

# インフラ大更新時代に向けた 戦略的対応

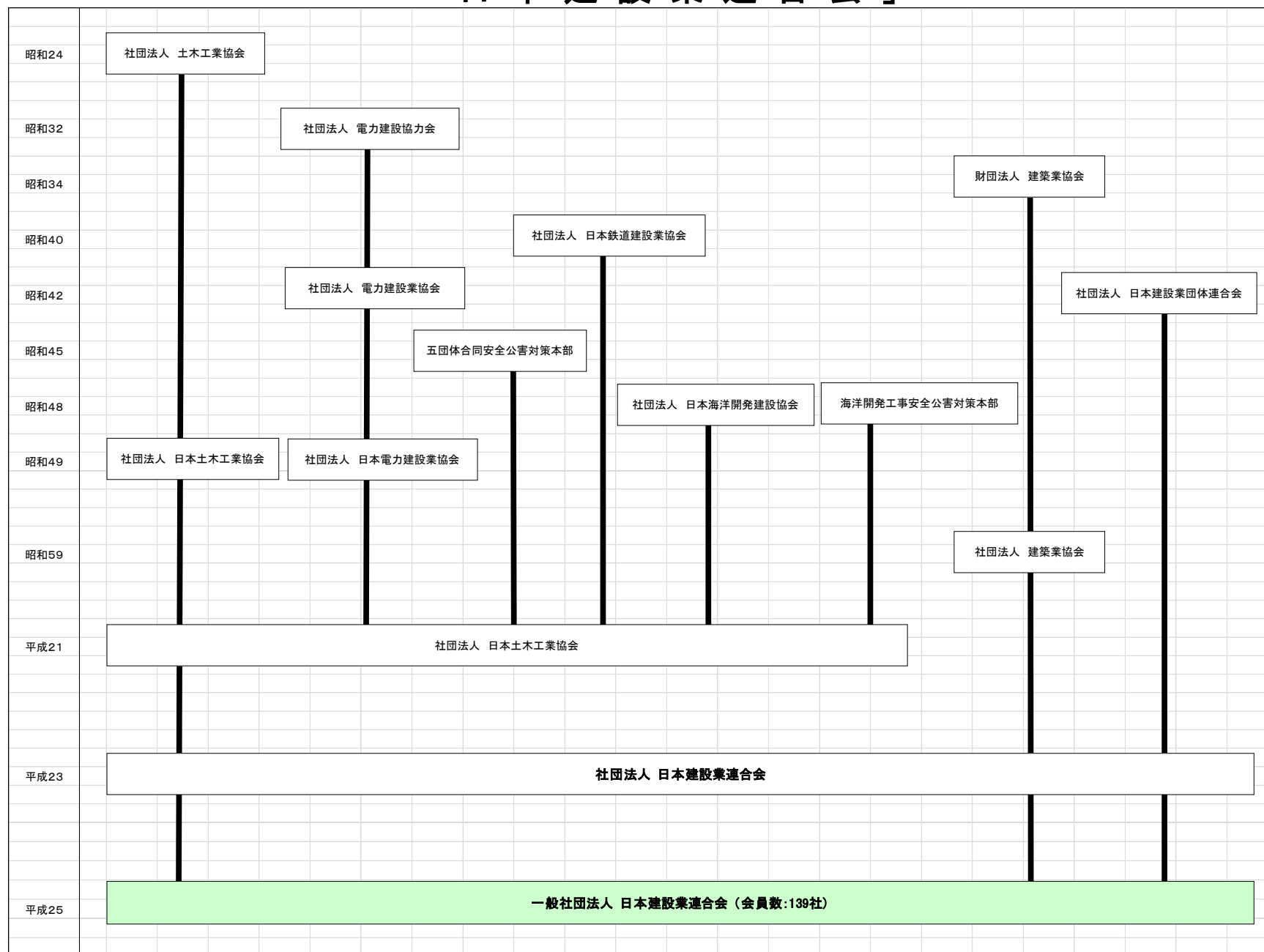
一般社団法人 日本建設業連合会  
インフラ再生委員会



1. 日建連の組織と経営環境  
組織/経営環境
2. 現下の主な課題（東日本大震災からの復興の加速、国土強靱化、15ヶ月予算の執行）
  2. 1 東日本大震災からの復興の加速  
復旧復興工事概要/ガレキ処理、復興道路/街づくり
  2. 2 国土強靱化  
防災（津波、河川氾濫）/ライフライン（水道、エネルギー）  
交通（羽田、緊急輸送道路沿線耐震化）/災害協定（災害協定、物資調達）
  2. 3 15ヶ月予算の迅速かつ円滑な執行
3. インフラ大更新時代に向けた戦略的対応
  3. 1 社会資本の老朽化
  3. 2 国におけるインフラの維持管理・更新のあり方
  3. 3 インフラ再生委員会の設立/社会インフラの維持管理・更新
  3. 4 点検・診断・補修、更新、維持管理に係る先端技術と課題
    - ①点検：目視・打音調査/可視画像と赤外線画像による調査
    - ②診断：鋼材腐食と外観変状の予測手法
    - ③補修：トンネル（空洞充填工）/橋梁下部工（仮締切り工、補強工）
    - ④更新：ダム（大水深下での堤体穴あけ工、洪水吐新設工、堆砂対策工）/河川（堰の大規模改修）/トンネル（既設トンネルの分岐工法、拡幅工法、シールドの地中接続工法）/下水道（再構築工事）
    - ⑤維持管理：空港（新設工事と維持管理の一体化）
  3. 5 インフラの維持管理・更新に係る今後の技術展開

# 1. 日建連の組織と経営環境 ： 組 織

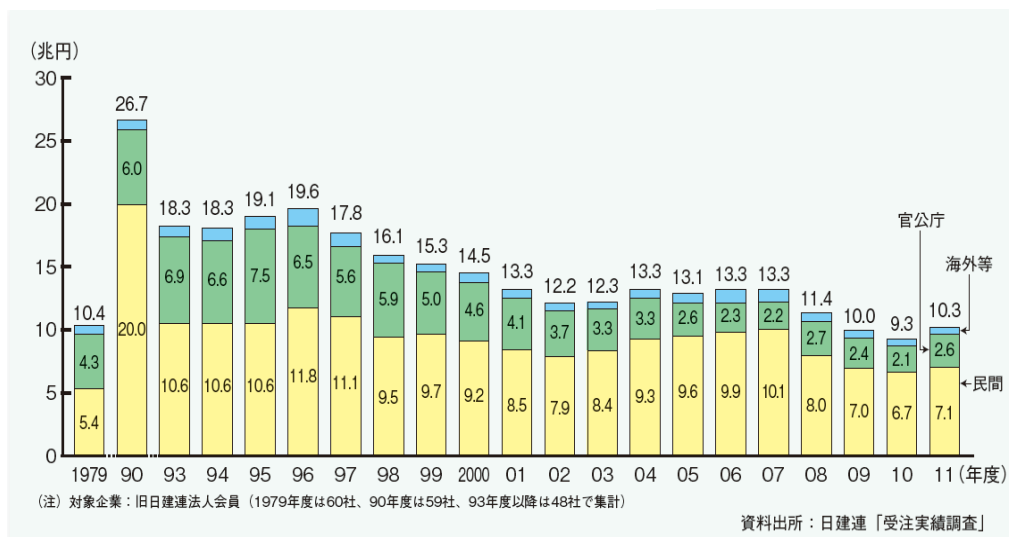
## 「日本建設業連合会」



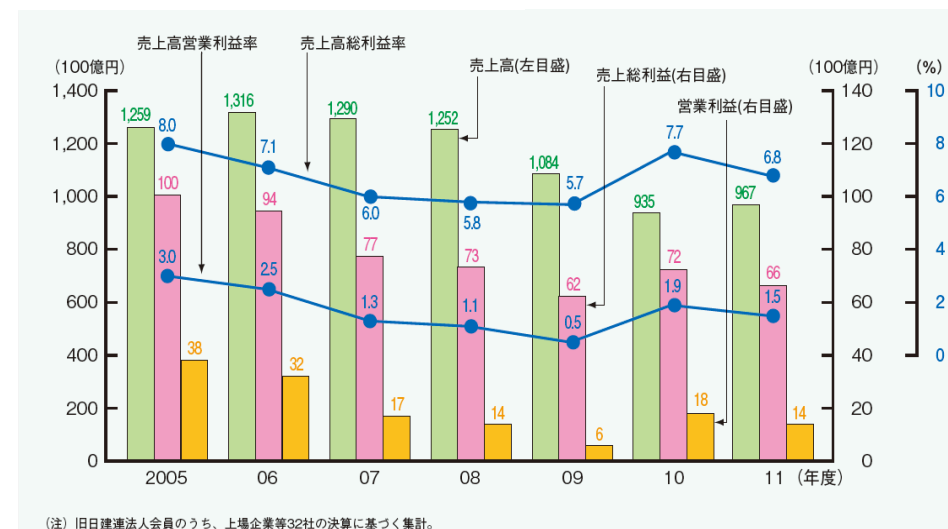


## 日建連会員企業の経営環境

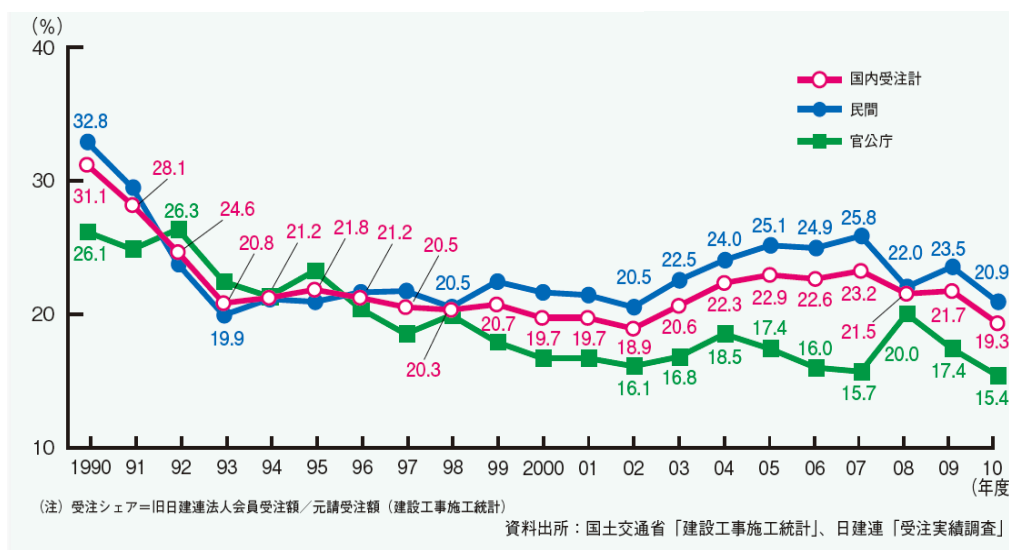
### ■大手建設会社の工事受注額の推移



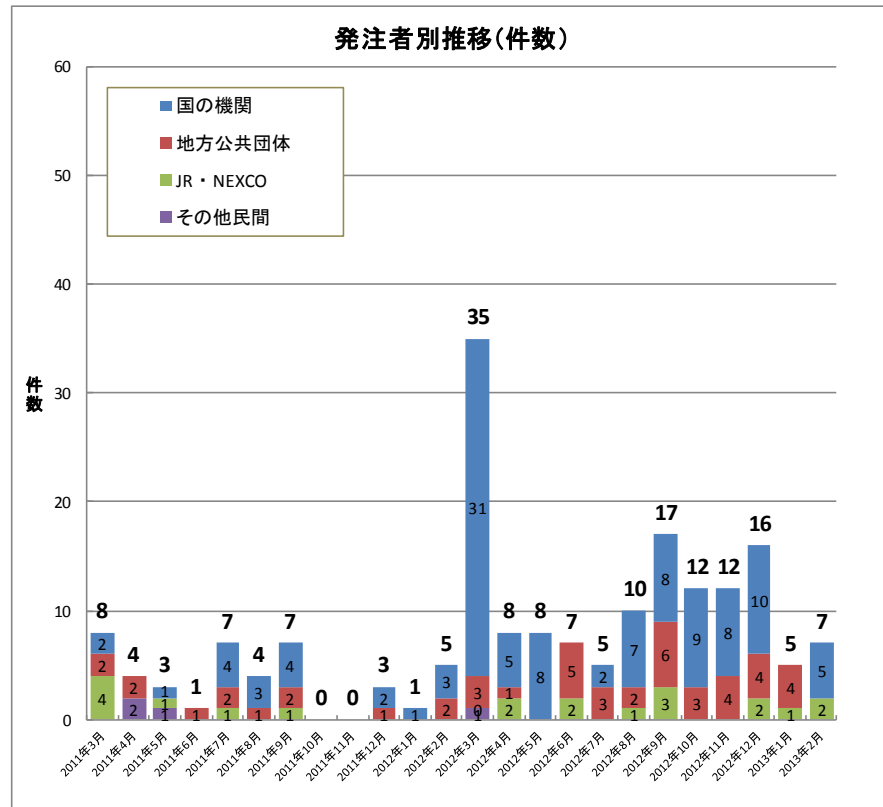
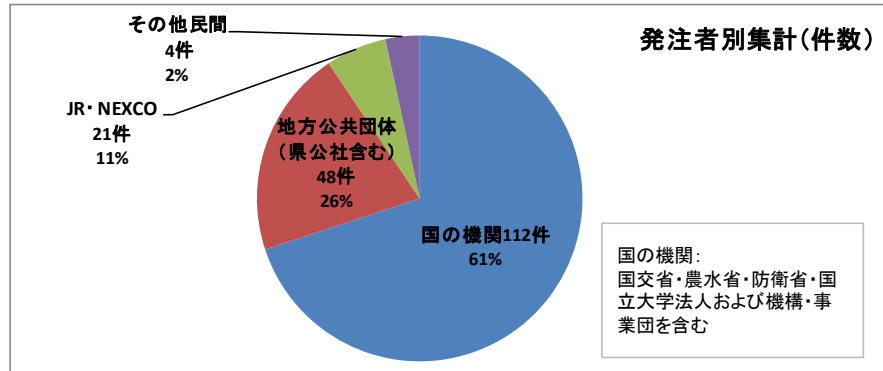
### ■大手建設会社の経営状況



