 7 益城町

震度 6 弱 玉名市、西原村、宇城市、熊本市



○本震

発生日時：4月16日(土)01時25分

震源地：熊本県熊本地方(北緯32° 45'、東経130° 45')

震源の深さ：12km

地震の規模：マグニチュード 7.3

各地の震度

震度 7 西原村、益城町

震度 6 強 南阿蘇村、菊池市、宇土市、大津町、嘉島町
宇城市、合志市、熊本市

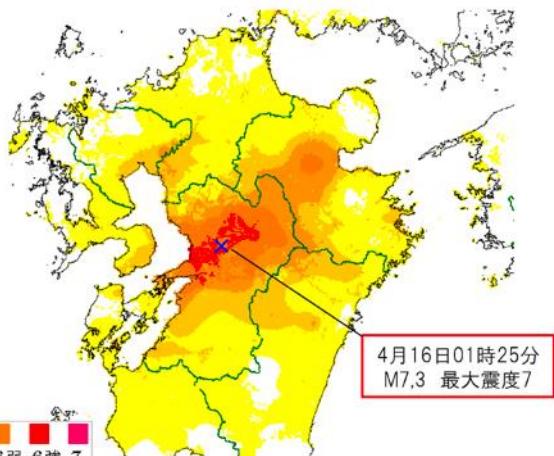


図 1-1 熊本地震の震度分布

(出典：九州地方整備局、気象庁発表資料引用)

本震の発生後、大分県中部や熊本県阿蘇地方で M6 弱の地震が発生するなど、地震活動域は熊本県熊本地方から阿蘇地方、さらに大分県中部にまで帶状に広がり、長さは約 150km に及んだ(図 1-2)。熊本地震の特徴は余震回数の多さにあり、2016 年 11 月 30 日までにおいて最大震度 1 以上の体感地震は 4,165 回も発生し、最大震度 4 以上の余震は 140 回発生している(図 1-3)。

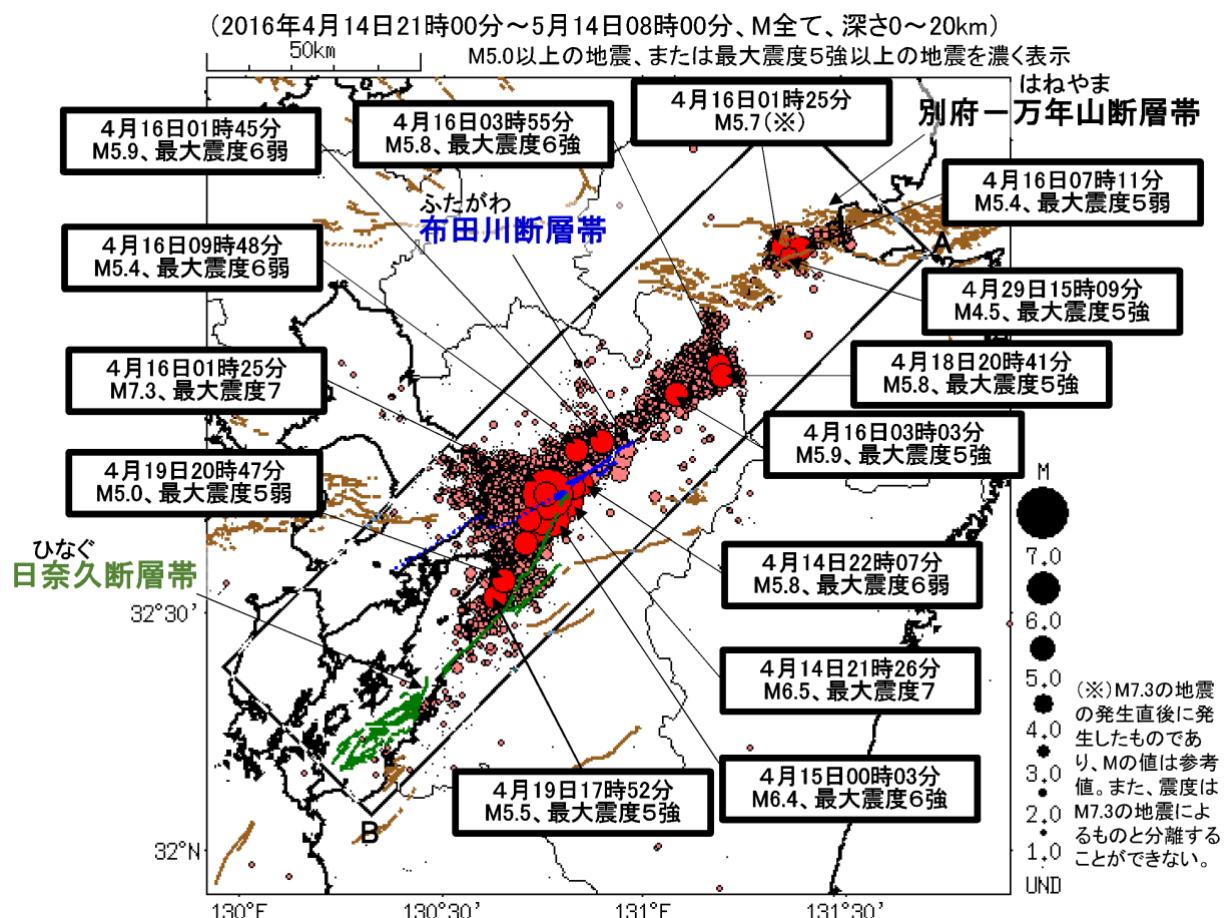


図 1-2 震央分布図
(出典：気象庁発表資料)

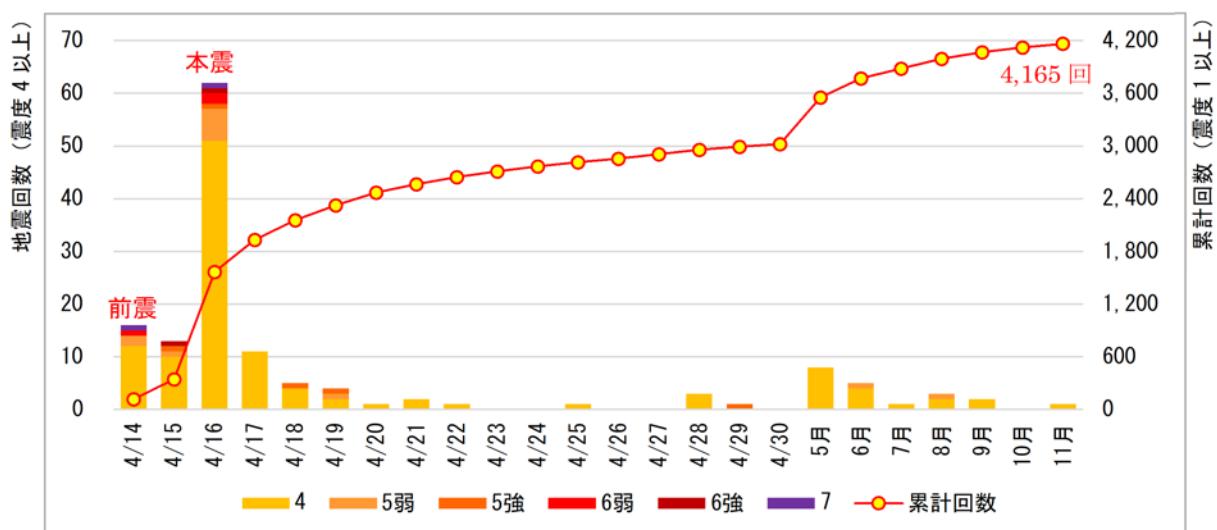


図 1-3 震度 4 以上の地震発生回数の推移 (4/14～11/30まで)
(出典：九州地方整備局)

1.2.被害の状況

2回の震度7とその後の地震活動により、震源地に近い熊本市、益城町(上益城管内)、西原村、南阿蘇村(阿蘇管内)を中心に各地で甚大な被害が発生した(表1-1)。住宅の全壊が8千棟以上、半壊・一部破損が約19万棟に達した(写真1-1、1-2)。

表1-1 平成28年熊本地震に関する被害状況について

市町村名	人的被害(人)			住家被害(棟)		
	死者	重症	軽傷	全壊	半壊	一部破損
熊本市	86	772	943	2,456	15,219	105,086
宇城管内計	25	77	114	674	4,427	10,757
玉名管内計	0	0	23	26	276	2,180
鹿本管内計	0	0	4	0	19	563
菊池管内計	21	87	137	274	3,590	18,962
阿蘇管内計	63	64	264	1,332	2,797	4,483
上益城管内計	66	174	43	3,825	7,428	9,408
八代管内計	7	12	20	55	625	3,475
芦北管内計	0	0	0	0	7	46
球磨管内計	0	0	2	0	0	64
天草管内計	0	0	0	0	1	206
合計	268	1,186	1,550	8,642	34,389	155,230



写真1-1 益城町(H28.4.23)

(出典:九州地方整備局)



写真 1-2 益城町 (H28.5.14)

(出典：九州地方整備局)

また、熊本県を代表する観光地の熊本城や日本三大楼門の一つを有する阿蘇神社など、多くの文化的建築物が甚大な被害を受けた(写真 1-3、1-4)。



写真 1-3 阿蘇神社 (H28.5.8)

(出典：九州地方整備局、九州運輸局提供)



写真 1-4 熊本城 (H28.4.15)

(出典：九州地方整備局)

南阿蘇村阿蘇大橋地区では、大規模な斜面崩壊が発生し、大量の土砂が黒川に流入した(写真 1-5)。また、熊本市外から南阿蘇村への主要ルートであった国道325号の阿蘇大橋が落橋した(写真 1-6)。

被災前の状況



被災後の状況



写真 1-5 〈斜面崩壊〉阿蘇大橋地区

(出典：九州地方整備局)



写真 1-6 〈落橋〉阿蘇大橋

(出典: 九州地方整備局)

九州自動車道の広い範囲にわたり、甚大な被害が発生した。益城バスストップ付近では路面陥没が発生し(写真 1-7)、秋津川橋北側では盛土が崩壊した(写真 1-8)。また、木山川橋では橋台に段差が発生し(写真 1-9)、府領跨道橋は落橋した(写真 1-10)。

次章より、被災状況と応急復旧対応、応急復旧に役立つ技術・対策について述べる。



写真 1-7 〈路面陥没〉九州自動車道

(出典: 九州地方整備局)



写真 1-8 〈盛土崩壊〉九州自動車道秋津川橋北側
(出典:西日本高速道路(株))



写真 1-9 〈橋台部段差〉九州自動車道木山川橋
(出典:西日本高速道路(株))



写真 1-10 〈跨道橋の落橋〉九州自動車道府領跨道橋
(出典:西日本高速道路(株))

2. 阿蘇大橋の落橋および大規模土砂崩落に関する被災と復旧

2.1. 調査の背景と目的

熊本地震で甚大な被害があった阿蘇大橋地区の大規模斜面崩壊では、応急復旧にあたり当時最先端のICT技術が採用された。自然災害の応急復旧にあたり、役に立った技術を調査することで将来に発生が予想される災害に対して備えておくべき技術を研究することを目的とする。

2.2. 被災状況

南阿蘇村阿蘇大橋地区では、4月16日の本震で長さ約700m、幅約200m、崩壊土砂量約50万m³の大規模な斜面崩壊が発生し、大量の土砂が黒川に流入した（写真2-1、2-2）。

崩壊土砂により熊本と大分を結ぶ主要な交通・物流ルートである国道57号、JR豊肥本線が寸断され、熊本市外から南阿蘇村への主要ルートであった国道325号の阿蘇大橋が落橋した（図2-1、写真2-3）。



図 2-1 阿蘇大橋地区主要道路網

（出典：九州地方整備局）



写真 2-1 斜面崩壊直後
(出典: 九州地方整備局)



写真 2-2 本震により斜面崩壊発生
(出典: 九州地方整備局)



写真 2-3 阿蘇大橋落橋

(出典：九州地方整備局)

2.3. 応急復旧・本復旧までの概要

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分、最大震度 7 の地震（前震）発生直後、九州地方整備局災害対策本部は非常体制を発令し、4 月 15 日 1 時 25 分に緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）として、九州 TEC 先遣隊、災害対策機械等を益城町へ派遣した。近畿・中国・四国地方整備局へも TEC-FORCE の派遣命令がなされ 15 日に到着した。

4 月 16 日 1 時 25 分頃、再度、最大震度 7 の地震（本震）が発生し、北海道開発局から沖縄総合事務所までの全国の整備局等の TEC-FORCE に派遣命令がなされた。

地震により阿蘇地域への主要交通網が寸断されているため、ローラー式で情報収集を行い「通れるマップ」を作成した（図 2-2）。



図 2-2 阿蘇地域のインフラ被災状況

(出典：九州地方整備局)

被害状況の把握には、ドローンによる「鳥の目調査」を併用した（写真 2-4）。鳥の目調査では、TEC-FORCE のドローン調査隊の職員がドローンを操縦し、映像や静止画を南阿蘇村や関係機関に提供した。ドローンでの映像撮影技術の投入は、震災前から職員が直営で飛ばすことを行っていたので、支障なく実施できた。道路啓開は TEC-FORCE が地元工事業者を率いて復旧しながら進入路を確保した。



写真 2-4 ドローンを活用した被災状況調査
(出典:九州地方整備局)

阿蘇大橋地区の崩壊斜面の復旧は、応急復旧としてアプローチ道路の取付、土留め盛土の整備、不安定土砂の除去、土質調査、恒久復旧準備の順で施工し、その後斜面の本復旧を実施した（図 2-3）。



図 2-3 崩壊斜面応急復旧の施工ステップ
(出典:九州地方整備局 平成 30 年 9 月)

崩壊した斜面は、余震、降雨等により再び土砂が崩落する危険性が高かった。応急復旧では、崩落斜面へのアプローチ道路を確保するため、進入路の整備を行った（Step 1）。Step 1 では、土砂崩落による二次災害を防ぐため無人化施工が採用された。無人化施工の技術は、雲仙普賢岳の災害復旧で採用され、国土交通省九州地方整備局（以下、九州地整）では実績がある技術である。九州地整では、無人化施工専用機を 4 台、簡易遠隔操作機を 9 台保有している。

斜面崩壊部からの落石に備え土留盛土を 2 列整備した（Step 2）。Step 2 でも、Step 1 同様無人化施工が採用された。

山頂部には不安定な土砂が露出していたため、頭部不安定土砂の除去としてランディングを実施した（Step 3）。Step 3 では、小型バックホウ 3 台をワイヤーロープで吊り下げるセーフティクライマー工法が採用された。小型バックホウは分解し、山頂へはヘリコプターで空輸し、カニクレーンで組み立てた。バックホウの操作者は、山頂部の安全な位置から目視し、無線操作で無人化施工を行った。

山頂部にガリー侵食が観られ、岩塊を除去した（Step 4）。

無人化施工により危険要因の除去を実施したのち、斜面下部での有人施工による地質試験、崩壊土砂の除去を行い（Step 5）応急復旧が終了し、斜面の恒久復旧を開始した（Step 6）。

斜面の恒久復旧は、急斜面部と緩斜面部で各々対策工を実施した。急斜面部ではアンカーア工による緩み土砂の縫付け、鉄筋挿入工による表層の崩壊抑制、高強度ネット工による落石防止、植生マット工による侵食・風化防止と植生回復等を実施した。

緩斜面部は鋼製土留工で落石防護を実施した（写真 2-5）。



写真 2-5 崩壊斜面の恒久復旧

（出典：九州地方整備局）

地震から恒久復旧完了までの経過は下記のとおりである。

- ・平成 28 年 4 月 16 日 熊本地震本震
- ・平成 28 年 5 月 5 日 緊急対策工事着手
- ・平成 29 年 7 月 24 日 恒久対策工事着手
- ・令和 2 年 3 月 31 日 斜面対策工事概成
- ・令和 2 年 8 月 6 日 斜面対策工事完成 (写真 2-6)



写真 2-6 斜面対策工事完成

(出典: 九州地方整備局)



写真 2-7 数鹿流崩れ(斜面崩壊)の現状
(令和 5.6.23 撮影)



写真 2-8 数鹿流崩之碑



写真 2-9 日建連土木賞記念碑

2.4. 応急復旧の対応プロセス

(九州地方整備局・日建連九州支部による災害協定に基づく)