### ■大手建設会社の受注シェアの推移



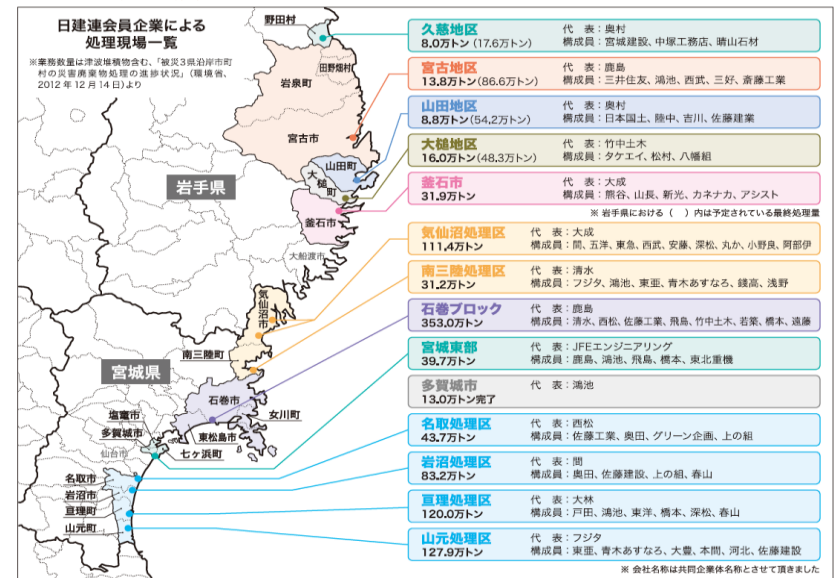
## 復旧復興工事／日建連会員企業の受注状況（平成23年3月～平成25年2月＜工事価格3億円以上の工事＞）



## 災害廃棄物処理は被災地復興の第一歩であり強い使命感と覚悟を持って取り組んでいます。



## 各処理区の詳細 日建連会員企業により約5割の処理を行います（宮城県・岩手県の災害廃棄物全体量：約2400万t）



## 日建連会員企業が受注した復旧復興工事

### 《岩手県》

#### 【三陸沿岸道路】

| 工事場所 | 工事名        |
|------|------------|
| 宮古市  | 田老第6トンネル工事 |
| 大槌町  | 大槌地区トンネル工事 |
| 大槌町  | 小槌地区トンネル工事 |
| 釜石市  | 釜石山田道路工事   |
| 釜石市  | 釜石トンネル工事   |
| 大船渡市 | 吉浜道路工事     |

#### 【宮古盛岡横断道路】

| 工事場所 | 工事名       |
|------|-----------|
| 盛岡市  | 新川目トンネル工事 |

#### 【東北横断自動車道釜石秋田線】

| 工事場所 | 工事名       |
|------|-----------|
| 遠野市  | 宮守道路舗装工事  |
| 遠野市  | 二郷山トンネル工事 |



### 《宮城県》

#### 【三陸沿岸道路】

| 工事場所 | 工事名            |
|------|----------------|
| 登米市  | 志津川トンネル（西工区）工事 |
| 南三陸町 | 志津川トンネル（東工区）工事 |
| 南三陸町 | 南三陸道路1号トンネル工事  |
| 南三陸町 | 南三陸道路4号トンネル工事  |
| 石巻市  | 飯野地区道路改良工事     |
| 石巻市  | 矢本石巻道路改良工事     |
| 石巻市  | 矢本石巻道路下部工事     |



### 《福島県》

#### 【東北中央自動車道】

| 工事場所 | 工事名           |
|------|---------------|
| 伊達市  | 霊山道路トンネル工事    |
| 福島市  | 栗子トンネル換気坑工事   |
| 福島市  | 栗子トンネル（福島側）工事 |



### 復興市街地整備事業

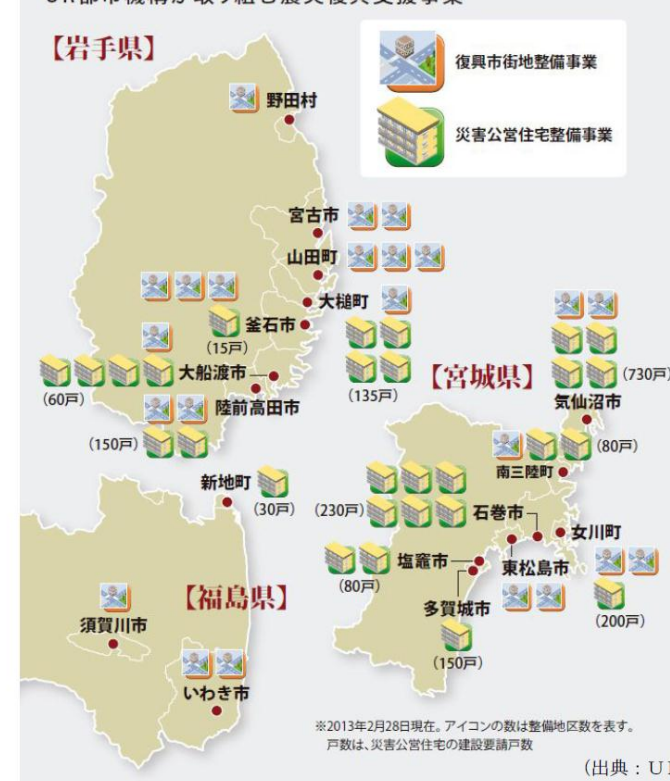
| 市区町村      | 地区       | 発注方式 |
|-----------|----------|------|
| 岩手県 陸前高田市 | 高田・今泉地区  | CM   |
| 宮城県 女川町   | 荒立他9地区   | CM   |
| 宮城県 東松島市  | 野蒜北部丘陵地区 | CM   |
| 宮城県 東松島市  | 東矢本地区    | 総合評価 |

### 災害公営住宅整備事業

| 市区町村     | 地区               | 戸数等             |
|----------|------------------|-----------------|
| 宮城県 多賀城市 | 桜木地区             | 住宅150戸、津波避難ビル機能 |
| 宮城県 女川町  | 陸上競技場跡地地区        | 住宅200戸          |
| 宮城県 南三陸町 | 入谷桜沢地区<br>歌津名足地区 | 住宅80戸           |

(落札金額10億円以上)

### UR都市機構が取り組む震災復興支援事業



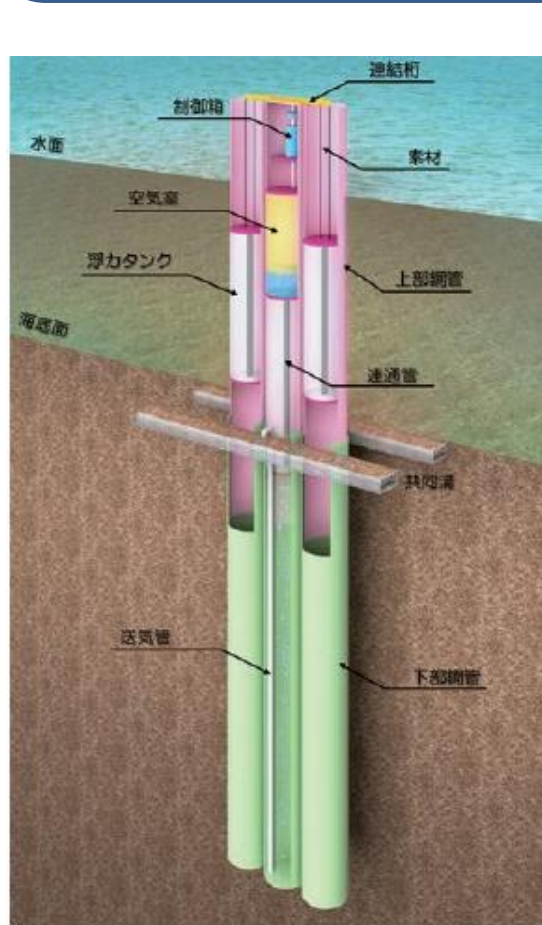
※2013年2月28日現在。アイコンの数は整備地区数を表す。  
戸数は、災害公営住宅の建設要請戸数

(出典：UR都市再生機構)



### 海南地区津波対策事業

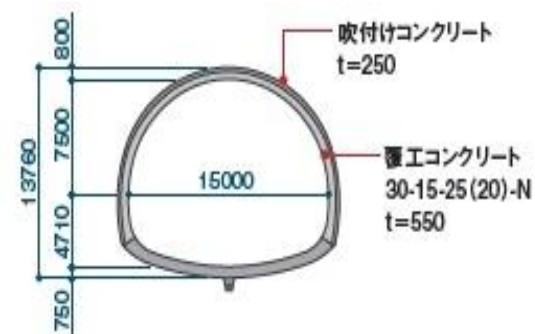
全国で7番目の広さを誇る和歌山下津港は、紀伊水道を隔てて西に淡路島を望む大阪湾の入り口に位置する国際拠点港湾である。この港の海南地区において、東南海・南海地震による津波を想定した大規模な津波対策事業が展開されている。その核となるのが世界初となる「直立浮上式津波防波堤」の建設である。



鋼管は3本ごとに鋼製の桁で連結されており、中央の鋼管に空気を圧送し両サイドの鋼管を牽引するように浮上する。浮上時間短縮のため上部鋼管内に浮上タンクを設置し、送気量を減らす工夫をしている。

### 犀川治水対策

長野県歌「信濃の国」にも歌われる犀川の名勝久米路峡。紅葉の名所として知られるこの地で長期間にわたる治水事業が進められている。洪水時の水位上昇を抑えるための河川の湾曲区間及び溪谷峡谷部の改修である。湾曲部の掘削、河川トンネルを整備することにより川の流れは円滑となる。治水対策により流下能力を確保して洪水対策に備える。



水平ボーリングなどの事前調査により、現場は凝灰質泥岩の軟弱な地山であることが判明。15mもの大断面のトンネルを「支持しながら掘削」する多くの補助工法が採用された。



### 東南幹線整備計画

東京都の水は、郊外で取水され浄水場を経て、縦横に張り巡らされた送配水の管路を経て供給されている。東京都は、震災等の緊急時においても給水を止めない水道ネットワークの構築を進めている。コンセプトは、遠隔地で水を融通し合うバイパス機能の強化である。

東京都全域を送水幹線の「丸めがね」で包囲し、さらに拠点となる給水所を縦横に結ぶ壮大な計画。災害時、補修時に遠隔地間の水の融通を可能とする。



### 静浜幹線建設工事

静岡・浜松間の全長 105 km を天然ガスのパイプラインで結ぼうとする大プロジェクト「静浜幹線建設工事」が完工間近である。高まる天然ガスの需要に応え、災害時の安定供給にも耐えうる新しいライフライン。民間企業の粋を超え、その技術を結集して構築されるエネルギーネットワークである。



シールドマシンは、施工ポイントの地質に合わせ、土砂対応のスボークタイプ(上)と、砂礫、玉石対応のドームタイプ(中)の2タイプを採用した。下は日本坂トンネルの掘削に投入された岩盤専用の掘削機TBM(トンネルボーリングマシン)。



### 羽田空港南側誘導路地盤改良工事

羽田空港では平成7年の阪神・淡路大震災を契機として、大規模地震に対する空港施設の耐震化が行われてきた。平成12年に供用開始された新B滑走路、平成22年に供用開始されたD滑走路と国際線の施設は耐震化されており、現在はD・B滑走路と国際線地区を結ぶ動線の安全性を確保する計画のもと、誘導路の耐震性を強化する地盤改良工事が進行中である。

### 緊急輸送道路沿道建築物の耐震化

平成23年4月に「東京における緊急輸送道路沿道建築物の耐震化を推進する条例」が施行され、沿道建物の耐震診断の義務化がスタートした。緊急輸送道路である外苑西通りに面するチュリス西麻布では平成24年1月、免震工法による耐震改修工事を完了。旧耐震基準で設計され、築34年を経た建物の免震化が東京都の安全に貢献する先進的な事例として注目されている。

平成24年度主要整備事項。国際線地区の拡充やC滑走路延伸事業のほか、エプロンの新設・改良、空港アクセス道路改良等を進めている。



緊急輸送道路は震災時の避難や救急救命、消火活動、また物資の輸送などに重要な役割を果たし、復旧や復興に必要な大動脈として位置付けられている。阪神・淡路大震災では、建物の倒壊により道路が塞がれ、復旧の妨げとなった。



## 2. 2 国土強靱化 : 災害協定（災害協定、物資調達）



日建連 各支部 災害協定締結状況

平成25年4月16日現在

| 支部名 | 国       | 地方公共団体 |     |     |     |     |     |                            |                            |  | 高速道路会社    |                 |          | 鉄道事業者<br>電力事業者等       |          | 締結<br>機関数 | 備考                               |
|-----|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------|----------------------------|--|-----------|-----------------|----------|-----------------------|----------|-----------|----------------------------------|
|     |         | 都道府県   |     |     |     |     |     | 政令市                        |                            |  |           |                 |          |                       |          |           |                                  |
| 北海道 | 北海道開発局  |        |     |     |     |     |     |                            |                            |  |           |                 |          |                       |          | 1         |                                  |
| 東北  | 東北地方整備局 | 青森県    | 岩手県 | 宮城県 | 秋田県 | 山形県 | 福島県 | 仙台市                        |                            |  |           |                 |          | 仙台市<br>交通局            | 東北<br>電力 | 10        | 包括型一体協定<br>地方公共団体は地方<br>整備局経由で要請 |
| 関東  | 関東地方整備局 |        |     |     |     |     |     | 横浜市<br>環境創造局               |                            |  | 東日本<br>高速 |                 |          | 横浜市<br>交通局            |          | 3         |                                  |
| 北陸  | 北陸地方整備局 |        |     |     |     |     |     |                            |                            |  | 東日本<br>高速 |                 |          |                       |          | 1         |                                  |
| 中部  | 中部地方整備局 | 三重県    | 静岡県 | 愛知県 |     |     |     | 名古屋市<br>上下水道局              |                            |  |           |                 |          |                       |          | 5         |                                  |
| 関西  | 近畿地方整備局 | 大阪府    | 兵庫県 |     |     |     |     | 大阪市<br>建設局<br>(旧都市<br>環境局) | 大阪市<br>建設局<br>(旧都市<br>環境局) |  | 西日本<br>高速 | 阪神<br>高速        | 本四<br>高速 | 大阪<br>広域<br>水道<br>企業団 |          | 9         |                                  |
| 中国  | 中国地方整備局 |        |     |     |     |     |     | 広島市                        |                            |  | 西日本<br>高速 |                 | 本四<br>高速 |                       |          | 3         |                                  |
| 四国  | 四国地方整備局 |        |     |     |     |     |     |                            |                            |  | 西日本<br>高速 |                 | 本四<br>高速 |                       |          | 3         |                                  |
| 九州  | 九州地方整備局 |        |     |     |     |     |     |                            |                            |  | 西日本<br>高速 | 福岡<br>北九州<br>高速 |          |                       |          | 3         |                                  |