(一社)日本建設業連合会九州支部(以下、日建連九州支部)は、平成25年10月1日に九州地整との災害協定を見直し新たに締結している。これは東日本大震災の教訓を生かし、より実効性のある災害協定にすべく、業務範囲、派遣要請、資機材調達要請、工事箇所情報の共有など、災害協定に基づく迅速かつ的確な要請と対応をはかることを目的としている。

災害協定に基づく業務範囲は、九州地整所管施設から九州地整管内に拡大した。また九州地整本部長の判断により、他の地方整備局管内への派遣要請を可能とした。地方公共団体等からの資機材等の調達要請があった場合には、九州地整本部長が日建連九州支部への支援要請を可能とした。

日建連九州支部のホームページを通して九州管内の工事情報を、「工事箇所登録システム」に一定規模以上の土木工事(地方公共団体、民間工事含む)情報をシステム登録し、九州地整防災室との情報共有をはかっている。これにより、被災地に近い場所で工事を行っている日建連加盟企業に対し、より迅速な要請を可能としている。

2.5. 九州地方整備局による応急復旧対応

当時の応急復旧状況や震災時に有用な技術等について、九州地方整備局にヒアリングした結果を以下に示す。

2.5.1. 熊本地震の被害概要

阿蘇地方での地震による主な被害は、国道57号の欠損、大規模斜面崩壊、地滑り、国道325号阿蘇大橋崩落、阿蘇長陽大橋破損、県道俵山トンネル破損など広範囲にわたり、主要交通網が寸断された(図2-4)。

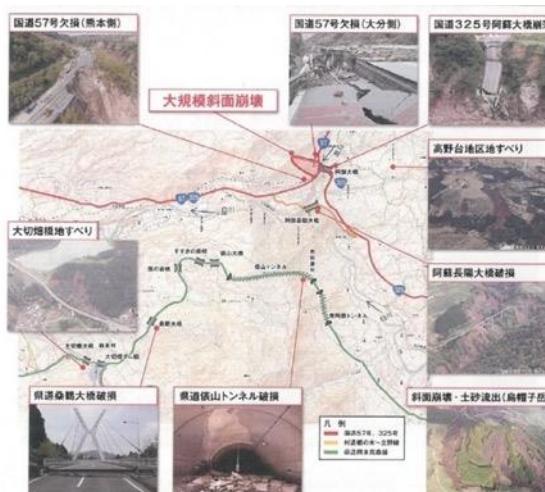


図 2-4 熊本地震による阿蘇地方の被害状況

(出典:九州地方整備局)

2.5.2. 応急復旧時に役立った技術・対策

斜面崩壊の応急復旧にあたり、調査・設計・施工・管理の一連のプロセスで最新技術による総合的な i-Construction を取り入れた。UAV 等により崩壊斜面の 3 次元データを取得し、3 次元モデルによる対策工の計画・設計を実施した。応急復旧では、ICT 建機による無人化施工を実施した。

無人化施工では、遠隔操作室を現場から約 1km 離れた二次災害を受けにくい場所に設置した。また段階的な伝送システムを採用した。超遠隔操作室から 700m 間は光ファイバーケーブルを敷設し、その先のケーブル敷設が困難な区間は、150 Mbps の伝送量のある 25GHz 高速アクセスシステムを 2 系統設置して無線中継局まで伝送した。無線中継局から各無線局までは有線 LAN および 25GHz 高速アクセスシステムで伝送し、各無線局から建設機械までは、5GHz の無線 LAN を使用した。このような段階的な伝送容量をもつシステムを採用したことにより、安定的に超遠隔操作室から現場建設機械間 1km のデータ伝送が可能となった（図 2-5）。



図 2-5 高度な技術の活用
(出典: 九州地方整備局)

崩壊斜面の動態観測では、GB-SAR 解析技術が有効であった（図 2-6、2-7）。GB-SAR 解析では、人工衛星ではなく固定したレール上を測定器が走行し、ノンターゲットで斜面の変位を観測し、測定データは大学に送り解析を行った。この技術は雲仙普賢岳の溶岩ドーム解析で実績がある。

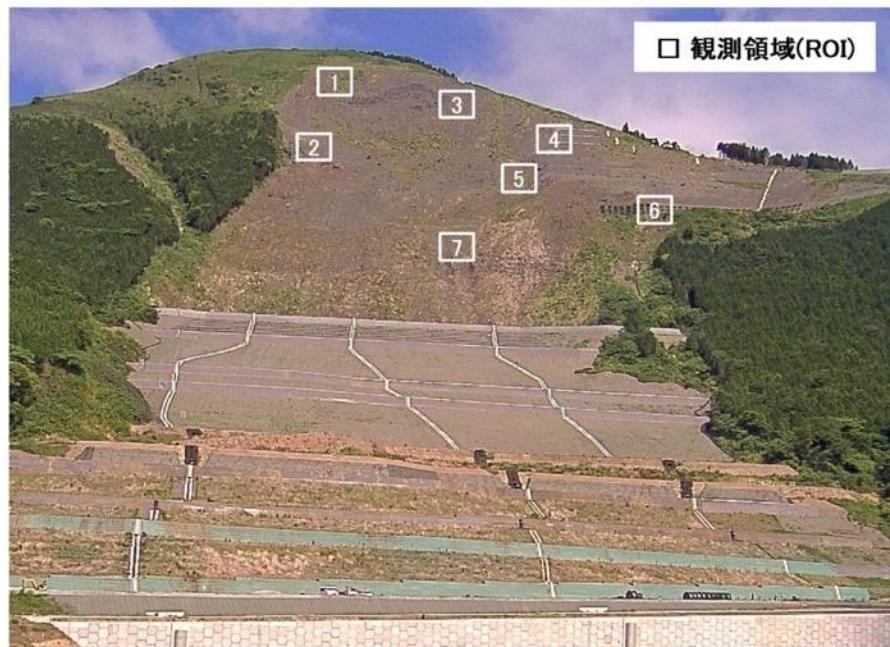


図 2-6 観測領域 (ROI) 位置図
(出典: 九州地方整備局)

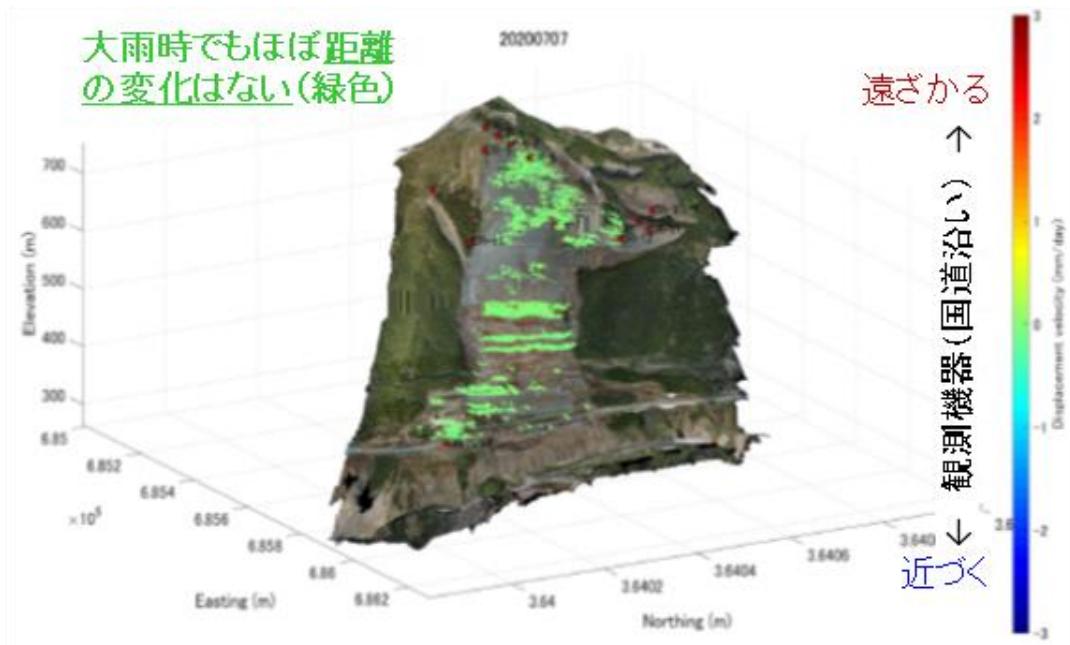


図 2-7 24 時間変位 (R2.7.7 ~ 7.8)
(出典: 九州地方整備局)

2.5.3. 応急復旧時にあればよかつた技術・対策

有人施工ができない作業環境での無人化施工にあたり、建設機械の施工地盤強度を確保するために改良材による浅層混合処理を実施した。浅層混合処理では、安全性を考慮すると改良材添加量が多くなってしまうため、無人化施工による品質管理ができればよかつた。また、無人化施工による自動運転技術の開発、発展も期待する。

2.5.4. 将来の大規模地震に対する日建連会員企業に求められる体制・仕組み

九州地整では、災害発生時の復旧までの時間を優先する。ゼネコン、コンサルの設計部隊等の専門家の協力が得られると復旧対応に役立つ。また、災害時は大型車両の通行ができない場合もあり、日建連加盟企業が資機材等の調達に協力し、メーカー等と直接搬入手配や現地の確認を含めて調達に協力する体制が効果的である。

日建連加盟企業として、九州地整の要請に対しいかに迅速に対応できるか、緊急要請資材を被災された住民の方々へいかに早急に届けるか等が期待されている。

2.6. 日建連九州支部における応急復旧対応

平成28年熊本地震では、前震発生約90分後に日建連九州支部事務局に災害対策本部を立ち上げた。災害対策本部は、正副支部長・委員長会社10社で構成し、24時間3班交代体制で災害対策本部の業務にあたった。24時間体制は地震発生後1週間継続された。

連絡体制は、日建連加盟企業59社に正副連絡担当者の会社・携帯電話、メールアドレスを登録させ、複数の手段で連絡が取れる体制を構築した。

阿蘇大橋地区では、九州地整からの現地調査の派遣要請、現地調査、意見交換を経て、崩壊土砂撤去の協力要請を受けていた。建設無人化施工協会加盟会社11社から災害応急対策協力調書を受理し提出した。その他の要請として、宇土市役所解体方法について専門技術者の派遣、緑川堤防亀裂対策打ち合わせ要請、地下埋設物探査技術情報収集依頼、熊本高森線俵山トンネル外復旧工事の災害応急対策協力調書提出などの対応を行った。資機材調達では、ブルーシート6,430枚、土のう袋110,100袋、PPロープ170巻等の支援要請に対応した。

2.7. 日建連九州支部会員企業による応急復旧対応

2.7.1. 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事(株)熊谷組

本工事を施工した(株)熊谷組にヒアリングした内容を以下に示す。

〔工事概要〕

工事場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村

工期：平成 28 年 5 月～平成 29 年 11 月

施工概要：

- ・土留盛土工（上下二段、無人化施工）・頭部不安定排土工（無人化施工）
- ・斜面中腹崩壊土除去 　・ガリー侵食対策工 　・頭部工事用道路の整備

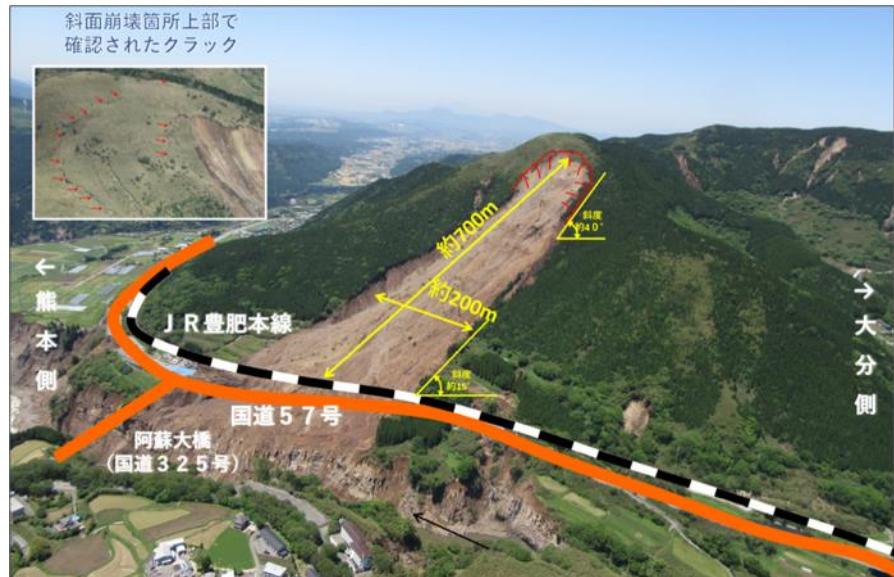


写真 2-10 工事の概要

（出典：日建連 H.P. 日建連表彰土木賞 受賞プロジェクト）

〔災害応急対応の概要〕

阿蘇大橋地区において、斜面上部に残る多量の不安定土砂がさらに崩壊する恐れがあり、土砂崩壊による二次災害を防ぎ、国道をはじめとしたインフラの復旧

を安全に行うため、崩壊現場で土砂堰堤を築造すると同時に、斜面頭部不安定土砂を除去する緊急的な対策工事を実施した。

〔災害応急対応に至った経緯〕

無人化施工マネジメントに関する災害協定を九州地整と結んでおり、遠隔操作建設機械(分解組立 BH 8台)による行方不明者の捜索活動から着手した。国交省、有識者を交えて協議し防災対策工事を行った。

〔災害応急対応にあたり、苦労した点、工夫した点〕

- ・高機能移動式操作室を設置し、工事用道路作成に着手した。これにより、着手まで3日の早期対応が可能となった。
- ・ヘリで小型 BH、改良材を運搬し、頂上にヘリポートを作成した。そこへカニクレーン、分解式 BH の部品を運搬して組み立てた。ヘリのスケジュール、ヘリポートを現地近くに確保するのに苦労した。
- ・アクセスルート作成は地権者確認に時間を要したため、ヘリによる施工を優先した。
- ・ヘリコプターによる分解式重機の運搬は、燃料を極力減らして飛行する必要があるため、ヘリポートの位置が非常に重要であった。

〔災害応急対応にあたり、役に立った技術〕

- ・ドローン、MC(マシンコントロール)、MG(マシンガイダンス)、通信技術が有効であったと実感した。
- ・雲仙普賢岳で長年に亘る無人化施工技術の蓄積があったことが役立った。排土板高さのマシンガイダンスにより丁張りレスの施工が可能となった(写真 2-11、2-12)。



写真 2-11 無人化施工の概要
(出典:(株)熊谷組 H.P. 工事実績)



写真 2-12 無人化施工重機と遠隔操作室
(出典:(株)熊谷組 H.P. 阿蘇地区斜面防災対策工事特設サイト)

〔近年の激甚化する自然災害への応急対応に役立つ技術、役立つと思われる技術〕

- ・GNSS測量は有効だが、谷間やトンネルの中では使用できない。そういった環境下でも測量可能な技術が必要。
- ・ICT技術、通信技術、衛星技術、画像転送、AI等の技術の進歩が期待される。
- ・AIを使用してダンプトラックの自動走行・運行管理ができるようになれば、無人化施工機械を操縦するオペレーター不足が解消される。

〔災害応急対応での官民協働について、官側へ期待すること〕

- ・九州地整と毎週会議を開いて問題を解決していった。よく対応をしてもらった。
- ・雲仙普賢岳のような技術開発の場を今後どう確保していくか。
- ・技術開発はモチベーションが保ちにくい。開発した技術が有効に活用される機会を増やすことでモチベーションが保たれるような施策を期待する。
- ・災害に同じパターンは無い。

2.7.2.熊本 325 号災害復旧阿蘇大橋地区工事用道路(大津工区)工事(株フジタ)

本工事を施工した(株)フジタにヒアリングした内容を以下に示す。

〔工事概要〕

工事場所：熊本県阿蘇郡南阿蘇村

工期：平成 28 年 10 月～平成 29 年 10 月

施工概要

- ・道路土工(掘削工※一部無人化施工、路体盛土工)
- ・地盤改良工
- ・法面工
- ・カルバート工
- ・排水構造物工
- ・構造部撤去工
- ・仮設工



写真 2-13 工事の概要

(資料提供:(株)フジタ)

〔災害応急対応の概要〕

新阿蘇大橋の右岸側下部工施工箇所において、地震で緩んだ地山の不安定土塊を取り除く工事を行った。概略設計での発注であり、のり面の詳細設計から施工までを実施した。

〔災害応急対応に至った経緯〕

国土交通省から受注した土木工事の中で対応にあたった。

〔災害応急対応にあたり、苦労した点、工夫した点〕

- ・早期復興が大命題であり、新阿蘇大橋の早期完成に向け、いかに工程を短縮するかということに苦労した。
- ・緊急工事であるため、調査不足による計画変更は避けられず、手探りの状態で工事を進めることに苦労した。
- ・昼夜間の工事で、人員確保についても苦労した。
- ・被災状況の早期把握と情報共有、業者選定の迅速化が肝要であった。

〔災害応急対応にあたり、役に立った技術〕

- ・工事着手に当たり、3次元測量を実施し、3Dモデルを作成した。これにより、用地境界を侵さず、地質性状に適した安定勾配を確保した掘削法面の計画ができた（図2-8）。
- ・急峻なパイロット道路の計画においても3Dモデルを作成することで安全に道路を取り付けることができた。
- ・マシンガイダンスを利用することで、危険な崖上での人力測量が不要となった。
- ・柱状節理が発達した崖上の掘削作業においては、安全性確保のため無人化施工機械を使用した。

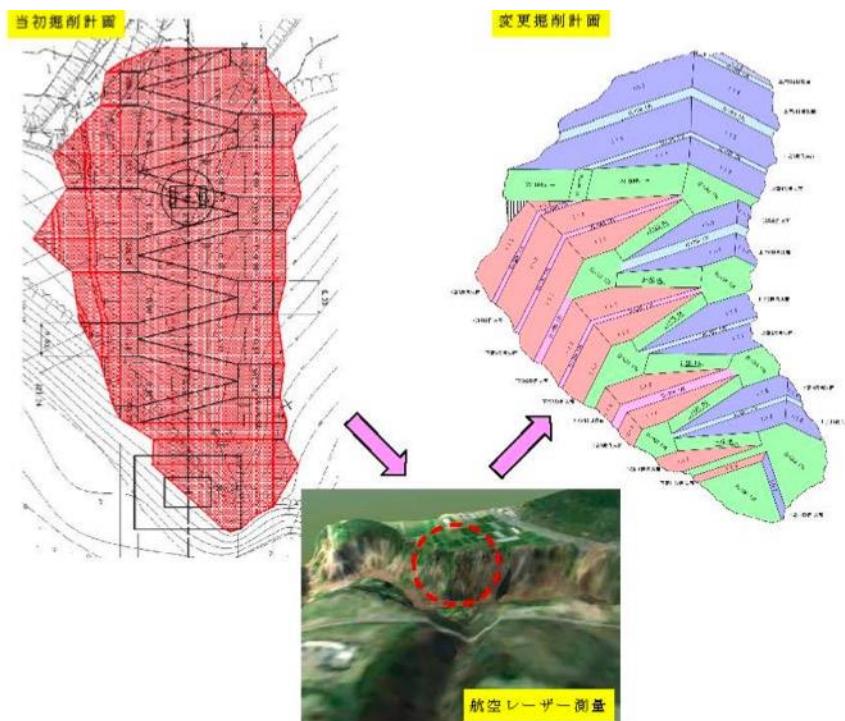


図 2-8 航空レーザー測量による3Dモデルを活用した掘削形状の変更

（資料提供：（株）フジタ）

〔近年の激甚化する自然災害への応急対応に役立つ技術、役立つと思われる技術〕

- ・災害地域は予測不能な危険が含まれているため、無人化施工が非常に有効であると感じる。ドローン等による空撮技術も発達しており、地上からは確認できないところを無人カメラで確認し、外部操作できる機械で作業することが2次災害を防ぐ有効な手段と考える。
- ・水害、土砂災害の被害状況早期把握に向けて、長時間飛行ドローン、グリーンレーザー、全天候型ドローンなどの技術の積極的な活用に期待する。
- ・土砂災害や水害で堆積した泥質土に対する無機系土質改質材による吸水改質技術はあらゆる場面で有効と考えられるので積極的に活用いただきたい。

〔災害応急対応での官民協働について、官側に期待すること〕

- ・早期復興を実現するためには、手戻りを最小化するための調査や計画の時間確保の重要性を共有する必要があると考える。
- ・CIMの技術が発達した今日、事前にモデルを作成する時間さえ確保できれば、安全かつ迅速に工事は進むと考える。
- ・災害査定業務のICT化を官民連携により推進していただき、出来るだけ早い段階から応急対策～詳細調査・設計～恒久対策に着手できることを期待する。
- ・気候変動に伴い豪雨災害の頻度が増しているので、被害状況を早期に把握するために、天候に左右されず状況把握が可能な衛星SAR画像の臨時撮影を積極的に行っていただき、広く情報公開することを期待する。

3. 九州自動車道の被災と復旧

3.1. 調査の背景と目的

熊本地震により九州自動車道は甚大な被害を受け、大規模な区間が通行止めとなつたが、応急復旧による道路開放から恒久復旧に至るまでの対応に、日建連加盟企業が参画していた。今後の震災被害等への準備に資することを目的として、NEXCO 西日本へのヒアリング調査を中心に、当時の被災状況や対応から、今後期待される技術や平時から整備しておくべき体制等に関する調査を行つた。

3.2. 被災状況

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分に発生した震度 7 の前震や、その約 2 時間 30 分後の 4 月 15 日 0 時 3 分に発生した震度 6 強の地震、4 月 16 日 1 時 25 分に発生した震度 7 の地震により、3 路線 152km（九州自動車道 南関 IC～えびの IC、南九州自動車道 八代 JCT～日奈久 IC、九州中央自動車道 嘉島 JCT～益城本線料金所（TB））が通行止めとなつた（図 3-1）。



図 3-1 九州自動車道の被災状況

(出典:西日本高速道路(株))

九州自動車道の広い範囲にわたり、路面の段差や土砂崩落、橋梁の損傷等が発生した。東原橋では橋脚の傾斜、落橋防止装置の破損が生じ、木山川橋では桁のズレによる支承の損傷、桁間の開きや段差が生じていた（写真3-1）。

②九州自動車道 熊本IC

熊本ICランプ橋（県道57号線上横過 東原橋）の被害状況



橋脚柱の傾斜

作業状況（5月17日 17時時点）



橋脚補強状況（コンクリート巻立て）

⑤九州自動車道（益城熊本空港IC～嘉島JCT）

木山川橋の被害状況



橋梁桁のズレ

作業状況（5月15日 17時時点）



追加仮受架台設置

写真3-1 東原橋および木山川橋の損傷状況

（出典：西日本高速道路（株））

3.3. 応急復旧・本復旧までの概要

地震発生直後から、災害対策本部を立ち上げ、通行止め解除に向けて、24時間体制で点検、応急復旧作業が実施された。被災箇所の通行止め解除は、地域の被災者支援のための緊急輸送路の要請、および高速道路の被災状況等を勘案して、各路線または区間ごとに、順次前倒しして交通開放が進められた。

その後、点検および損傷状況を確認して、順次交通開放することで4月15日22時30分時点では2路線20kmまで通行止め区間を縮小することができたが、前震から約28時間後に発生した4月16日1時25分には、再び震度7の本震の発生により、九州自動車道をはじめとした9路線、延長507kmで通行止めを余儀なくされた。

被災箇所の早期復旧に向け、余震が続く状況の中、24時間体制で復旧作業が展開され、5月9日にすべての高速道路の通行止めが解除された。

その後の本復旧工事では、ロッキング橋脚のラーメン橋脚化などの耐震補強工

事が実施された。ロッキング橋脚の対策は震災前から技術開発が行われていたが、熊本地震が対策を進めるきっかけとなり、ロッキング橋脚の耐震安全性が向上した。

3.4. 応急復旧の対応プロセス

NEXCO 西日本と日建連九州支部は、災害時の緊急的な災害応急対策業務の実施に関する協定を結んでおり、地震発生後、この災害協定に基づき NEXCO 西日本九州支社長から日建連に支援依頼がなされた。トップダウンによる迅速な支援依頼が行われたことにより、その後の日建連の対応が円滑に進められた。

3.5. NEXCO 西日本における応急復旧対応

当時の応急復旧状況や震災時に有用な技術等について、NEXCO 西日本にヒアリングした結果を以下に示す。

3.5.1. 熊本地震の被害概要

平成 28 年 4 月 14 日および 4 月 16 日に発生した熊本地震では、史上初の震度 7 を 2 回（前震・本震）記録し、九州自動車道や大分自動車道では、本線盛土や切土のり面崩落、木山川橋や秋津川橋、並柳橋を代表とする橋梁の損傷、本線舗装路面のうねりやひび割れなど、甚大な被害を受けた。

災害発生時は 24 時間以内に緊急通行車両（自衛隊・警察・消防等）の通行帯確保、3 日以内に災害派遣従事車両の通行車線確保、1 週間以内に一般車両の通行確保を会社方針としているが、熊本地震では被害規模が大きくて達成できていない。高速道路の橋梁の復旧にも時間がかかるが、高速道路上の跨道橋の落橋についても、撤去に長期間を要する。

3.5.2. 応急復旧時に役立った技術・対策

損傷の激しい橋梁の落橋防止のため、仮受け台を設置し緊急補強を行い、約 2 週間程度で対面通行を可能とした。その後 20km/h 規制および重量車両の制限解除に向け基礎杭および仮設の柱（中間ベント）を設置し橋梁の補修を行っており、橋梁の交通開放のためには、このような仮受けを構築することは必須と考えられる。

設計コンサルタントは会社数も多く、災害時の応急対応の依頼先を選定しにくいが、日建連加盟企業については、過去や施工中の工事でコネクションがあることが多く、迅速に連絡することができる。日建連加盟企業に一括して復旧業務を委託して、設計業務が必要な場合にはそこから設計コンサルタントに業務発注してもらう方法の方が発注者側としては窓口が減るため望ましい。

ドローンによる測量は被災状況の把握に有用な技術なので、有事に迅速に使えるように、ドローン測量を実施できる団体との連携を平時から作っておきたい。

木山川橋のような連続高架橋はベントの必要数量が多く手配に苦労したため、

他地域の NEXCO 工事から優先的に資材を取り寄せたこともあった。また、ベントの組立作業は余震のたびに施工を中断して退避する必要があったため、作業効率が落ちて進捗確保に苦労した。

資材の確保に関しては、有事のために資材を平時から保管しておくことも考えられるが、高架下などのヤードはあるものの、盗難対策が困難なため簡単ではなく、地方整備局やメーカーと資材在庫の情報共有をしておく方が有効と考えている。仮設ガードレールなど NEXCO 西日本が保有している資材もあり、このような資材については本社が在庫情報を持っている。

仮設土留めに関しては、硬質地盤では鋼矢板の貫入が困難で、ダウンザホールハンマが必要になることもあります、施工可能な土留め工法の選定が難しかった。

労務確保については、地元建設会社とのコネクションが弱く、協定がない中で特定の地元企業に業務発注することもできない。初動は NEXCO のメンテナンス会社で対応可能だが、規制や補修はできるものの、本格的な応急復旧工事に対応することは難しい。そのため、近隣で施工中の日建連加盟企業の工事を一時中止して応急復旧対応にあたってもらうのが現実的な方法と考えられる。

3.5.3.応急復旧時にあればよかつた技術・対策

熊本地震の時点では現在ほどドローンは普及していなかったが、ドローンによる橋梁点検は損傷状況を広範囲に確認できるため、初期の状況把握に効果的だった。また、関係団体の多くの技術者が参加して専門家との合同損傷調査を実施し、詳細な損傷状況を把握して応急復旧に向けた検討がなされた。このような関係団体の技術者との連携体制をこれまで以上に平時から構築しておくことが必要と考えられる。

3.5.4.将来の大規模地震に対する日建連会員企業に求められる体制・仕組み

ドローンでの調査のように、通信機器ツールを活用した安全かつ広範囲に被害状況を調査できる手法の開発と運用体制の確保が望まれる。また、働き方改革や労働者不足の状況も踏まえた上で、緊急時に 24 時間技術者を配置できる体制の構築も期待される。これらに関して、他災害の応急復旧での好事例の情報共有も有用と考えられる。

コロナ禍のため、近年は協定書に係る代表者の変更通知を書面にてやりとりするのみであったが、今後は年 1 回程度体制確認を含めた意見交換会の実施が望ましいと考えており、日建連九州支部側としても、災害対策体制を年 1 回見直すよい機会にもなると考えられる。

日建連九州支部としての建設機械・資材保有数量および作業員数などを、支部全体ではなく各県単位でまとめた一覧表があるとよい。毎年出水期前に保有状況を確認することで、台風被害等に対するより的確な体制構築ができると考えられる。

その他では、無人化施工システムも有用で、無人バックホウは熊本地震以後の災害でも時折使用しているが、日建連加盟企業にはこれに関する技術や機械の保

持を期待したい。

災害時には NEXCO 西日本本社と現地の映像を共有する必要があるため、通信環境が必要になる。これを構築するための通信事業者の車両も緊急車両として通行できるようにした方がよい。

NEXCO は担当者が定期的に転勤するシステムなので、最近はコロナ禍でやりににくい状況もあったが、協会との意見交換、体制確認等は書面のみではなく対面で実施して、関係者の顔が見えるようにしておきたい。NEXCO 西日本では県に参加してもらい防災訓練を実施し、資機材調達の連絡などの訓練を行っているので、これに日建連加盟企業も参加してもらえないかと考えている。また、日建連九州支部と九州地整には工事情報を共有するシステムがあることだが、可能であればこれに NEXCO も入れないかと考えている。

災害対応は担当者個人の能力による部分も大きいので、教育訓練には力を入れている。地震は稀にしか発生しないので訓練しにくいかが、豪雨災害などしばしば発生した場合には、若年社員も災害対策室のメンバーに入れて災害時の対応を経験させたり、社内の防災訓練に参加させて訓練をしている。

トラス橋などの特殊橋の対応は特に難しい。補強して供用するのが難しいので仮橋を構築することもあり得る。自衛隊では仮橋を組み立てる訓練もしている。

ドローンは熊本地震では概要把握が目的で、詳細は結局近接目視によるため、写真整理も膨大で課題だった。現在は平時の目視点検に目視の補完としてドローンを使っているが、災害時にドローンのオペを確保できるか、といった課題もある。NEXCO 西日本内部やエンジ会社にドローンを直接運用できる技術者を育成して増やしていくという考え方もあるが、転勤システムの問題があり、そのような社員を特定の部署に固定するのが難しい。スマートフォンは全社員に支給しているので、Web 会議などでドローンの映像を迅速に共有することができる。また、DX 化も進めているので日建連および加盟企業とはこれに関しても意見交換したい。

3.6. 日建連九州支部における応急復旧対応

日建連九州支部では、NEXCO 西日本からの要請で、下記の応急復旧対応を実施している。

- 4月 16日 大分自動車道由布岳 P A付近での法面崩壊部分の土砂撤去
- 18日 九州道 3か所（神園跨道橋、栗原橋、府領跨道橋）、大分道 1か所（福万川橋）復旧工事着手（27日完了）
- 19日 秋津川橋付近の法面崩壊の復旧工事の作業開始
熊本 I C 料金所ゲートの天井板撤去作業
- 22日 九州道の跨道橋（日向 2号橋）について撤去着手（27日完了）
- 26日 九州道熊本 IC 付近 PC 橋サンドル工事着手（27日完了）

日建連九州支部でのヒアリング結果を以下に示す。

- ・NEXCO 西日本からは、日建連加盟企業の担当者（特に過去の工事の所長など）

に直接連絡が来ることが多かった。

- ・高速道路を早期開通したいという政府の意向があり、打合せと応急復旧の対応が非常にタイトなスケジュールで実施された。

参考文献

- ・平成 28 年（2016 年）九州地方整備局 道路部熊本地震対応記録誌，九州地方整備局
- ・【気象庁技術報告】平成 28 年（2016 年）熊本地震調査報告，気象庁
- ・熊本地震の記録～熊本地震において TEC-FORCE・リエゾンに何が起きたか 何をしたかを伝える～，九州地方整備局
- ・平成 28 年熊本地震に関する被害状況について，報道資料 熊本県危機管理防災課令和 5 年 9 月 13 日
- ・「阿蘇大橋地区 斜面崩壊対策の概要」九州地方整備局 平成 30 年 9 月版
- ・国土交通省九州地方整備局：平成 28 年熊本地震災害に関する情報
http://www.qsr.mlit.go.jp/bousai_joho/tecforce/index.html
- ・NEXCO 西日本 HP
<https://corp.w-nexco.co.jp/corporate/release/hq/h28/0525c/>