太字 は締結済み機関  
細字 は協議中機関

赤字 は平成24年度以降、新たに締結した機関  
青字 は平成24年度以降、見直しを実施した機関  
緑字 は締結もしくは見直しに向けて協議中の機関

### 日建連会員企業が提供した主な資機材や生活物資

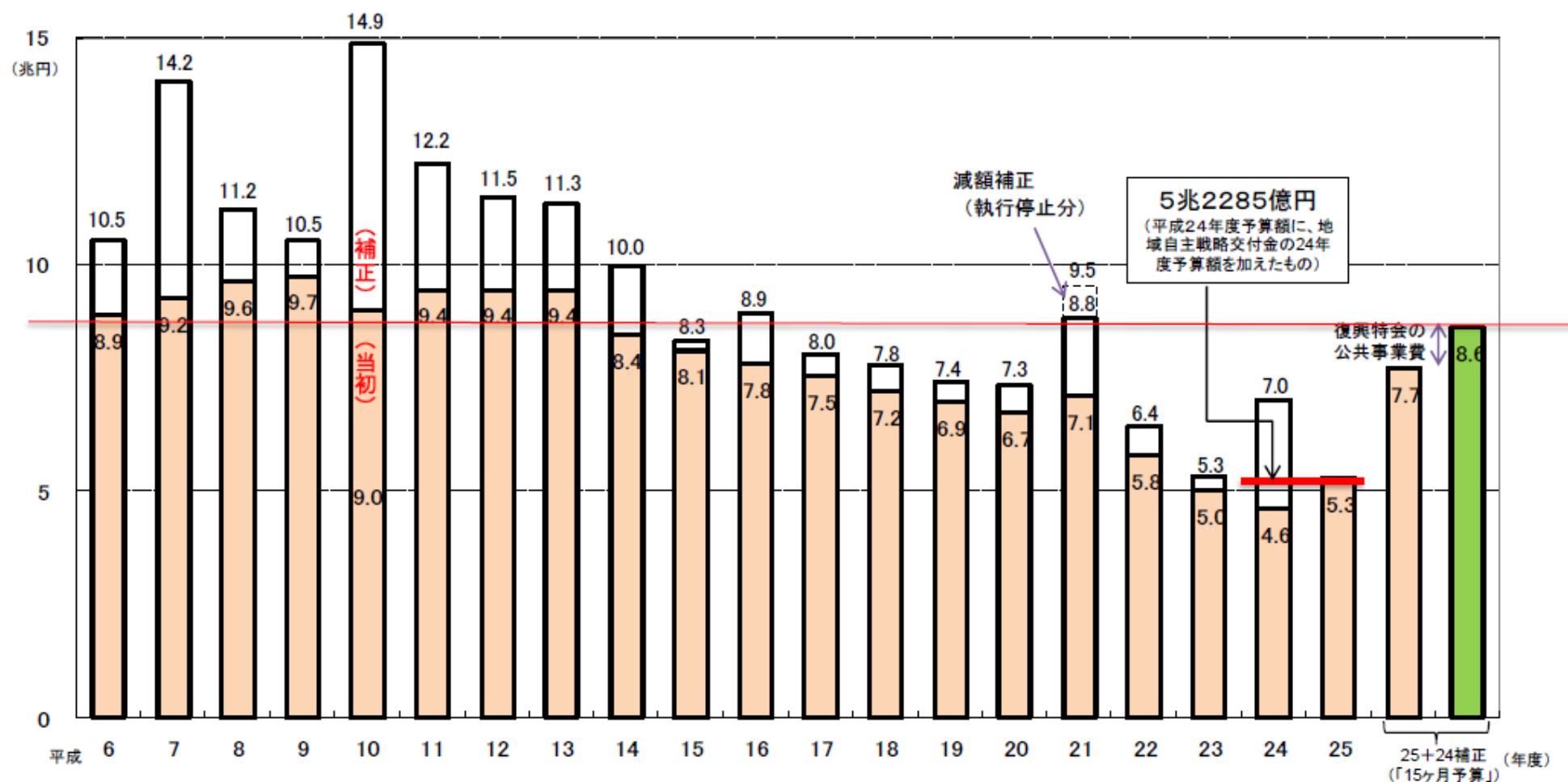
| 項目               | 数量        | 納品場所                           |
|------------------|-----------|--------------------------------|
| 仮設トイレ            | 574基      | 大船渡市、宮古市、大槌町、山田町、野田村、気仙沼市、南三陸町 |
| 仮設ハウス            | 279棟      | 釜石市、陸前高田市、大槌町、石巻市、南三陸町、相馬市     |
| 大型テント            | 6張        | 釜石市、大槌町、南三陸町                   |
| テント              | 517張      | 釜石市、石巻市                        |
| ブルーシート           | 15,000枚   | 石巻市、東松島市                       |
| 散水車              | 5台        | 大槌町、気仙沼市                       |
| 給水車              | 1台        | 田野畑村                           |
| 0.7mバックホウ（ハサミ）   | 6台        | 気仙沼市                           |
| 燃料運送（ローリー）       | 6台        | 陸前高田市、石巻市、気仙沼市、多賀城市            |
| 軽油・灯油運送          | 15,000ℓ   | 宮古市、北上川下流事務所、セツダム、鳴子ダム         |
| 大型土のう袋輸送         | 3,500袋    | 山田町、宮城県                        |
| 土のう袋             | 19,800袋   | 東松島市、山元町                       |
| 発電機              | 77機       | 陸前高田市、大槌町、気仙沼市、南三陸町            |
| 水中ポンプ            | 5台        | 山田町、南三陸町                       |
| 発電機、水中ポンプ、サニーマース | 2セット      | 山元町                            |
| 木杭               | 1,100本    | 大槌町、山元町                        |
| カラーコーン・パー        | 300本      | 南三陸町、山元町                       |
| 角・剣スコップ          | 600本      | 東松島市                           |
| 一輪車              | 300台      | 久慈市、東松島市                       |
| 拡声器              | 44器       | 陸前高田市、東松島市                     |
| 洗濯機              | 30台       | 野田村、女川町                        |
| 自転車              | 12台       | 南三陸町                           |
| 簡易トイレ            | 3,200個    | 石巻市、南三陸町                       |
| ふとん              | 300式      | 南三陸町                           |
| 食料・生活用品（一式）      | 17台（トラック） | 石巻市、南三陸町、相馬市                   |
| オムツ              | 500箱      | 南三陸町                           |
| 生理用品             | 1式        | 南三陸町                           |
| カンパン             | 3,300食    | 石巻市、東松島市、南三陸町                  |
| 茶                | 16,000本   | 石巻市、東松島市、南三陸町                  |
| 水                | 15,300本   | 石巻市、東松島市、南三陸町、相馬市              |
| 雨合羽              | 557着      | 東松島市                           |
| 防水シート            | 2,000㎡    | 大槌町                            |
| 油吸着マット           | 50箱       | 山田町                            |
| トラロープ（100m巻）     | 13巻       | 山元町                            |
| 竹ぼうき             | 75本       | 大槌町                            |
| ワイヤー・シャックル       | 20本       | 大槌町                            |
| 消石灰              | 100袋      | 山田町                            |
| ゴム手、雨合羽、長ぐつ      | 10人分      | 女川町                            |
| 給油ポンプ            | 5本        | 山田町                            |
| カセットコンロ          | 500台      | 久慈市                            |
| カセットボンベ          | 1,500本    | 久慈市                            |
| 洗剤               | 20箱       | 野田村、女川町                        |
| 断熱材・カーベット        | 1式        | 大槌町                            |
| 物干し台、竿           | 50セット     | 女川町                            |
| チェーンソー           | 30台       | 陸前高田市                          |

（日本建設業連合会資料）



## 2. 3 15ヶ月予算の迅速かつ円滑な執行

### 公共事業関係費の推移



※平成21年度は、平成20年度で特別会計に直入されていた「地方道路整備臨時交付金」相当額(0.7兆円)が一般会計計上に切り替わったため、見かけ上は前年度よりも増加(+5.0%)しているが、この特殊要因を除けば△5.2%である。

※平成23年度及び平成24年度予算については同年度に地域自主戦略交付金へ移行した額を含まない。

※平成25年度当初予算は復興特会繰入れ(356億円)及び国有林野特別会計の一般会計化に伴い計上されることとなった直轄事業負担金(29億円)を含む。

※平成25年度は、地域自主戦略交付金の廃止、東日本大震災復興特別会計への繰入額計上等の特殊要因があり、見かけ上は前年度よりも+15.6%であるが、この特殊要因を除けば+0.3%である。

※平成23・24・25年度予算において、東日本大震災の被災地の復旧・復興や全国的な防災・減災等のための公共事業関係予算を計上しており、その額は右の通りである。平成23年度3次補正予算までは、一般会計ベース、平成24年度当初予算以降は、復興特会ベース。このほか、東日本大震災復興交付金がある。

【東日本大震災復旧・復興関係経費】 (単位: 兆円)

|      | H23'1次補正 | H23'3次補正 | H24'当初 | H24'補正 | H25'当初 |
|------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 復旧   | 1.1      | 0.9      | 0.2    | —      | 0.6    |
| 復興   | 0.1      | 0.2      | 0.2    | 0.1    | 0.3    |
| 全国防災 | —        | 0.2      | 0.3    | —      | 0.04   |
| 合計   | 1.2      | 1.3      | 0.7    | 0.1    | 0.8    |



### 公共調達に係る課題

#### 公共調達に係る課題

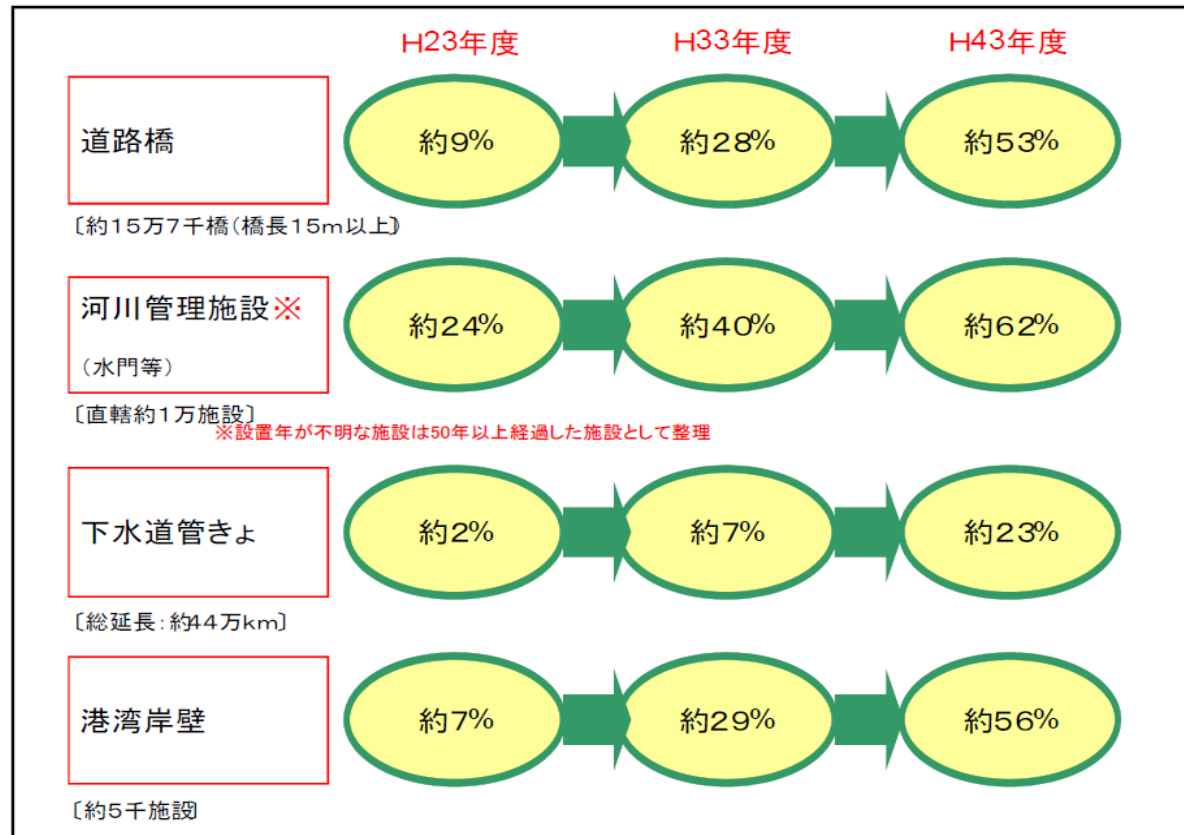
##### 入札前

- ①多様な入札制度の導入  
(民間の持つ施工ノウハウを活かした発注方式など)
  - ・ 施工能力を有する企業への指名競争入札や特命随意契約
  - ・ 一括審査方式
  - ・ 設計施工一括方式
  - ・ CM方式
  - ・ プロポーザル方式 など
- ②実勢価格を適正に反映した積算
  - ・ 労務費などの高騰を反映した積算
- ③地方公共団体などにおけるダンピング対策の充実
  - ・ 調査基準価格の引上げ
  - ・ 予定価格等の事前公表の廃止
  - ・ 調査基準価格に基づく失格基準の導入・強化
  - ・ WTO対象工事における総合評価方式の採用と施工体制確認型の導入
- ④総合評価方式の改善
  - ・ 二段階選抜方式の拡大 など

##### 入札後

- ①若手(監理)技術者の育成
  - ・ 専任補助者との複数配置
  - ・ 工事経験、規模要件や兼任要件の緩和
  - ・ 工期途中における交代の柔軟な運用 など
- ②工期延伸の適正化
  - ・ 工事一時中止の適切な指示
  - ・ 工期延長に伴う増額費用の適正な支払い など
- ③設計変更の円滑化
  - ・ 三者会議や設計変更審査会の実施拡大
  - ・ 工期途中における設計変更の円滑な実施 など
- ④発注者のマンパワー確保・強化
  - ・ 発注、監督、検査体制の強化 など

## 建設後 50 年以上経過する社会資本の割合



【道路橋の落橋事故】

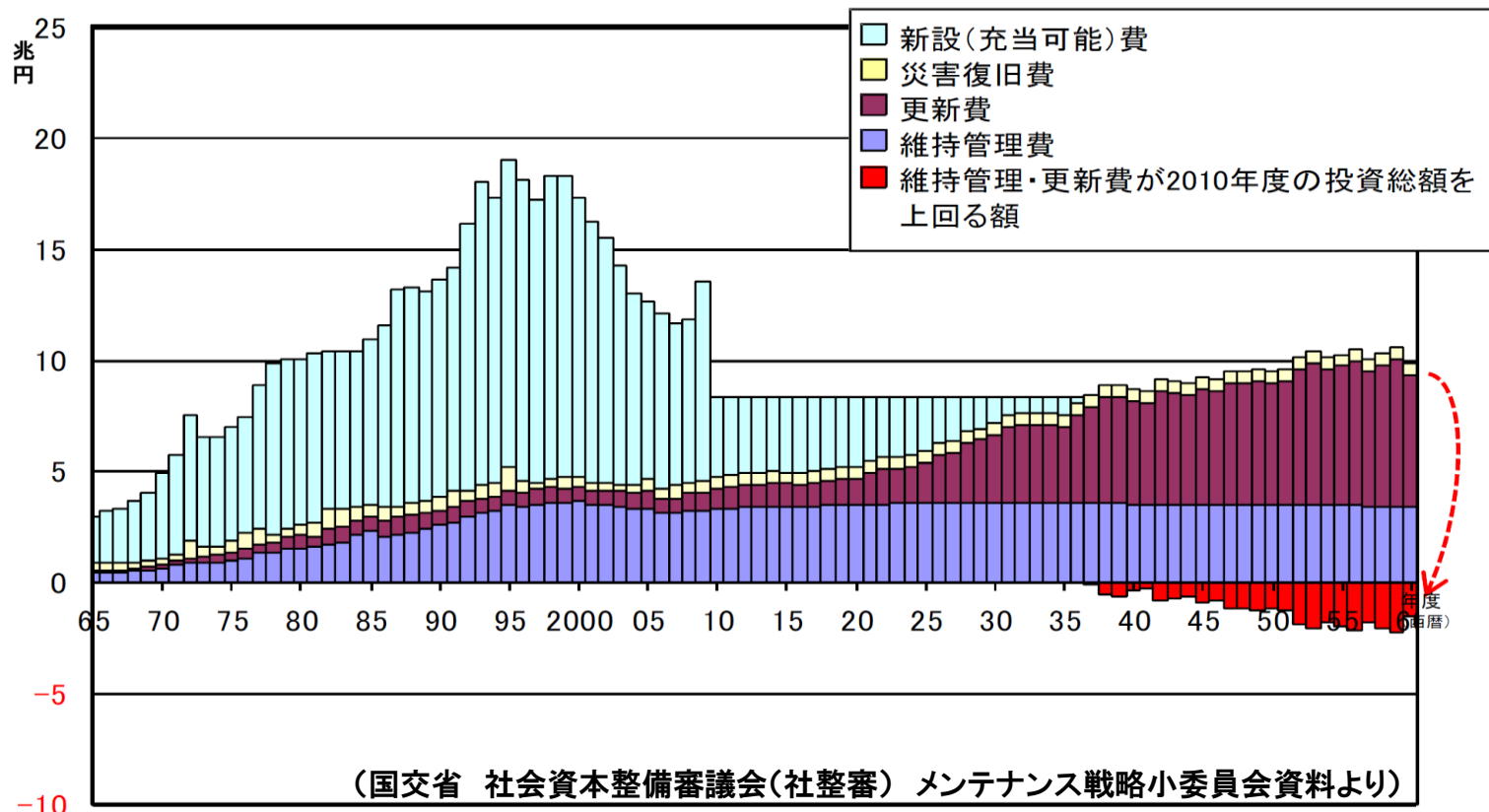


【下水道管の崩壊による道路の陥没事故】

（国交省 社会資本整備審議会（社整審） メンテナンス戦略小委員会資料より）

- ◆ 今後 20 年程度で半数以上の社会資本が老朽化する。
- ◆ 下水道管きよは計画的に更新しているため老朽化の割合は低い  
が、**道路の陥没事故が後を絶たない（年間 4,000 箇所以上）。**

## 維持管理、更新費の推計(国交省所管)



- ◆ 今後、維持管理費・更新費が増え続けることにより、
  - ・2010年度レベルの投資総額だと、2037年には新設がない場合でも、維持管理・更新ができなくなる
    - ⇒ 投資を増やすことが必要である
  - ・新設への投資増が期待できず、国力が低下する
    - ⇒ 官と民の協力・連携強化が必要である
    - 日建連もインフラ再生に貢献すべく体制の強化が必要である

## インフラの維持管理・

### 点検・診断・対策実施

(現状) トンネル内の天井板、付属物等について緊急点検を実施(調査継続中)。  
(課題) 緊急点検の結果、日常点検、定期点検では把握できなかった要対策箇所が一部で存在。地方公共団体管理の施設の中には、点検未実施で劣化や損傷の状況が不明な施設も存在。

◇緊急点検の結果

| 施設名    | トンネル内の吊り金具で支えられた天井板 |          | その他トンネル内の附属物等(重量構造物のみ) |        |
|--------|---------------------|----------|------------------------|--------|
|        | 点検対象施設数             | 不具合施設数※※ | 点検対象施設数                | 不具合施設数 |
| 道路     | 61                  | 18       | 1,435                  | 22 ※   |
| 一般自動車道 | -                   | -        | 1                      | 0      |
| 港湾     | 1                   | 1        | 1                      | 0      |
| 空港     | -                   | -        | 1                      | 0      |
| 鉄道     | (1)- ※※             | (0)- ※※  | 2                      | 0      |
| 河川     | -                   | -        | -                      | -      |

※天候や交通規制等の制約により点検が完了していない15トンネルを除き平成24年12月26日までに報告を受けた1,420トンネルの点検結果

※※換気用ダクトについて、類似の構造物として点検を実施

※※※安全上の有無に限らず、点検の結果何らかの不具合が確認された施設数

[例] 道路トンネル本体の点検実施状況(自治体アンケート結果)

| 点検の実施状況                 | 都道府県・政令市 | 市町村       |
|-------------------------|----------|-----------|
| 点検を実施している               | 61(95%)  | 258(39%)  |
| 笹子トンネルの事故を受けて初めて点検を実施した | 1(2%)    | 174(26%)  |
| 点検を実施していない              | 2(3%)    | 228(35%)  |
| 合計                      | 64(100%) | 660(100%) |

(現状) 施設毎に得られた維持管理実績等を踏まえ、各々、基準・マニュアルを改善し、運用。

(課題) 管理者間での点検手法等のばらつきが存在。  
新技術の導入や構造形式の多様化等について、マニュアル等への反映が不十分。

[例] 道路橋の定期点検において適用されている基準(自治体アンケート結果)

| 適用基準                      | 都道府県・政令市 | 市町村         |
|---------------------------|----------|-------------|
| 地方公共団体独自で策定した基準           | 16(25%)  | 41(3%)      |
| 国等の基準を準用し、地方公共団体独自で策定した基準 | 37(59%)  | 422(34%)    |
| 国の基準※                     | 4(6%)    | 202(16%)    |
| その他                       | 6(10%)   | 593(47%)    |
| 合計                        | 63(100%) | 1,258(100%) |

※平成15年度 国土交通省 道路局 国道・防災課長名で発出

### 維持管理・更新に係る情報の整備

(現状) 各施設の管理者別・建設年度別の施設数等を把握するよう調査継続中。  
(課題) 建設年度等の一部施設諸元が不明な施設が多数存在。  
維持管理情報の蓄積、活用が課題。

【参考】施設別の施設数

| 施設名            | 施設数                   | 施設名    | 施設数                    |
|----------------|-----------------------|--------|------------------------|
| 道路橋(橋長2m以上)    | 約699,000橋             | 港湾施設   | 約44,000施設              |
| 道路トンネル         | 約10,300本              | 公営住宅   | 2,170,649戸             |
| 道路舗装           | 約3,100km <sup>2</sup> | UR住宅   | 755,642戸               |
| 一般自動車道橋        | 92橋                   | 都市公園等  | 99,874施設               |
| 一般自動車道トンネル     | 9本                    | 海岸堤防   | 7,989km                |
| 一般自動車道舗装       | 約2km <sup>2</sup>     | 空港     | 98空港                   |
| 河川管理施設         | 約3万施設                 | 航路標識   | 約5,400基                |
| 砂防施設(砂防堰堤、床固工) | 約10万基                 | 官庁施設   | 約48,466km <sup>2</sup> |
| 下水道管きよ         | 約430,000km            | 鉄道橋    | 102,293橋               |
| 下水道処理場         | 約2,100箇所              | 鉄道トンネル | 4,737本                 |

(現状) 過去の予算額等から一定の仮定をおいて維持管理・更新費を簡便な方法で推計。

(課題) 各施設の状況等の的確な把握とそれに基づく推計精度の向上。

長寿命化計画等を核とした戦略的な



## 更新に係る今後の技術展開

### 維持管理・更新の新技術導入

(現状) 技術開発により、コスト縮減、省力化、精度向上等が進展。  
(課題) 社会要請に応えつつ、イノベーションを推進し、増大する老朽化した社会資本ストックの安全を確保するため、**技術開発の推進とその成果の共有**が課題。

<点検・監視における技術の例>



目視、打音検査



レーザを用いた覆工ひび割れ点検車

### 予算・制度等

(現状) 毎年経常的に要する費用は過去の実績に基づき計上。その他の費用は、その都度、必要額を予算要求。長寿命化計画が策定されている場合は、計画的に実施することにより一定程度費用を平準化。  
(課題) 社会資本の老朽化の進展が見込まれる中、**将来の維持管理・更新費用の見通しを踏まえた予算の確保**が課題。

(現状) 職員、民間委託等により維持管理を実施。  
(課題) 維持管理を担当する**職員の人員、技術力の不足**。また、現場作業に従事する建設業界においても人員、技術力、機材が不足。社会資本の老朽化が見込まれる中、民間活力の活用も含めて**維持管理の担い手確保**が課題。

<例>橋梁長寿命化修繕計画を策定していない理由(自治体アンケート結果)

| 理由          | 市区町村 |
|-------------|------|
| 財政力不足       | 67%  |
| 職員不足        | 46%  |
| 専門的知見不足     | 41%  |
| 施策優先度が低い    | 24%  |
| 点検の必要性を感じない | 2%   |

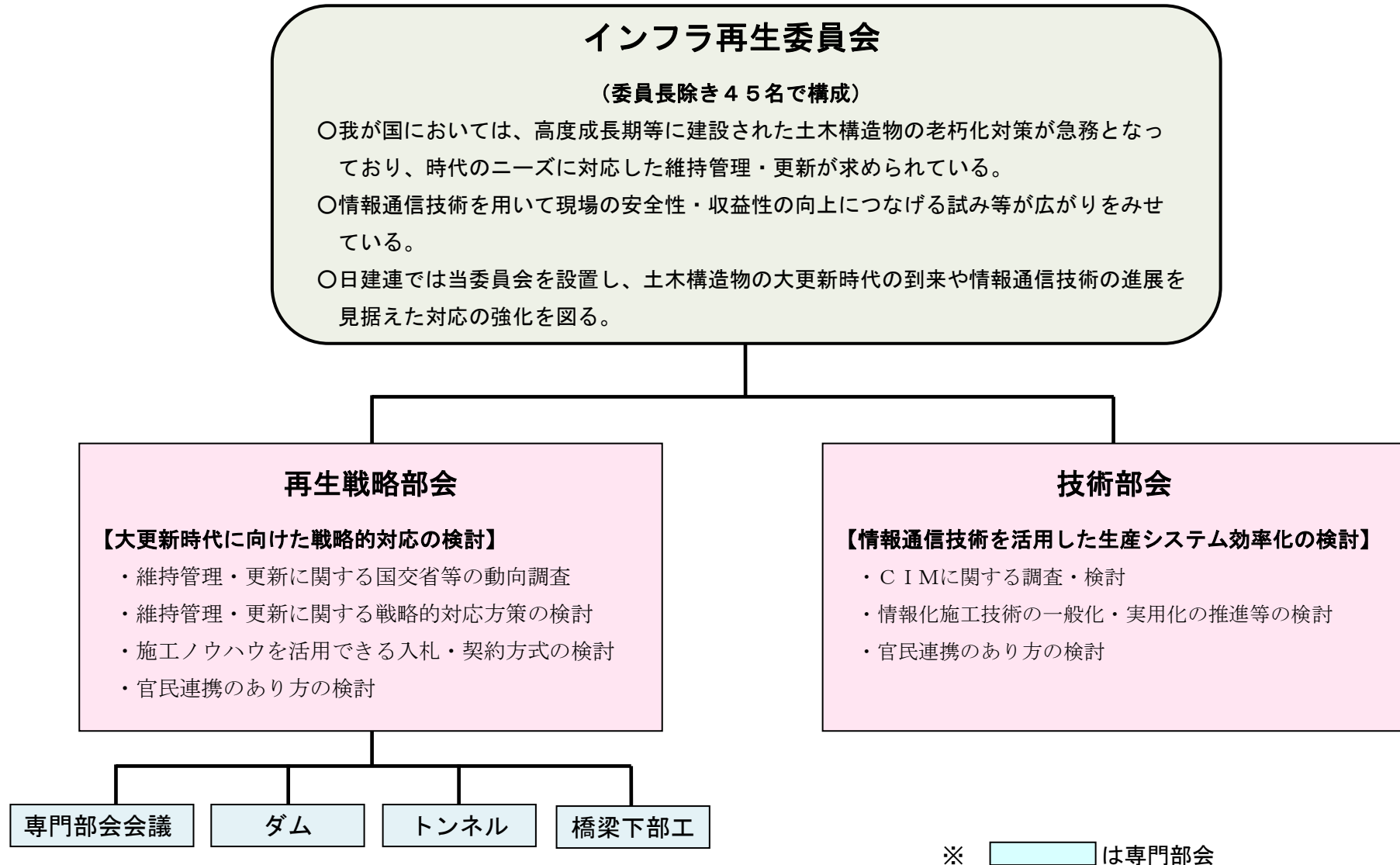
(現状) 各施設の特性を踏まえ、各法令等に基づき維持管理を実施。  
(課題) 維持管理に関する**基準の位置づけの明確化等**。