II-5 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

1. 東日本大震災の概要

1.1. 気象の状況／地震の状況

① 地震の概要

- ・発震時刻：2011年3月11日14時46分
- ・震央地名：三陸沖
- ・規模（マグニチュード）：9.0
- ・各地の震度

東日本を中心に北海道から九州地方にかけての広い範囲での揺れ（震度6弱～1）を観測。

震度7 宮城県北部

震度6強 宮城県南部・中部、福島県
中通り・浜通り、茨城県北部・
南部、栃木県北部・南部

・余震活動

2021年2月11日までM7.0以上は10回、M6.0以上は130回、震度1以上は14,590回にものぼる。

② 津波の概要

津波観測施設が被害を受けたためデータが入手できない期間があるものの、最大潮位9.3m以上の大規模な津波が観測された。また、土木学会海岸工学委員会を中心とした「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」によると、三陸海岸では多くの地域で浸水高が20m以上であり、30mを超過する地域もあった。岩手県宮古市では遡上高さが40mを超過していた。



（出典：国土交通省）

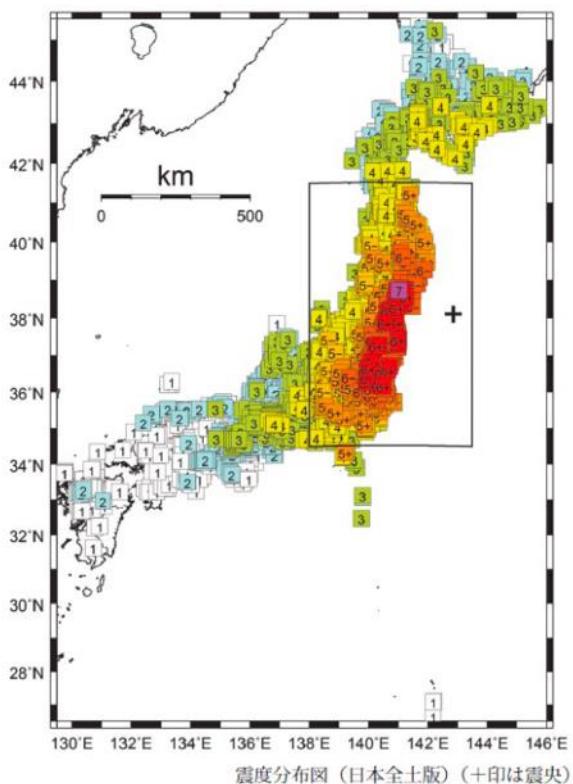


図 1-1 東日本大震災における各地の震度
(出典：国土交通省)

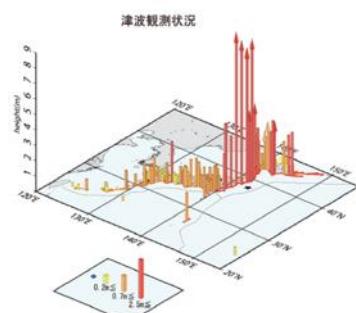


図 1-3 津波の観測結果
(出典：国土交通省)

1.2.被害の状況

①被害の概要

- ・人的被害：死者 19,747 人、行方不明者 2,556 人
- ・住家被害：建物の全壊半壊一部損壊が合わせて 1,154,893 棟
- ・液状化

東北から関東にかけての広範囲で液状化現象が発生。従来から液状化が起こりやすい地域として認識された地域のみならず、埼玉県や千葉県の内陸部でも被害が発生。

- ・ストック（社会資本・住宅・民間企業設備）への直接的被害額

約 16.9 兆円と推計されており、阪神・淡路大震災（約 9.6 兆円）の 1.7 倍以上の被害額

- ・原子力災害による被害

地震発生により、東北地方の太平洋沿岸部に立地し稼働中であった 5 篤所 11 基の原子力発電所が緊急自動停止。

東京電力（株）福島第一原子力発電所では、大津波により非常用を含む全電源が喪失し、原子炉の炉心冷却機能が停止した。また、1号機から4号機までの使用済燃料プールの冷却も困難となった。3月12日午後に1号機、3月14日午前に3号機、3月15日朝に4号機において水素爆発と思われる爆発が発生。2号機では3月15日朝に水素爆発と思われる衝撃音が確認され、4号機においても火災が発生。汚染水の滞留、外部流出も発生しており、放射性物質が外部へと放出された。この事故により、国際原子力・放射線事象評価尺度で最も危険度の高いレベル 7 に至った。これらの事象を受け、住民への避難指示や「警戒区域」の設定による立ち入り禁止措置がとられた。また、事故による電力供給不足、放射性物質の外部放出による農水産物被害、風評被害など国内にとどまらず海外にも影響を与えた。

②社会インフラの被害の概要

- ・道路の被害

道路橋の流出や法面崩落等により、高速道路 15 路線、直轄国道 69 区間、都道府県等管理国道 102 区間、県道等 540 区間が通行止めとなった。

- ・鉄道の被害

新幹線については、東北新幹線で高架橋の損傷、電柱の倒壊、駅天井の落下等の被害が発生したほか、山形・秋田新幹線についても軌道変位等の被害が発生したが、高架橋の倒壊等の致命的な被害は無く、過去の震災時と比べ、被害規模は相対的に小さかった。

JR在来線、第三セクター鉄道、貨物鉄道については、茨城県から岩手県にかけての太平洋沿岸部の多くの路線において、津波により駅舎、線路等の流失・冠水被害が発生。内陸部の路線でも、路盤の変形、土砂崩れ等の極めて甚大な被害が発生。合計 25 事業者、85 路線が被災。

- ・空港の被害

仙台空港は、大津波により湛水が発生し、滑走路、誘導路、エプロン等に車両2,000台が漂着したほか、土砂やがれきが広範囲に広がり、機械設備や電気機器等が浸水するなど甚大な被害を受けた。

・河川の被害

東北・関東地方の河川を中心に、直轄河川8水系2,115箇所、都道府県管理河川10県1,353箇所で堤防の法すべり、沈下等が発生。また津波遡上による堤防越水、それに伴う家屋流出等、河口部に近い沿川は大きな被害となった。

・その他インフラ機能の被害

上下水道、電気、ガスなどのライフライン等に甚大な被害が生じた。

・港湾の被害と被災状況

青森県八戸港から茨城県鹿島港に至る太平洋側すべての港湾（国際拠点港湾および重要港湾14港、地方港湾17港）が被災し、防波堤や岸壁等に大きな被害が生じ、港湾機能が全面的に停止。被災の特徴は、津波による防波堤の被害が甚大なことであり、八戸港、釜石港、大船渡港、相馬港などでは、第一線防波堤が全壊あるいは半壊した。また、相馬港、小名浜港、茨城港（常陸那珂港区）などでは、地震により岸壁背後のエプロンや荷さばき地が液状化等により沈下を起こし、陥没や岸壁との間に大きな段差を生じた（図1-5～1-7）。

また、港湾を直撃した津波により埠頭用地に保管されていたコンテナや木材等が多数散乱し、その一部は海上に流出するとともに、港周辺の車両や係留船舶、建築物などと合わせて、航路・泊地内の支障物となった。航路啓開※作業による揚収物は、コンテナや車両、船舶の外、建物の残骸や漁網、パルプ原材料などの多岐にわたり、揚収量は8月20日時点でコンテナ約380台、車両230台、小型船340隻、その他の揚収物25,000m³に達しており、その多くは地元自治体などの協力により処分されている。

※航路啓開

地震によって津波が発生すると、港内外に大量の貨物、がれき（木材、漁具、養殖いかだ、船舶）等が流出し航路を塞ぐことで、緊急物資輸送船をはじめとする船舶の航行が困難となる。そのため、復旧に必要な燃料や物資の補給のために緊急物資輸送船が早急に接岸できるように、航路の確保が必要となり、対象範囲の浮遊物および水没物を撤去することを航路啓開と呼ぶ。航路啓開範囲は、緊急物資輸送船の船型に基づき優先啓開範囲を設定し、暫定航路幅、暫定水深を阻害する障害物について応急公用負担権限（非常災害が発生した際に、緊急の危険を防止するため、他人の土地、工作物の一時使用、障害物その他の物件の使用、収用、処分（公用負担）を行うことができる権限）を行使して迅速に除去する。また、接岸した緊急物資を運搬するために道路啓開も同時に必要となる。

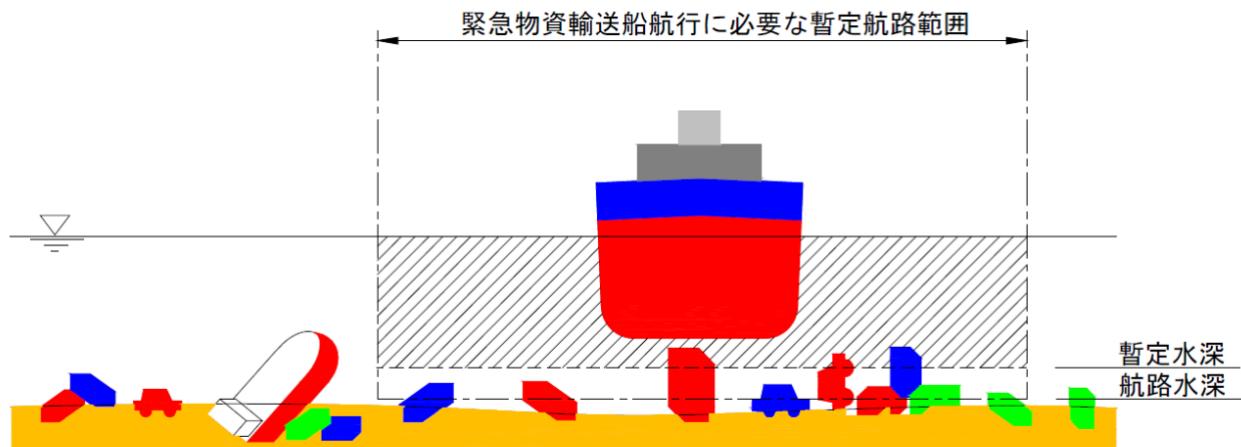


図 1-4 応急公用負担権限行使の実施対象範囲の概念図

(出典：国土交通省)

東日本大震災では、港湾ごとの管理者や海上保安部等と調整し、耐震強化岸壁とその航行ルート上にある航路や泊地に優先順位を定め、浮遊物の除去や海中支障物の揚収、除去後の暫定利用（運用水深）について協議を実施。水中部の支障物揚収にあたっては、水没車両の中に取り残されている人体の有無やコンテナ内部からの漏出物の確認も必要であったことから、深浅測量ならびに潜水測量による慎重な事前調査が求められた。



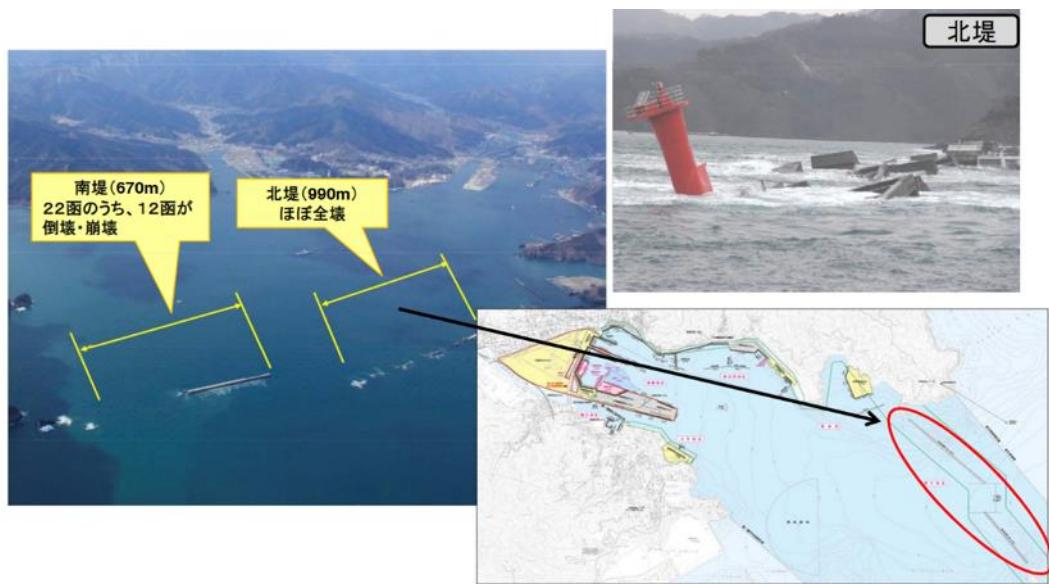


図 1-6 釜石港 湾口防波堤の被災状況
(出典:国土交通省)



図 1-7 茨城港 日立港区の岸壁の被災状況
(出典:国土交通省)

2. 東日本大震災の被災と復旧

2.1. 調査の背景と目的

東日本大震災では地震による被害のみならず、津波による被害も発生しており、港湾への被害は甚大であった。これに加えて、日建連 土木工事技術委員会 土木技術開発部会 災害対応技術企画 SWG にて実施した日建連会員企業へのアンケート調査の結果、東日本大震災においては航路啓開や港湾施設の応急復旧対応事例に関する回答が多く見られた。会員企業には日建連に加えて、(社)日本埋立浚渫協会の会員となっている企業が多い。そこで、道路事業に携わる企業にとって、港湾施設の復旧事例は、新たな知見を得る良い機会であると考え、港湾の応急復旧に当たる航路啓開と、港湾施設の防波堤の本復旧に着目して調査を実施した。また日建連企業ヒアリングにおいて津波により被災した道路施設復旧に関する知見を得ることができたので報告内容としてまとめた。

2.1.1. 調査対象と事例

東北地方整備局は、震災直後の初動として、被災地の復旧・復興のための緊急輸送道路網を確保する「くしの歯」作戦を展開し道路啓開を行うとともに、海上輸送による大量の救援物資の受け入れを行うべく、貨物船を接岸できるようするための海洋浮遊物除去、航路内の支障物を揚収する航路啓開を緊急復旧事業として実施した。また、航路啓開と併せて、岸壁や防波堤の復旧を実施した。

2.2. 応急復旧・本復旧までの概要と対応プロセス

2.2.1. 東北地方整備局の災害協定

平成 19 年 2 月 19 日に「災害時における応急対策業務に関する協定」を締結している。締結先は国土交通省東北地方整備局、東北 6 県（青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県）および仙台市と社団法人 日本土木工業協会 東北支部（現 一般社団法人 日本建設業連合会 東北支部）である。

2.2.2. 日建連東北支部の災害対応

日建連への出動要請は、東北地方整備局からではなく、平成 23 年 3 月 12 日付の要請文書のとおり、国土交通省本省より発出され、3 月 14 日に東北地方整備局より要請書を受理した。災害対応状況の例として、東北地方整備局災害対策本部が 3 月 13 日 22 時に発表した災害情報第 19 報では、建設業協会連合会との協定に基づき 16 チーム、延べ 79 人、機械 52 台（道路：15 チーム、延べ 65 人、機械 47 台、河川：1 チーム、延べ 14 人、機械 5 台）を投入している旨の記録があった。一方で、日建連東北支部に実施したヒアリングによると、災害対応としては資機材の手配がほとんどであり、役務を伴う対応は宮城県より要請のあった運河のがれき・支障木等の処理など数例とのことであった。平成 23 年 11 月に日建連東北支部が会員企業に実施したアンケートにおいても、要請先は地方自治体が 47% と最も多く、次いで国土交通省、電力関係が 14% とされており、対応としては