[例] 法令における基準の位置づけ

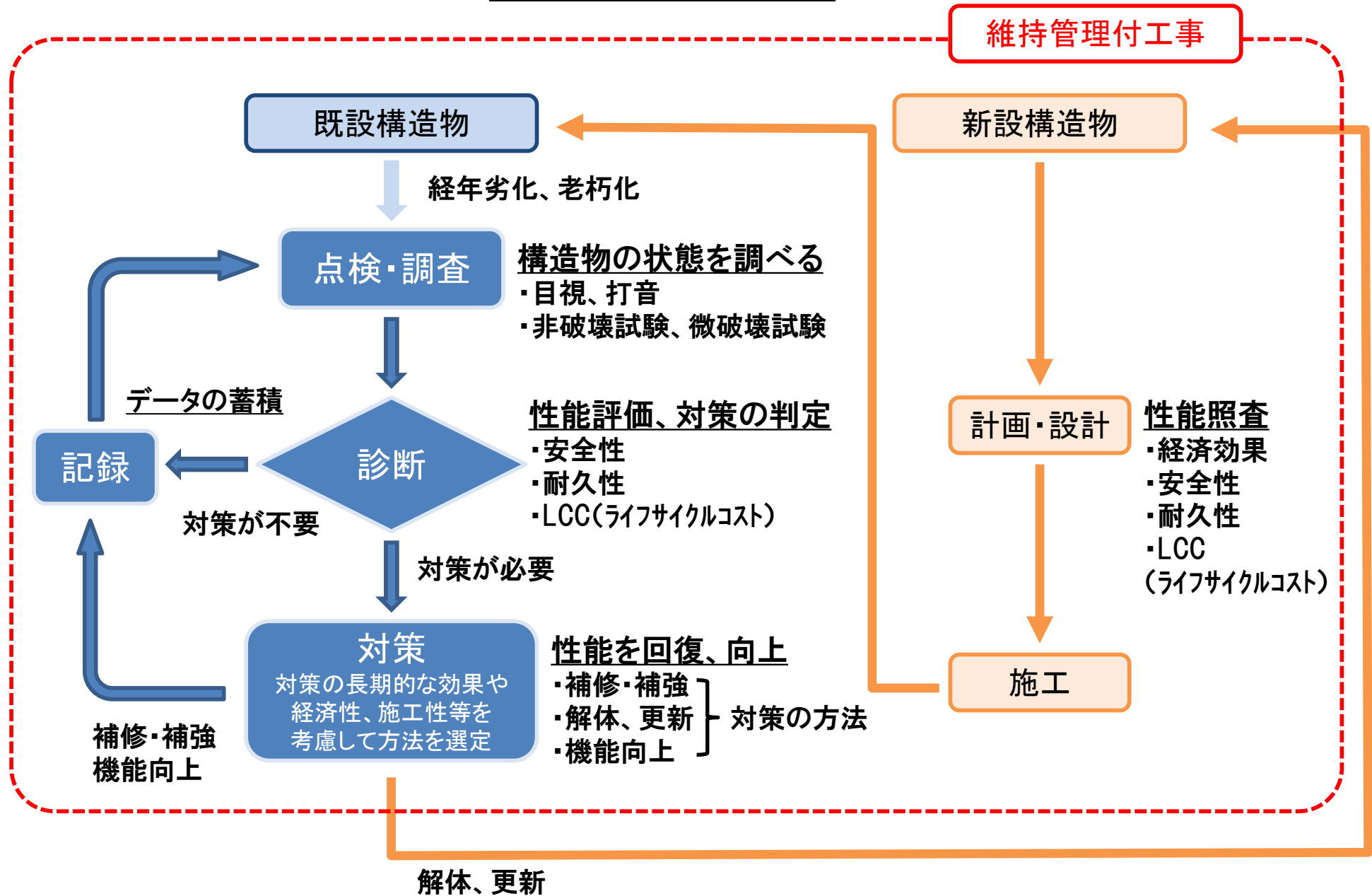
| 法律名                      | 維持管理に関する法令の規定状況                                      |
|--------------------------|------------------------------------------------------|
| 道路法 第42条                 | 法律の規定はあるが、具体的基準(政令)は未制定。                             |
| 河川法                      | 法令による明文の規定はない。                                       |
| 下水道法 第21条第2項             | 終末処理場の維持管理の基準は定められているが、管路に関する明文の規定はなし。               |
| 官公庁施設の建設等に関する法律 第12条、13条 | 点検及び保全の基準等が法令で定められている。(この他、点検基準等については建築基準法で定められている。) |
| 道路運送法 第68条第2項            | 検査基準等が法令で定められている                                     |
| 都市公園法                    | 法令による明文の規定はない。                                       |
| 公営住宅法 第21条               | 遅滞なく修繕する旨が定められている。(この他、点検基準等については建築基準法で定められている。)     |
| 港湾法 第56条の2の2             | 技術基準に適合するよう維持する旨が定められている。                            |
| 鉄道営業法 第1条                | 検査基準等が法令で定められている。                                    |
| 航空法 第47条                 | 設置基準に適合するよう維持する旨や、検査基準等が定められている。                     |

## 維持管理・更新の発展・継続

## インフラ再生委員会の構成と活動方針



## インフラ再生の流れ



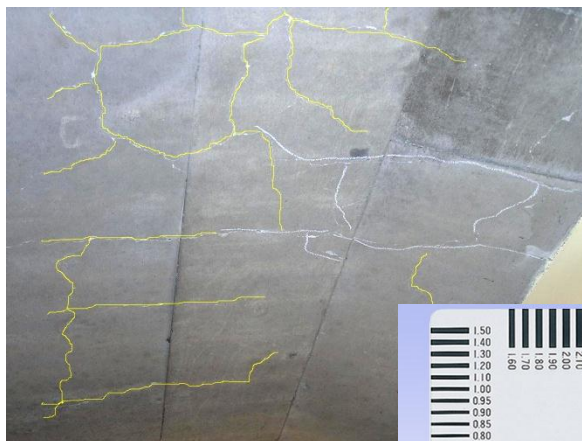
## 目視・打音による外観調査

## 《維持管理の基本となる点検・調査手法》



## 【打音調査】

- ・点検ハンマーを用いて変状を判定。
- ・調査は足場や高所作業車で行う。



↑チョークによるマーキング



クラックスケール→

## 【マーキング】

- ・変状は表面にチョークでマーキング。
- ・ひび割れ幅はクラックスケールで測定。



## 【橋梁点検車】

- ・足場や高所作業車が設置できない橋梁の側部や下部は、橋梁点検車を用いて行う。

目視・打音調査

■維持管理の基本となる外観変状を把握するための重要な調査手法である。

## ■目視調査

点検員が構造物に近接して目視でひび割れや鉄筋露出等の外観変状を判定し、コンクリート表面に変状箇所をチョークでマーキングする。ひび割れについては、代表的な位置でクラックスケールを用いてひび割れ幅を測定する。

## ■打音調査

点検員が構造物に近接して点検ハンマーを用いてコンクリート表面を打撃し、打撃音が異常か正常かを耳で判定する。異常音の場合は、浮き・はく離等の変状が生じていると判定する。コンクリート表面に変状箇所および範囲をチョークでマーキングし、変状の大きさを測定する。

■調査結果は、スケッチや写真で記録する。



## 目視・打音調査

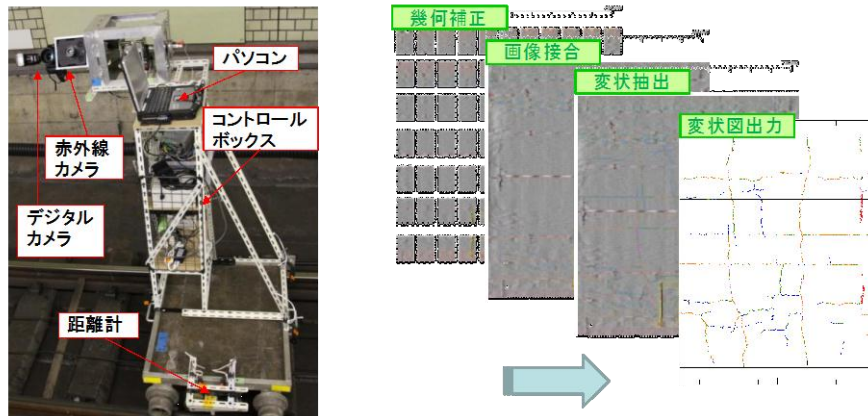
| 調査    |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |
|-------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 工 種   | 要素技術                                                | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 備 考             |
| 調査、計測 | <b>目視・打音調査</b><br>維持管理の基本となる外観変状を把握するための重要な調査手法である。 | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・目視調査<br/>点検員が構造物に近接して目視でひび割れや鉄筋露出等の外観変状を判定し、コンクリート表面に変状箇所をチョークでマーキングする。ひび割れについては、代表的な位置でクラックスケールを用いてひび割れ幅を測定する。</li> <li>・打音調査<br/>点検員が構造物に近接して点検ハンマーを用いてコンクリート表面を打撃し、打撃音が異常か正常かを耳で判定する。異常音の場合は、浮き・はく離等の変状が生じていると判定する。コンクリート表面に変状箇所および範囲をチョークでマーキングし、変状の大きさを測定する。</li> <li>・調査結果は、スケッチや写真で記録する。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検員の経験や技量によって、結果がばらつく可能性がある。</li> <li>・足場、高所作業車等を用いるため、交通規制が必要である。</li> </ul> | 多様な構造物で多くの実績あり。 |

## 可視画像と赤外線画像による浮き・剥離、ひび割れの調査

## 《HIVIDAS (ヒビダス)》

## ■技術の概要

- **コンクリート構造物の表面劣化を、非破壊・非接触で診断**  
⇒足場が不要(安全)、現地調査が短時間(供用制限短縮)
- **赤外線画像と可視画像を同時に撮影し、これらの画像を重ね合わせたハイブリッド画像解析で診断**  
⇒客観的な診断が可能(人によるエラー、バラつきが無い)



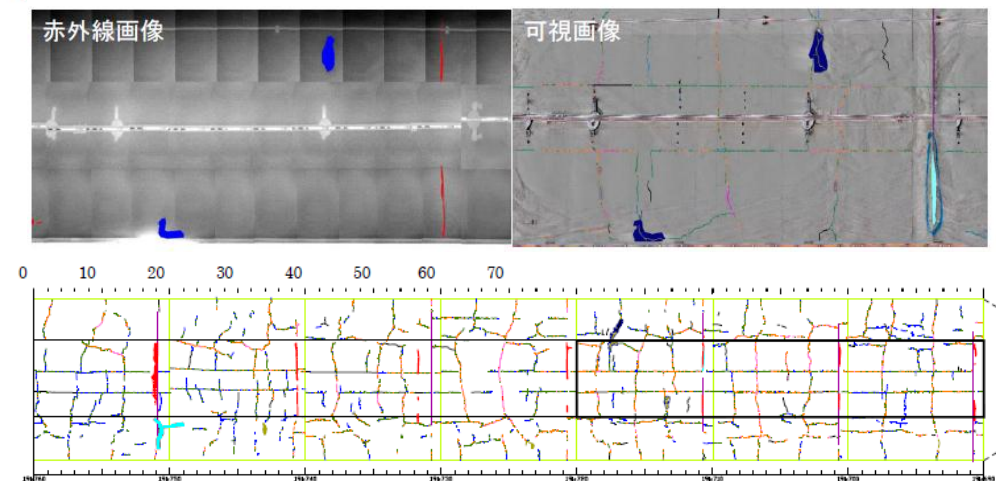
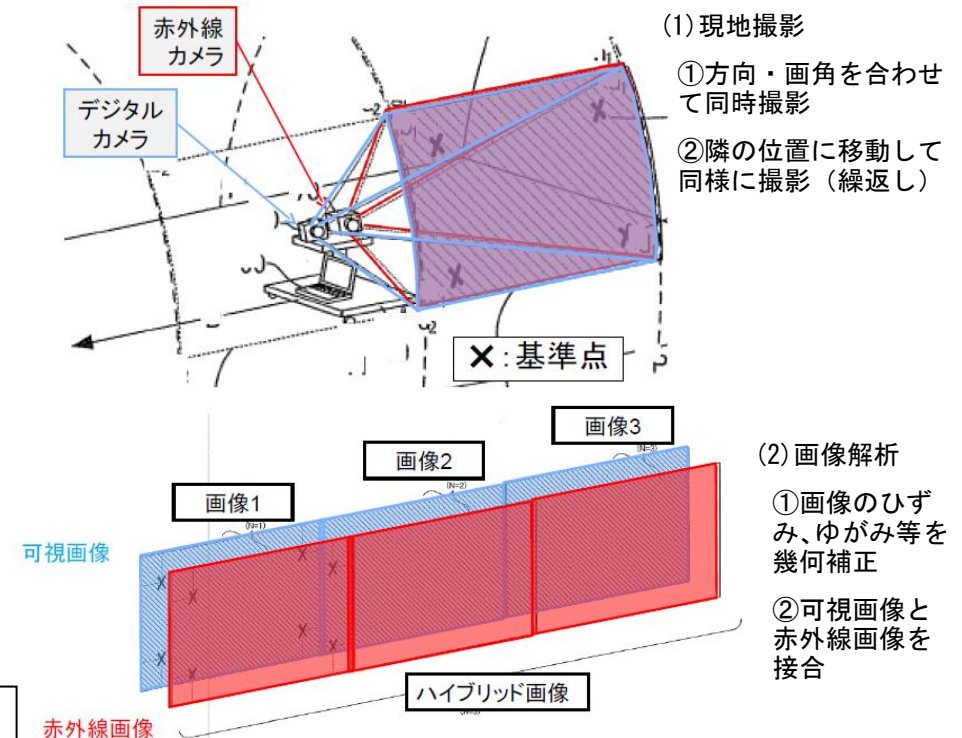
## HIVIDAS(ヒビダス)

Hybrid (Infrared/Visible Image) Inspection & Diagnostic Analysis System

従来の目視・打音調査の代替となる非接触型画像診断技術で、可視画像と赤外線画像とを同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し変状図を作成するシステムである。従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。

- ・客観的な画像解析により変状を抽出するため、点検員の技能や経験によって生じる診断結果のバラつきを防止できる。
- ・現地調査は撮影対象から離れた位置で撮影するだけで高所足場が不要なため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。
- ・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。

## ■診断の流れ



### HIVIDAS (ヒビダス)

#### 画像診断

| 工 種   | 要素技術                                                                                                            | 特徴と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 備 考                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 調査、計測 | <b>HIVIDAS (ヒビダス)</b><br>従来の目視・打音調査の代替となる非接触型調査診断技術で、熱画像と可視画像を同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し損傷展開図を作成するものである。 | <b>■特 徴</b><br>従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・客観的な画像解析により変状を抽出するため、点検員のスキルによって生じる診断結果のバラつきを防止できる。</li> <li>・現地調査は撮影対象より離れた位置から撮影するだけで終了するため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。</li> <li>・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・温度条件によって赤外線カメラの撮影精度が変化する。</li> <li>・変状は基本的にパソコンで自動判定するが、一部人間の判定を要するものもある。</li> </ul> | トンネル、護岸、防液堤等で実績あり。 |

## コンクリート構造物の外観変状の予測手法

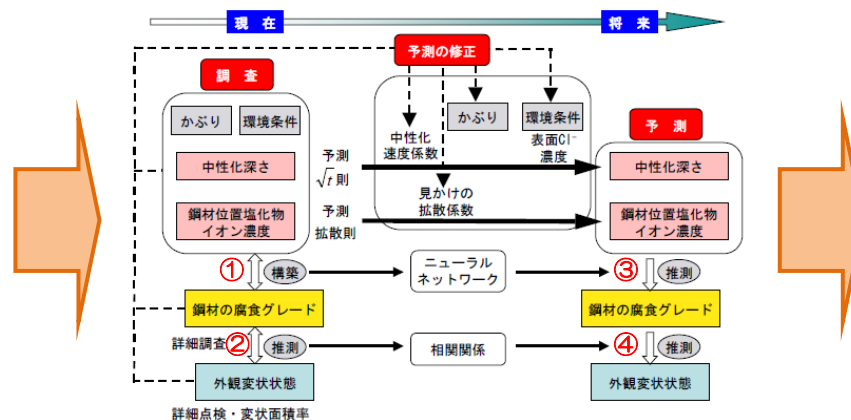
## 《鋼材腐食と外観変状の予測・外観変状による予測の修正》

## 【技術の概要】

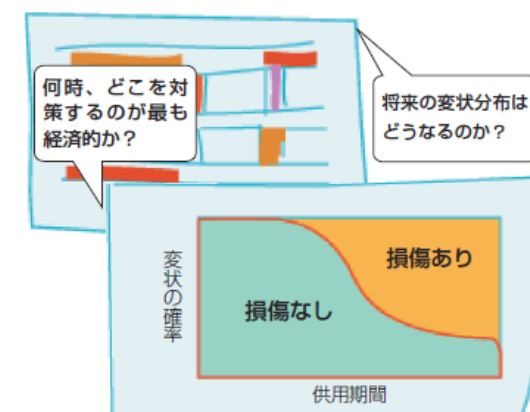
この技術は、外観点検記録や詳細調査結果に基づき、外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化することにより、腐食グレードから外観変状を推測したり、逆に外観変状から鋼材の腐食グレードを推定する手法です。予測結果は、将来の劣化の程度を劣化範囲の面積率として表せるため、補修範囲や補修費用を算出する指標とできることが特徴です。



栈橋などの海洋構造物では、経年と共に塩害による損傷が進行し、ひび割れ、浮き、剥離、錆汁などの変状が観察されます。



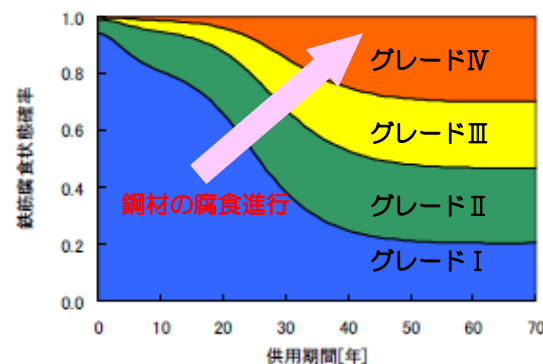
外観点検記録や詳細調査結果に基づき、外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化します。定式化された関係式は、新たな調査結果に基づき逐次更新します。



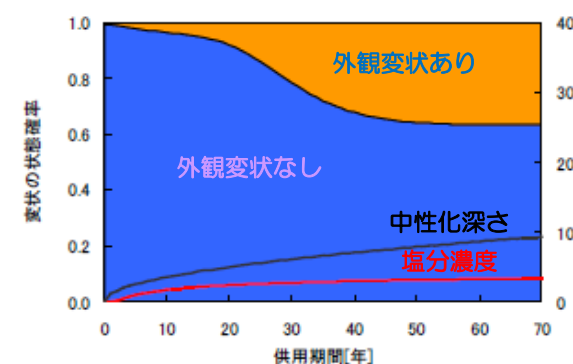
将来の外観変状の程度を、劣化面積率として予測し、補修に要する費用やライフサイクルコストの算定に用いることができます。

## 【評価方法の流れ】

- ①現在の鋼材の腐食グレードは、対象とする構造物の供用条件（供用期間、かぶり、鋼材位置の塩化物イオン濃度、中性化深さ、年平均気温、年平均相対湿度、年間降水量）を入力層とした、ニューラルネットワークの出力層として評価できます。
- ②現在の外観変状と鋼材の腐食グレードとの関係を定式化します。ここでは、確率論に基づく手法を導入しています。
- ③将来の鋼材の腐食グレードは、中性化の進行や塩化物イオンの浸透を予測し、それを入力層としたニューラルネットワークの出力層から予測できます。
- ④将来の外観変状は、定式化されている鋼材の腐食グレードと外観変状の関係から導かれます。この結果は、外観変状の有無についての面積率として得られますので、補修費用の算定などに活用することができます。



鋼材の腐食グレードの経時変化の予測  
腐食なし（I）から断面欠損する著しい腐食（IV）までの腐食グレードの経時変化の予測例



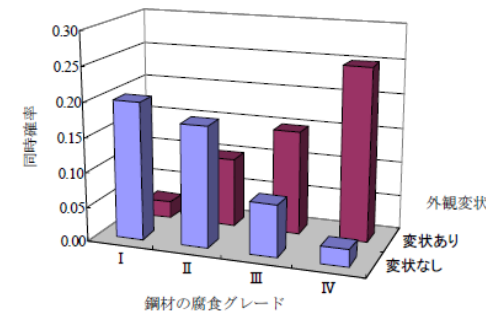
外観変状の経時変化の予測  
外観変状なし（青）から外観変状あり（橙）までの外観変状の経時変化の予測例



## 劣化診断技術

### ライフサイクルコスト

| 工 種   | 要素技術                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 課題に対する解決策                                                                                    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 点検・調査 | <ul style="list-style-type: none"> <li>事前調査                             <ul style="list-style-type: none"> <li>設計図書の確認</li> <li>環境条件の調査</li> </ul> </li> <li>外観目視点検                             <ul style="list-style-type: none"> <li>打音点検</li> </ul> </li> <li>非破壊検査                             <ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋かぶり、配筋の推定</li> <li>腐食状態、腐食速度の推定</li> <li>表面塩分量の推定</li> </ul> </li> <li>詳細調査                             <ul style="list-style-type: none"> <li>圧縮強度、中性化深さ、塩分分布の測定、</li> <li>研出しによる鋼材腐食グレードの観察</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>事前調査                             <p>建造年代が古い場合、設計図書が散逸しており、配筋条件などが不明な場合がある。このような場合は、非破壊検査や詳細調査により必要な情報を得る。</p> </li> <li>外観目視点検                             <p><b>課題：点検員による評価のばらつきが生じる。</b></p> </li> <li>非破壊検査、詳細調査                             <p>頻度や数量を多く行うことが難しい。そのため、鋼材の腐食グレードも実測により多く集めることは現実的でない。このことから、次項に述べるニューラルネットワークを用いた鋼材腐食グレードの推定技術が有効である。</p> </li> </ul> | <p><b>【外観目視点検結果のばらつきに対する解決策】</b> デジタル画像を用いた、ひび割れなどの定量的な抽出技術の適用が有効である（ひび割れ画像処理技術を別に開発済み）。</p> |
| 定式化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ニューラルネットワークによる鋼材腐食グレード予測の定式化</li> <li>外観変状と鋼材腐食グレードとの相関関係の定式化</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>定式化                             <p>鋼材腐食グレードと外観変状の関係については、右図のようなそれぞれの事象が同時に発生する確率に基づいて定式化する。</p> <p><b>課題：実際の構造物での相関データがまだ多く集められていないため、精度の検証が十分でない。</b></p> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                  | <p><b>【定式化の課題に対する解決策】</b> 実構造物を調査して、外観変状と鋼材腐食グレードのデータを積み重ねて、相関式の精度を向上させる。</p>                |
| 予 測   | <ul style="list-style-type: none"> <li>中性化深さ、塩化物イオン浸透の予測</li> <li>ニューラルネットワークによる鋼材腐食グレードの予測</li> <li>外観変状と鋼材腐食グレードの関係式による外観変状の予測</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>予測                             <p>新たな点検・調査結果が得られた場合には、そのデータを用いて予測の修正を行い、予測精度を向上させる。</p> <p><b>課題：実構造物への適用事例が少なく、予測結果と実際の経年劣化の状態を対比する検証が十分でない。</b></p> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                       | <p><b>【予測の課題に対する解決策】</b> 経年劣化した実構造物の劣化調査を行い、劣化の予測結果との対比を行って、予測の精度を向上させる。</p>                 |
| 評 価   | <ul style="list-style-type: none"> <li>外観変状面積率に基づく、補修費用やライフサイクルコストの算出</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>評価                             <p>外観変状面積率に基づいて、外観変状ありの範囲を一時期に全面的に補修範囲とする場合には、補修費用を比較的精度よく算出できる。</p> <p><b>課題：ライフサイクルコスト（LCC）算定の場合は、補修の時期や範囲の最適な組合せを別途検討する必要があるが、補修効果の持続期間が不明確なため、最適組合せの選定が難しい。</b></p> </li> </ul>                                                                                                                                                      | <p><b>【評価の課題に対する解決策】</b> 補修が有効に機能する時間を定量的に評価する試験方法を確立し、補修材料や補修仕様ごとに有効期間を明らかにする。</p>          |



## 水に強く、限定注入が可能な空洞充填工法

## 《アクアグラウト工法》

## ■技術の概要

- ◆限定注入に適した可塑状(力を加えると流動するが、力を加えないと静止する)
- ◆水に対する分離抵抗性が高い
- ◆充填材は一液性であり、施工管理・品質管理が容易
- ◆圧縮強度は3~4N/mm<sup>2</sup>(必要強度は1.0N/mm<sup>2</sup>)
- ◆坑内の設備はポンプ、高所作業車のみでコンパクト

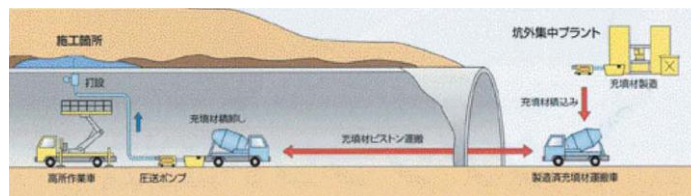
## 可塑性試験(テーブル振動試験)



加振前(静止状態)



加振後



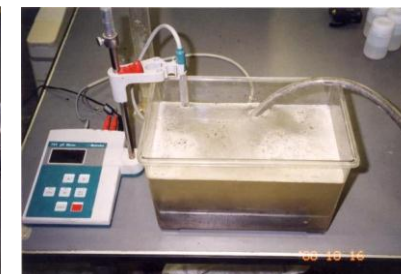
| 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |      |                    |                 |
|-------------------------|------|--------------------|-----------------|
| 水                       | セメント | アクアグラウト用<br>ベントナイト | アクアグラウト用<br>混和剤 |
| 777                     | 350  | 285                | 5.0             |



【抗外プラント】

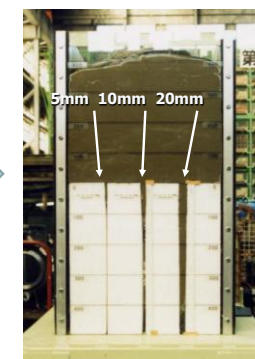
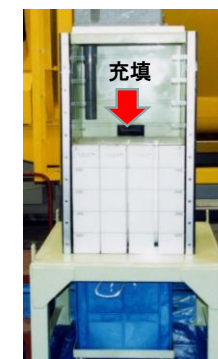
## ■トンネルを対象とした試験

## ①水中不分離性試験



【アクアグラウト(写真左)は分離しないので水が濁らない。エアモルタル(写真右)は分離して水が濁っている】

## ②亀裂漏洩試験



【アクアグラウトは幅10mmまでの亀裂ならば漏洩しないので、漏洩対策のためのシールが不要である】

## ■施工事例



## アクアグラウト工法

流動性のみならず粘性も高めた可塑状のグラウトで、亀裂等からの漏洩が少なく、限定注入が可能である。

- ・圧送を停止するとグラウトが静止するため、必要な箇所のみで限定した充填が可能である。
- ・粘性が高いために水中不分離性を有し、水質への影響が少ない。
- ・材料はプラントで練り混ぜて運搬するだけなので、2液タイプのグラウトに比べて管理が容易である。

### アクアグラウト工法

#### 補修・補強

| 工 種   | 要素技術                                                         | 特徴と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 備 考                                                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 空洞充填工 | <b>アクアグラウト工法</b><br>粘性を高めた可塑状のグラウトで、亀裂等からの漏洩が少なく、限定注入が可能である。 | <b>■特 徴</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>従来のエアモルタル等の充填材は、流動性が高いために覆工コンクリートからの漏洩が生じ、必要な箇所に対する充填性が低かった。</li> <li>アクアグラウトは、充填材の粘性を高めることによって漏洩を少なくし、必要な箇所だけに限定した注入が可能である。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>長距離圧送が困難である（100～150m程度まで可能）。</li> <li>現地プラントを設置するための用地が必要。</li> <li>プラントの設置費用が必要なため、施工数量が少ない場合は単価が高くなる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>道路、鉄道、水路トンネル等 100 件以上の実績あり。</li> <li>NETIS 登録</li> </ul> |



## 水中橋脚の補修・補強工事施工時の仮設工法

## 《鋼板パネル仮締切工法》

本工法は、水中構造物(橋脚等)の補修・補強工事において、構造物の外周に締切体となる複数の鋼製パネルを組合せ、閉合後、内部を排水し、ドライな作業空間を確保する仮締切工法である。従来工法(二重式仮締切工法など)では対応できない、桁下空間が狭く(1.5m程度)、河床面が硬質地盤であるような施工環境下においても安全かつ確実な施工を実現し、更に工期短縮、コスト縮減を可能にする技術である。



### 施工状況写真(施工手順)

#### ① 浚渫工



#### ② 仮組立



#### ③ 曳航(運搬)



#### ④ 据付工(艀装台船へ吊替)



#### ⑤ 据付工(現地設置工)



#### ⑥ パネル閉合・沈設



#### ⑦ ドライアップ



#### ⑧ 耐震補強本体工



#### ⑨ 補強工事完了



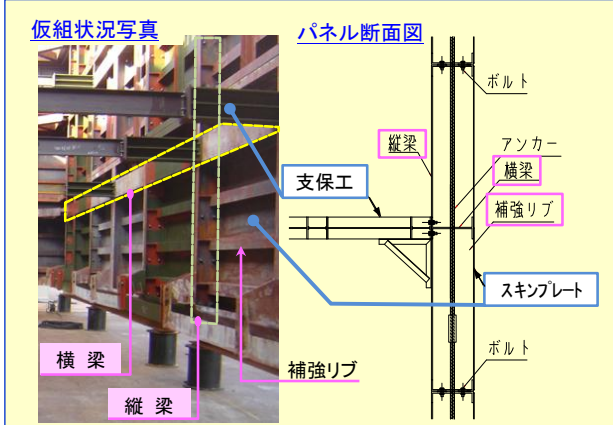
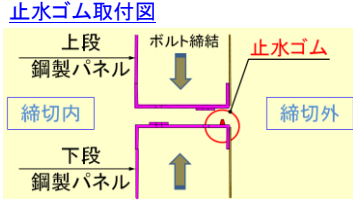
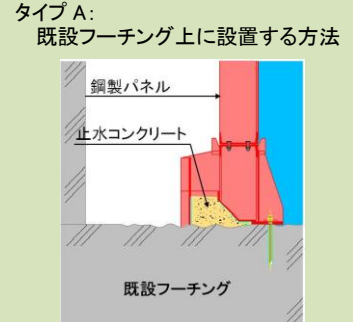
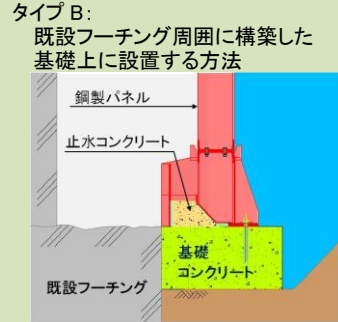
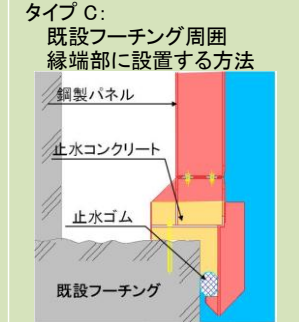
### 本工法による橋脚耐震補強工事での実績