資機材の手配が最も多いとの回答であった。

以下に地震発生からの対応を時系列で示す。

- ・3月11日（金）14:46

地震発生

- ・3月12日（土）

日建連の支部長会社に仮本部を設置

- ・3月13日（日）14:00

国土交通省東北地方整備局より連絡。

「対応可能な資機材」をリストアップし、同日の19時までに提出することを要請された。

⇒「災害緊急連絡体制」に則りグループ班長（16社）までのアンケートを実施。

- ・3月13日（日）19:00

東北地方整備局に「対応可能な資機材リスト」を説明。

東北地方整備局にて3月14日の朝までに、緊急度に基づき「要請リスト」を作成するので、3月14日7:30から打ち合わせをしたいと要請があった。

- ・3月14日（月）7:30

東北地方整備局と「必要資機材」について打ち合わせ。

東北地方整備局から救援機器物資等の調達リストの提示を受ける。

最重要機器物資は「テント」「仮設ハウス」「仮設トイレ」「照明」「発電機」など。

仮設ハウス設置のための敷地整地、進入路造成等に使用する重機の確保まで、作業は日建連側の自己完結型を要望された。

⇒東北地方整備局に対して、燃料確保が困難なため燃料補給体制の確立を要望。

- ・3月14日（月）

東北支部 正・副支部長会議を開催（各社支店長および土木部長）。

最重要機器物資を中心に、リース業者別ではなく地域別に「より確実な調達可能数量を把握」することを決定。集計表は18日に東北地方整備局に提出することとする。

⇒調達可能数量を把握するために、エリアを北海道：間組、関東：鹿島建設、北陸：西松建設、中部：大成建設、関西：大成建設、中国：鉄建建設、四国：鹿島建設、九州：前田建設工業に分けて、それぞれ担当会社を決定。

⇒一方で、要請に基づく救援物資の手配および送付を開始。

⇒燃料確保が難しいことから、東北地方整備局に燃料補給体制の整備を再度要請。

- ・3月16日（水）

支部事務局内に正式に「震災対策本部」を立ち上げることを前提に、正・副支部長会社らに社員の派遣を打診。

⇒臨時電話（10本）、コピー機、パソコン、プリンター等の手配。ただし、パソコンは各自で持参することをお願いする。

- ・3月17日（木）10:00

「本・支部合同震災対策会議」開催。

- ・3月17日（木）14:00

震災対策本部を構成する幹事社を8社体制とすることを確認し、対策本部の活動方針を打ち合わせる。

- ・3月18日（金）

「震災対策本部」を日建連東北支部内に正式に立ち上げ、資機材ごとに幹事社の調達分担を決めて活動を開始。

- ・3月19日（土）

以降《要請に基づく救援物資の手配、搬送、設置等の支援業務を継続》

- ・3月30日（水）

東北地方整備局より「3月31日をもって救援物資の調達活動を縮小する」旨の指示を受ける。

4月以降は、各自治体の要請に協力してほしい旨の要請。

- ・4月1日（金）

以降は、東北地方整備局経由で要請を受けていた物資の手配搬送の残務を継続。

宮城県各自治体からの支援要請は継続。

日本建設業団体連合会、日本土木工業協会、建築業協会の3団体が合併し、「日本建設業連合会（日建連）」として新たな活動を開始。

- ・4月14日（木）

宮城県より、がれき・支障木等の処理について要請。

貞山運河 10キロ

東名運河 3.2キロ

- ・5月9日（月）

福島県災害対策本部より重機等の調達について要請。

※その後は、各自治体からの要請等に対する支援を継続実施。

2.3. 東北地方整備局による港湾施設の応急復旧対応

● 港湾に関する復旧・復興について

港湾に関する復旧・復興の流れは、①初動（被災調査）、②航路啓開（緊急物資）1か月以内、③応急復旧（企業活動再開）3か月以内、④本格復旧・復興（地域経済復旧・復興支援）5年以内を目安に進められた。図2-1に地震発生直後からの取組みを示し、以下に対応について示す。

[発生直後の初動・応急復旧]

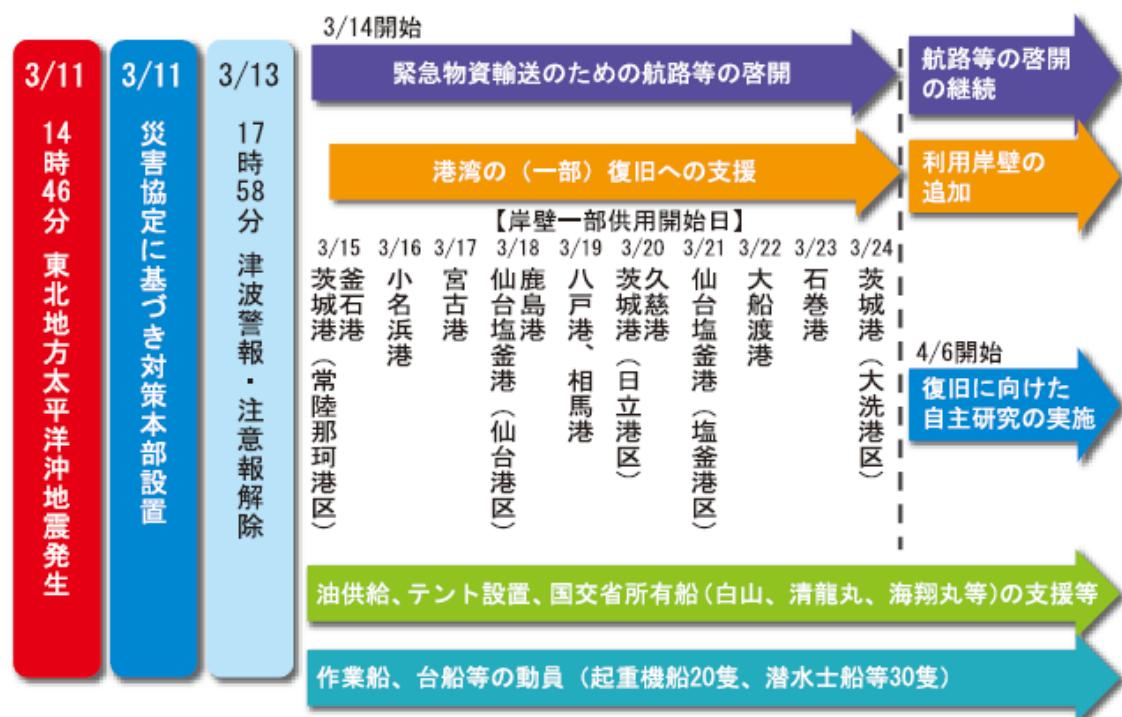


図2-1 地震発生直後からの取組み

(出典:日本埋立浚渫協会)

① 初動対応（国土交通省本省）

3月11日14:46（震災直後）国土交通省本省に非常災害対策本部を設置

3月11日15:15（国土交通省緊急災害対策本部と港湾局緊急災害対策本部を設置

3月12日 本省緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）先遣隊による防災ヘリからの調査結果報告

3月13日 津波警報・注意報解除

3月14日より直轄港湾事務所、港湾管理者による港湾施設の被災状況の現地調査。緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）が派遣され、被災状況の確認、点検及び技術支援開始。

② 災害応急対応協定の執行

被災港湾に緊急支援物資を輸送する船舶の入港が困難となったため、東北地方整備局は3月12日に災害応急対策協定に基づき、（社）日本埋立浚渫協会等に緊

急物資輸送船を入港させるために早急に航路啓開作業を開始するよう要請。

③ 啓開作業および港湾施設の応急復旧

3月12日に動ける船が4船団あることを確認。協議の結果、宮古港、釜石港、仙台塩釜港（仙台港区）へ入港。宮古港と仙台塩釜港（仙台港区）は背後地の浸水がひどく、釜石港は東北道がつながる道路に高架橋が多くて復旧が遅れそうであつたことから、緊急物資を海上輸送する船が一刻も早く入港できるように優先的に行われた。津波警報・注意報が解除された3月14日から、主要港（八戸港、久慈港、宮古港、釜石港、大船渡港、石巻港、仙台塩釜港（塩釜港区）、仙台塩釜港（仙台港区）、相馬港、小名浜港）において、東北地方整備局及び港湾管理者が航路、泊地等の障害物を取り除いた後、海上保安庁等が緊急輸送路の確保のための水路測量を行うという手順により、啓開作業が開始。国土交通省から災害対応方針が示されたのを受け、16日から各港の啓開作業が本格化。表2-1に災害協定に基づく航路啓開作業一覧を示す。基幹的輸送を担う施設（外貿コンテナ、フェリー、RORO船）、火力発電所石炭や石油精製用原油の取扱い施設等について、優先的に応急復旧が実施された。

表2-1 港湾施設の復旧について

港湾名	埋立浚渫協会船団構成	啓開作業着手日	第1船入港日 (貨物等)
八戸港	起重機船6船団（29隻）	3月15日～	3月19日 (救援物資)
久慈港	起重機船4船団（15隻）	3月15日～	3月26日 (救援物資)
宮古港	起重機船4船団（13隻）	3月15日～	3月16日 (救援物資)
釜石港	起重機船3船団（10隻）	3月15日～	3月16日 (発電機)
大船渡港	起重機船5船団（18隻）	3月19日～	3月23日 (救援物資)
石巻港	起重機船3船団（12隻）	3月19日～	3月23日 (救援物資)
仙台塩釜港 (仙台港区)	起重機船4船団（13隻）	3月14日～	3月17日 (救援物資)
仙台塩釜港 (塩釜港区)	起重機船8船団（21隻）	3月16日～	3月21日 (燃料)
相馬港	起重機船3船団（12隻）	3月27日～	3月20日 (急患搬送)
小名浜港	起重機船4船団（14隻）	3月18日～	3月18日 (救援物資)

（出典：日本埋立浚渫協会）

④漂流船舶の確認、除去

漂流船舶について、海上保安庁と連携し、生存者の有無の確認を最優先に実施。発見した船舶 506 隻のうち、使用可能性のある 85 隻を曳航救助し、各県の港湾に確保した係留場所に仮係留し所有者に引き渡した。

[応急復旧]

- ① (社) 日本埋立浚渫協会に対して、防波堤や岸壁等の国有港湾施設全般に対し応急復旧を依頼。被災状況に合わせて被災現場ごとに応急復旧方法などを協議した。啓開作業と並行して被害状況調査や緊急復旧・応急復旧工事に向けた活動が開始。3月 27 日に仙台塩釜港（仙台港区）で被害状況調査として岸壁エプロン部の空洞化調査や潜水士による岸壁の構造変状調査が行われたのをはじめ、他港でも被害調査が進められた。
- ② 日建連に対して、コンテナやフェリー、石炭などの輸送需要に対応するための迅速な災害復旧を依頼。被災状況に合わせて被災現場ごとに応急復旧方法などを協議した。

[本格復旧・復興]

岸壁や防波堤の復旧・復興工事について、震災 1 年後の 2012 年 3 月時点では 86% の岸壁が利用可能となった。

●航路啓開に関するヒアリング結果

[被災状況の把握や現地調査などで苦労した点、工夫した点]

(苦労した点)

- ① 通信手段が限定的な状況における情報共有
→ 定例会等で共有して対応した。

② 燃料の不足

→ 初期はストック分でやりくりを行った。

(工夫した点)

- ① 海底測量にナローマルチビーム測量を活用したこと。
→ 課題として、当該技術を扱える職員の育成が挙げられる。
- ② 直轄職員の機転を利かせた判断で津波から港湾業務艇を守ったこと。
→ その後の現地調査等で活用できた。

[航路啓開に採用した技術を選定した事由]

- ① 浮遊物に対しては、シルトプロテクターを展張し集約させて起重機船等で回収した。
- ② 海底に沈んだ障害物に関して、漁網や家屋などは起重機船の大型オレンジバケットで揚収した。コンテナは内容物が流出しないように潜水士により玉掛けを行い揚収した。コンテナ揚収については、重量が不明なため余裕を持たせた大きなクレーンで吊り上げる必要があり、危険物が積まれていないかを代理店に確認しながら慎重に作業を行った。

[役立った技術]

ナローマルチビーム測量

→単素子による障害物確認に比べて容易に把握が可能であった。

[効果的であった対応]

- ・災害協定とそれに基づく業界団体への迅速な協力要請
 - ・優先啓開港の指示
 - ・国・港湾管理者、港長（海上保安部）の三者連携による速やかな岸壁供用再開
 - ・道路啓開（通行可能道路）と航路啓開（供用可能岸壁）を統合した情報発信
- [今後、役立つと思われる技術、開発を期待する技術]
- ・ナローマルチビーム測量の成果を迅速に得るための画像解析等の技術
 - ・濁っていても海水中の津波漂流物を回収できる技術（作業者の安全確保）

●港湾施設の復旧について

青森県、岩手県が津波による被害が大きかった。宮城県は津波も地震も被害があった。福島県は相馬港では地震により防波堤の倒壊も津波の被害もあったが、小名浜港に関しては地震動被害が津波より大きかったというような全体的な傾向がある。想定以上の外力を受け、湾口防波堤（津波防波堤）が倒壊したことが本災害における港湾の被害において、最も衝撃的であった。この被災メカニズム（ケーソンの滑動や越流洗掘による滑落等）を踏まえ、粘り強い構造という概念が生まれ、復旧事業に取り入れた。

図 2-2 のように八戸港に整備済みだった港湾の防波堤が崩壊してなくなっていた。

このほか、釜石港や大船渡港における湾口防波堤や各港の防波堤は、想定よりも大きな津波による巨大な水平力や洗掘などにより崩壊した。具体的には、図 2-3 のとおり、津波が押し寄せて、湾口防波堤の湾港の港外側と港内側で最大水位差約 8.2m が発生し、ケーソンが押されることにより滑動した。このような大きな水位差で港内側に水が流れ落ちるために、基礎を崩して、それによってケーソンが滑動してしまった。さらにケーソンが滑落した部分に流れが集中、マウンドの洗掘が両側に進行し、マウンド上に残ったケーソンも傾斜した。東北地方整備局では、今回の事象を踏まえて、粘り強い効果を発揮するために、このような概念を整理したうえで、復旧時の設計を行った。具体的には津波がケーソンを流れ落ち、基礎を洗掘するということを防ぐために、図 2-4 のように防波堤基礎マウンドの港内側をかさ上げし、ブロックで被覆するなどして、ケーソンの滑動抵抗を増加させるとともに、基礎マウンドの洗掘を防止するといった粘り強い構造を導入した設計を行った。



図 2-2 ハ戸港の防波堤の被災と復旧後

(提供: 東北地方整備局)

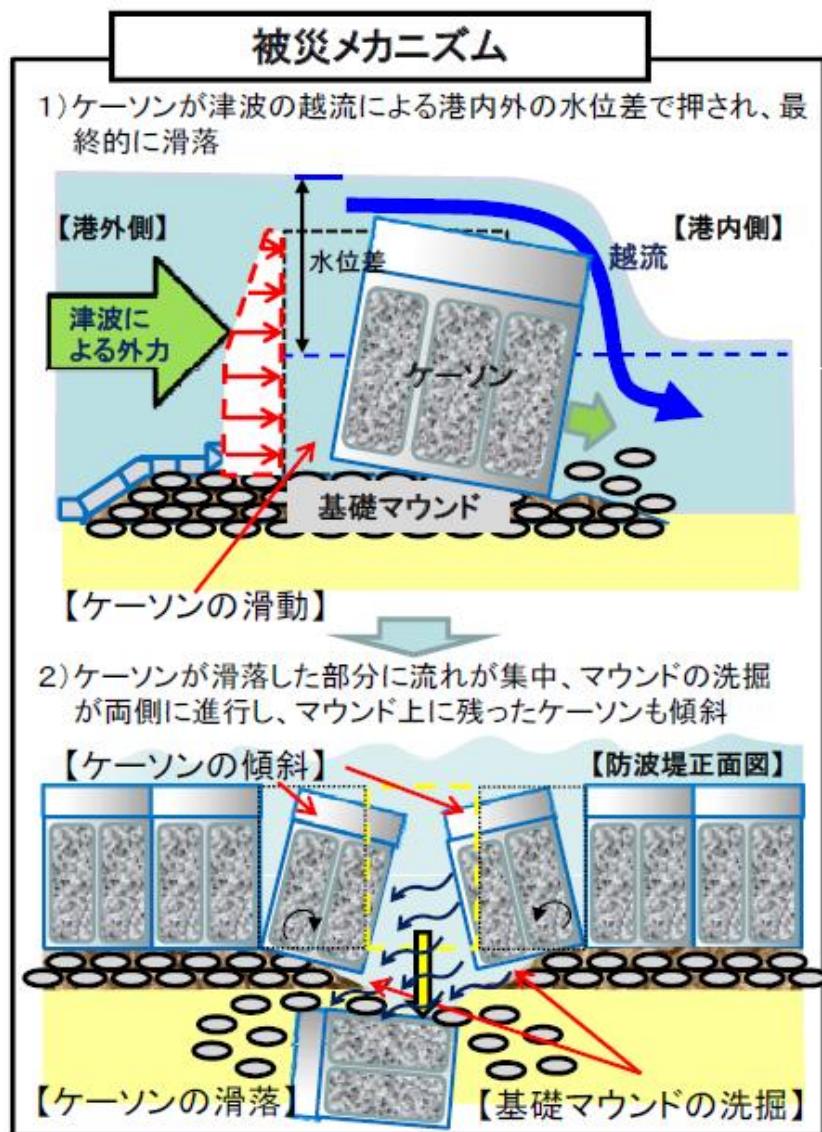
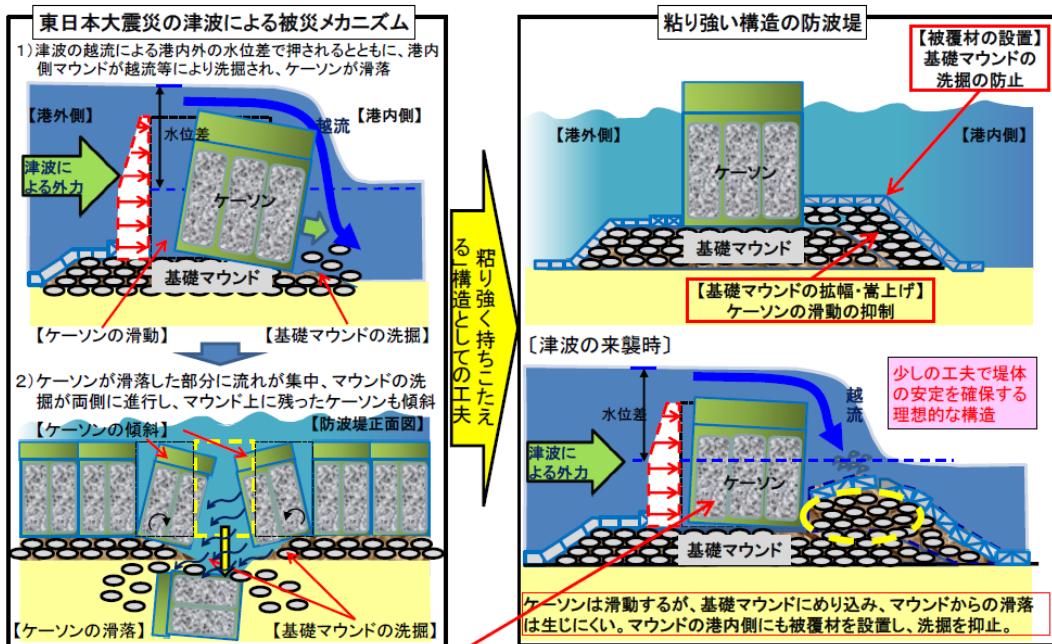


図 2-3 釜石港 湾口防波堤の被災メカニズムの例

(提供: 東北地方整備局)

防波堤の粘り強い構造のイメージ



堤体破壊を制御する技術は未確立→現状の知見から「粘り強い構造」を導く

図 2-4 防波堤の被災メカニズム(釜石港 湾口防波堤の例)と粘り強い構造のイメージ
(提供: 東北地方整備局)

● 港湾施設の復旧に関するヒアリング結果

[被災状況の把握や現地調査などで苦労した点、工夫した点]

(苦労した点)

① 地盤沈下した基準点の取扱い

→ まずは発災前に使用した基準点等により暫定的に測量を実施した。

② 燃料の不足

→ 初期はストック分でやりくりを行った。

(工夫した点)

ナローマルチビーム測量を活用して防波堤倒壊の状況等を把握した。

[港湾施設の復旧に採用した技術を選定した事由]

「東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会(委員長: 高山和司、京都大学名誉教授)」や各港における「復興会議」の議論を踏まえ、各港湾施設の復旧内容について決定した。その後、災害査定を経て現地着工した。

[役立った技術]

迅速な復旧を目的に各港で下記を採用した。

- ・釜石港湾口防波堤でハイブリッドケーソン^{※1}・逆Tブロック
- ・大船渡港でプレキャスト工法(鋼セル構造→逆Tブロック^{※2})
- ・宮古港で大型起重機船やコンクリートプラント船
- 相馬港はケーソンをFD・ヤードなどで多重製作した。

[効果的であった対応]

- ・資機材調達を工夫した。

→専用生コン工場建設、コンクリートプラント船、震災廃棄物の活用など

- ・釜石港では一定の作業ヤード（国有地の泉作業基地）が確保できたため、復旧工事がスムーズに進捗した。

[今後、役立つと思われる技術、開発を期待する技術]

- ・工期短縮を目的とした気象海象条件に左右されにくいプレキャスト工法
- ・GNSS技術を活用したバースサーバイナー
- ・海中を容易に可視化できる技術
- ・乱れた基礎マウンドの成形などにおいては、遠隔水中ブルドーザー等の有効活用もあり得る。

●本災害を踏まえて、災害時に日建連へ期待する事項

- ・大規模災害時における企業としての機能継続

→災害時に「動ける」ことに期待

- ・陸上部や水中部における現地把握や現地作業が可能な遠隔技術

- ・港湾・道路・河川といった広範囲の被災時にも円滑かつ途切れない資機材の供給体制

※1ハイブリッドケーソン（HBケーソン）

図2-5に示すとおり、鋼殻とコンクリートを一体化した部材で構成するケーソンであり、

一般的な鉄筋コンクリートケーソン（RCケーソン）より高強度のため、長大化が可能。

釜石港南提深部に採用されたHBケーソンは、千葉県や愛知県、三重県で製作された。



図2-5 ハイブリッドケーソン（左・完成形、右・入港状況）

（提供：東北地方整備局）

※2逆T型ブロック

津波の流入を防ぐために開口部（航路部の水面下）に設置している潜堤は、被災前は鋼セル構造を採用していたが、今回の復旧では図2-6に示した逆T型ブロックを設置してその上に石材を投入する構造とした。また、大船渡港では作業用地が不足していたため、釜石港で製作した。



図 2-6 逆 T 型ブロック(左. 製作状況、右. 据付状況)
(提供: 東北地方整備局)

2.4. 日建連会員企業による復旧工事

次の2社にヒアリングを実施し、航路啓開工事と港湾施設復旧工事について記述する。

(1) 五洋建設株式会社（以下、五洋建設）

日時：2023年7月14日（金）16:00～17:00

場所：五洋建設株式会社東北支店

(2) 東亜建設工業株式会社（以下、東亜建設工業）

日時：2023年8月8日（火）16:00～17:00

場所：東亜建設工業株式会社東北支店

2.4.1. 航路啓開

ヒアリングから、各社が航路啓開を対応した港湾は以下となる。

- ・五洋建設：仙台塩釜港（仙台港区）・相馬港
- ・東亜建設工業：仙台塩釜港（塩釜港区）・大船渡港



図 2-7 港湾施設の被災状況

（提供：東北地方整備局）

(1) 五洋建設ヒアリング

ヒアリングの主な内容を列記する。

<航路啓開に関して>

- ・航路啓開に関して日本埋設浚渫協会東北支部から要請があり、復旧作業はすべて東北地方整備局発注の入札による業務であった。
- ・航路啓開作業は海中の支障物をソナーで確認して引き揚げ、回収する作業となる。使用する作業船は起重機船をバケット仕様にしたものになる。
- ・航路啓開の前提として作業船が必要となるが、在場の作業船は被災を受けており稼働できないため、全国ネットで船の調達を行った。
- ・東北地方整備局では太平洋側で被災した際に日本海側の船が支援するような災害シミュレーションや防災訓練が行われていると聞いている。
- ・海中からの回収物は、岸壁に仮置きした。漂着物は漂着した場所の自治体か所有者が処分する。所有者が破棄すれば自治体が処分した。
- ・航路啓開は、初めて経験した。

<航路啓開に関わる技術>

- ・ソナーとしてナローマルチビーム測深機を用いた。この技術の現状は当時と比べて数は増えたが、精度としては当時から支障物を把握できたので大きな進歩はない。測定ではノイズを拾うのでノイズ除去のために専用ソフトを使用する作業が必要であり、リアルタイムに確認できるものではなかった。現在はクラウド化してリアルタイムでの処理が可能になった。
- ・潜水士作業のロボット化として、玉掛け玉外しができるものは試されているが、実用化には至っていない。
- ・潜水による水中確認を映像等で可能にしたいが、油で覆われた水中は暗く、濁った水中ではライトが乱反射する等ハードルが高い。水没した車の名部確認等ができる可視化技術があると良い。
- ・五洋建設では水中4Dソナーといってリアルタイムで確認できるものを保有していて、グラブ船など色々な使い方をしている。

<官側に期待すること>

- ・作業船を必要とする港湾工事が太平洋、日本海側で偏らないように発注されると防災上は良いが、現実的に工事発注は各港の予算によるのでバランスをとるのは難しいと考えられる。
- ・東日本大震災の仙台空港周辺の被災状況を見て、盛土の常磐自動車道の海側と陸側で被害の状況が大きく分かれていた。東側では船が流され、反対側はほとんど影響がなかった。陸上の構造物でも津波対策として考えられる。

<苦労した点>

- ・航路啓開の作業で苦労した点は、コンテナを吊って引き上げようとしたが、中身が吸水するものだとその重量でコンテナが折れてしまう。そのため、バ

ケットで掴んで揚重すると今度はコンテナから中身が漏れ海中に残ってしまい、それをバケツで回収するということを繰り返すことになる。コンテナの中身は引き上げてからコンテナの番号によって所有者を割り出し、確認を行った。

- ・揚重の玉掛けのために潜水作業が必要となるが、被災で油の流出が多く、一面に油の浮いた海に潜って視界もほとんどない状況だったので、非常に危険な潜水作業となつた。
- ・また、車の引き上げでは人が乗っていないかの確認を潜水作業で行うが、心理的にも負担の大きな作業であった。
- ・ライフラインが被災しているため、油の中を潜水しても風呂に入れず、衛生管理に苦慮した。その他作業員に関しても被災地なので施設が不十分で住環境の確保が大変だった。
- ・被災直後は、このような状態で誰が協力してくれるのかという状態だった。測量会社さんも被災していると思われ、電話連絡もはばかられる状況だった。まずは安否確認が最優先だったが、会社の災害用衛星電話が1本だけ通っていたが、ほかはひたすら携帯電話をかけ続けた。あとは燃料の確保が困難だった。

(2) 東亜建設工業ヒアリング

ヒアリングの主な内容を列記する。

<航路啓開に関して>

- ・震災直後、「緊急支援物資を積んだ船舶が入港できるようにするため、航路啓開が急務であった」ことから、東北地方整備局から（社）日本埋立浚渫協会東北支部に災害対策協定に基づく対応の要請があった。被災を受けた東北の港湾には航路啓開できる作業船がなかったことから、全国規模での作業船のリストアップをはじめに行った。
- ・3月13日夕刻の津波警報・注意報の解除を受け、翌14日早朝から被災地への支援を第一に、宮古港、釜石港、仙台塩釜港を優先して航路啓開が開始された。
- ・航路啓開着手時は、基本的に各港に1隻の作業船配置であった。
- ・最終的には、東北地方整備局管轄の11港の航路啓開は、（社）日本埋立浚渫協会東北支部の各社が担当した。
- ・東亜建設工業は、仙台塩釜港（塩釜港区）、大船渡港、久慈港の3港を担当した。①仙台塩釜港（塩釜港区）は、東亜・りんかい日産JVで作業船1隻、②大船渡港は、東亜・大本組JVで作業船2隻、③久慈港は、東亜・みらいJVで作業船1隻により対応した。①、②は東北地方整備局、③は岩手県との契約で実施した。
- ・各港は、がれき、家屋、ガス等の危険物、養殖いかだ、座礁した小型船舶等の浮遊物が海面に散乱している状況であったため、これらの浮遊物をはじめに回収した。その後、海中や海底にある支障物の撤去を行つた。

- ・海中や海底にある支障物は、先行して行われた海上保安部や我々によるナローマルチビーム測深の結果から概ね場所を特定できた。
- ・航路啓開の目的は、船が入港するための航路幅と水深の確保である。また、船が着く岸壁前面やその近くは重要なため、ナローマルチビーム測深技術により車等の支障物の位置を細かく把握しながら撤去を行った。
- ・海中にある支障物の確認や玉掛けは、潜水士で行った。ただし、潜水士の視界は、かなり悪い状況であった。
- ・海中にいる潜水士の位置や進行方向は、海上に浮かんできた気泡（潜水士の呼吸で出た空気）により把握できるため、船上から潜水士に指示を出した。潜水士は、船上の送気ホースから送り込まれた空気を吸って息をする。送気ホースに通信ケーブルも這わせてあり、マイクを通じて潜水士と船上の連絡員とがやり取りをする。
- ・塩釜港は、発災 10 日目の 3 月 21 日に第 1 船目の貨物船を入港させることができた。ただし、これは、一般貨物船入港のための必要最低水深の確保であった。その後も岸壁本来の水深まで回復するため、より深い水深の航路啓開は続いた。

＜航路啓開に関わる技術＞

- ・ナローマルチビーム測深技術は、1990 年代には港湾事業に使われ始めていた。ただし、震災当時は、すべての港湾工事に用いられるほどの機材の数はなかった。現在では、ICT 施工の推進もあるため普及が進み、一般的に利用されている。
- ・東亜建設工業のベルーガ・システム（水中施工管理システム）は、広範囲のデータを一度に取得する「ナローマルチビーム測深ソナー」や「GPS」等の最新の測量機器を効率的に組み合わせ、水中の面的な深浅測量を高精度かつ迅速に行うオリジナルシステムである。測量時の船の揺れ等による補正も行う。同様な技術は、各社が保有している状況である。
- ・地震により大きな地殻変動により震災前の座標値は使用できなかつたため、RTK-GNSS にて座標値を定めた。その精度は、航路啓開を行う上で全く問題ないレベルであった。

＜苦労した点＞

- ・地元の業者は、作業員自身が被災者である方も多く、船はあるが船員が集まらないという状況であったため、全国から作業船、作業員が各被災地に入つた。
- ・航路啓開にあたって、通信手段が一番必要であった。会社から非常用衛星電話を支給されたが、高価なわりに通話機能しかなかった。また、場所によっては衛星からの電波受信が悪いところもあり、十分な活用は難しい状況だった。今では、衛星通信のスターリンクで、インターネットとつながることができるため、非常時の通信手段確保に活用できると考える。

- ・福島第一原子力発電所事故による近隣海域への立入禁止措置が出たため、作業船の航行時に、かなり外洋まで出ないと（大きく迂回しないと）いけない状況があった。当然のことながら、時間がかかるうえ、燃料を多く消費した。
- ・作業着手当初はパソコンもない状況だったので、作業前に潜水士で水中の支障物を確認し、岸壁にマークする等のアナログな方法で位置を確認していた。
- ・水没した車が見つかった場合は、ご遺体の存在確認を潜水士で行った。ご遺体を発見した場合は、警察、海上保安部への確認が必要となる。その間、航路啓開を止めることになる。撤去してよい車は、オレンジバケットを用いて、起重機船で引き揚げた。大きい支障物は、玉掛けして起重機船で吊り上げた。
- ・海底に沈んだ小型船舶について、漁業組合から「状態を保持したままで（損傷がない様に、玉掛けして吊り上げて）回収してほしい」という要望が最初はあった。ただし、数があまりにも多く航路啓開の工程遅延が生じることから、双方合意の上で、最終的にはグラブバケットで掴んで回収した。
- ・啓開作業の問題点は、第一に給油、次に漂流船や車等持ち主があるものの取り扱いである。持ち主があるものは、回収方法に注意を払うだけでなく、回収できた後に持ち主が確認できるように、岸壁にきれいに並べる等の対応に労力を割かれた。応急復旧という時間のない作業とはいえ非常に手間がかった。

＜その他＞

- ・被災地域には燃料供給できる場所がなかったため、作業船は、帰りの燃料を考慮した上で補給地に移動する必要があった。補給地は、千葉県、北海道等の津波の影響がほとんどない港湾が選ばれた。
- ・港湾工事の主要資材である基礎マウンド用の石材が地元調達分では圧倒的に不足していた。石材は自身の影響が少なかった日本海側をはじめ、北海道から関西地区まで範囲を広げ調達した。また、陸上の生コンプレントが壊滅的な状況であったため、業者間（＝発注者間）で生コンの取り合いになった。宮古港ではCP船（コンクリートミキサー船）を配置して、コンクリート製造を行い、港湾工事だけでなく市内工事用の生コンを供給した。
- ・港湾の場合は、航路啓開が応急復旧に該当し、岸壁が壊れた状態であっても、緊急支援物資を積んだ船舶が入港して荷揚げできるようになればよい（荷揚げできる岸壁が航路啓開対象として選定される）。被災した港湾施設の本復旧は、コンサルタントが設計し直してから発注（競争入札）される。
- ・航路啓開によって発災の約10日後に緊急支援物資を積んだ船舶が着岸できたが、物資を陸地に運ぶための道路啓開は間に合っていなかった。
- ・航路啓開は、1隻あたり社員、船員合わせて10人弱くらいの体制であった。