- ・当社施工によるもの: 小見川大橋(千葉県)、尾竹橋、汐枝橋(東京都)、荒川中川橋梁(JR 東日本)、六郷川橋梁(京浜急行電鉄) ほか
- ・技術供与によるもの: 七枝橋、日の出橋、吾妻橋(東京都) ほか



## 適用技術

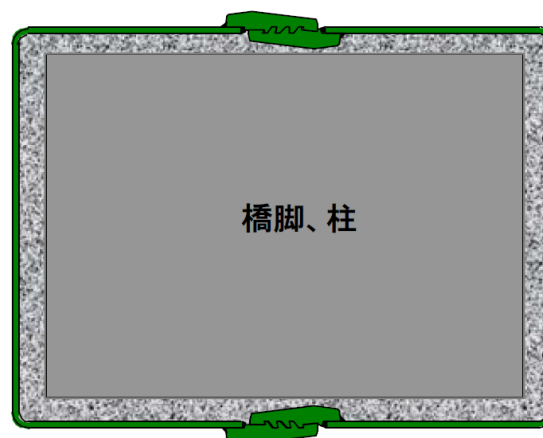
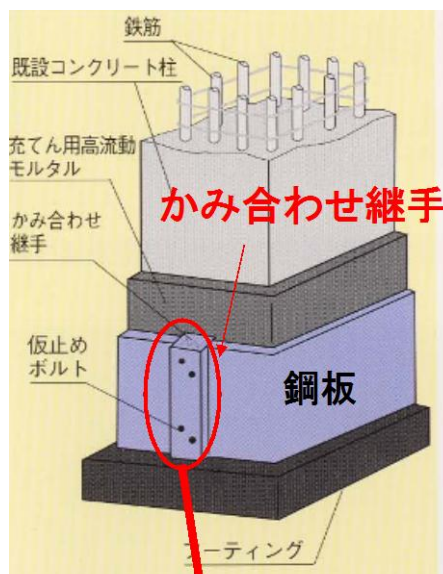
## 仮締切工法

| 工 種  | 要素技術                                                                                                                                                                                                                      | 特徴と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 備 考                                            |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 仮締切工 | <p><b>仮締切構造</b></p> <p>①鋼製パネル材<br/>鋼製パネルは、外側からスキムプレート、補強リブ、横梁、縦梁で構成され、パネル間はメタルタッチとし、ボルトにて接合する。また、パネル組立て後には、上段パネルと下段パネルとを縦締めし、締切全体の安定性と止水性を確保する。</p> <p>②支保工<br/>仮締切に作用する偏圧（流水圧、航走波）に対する安定性、およびパネルの剛性を確保するために支保工を設置する。</p> | <p>■特 徴<br/>鋼製パネル 1 ピースの形状は 3.0m × 3.0m 程度、また作用外力に応じた設計による部材仕様とすることで、鋼材重量の低減化を図っている。これにより、設置・撤去時の仮設備や使用重機類の縮小化を図ることで、コスト削減を実現している。</p>   <p>仮締切内の切梁支保工の設置レベルを調整し、作業床（足場工）と支保工を一体化することにより、仮締切全体の剛性を高め、かつドライアップ後の足場工を削減することで施工の合理化を図れる。</p>                                                                                                                                                                                                                                           | NETIS:KT-030014-V<br>特許:<br>3379391, 392822 ほか |
|      | <p><b>止水方法</b></p> <p>①パネル間の止水<br/>パネルとパネルの間には、止水ゴムを設置し、パネル接合時にボルトの締結圧によりゴムを圧縮し、所要の止水性を確保する。</p> <p>②底部の止水方法<br/>底部の止水方法は、既設フーチングの形状や大きさにより概ね 3 タイプから選定する。</p>                                                            | <p>■課 題<br/>既設フーチング上に仮締切体を固定するので、フーチング天端面を露出する必要がある。このため、土被りが大きく、特に表層部が泥土やヘドロ等の軟弱層である場合には、別途、簡易土留め対策が必要となるなど、コストが増大する課題がある。</p> <p><b>止水ゴム取付図</b></p>  <p><b>タイプ A:</b><br/>既設フーチング上に設置する方法</p>  <p><b>タイプ B:</b><br/>既設フーチング周囲に構築した基礎コンクリート上に設置する方法</p>  <p><b>タイプ C:</b><br/>既設フーチング周囲縁端部に設置する方法</p>  |                                                |

## 無溶接型の機械式継手を用いた鋼板巻立て工法

## 《かみ合わせ鋼板巻立て工法》

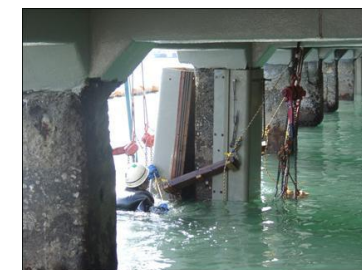
### ■工法の概要



- ・工期短縮(現場溶接不要)
- ・品質確保(同上)
- ・足場不要
- ・工費削減
- ・水中施工が可能

### ■施工事例

#### 1. 水中の橋脚(仮締め切り無しで水中施工)



【大規模なもの(写真左)は4～8分割、小規模なもの(写真右)は2分割で施工】



【写真左から】  
両国橋  
(国土交通省)  
かつしかハープ橋  
(首都高速道路)  
大黒大橋  
(横浜市)

#### 2. ラーメン高架橋(仮設足場無しで短時間施工)



【固定足場の代わりに高所作業車を用いて施工】

#### 3. 狭隘部の柱(重機無しで人力施工)



【重機が使用できない箇所の補強を分割・軽量化して人力で施工】

### かみ合わせ鋼板巻立て工法

従来の現場溶接による鋼板巻立て補強に代わって、無溶接型の“かみ合わせ継手”を用いた鋼板巻立て工法。現場溶接が不要のため、従来工法と比較して以下のメリットがある。

- ・溶接作業員の技能や環境条件による品質のばらつきが無い。
- ・仮設足場が簡略化でき、現場作業も短時間で行えるため、工期の短縮が可能。
- ・河川や港湾内では水中施工が可能で仮締め切りが不要となり、工期や工費を削減。
- ・重機が使用できない狭隘部では、分割・軽量化により人力施工が可能。

## かみ合わせ鋼板巻立て工法

### 耐震補強

| 工 種    | 要素技術                                                             | 特徴と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 備 考                                                                       |
|--------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 鋼板巻立て工 | <b>かみ合わせ鋼板巻立て工法</b><br>従来の現場溶接に代わって、無溶接型のかみ合わせ継手を用いた機械式の鋼板巻立て工法。 | <b>■特 徴</b><br>現場溶接による鋼板巻立て工法と比較して以下のメリットがある<br>・ <b>現場溶接が不要</b> のため、作業員の技能や環境条件による <b>品質のばらつきが無い</b> 。<br>・ 仮設足場が簡略化でき、現場作業も短時間で出来るため、 <b>工期の短縮</b> が可能。<br>・ 河川や港湾内でも <b>仮締め切りが不要</b> で、 <b>水中施工</b> が可能。<br>・ 重機が使用できない <b>狭隘部</b> では、分割化により <b>人力施工</b> が可能。<br><br><b>■課 題</b><br>・ 補強鋼板の縦方向にはかみ合わせ継手を適用できるが、横方向には適用できない。 | ・ 高架橋、橋脚等、実績 700 件以上<br>・ NETIS 登録 (TH-980001)<br>・ 技術審査証明取得 (道路保全技術センター) |

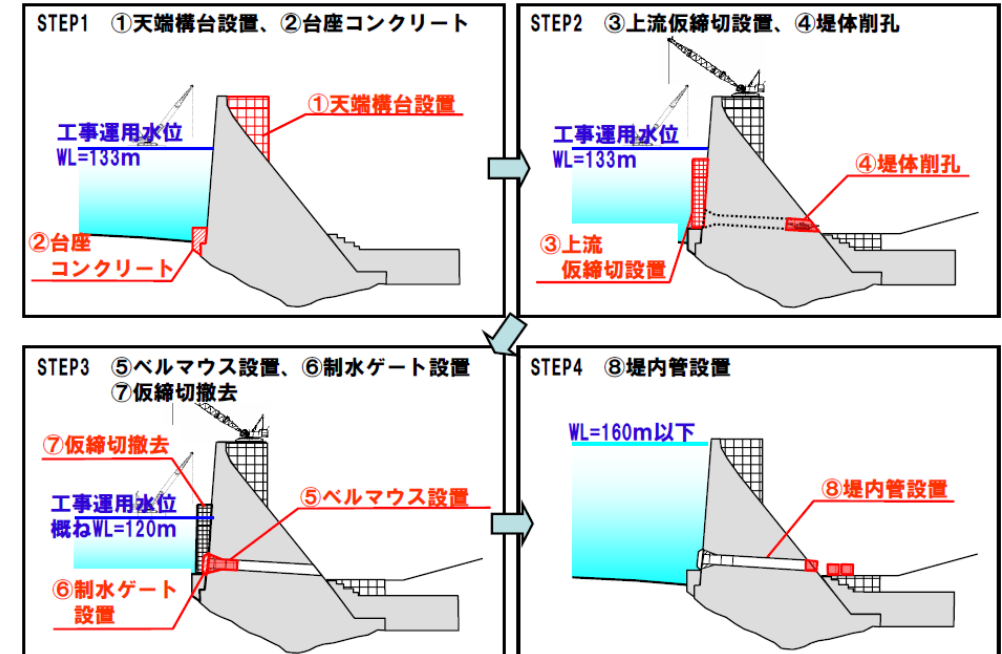
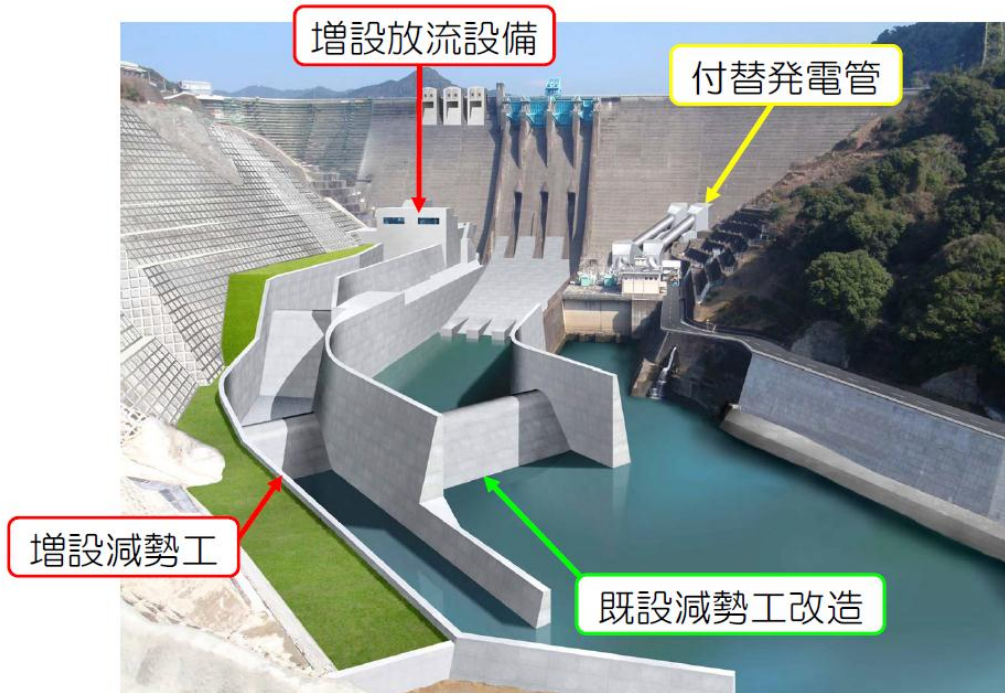


## 大深度水深下での堤体内放流管増設工事

《工事例：鶴田ダム施設改造工事》

工事例：鶴田ダム施設改造工事（国土交通省九州地方整備局）

施工ステップ

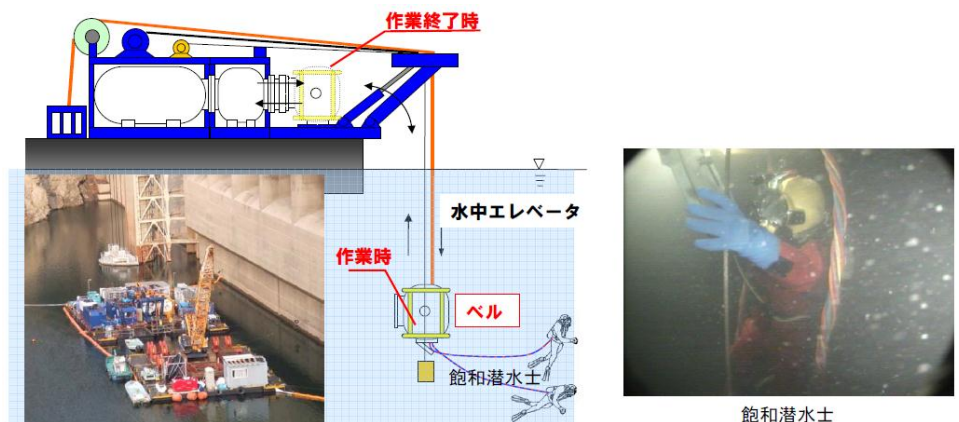


## 特殊技術

### ※潜水技術『飽和潜水』とは

- ・飽和潜水とは、深海の水圧に体をさらしつつ、大深度への潜水を実現するための技術。
- ・実際に飽和潜水を行う際には、地上・船上で高圧環境を実現するための再圧タンク、及び高圧環境を維持したまま再圧タンクから湖底までを往復するためのベルを使用して長期間（約1ヶ月）、このシステムの中に滞在して作業を行う。