2.4.2.港湾施設復旧（湾口防波堤）

①大船渡港湾口防波堤復旧工事

〔工事概要〕

工事名：大船渡港湾口防波堤復旧工事
 施工場所：岩手県大船渡市大船渡港港内
 発注者：国土交通省東北地方整備局
 工事期間：平成24年7月～平成29年3月（10件以上の工事として分割）
 施工者：東亜建設工業（ヒアリング先）ほか

大船渡港湾口防波堤は、昭和35年チリ地震の津波被害がきっかけとなり、昭和38年より4年をかけて建設された。東日本大震災津波による想定外の波力が作用したことによって、湾口防波堤は、全長736mにわたって壊滅的な被害を受けた。すべての防波堤ケーソンが捨石マウンドから滑落し、航路になる開口部に配置されていた鋼セル式潜堤も全壊した。捨石マウンドの天端も5～15m程度低くなつた。

復旧する防波堤の高さは震災前の倍以上となるDL+11.3m、堤体幅は約2倍の21.6m、延長は震災前と同様の736mに設定された。

すべてのケーソンが基礎マウンドから滑落したため、ケーソン取り壊しの必要はなかった。図2-8に示す断面で捨石マウンドの復旧とケーソンの据え付けが計画された。

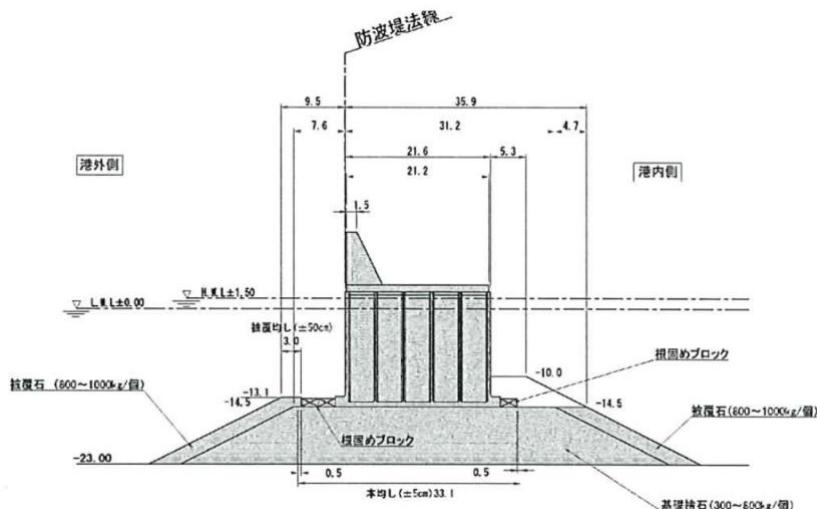


図2-8 復旧断面の概要
 (提供: 東亜建設工業)

ケーソン式防波堤の施工の流れは、下記のとおりである。

i) ケーソン製作用作業台船上および陸上ヤードでケーソンを製作し、進水・仮置きを行う。

ケーソン底面に摩擦増大用アスファルトマットを設置した。摩擦増大用アスファルトマットは、ケーソンの滑動抵抗力（摩擦抵抗力）を増大させ、重力式構造物であるケーソンの断面を縮小させるために、重力式構造物の底面と基礎捨石（マウンド）間に設置されるもので、特にケーソンの滑動が問題になる場

所で使われる。

ii) 基礎捨石を投入し、ケーソンを据え付けるマウンドを形成する。

捨石投入後はケーソン据え付けのため、捨石マウンド天端の本均し($\pm 5\text{cm}$)を行う必要がある。従来は潜水士による人力での本均しが主流であったが、当該工事では水深-25mと大水深であるため、安全性・施工性を考慮して機械均しで施工した(図2-9)。



図2-9 基礎碎石均しに用いた機械
(出典:日本建設業連合会)

iii) 捨石マウンド上に堤体となるケーソンを据え付け、ケーソン内に中詰め材を投入し、ケーソンを安定させる。

iv) ケーソンの上に上部コンクリートを打設し、堤体の高さを確保する。

v) 開口部の水深確保と港内への津波の流入を最小限に抑えることを目的で、逆T型ブロックを海中に据え付ける(図2-10)。逆T型ブロック(650t/基)は釜石港で製作され、大船渡港へ海上輸送し1800t吊旋回式起重機船で18基据え付けられた。吊り治具に改良を加えたオートリリースフックを採用した。これによって、潜水士は安全ピンを抜く作業のみで玉外しができるようになり、大幅な潜水時間の短縮につながった。

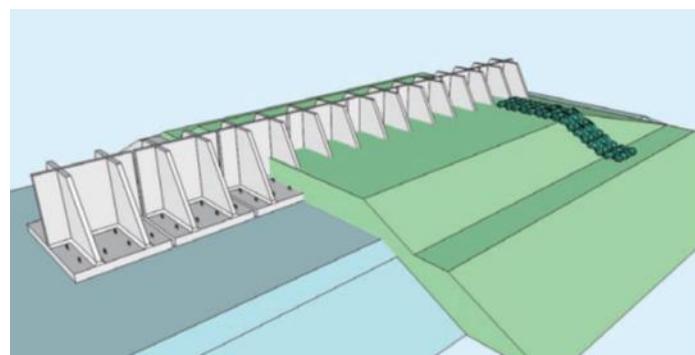


図2-10 逆T型ブロック施工イメージ図
(出典:日本建設業連合会)

②釜石港湾口防波堤復旧工事

[工事概要]

工事名：釜石港湾口防波堤復旧工事

施工場所：岩手県釜石市釜石港港内

発注者：国土交通省東北地方整備局

工事期間：平成24年2月～平成30年3月（20件以上の工事として分割）

施工者：東亜建設工業（ヒアリング先）ほか

釜石港湾口防波堤は、世界最大水深（-63m）に設置された防波堤で、昭和53年から約30年をかけて整備された。東日本大震災により湾口防波堤の一部は倒壊し、多くは大きく傾きながらも最後までマウンド上に留まり、津波を抑え続けた。

湾口防波堤の復旧工事は、南堤のおよそ半分にあたる370m、北堤の870m、開口部300mにわたって行われた。被災状況は、ナローマルチビーム測量等により確認された。北堤は、ほとんどが捨石マウンド上にケーソンが大きく傾いた状態で残存していた。開口部と南堤は、大部分のケーソンが捨石マウンド天端から滑落していた。

湾口防波堤の復旧に先立ち、専用のコンクリートプラントが泉作業基地に整備され、資機材置き場、ケーソン製作ヤード、コンクリート供給基地として本復旧事業の拠点として利用された。

本工事の主な流れは、下記のとおりである。

i) 捨石マウンド上に大きく傾いた被災ケーソンを撤去する。

図2-11に示すように被災したケーソンの-19mよりも上部を取り壊して撤去した。取り壊しは、グラブ浚渫船に装着した碎岩棒（50t）を落下させてケーソンを破碎、その後硬土盤バケットで鉄筋をむしり取って行った。

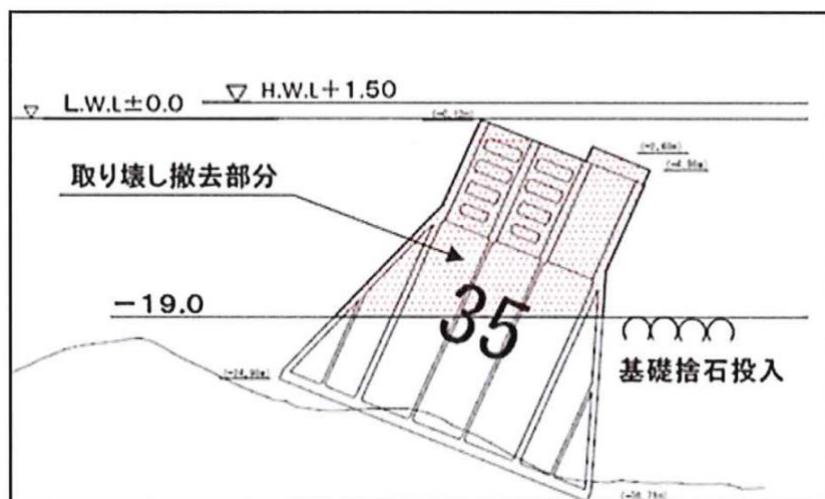


図2-11 被災ケーソン撤去範囲

（提供：東亜建設工業）

ii) ケーソン製作用台船上および海上打継場でケーソンを製作し、進水・仮置きを行う。

湾口防波堤には 37 函のケーソンが必要であり、29 函は泉作業基地内のケーソン製作用台船で製作され、残りの 8 函（ハイブリッドケーソン、調整函）は他港で製作された。ケーソンは、4 層目までフローティングドック上で製作した。その後、製作するケーソンの高さに合わせた第 1~4 まである海上打継場に順次移動しながら、進水・浮上・仮置を繰り返して製作を行った。

iii) 基礎捨石を投入し、ケーソンを据え付けるマウンドを形成する。

捨石投入後はケーソン据え付けのため、捨石マウンド天端の本均し($\pm 5\text{cm}$)を行う必要がある。従来は潜水士による人力での本均しが主流であったが、本工事では、早期復旧を目的として重錘式を含む 2 種類の機械均し方式を採用した。東北地方整備局によると、機械化施工によって、大規模かつ急速施工が可能となり、約 55 日の工期短縮が図られたとされている。

iv) 堤体となるケーソンを据え付け、ケーソン内に中詰材を投入しケーソンを安定させる。

湾口防波堤の大半は、鉄筋コンクリート製ケーソンであるが、長大ハイブリッドケーソンも 6 函採用された。千葉県、愛知県、三重県のドライドックで製作されたハイブリッドケーソンを釜石港へ回航し、起重機船を使用して据え付けを行った。

v) ケーソンの上に上部コンクリートを打設し、堤体の高さを確保する。

北堤ではコンクリートミキサー船を使用し、大スパンのコンクリート打設を行った。

vi) 開口部の水深確保と港内への津波の流入を最小限に抑えることを目的として逆 T 型ブロックを海中に据え付ける。

防波堤開口部に津波が集中してマウンドが崩壊するのを防ぐために、湾口防波堤の 300 m の開口部（航路）には、粘り強い効果が期待される逆 T 型ブロック式潜堤を設置した。逆 T 型ブロック (L10 m × B16 m × H10 m) は、釜石港平田作業基地で製作され、大型起重機船により湾口防波堤開口部の水深-29 m の基礎捨石マウンドに据え付けられた。据付け時は、陸上、海中それぞれからソナーやカメラ、測量機器を駆使して水中誘導を行った。このことにより、潜水士に頼る誘導が不要となり、安全かつ迅速に見えない海底への逆 T 型ブロック据付けを精度良く行った。

2.4.3. 道路施設復旧（仮橋設置）

[工事概要]

工事名：国道 45 号 気仙大橋仮橋設置工事

発注者：国土交通省 東北地方整備局

施工場所：岩手県陸前高田市気仙町字的場～木場（図 2-12）

工期：平成 23 年 3 月 26 日～平成 23 年 7 月 29 日（変更後）

施工者：東亜建設工業株式会社

国道45号気仙大橋 位置図



図 2-12 国道 45 号 気仙大橋 位置図

(出典: 国土交通省)

〔気仙大橋の概要〕

竣工: 昭和 57 年

橋長: 181.5m

幅員: 12.5m

橋梁型式: 3 径間 + 2 径間連続鋼板桁橋

〔仮橋の概要〕

橋長: 210.6m

幅員: 9.0m

陸上架設 (手延べ方式): 2 径間

海上架設: 5 径間

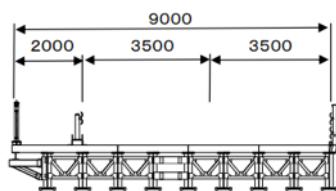
〔要請と作業状況 (海洋土木技術を活かし早期復旧を実現)〕

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大地震とそれにともなう大津波により、岩手県陸前高田市内を流れる気仙川の河口にかかる気仙大橋は、橋脚を残して橋桁がすべて流された。

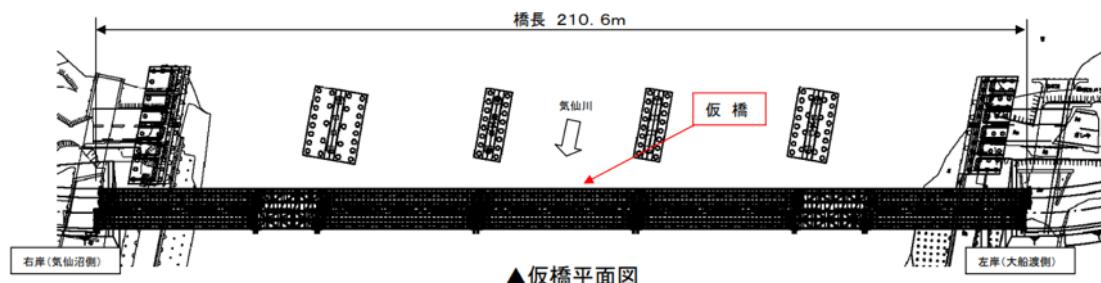
以来、救援物資を運ぶトラックや被災地復旧のための建設機械、一般車両のすべてが最長 70 km もの迂回を強いられ、市民生活や産業・経済に大きな障害となっており、一日も早い復旧が望まれた。

気仙大橋は、仙台市と青森市を結ぶ国道 45 号線の主要橋梁のひとつで、橋長 181.5m、幅員 12.5m の鋼板桁橋で、1982 年に完成した。当時、下部工を担当した東亜建設工業が、現地の状況を熟知しているとして、仮橋設置 (図 2-13) の緊急復旧要請があった。

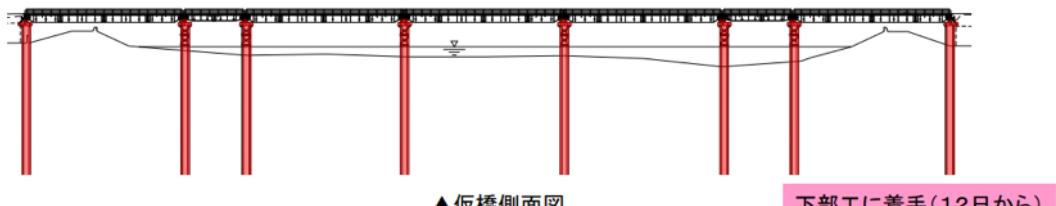
当初計画では仮橋設置箇所と平行に作業用仮設桟橋を架設してからの陸上施工であった。しかし、現地踏査を行った結果、施工場所は水門のない河口から約300mに位置し直接クレーン付台船による橋桁の海上架設が可能な場所であった。一日も早いルート回復を願う地元の方々の思いに応えるため、当初計画された作業用仮設桟橋構築を省略し、橋桁などの大型工事資材の海上運搬とクレーン付台船による橋桁架設などの河川内作業でほぼ完結する施工計画を立案した。海洋土木工事で培った技術を活用することによって、工期を大幅に短縮できる可能性が高くなつた。



▲仮橋断面図



▲仮橋平面図



▲仮橋側面図

下部工に着手(12日から)

図 2-13 仮橋 断面・平面・側面図

(出典：国土交通省)

工事は、4月1日、気仙川の深浅測量からスタート、クレーン付台船による作業が可能な水深が確保できるかどうかの調査を実施した。幸いにも気仙川の川底には大津波による大きなガレキなどの障害物はなく、同16日からバックホウ台船2隻による川底の浚渫工事に着手した（図2-14）。



図 2-14 バックホウ台船による川底の浚渫
(出典: 東亜建設工業)

さらに、工期短縮を図るために、橋桁づくりも並行して進め、発注者による建設ヤードの確保の支援をいただき、全7径間のうち5径間の橋桁を岩手県大船渡港にある陸上のヤードで地組みした(図2-15)。



図 2-15 1000トン積み台船による桁の運搬
(出典: 東亜建設工業)

地組みした橋桁を1000t積み鋼台船によって約30km離れた気仙大橋の現場まで海上輸送し、450t吊りクレーン付台船を用いて架設した(図2-16)。海上輸送には気象だけでなく波浪や霧などの海象リスクが伴うが、海洋技術を活用して無事に輸送することができた。



図 2-16 450t 吊 クレーン付台船による桁の架設
(仮橋の左側が被災した気仙大橋)
(出典: 東亜建設工業)

橋桁の架設は 6 月 18 日に完了、同月 30 日に防護柵を含む付帯設備設置が完了した。その後、隣接工区による舗装工等の道路工事が行われた。約 2.5 ヶ月の工期短縮によって、当初予定の 9 月末を大幅に上回る 7 月 10 日に仮橋を開通することができた (図 2-17)。



図 2-17 開通後の気仙大橋仮橋
(出典: 東亜建設工業)

〔工事等の実施に当たっての課題〕

- ・工期短縮を最優先に、条件にあった大型作業船等を全国レベルで調査した。
- ・職員、作業員の確保および宿舎・食料の確保に苦労した（人員や資材が奇跡的に揃った）。
- ・地組ヤードの確保（プレートガーター橋地組箇所）。※岩手県の協力により大船渡港で確保できた。
- ・仮橋両側のアプローチ盛土、仮橋の舗装工事は別件工事であり、地元業者による施工であったため日々の工程調整に苦慮した。
- ・測量水準点のすり合わせに苦労した。地震で地盤高が1mくらい動いており、基準もなく既設構造物等から高さをもってきたと記憶している。さらに、日々地盤高が10cmレベルで変化していた。
- ・緊急性に注力することから、作業は6時から22時まで行った。現場は苦労したが、被災者のためにも早く開通することだけを考えていた。

〔採用した技術に対する改善点、望まれる技術〕

仮設のプレートガーター橋は、河積阻害率の確保のため、最大支間長36mと大型になった。仮設橋梁メーカーでも過去30mが最大であり実績がなかった。本工事では、構造計算上の問題が無いことを照査することによって採用された。ただし、取扱いメーカーが国内に1社だけであり、他メーカーでも取り扱えるようになれば、汎用性が高まり調達リスクが軽減されると思う。

〔将来の災害対応の為に準備すべきと感じた事項〕

メーカー間の仮橋仕様の統一や、津波が襲来する場所に設置される橋梁（特に上部工）は、重要度を踏まえ耐震性能のみでなくフェールセーフ機構を考慮した耐津波性能についても検討すべきと考える。

2.5. 災害復旧で役立つ技術

2.5.1. 応急復旧工事で役立った技術

(航路啓開)

- ・ナローマルチビーム測量は、単素子による障害物確認に比べて容易に把握が可能であった。
- (港湾施設の復旧)
 - ・釜石港湾口防波堤での機械施工による本均し工、逆Tブロックの使用。
 - ・大船渡港でのプレキャスト工法（鋼セル構造から逆Tブロックへの変更）の使用。
 - ・宮古港で大型起重機船やコンクリートプラント船による復旧作業の迅速化。
 - ・相馬港はケーソンをフローティングドック・ヤードなどで多重製作した。
 - ・専用生コン工場建設、コンクリートプラント船、震災廃棄物の活用などによる資機材調達の工夫。
 - ・ケーソン底盤に使用した摩擦増大用アスファルトマットの使用（粘り強い構造）。
 - ・捨石マウンド天端の本均し（±5cm）に機械均しによる効率施工。
 - ・据え付け精度の誘導管理にはGNSSと水中測位装置を使用した「水中位置検測システム」と自動追尾トータルステーションを使用した「据え付け誘導システム」の使用。
 - ・大水深における吊り治具に改良を加えたオートリリースフックの使用。

2.5.2. 今後の災害対応であるとよい技術

(航路啓開)

- ・ナローマルチビーム測量の成果を迅速に得るためのリアルタイム画像解析等の技術。
- ・濁っていても海水中の津波漂流物を可視化でき、回収できる技術（作業者の安全確保）。
- ・陸上部や水中部における現地把握や現地作業が可能な遠隔技術。
- ・大規模災害時にも利用できる通信手段・技術。

(港湾施設の復旧)

- ・画像処理及び可視化技術は航路啓開と同様。
- ・工期短縮を目的とした気象海象条件に左右されにくいプレキャスト工法。
- ・GNSS技術と超音波センサーを組み合わせ、バースの位置や水深を効率的に測定するバースサーベイヤー。
- ・乱れた基礎マウンドの成形などにおいては、遠隔水中ブルドーザー等の活用。

2.6. 今後の災害対応に対して日建連企業に求められる事項

- ・大規模災害時における確実なBCPによる企業活動の継続確保。
- ・港湾・道路・河川といった広範囲の被災時にも円滑かつ途切れない資機材の供給体制の確保。

2.7. 地方整備局や自治体への要望

- ・東日本大震災の仙台空港周辺の被災状況を見て、盛土の仙台東部道路及び常磐自動車道の海側と陸側で被害の状況が大きく分かれていたので、港湾施設のみでなく陸上の構造物での津波被害低減対策を考慮した社会資本整備。
- ・メーカー間の仮橋仕様の統一や、津波が襲来する場所に設置される橋梁（特に上部工）は、重要度を踏まえ耐震性能のみでなくフェールセーフ機構を考慮した耐津波性能についても検討を望む。
- ・ライフラインが被災している中での、設備の備蓄等による作業員の住環境および燃料の確保。
- ・測量水準点のすり合わせに苦労したので、発注者側として着手時の対処方法の準備を望む。
- ・被災時のゴミ、倒木等の最終処分地の確保方法の準備。
- ・災害復旧工事に関し、新技術（自動自律施工など）の導入や活用を推進する発注形式を検討して頂きたい。

参考文献

■ 国土交通省東北地方整備局

- 1) 東日本大震災の記録-国土交通省の災害対応-、平成24年3月11日、国土交通省、pp.2～15（図1-1～3）
<https://www.mlit.go.jp/common/000208803.pdf>
- 2) 国土交通白書 2021
<https://www.mlit.go.jp/statistics/hakusyo.mlit.r3.html>
- 3) 東日本大震災における港湾の被災から復旧まで、国土交通省港湾局、平成24年3月、P1～2（図1-6～7）
<https://www.mlit.go.jp/common/000204223.pdf>
- 4) 緊急確保航路等航路啓開計画（改訂）、伊勢湾BCP協議会、平成29年3月9日
https://www.pa.cbr.mlit.go.jp/file/topics-isewan_bcp-pdf-kaigi_PDCAsaikuru1703_pdf.pdf（図1-4）
- 5) 国土交通省 三陸国道事務所 記者発表資料 平成23年5月12日
https://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/kisyah/images/35086_1.pdf
図1-12～13
- 6) ヒアリング時提供資料 2023年2月16日（図2-2～7）

■ 一般社団法人日本建設業連合会東北支部

- 7) 東日本大震災 復旧・復興への取組事例 37
https://www.nikkenren.com/doboku/pdf/measure/jirei_037.pdf
- 8) ACe建設業界 2015年7月号（図2-9～10）
<https://www.nikkenren.com/publication/ACe/ce/ace1507/pdf/ACe1507-38-43.pdf>
- 9) ヒアリング時提供資料 2023年4月24日

■ 五洋建設株式会社

- 10) ヒアリング時提供資料 2023年7月14日

■ 東亜建設工業株式会社

- 11) vol.4 大津波で大破した橋の仮復旧 | 現場レポート（図2-14～17）
<https://www.toa-const.co.jp/works/reports/04/>
- 12) 東日本大震災災害復旧工事レポート①
https://www.toa-const.co.jp/esg/csr_pdf2015/csr15_p08.pdf
- 13) ヒアリング時提供資料 2023年8月8日（図2-8、図2-11）

■ その他

- 14) Marine Voice21 Vol. 312 pp. 12, 13 一般社団法人 日本埋立浚渫協会 (図 2-1)
<https://www.umeshunkyo.or.jp/marinevoice21/pdf/MarineVoice312.pdf>
- 15) 港湾施設の復旧について コンクリート工学 神原晋 Vol. 50 No. 1
2012. 1 pp. 54-59 日本コンクリート工学会 (図 1-5、表 2-1)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/coj/50/1/50_54/_pdf/-char/ja

謝　　辞

本報告書は 2 部構成となっており、それぞれをまとめるにあたって、多くの方々にご協力を頂きましたので、ここに感謝の意を表します。

第 I 編では、過去 10 年間に発生した大規模自然災害を対象として、災害の復旧・復興に対応頂いた実績に関するアンケート調査を実施させて頂きました。ご協力頂いた日建連会員企業 142 社のみなさまに対して感謝申し上げます。

第 II 編では、上記アンケート調査結果において、応急対策実績の多かった 5 つの災害イベントを対象に現地調査も含めたヒアリング調査を実施しました。将来も起こりうる大規模自然災害に備え、「緊急時の災害復旧工事に日建連会員企業がどのように関わり、貢献することができるか?」、「応急対策工を対象とした、工法、資材、機械、ソフトほか、広義に役立つ技術とは?」 今後、開発・導入が必要な技術とは?」等の情報収集を目的に、実際に災害対策に関わった国土交通省の各地方整備局ほかの発注者、日建連各支部、日建連会員企業など、すべての立場の方から多くの意見、資料を提供頂きました。以下にご協力頂いたみなさまの組織名称を一覧表として記し、深く感謝申し上げます。特に、民間企業の立場からでは協力依頼が難しい発注者側となる国土交通省地方整備局の担当者様に対する訪問ヒアリングに際しては、国土交通省 水管理・国土保全局防災課 前課長の中込様に大変お世話になりました。深く感謝申し上げます。

調査ヒアリングにご協力頂いた関係先リスト

II-1 令和元年東日本台風（台風 19 号）		担当：調査 1 班
国土交通省北陸地方整備局 企画部		一般社団法人日本建設業連合会 北陸支部
国土交通省北陸地方整備局 河川部		株式会社大林組 北陸支店
国土交通省北陸地方整備局 高田河川国道事務所		鹿島建設株式会社 北陸支店
国土交通省北陸地方整備局 阿賀野川河川事務所		清水建設株式会社 土木東京支店
国土交通省北陸地方整備局 金沢河川国道事務所		大成建設株式会社 富山支店
国土交通省北陸地方整備局 千曲河川事務所		前田建設工業株式会社 北陸支店
東日本旅客鉄道株式会社 新幹線統括本部新幹線企画戦略部		
東日本旅客鉄道株式会社 長野支社 長野土木設備技術センター		
II-2 平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）		担当：調査 3 班
国土交通省中国地方整備局		一般社団法人日本建設業連合会 中国支部
国土交通省中国地方整備局 企画部		一般社団法人日本建設業連合会 四国支部
国土交通省四国地方整備局 企画部		鹿島建設株式会社 中国支店
国土交通省四国地方整備局 道路部		鹿島建設株式会社 四国支店
西日本高速道路株式会社 四国支社		

II-3 平成28年8月台風		担当：調査5班
国土交通省北海道開発局 防災課		一般社団法人日本建設業連合会 北海道支部
		清水建設株式会社 北海道支店
		宮坂建設工業株式会社
II-4 平成28年熊本地震		担当：調査4班
国土交通省九州地方整備局 企画部		一般社団法人日本建設業連合会 九州支部
西日本高速道路株式会社 九州支社		株式会社熊谷組 土木事業本部
		株式会社フジタ 土木本部
II-5 東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）		担当：調査2班
国土交通省東北地方整備局 企画部		一般社団法人日本建設業連合会 東北支部
国土交通省東北地方整備局 空港港湾部		東亜建設工業株式会社 東北支店
		五洋建設株式会社 東北支店

最後に、本報告書の取りまとめにあたってご協力頂いた日建連本部の北内常務様、岩田常務様、事務局のみなさまに対して感謝申し上げます。そして、この報告書を作成するにあたって、あらゆる面でご尽力頂いた土木技術開発部会の新・旧委員のみなさま、新・旧SWGメンバーのみなさまにも感謝申し上げます。

土木技術開発部会 委員名簿

	参加SWG		氏名	社名	所属・役職
	災害対応 技術企画 SWG	災害対応 調査 SWG			
部会長	○	1班	石山 宏二	西松建設(株)	執行役員 技術研究所長
副部会長	◎	2班	手塚 仁	株熊谷組	土木事業本部 副本部長 兼 土木技術統括部 統括部長
副部会長	○	◎ 4班	柴田 好久	大豊建設(株)	土木本部 土木部長
委 員		4班	高橋 敏樹	株大林組	土木本部 生産技術本部 技術第一部 副部長
委 員		5班	工藤 和重	株大本組	土木本部 総合技術部 部長
委 員		1班	白石 浩司	株奥村組	技術本部 技術戦略部 土木担当部長
委 員	○	◎ 2班	酒匂 智彦	鹿島建設(株)	土木管理本部 土木技術部 工種技術開発グループ 担当部長
委 員	○	3班	大原 英史	株熊谷組	土木事業本部 土木設計部 原子力施設グループ 部長
委 員		4班	加藤 卓男	株鴻池組	土木事業総轄本部 技術本部 土木技術部 部長
委 員		5班	木井 敦夫	五洋建設(株)	土木部門 土木本部 土木技術部長
委 員		1班	小林 伸司	清水建設(株)	フロンティア開発室 海洋開発部長
委 員		2班	加藤 智丈	ショーボンド建設(株)	技術本部 技術部 課長
委 員		3班	中谷 登	大日本土木(株)	技術開発基礎構造グループ長
委 員	○	3班	星 恵輔	大豊建設(株)	土木本部 土木部 部長代理
委 員			篠崎 純弘	鉄建建設(株)	土木本部 土木部 担当部長
委 員		◎ 1班	武田 将英	東亜建設工業(株)	技術研究開発センター 水圏技術グループリーダー
委 員	○	2班	永山 智之	西松建設(株)	地域環境ソリューション事業本部 事業推進部 事業推進2課 担当課長
委 員		◎ 3班	清水 康記	日本国土開発(株)	土木事業本部 営業統括部 EPC室 技術営業グループリーダー
委 員		4班	五ノ井 淳	株フジタ	土木本部 土木エンジニアリングセンター 設計部長
委 員		5班	船田 哲人	株不動テトラ	土木事業本部 技術部長
委 員		1班	井上 卓	前田建設工業(株)	事業変革・DX推進室 兼 技術企画・管理室 上級技師長

土木技術開発部会 旧委員名簿

	参加SWG		氏名	社名	所属・役職
	災害対応 技術企画 SWG	災害対応 調査 SWG			
旧 副部会長	旧 ◎		梅村 勝	株熊谷組	土木事業本部 副本部長
旧 副部会長	旧 ○		今井 和美	大豊建設株	常務執行役員 技師長
旧 副部会長	旧 ○	旧 3班	惟子 幸一	大豊建設株	土木本部 土木部長
旧 委員		旧 4班	井上 昭生	株大林組	土木本部 生産技術本部 統括部長
旧 委員			藤澤 秀行	株大本組	土木本部 技術部 次長
旧 委員	旧 ○		坂本 守	鹿島建設株	土木管理本部 土木技術部 工種技術開発グループ 次長
旧 委員			神田 勇二	株鴻池組	土木事業総轄本部 技術本部 土木技術部 部長
旧 委員			三村 典正	ショーポンド建設株	技術本部 技術部長
旧 委員	旧 ○		村上 裕一	大豊建設株	土木本部 土木部 次長
旧 委員			千々岩 三夫	鉄建建設株	土木本部 機電部
旧 委員			豊田 新二	鉄建建設株	土木本部 土木企画部 企画管理部長
旧 委員			上野 宏史	鉄建建設株	土木本部 土木部担当部長
旧 委員		◎ 5班	土屋 恒治	鉄建建設株	土木本部 土木部担当部長
旧 委員			横尾 卓也	鉄建建設株	土木本部 土木部担当部長

※ 旧副部会長・旧委員の所属(会社名、役職)は土木技術開発部会退任時の肩書

※ ◎SWGのリーダー、もしくは班長

※ 調査SWG 1班 調査対象:令和元年東日本台風(台風19号)

※ 調査SWG 2班 調査対象:東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

※ 調査SWG 3班 調査対象:平成30年7月豪雨(西日本豪雨)

※ 調査SWG 4班 調査対象:平成28年熊本地震

※ 調査SWG 5班 調査対象:平成28年台風第7号