今回の仮締切を設置するために最大水深65mでの水中施工が必要となります。水深30m以上での作業の効率化と作業員の安全のため飽和潜水による施工を行います。





## 特殊技術

### 1. 水中掘削

| 工 種              | 要素技術                                                                                                              | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 備 考                                                                                                                                                            |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 岩盤掘削<br>コンクリート撤去 | <b>全旋回オールケーシング工法</b><br><br>回転するケーシングの先端に取付けたビットで、 <b>ケーシング刃先の岩盤のみを切削</b> し、ケーシング内部の岩盤は <b>ハンマグラブで揚土</b> する工法である。 | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ダム堤体直近は湖底地盤の傾斜が厳しく、斜面上では SEP のレグが滑り、据付けに多大な時間を要する。</li> <li>亀裂の少ない岩盤やコンクリートでは、表面への食い付きが悪く掘削に時間を要する。（大水深でケーシングが長い場合、先端のプレが大きいため。）</li> <li>亀裂の少ない岩盤やコンクリートの場合、削孔したケーシング内の岩盤、コンクリートを砕岩棒等で破碎しないとハンマグラブで掘めない。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>大水深における掘削精度</b>の確保が難しい。（全旋回の掘削精度は 1/200～1/500）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>全旋回回転掘削機による掘削方法は、水面上からの掘削であるので、掘削そのものは出来るが、透視度が低く大水深下であるため、掘削した岩盤の出来形の確認が難しい。</li> <li>全て水面上の作業であるため、安全性が高い。</li> </ul> |
|                  | <b>水中バックホウ（水中ブレーカ）</b><br><br><b>水中バックホウ</b> を湖底に下ろし、 <b>ダイバー</b> がそれに乗って運転し、掘削する工法である。掘削ズリは別途グラブ船等により揚土する。       | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>大水深下での人力による掘削であり、掘削能力が低い。特に、透視度が低いと作業できない。</li> <li>水中バックホウが適用されるのは、捨石マウンドの敷き均し等水深 20～30m 以浅で、透視度が高く、平坦な海底での作業が主体であり、<b>ダム湖のような条件の厳しいところでは適用が難しい。</b></li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>大水深下では飽和潜水が必要</b>となり、ダイバーの教育と設備に多大な時間と費用を要する。</li> <li><b>飽和潜水ができるのは日本ではアジア海洋（株）のみ</b>であり、競争原理が働かない。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>すべてが大水深下での水中作業となり、安全性に問題がある。</li> <li>水中では人間の思考力は極端に落ち、単純作業しかできない。</li> </ul>                                           |

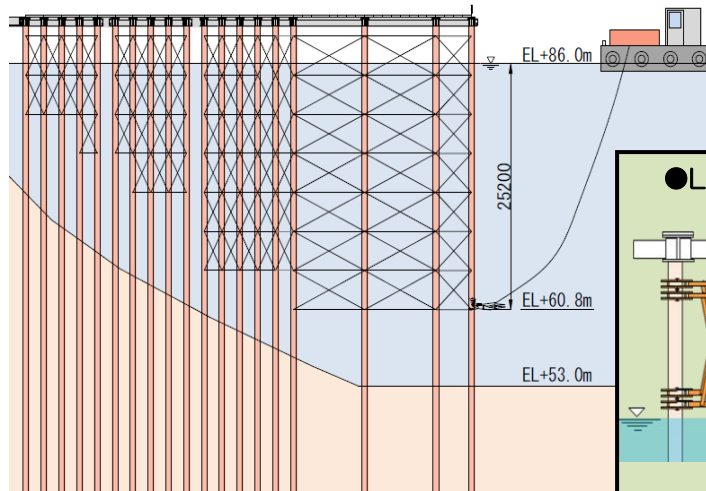
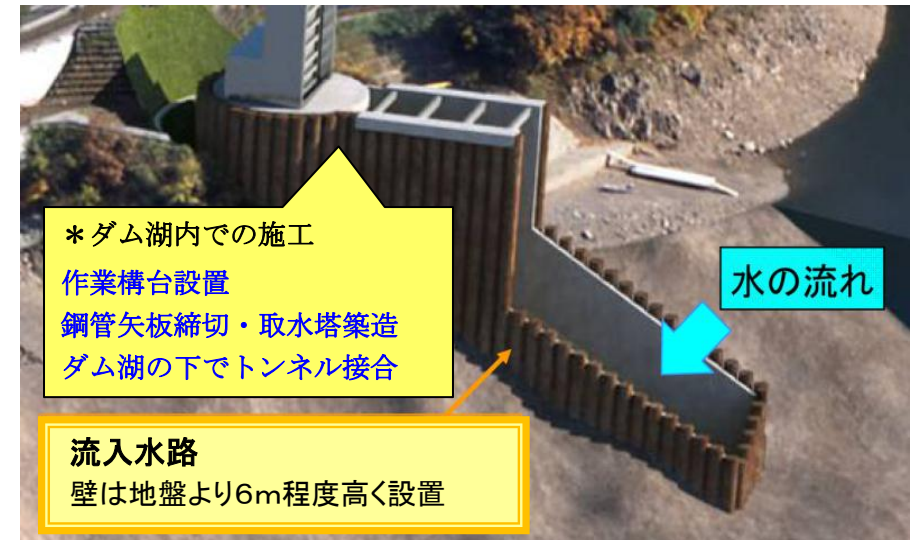
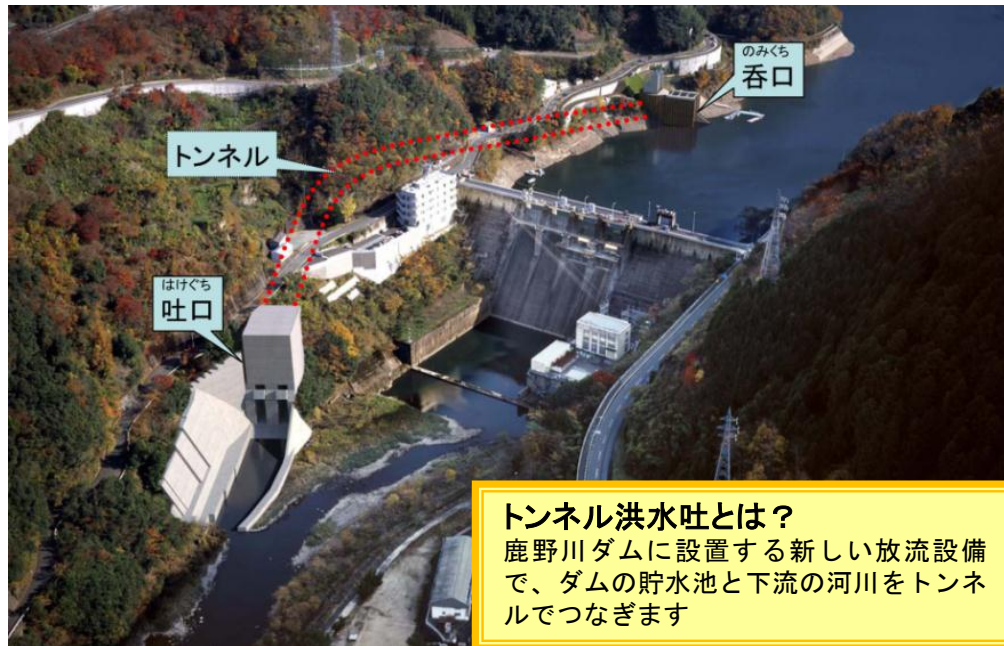
### 2. 台座コンクリート

| 工 種      | 要素技術                  | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 備 考                                                                                                                                                                        |
|----------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 台座コンクリート | <b>水中不分離性コンクリート打設</b> | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>打設可能量は<b>潜水土の潜水時間に制限</b>される。飽和潜水における潜水時間は 1 方 6 時間であり、最大でも 2 方 12 時間が限度である。</li> <li>仕上がり精度は水中コンクリートの流動平滑性による依存度が高い。潜水土が仕上げ作業することは不可能である。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>底部戸当り内へのコンクリート充填状況はセンサーによる依存度が高い。水中視距 50 c m 程度では戸当り鋼材の隅々まで点検できない。</li> <li>通常の打設に比べ準備、後片付けに時間がかかる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>準備作業等により実打設可能時間は低下する。</li> <li>潜水土はコンクリートが圧送されているか等不具合の確認が主務となる。</li> <li>無理をすると潜水機材を損傷するなどの危険が伴う。</li> <li>深度による影響が大きい。</li> </ul> |

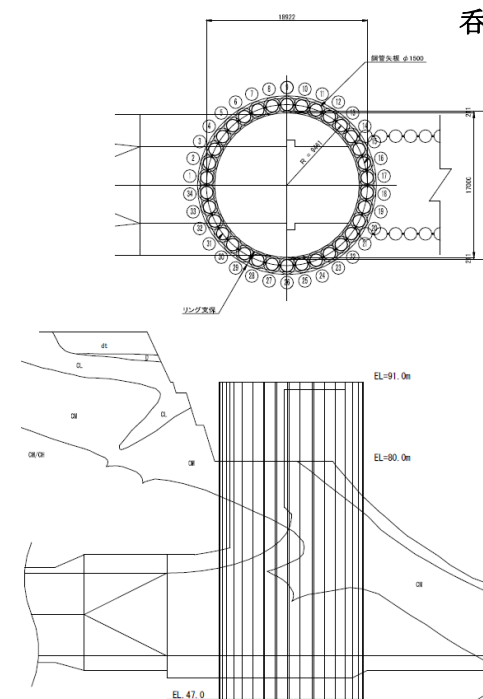
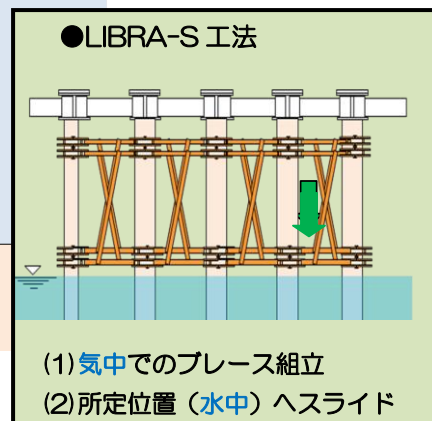
## トンネル洪水吐新設工事

《工事例：鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事》

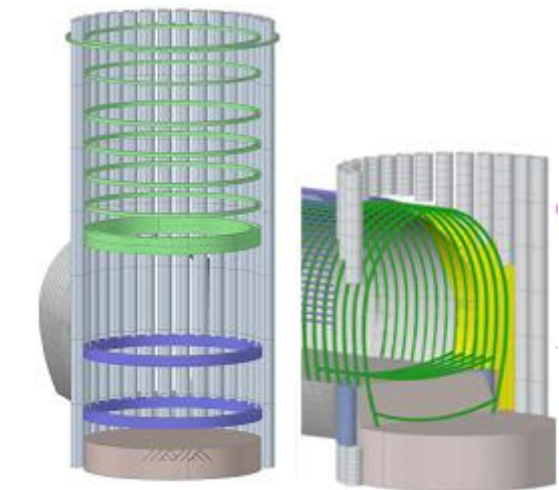
工事例：鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事（国土交通省四国地方整備局）



呑口部 構台施工の合理化



呑口イメージ図



呑口部 鋼管矢板締切と洪水吐トンネル接合

## 特殊技術

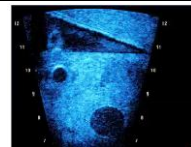
### 1. 仮設構台設置

| 工 種            | 要素技術                                                                                                               | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 備 考                                                                                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 仮設構台設置<br>濁水処理 | <b>LIBRA-S工法</b><br>LIBRA-S 工法は、 <b>水上でブレースリングとブレース材をユニット化して仮組みし、水中に順次スライドさせ所定の位置に固定</b> することにより潜水作業を大幅に低減するものである。 | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・呑口構造部施工においては、ダム貯水機能維持のため水中施工にならざるを得ない。</li> <li>・ダム湖は<b>大水深で視界不良（視野約 50 c m程度）</b>のケースが多く、施工の安全性と作業効率の一層の向上が課題となっている。</li> <li>・呑口作業構台は、水深が大きい場合、水平継材とブレスを数段（水深が 50m の場合 6 段程度）取り付ける必要がある。</li> <li>・作業構台の<b>工程上のクリティカル作業はブレス設置作業</b>であり、経済性においてもこの作業の効率化は重要である。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭の打込み精度の確保</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中作業が大幅に低減するため安全性が高く、作業効率も向上するため工程短縮にも寄与する。</li> <li>・併せて建て込み精度向上対策（精度 1/300 程度まで）が必要となる。</li> </ul> |

### 2. トンネル接合

| 工 種                       | 要素技術                                                                                                                            | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 備 考                                                                                                                          |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鋼管矢板締切と<br>洪水吐トンネルの<br>接合 | <b>呑口部トンネル接合部の地山の安定化対策</b><br><br>ダム湖内に <b>鋼管矢板締切（φ 20m、取水塔築造部）を設置</b> し、下部から <b>トンネル（φ 16m）掘削</b> を行う。 <b>施工の安全確保</b> が最重要である。 | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接合部周辺地山の<b>徹底したグラウチング</b>が必要</li> <li>・鋼管矢板切断時に<b>湖水の流入防止対策</b>が必要</li> <li>・トンネル掘削時の<b>鋼管矢板締切の変形防止</b></li> <li>・<b>変位計測</b>と 3 次元解析値との比較検証</li> <li>・長尺先受け工法の導入による<b>地山変位防止</b></li> <li>・鋼管矢板締切内部掘削時の<b>無振動掘削工法</b>の適用</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接続部となる大口径開口部の構造安定性及び止水性の確保</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・鋼管矢板締切（φ 20m）から非常に大きな断面のトンネル（φ 16m）を発進する。ダム湖の下に相当する部分であり、施工時の安全確保が最重要となる。</li> </ul> |

### 3. 水中掘削

| 工 種          | 要素技術                                                                                                                      | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 備 考                                                                                                                                                                                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 岩盤掘削<br>水中計測 | <b>全旋回オールケーシング工法</b><br><br>刃先が付いた <b>ケーシングを反復回転させながら油圧ジャッキで岩盤に圧入</b> し、内部を <b>砕岩棒で掘削</b> する。ズリ出しはクラムシェルで行う。              | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設構台上からの施工となるため、ケーシング揺動に耐える<b>強固な足場構造</b>が必要となる。</li> <li>・一軸圧縮強度が 100N/mm<sup>2</sup> 程度以上の新鮮な<b>硬岩の場合、パーカッション工法併用</b>となり、掘削に時間を要する。</li> <li>・円形掘削のため、掘残しを防止するにはラップ施工が必要となり、非効率。</li> <li>・<b>水中における掘削精度（特に底部の不陸正整）</b>の確保が難しい。底面施工だけ、別途掘削機械（水中ブレーカ等）が必要となる。</li> <li>・掘削作業に多数の機械（CD機、クローラークレーン、ダンプ、ケーシングチューブ）が必要。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中岩盤掘削のさらなる合理化</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削した岩盤の出来形の確認が難しい。また、掘削後の整形、清掃にも課題がある。</li> <li>・広い作業エリアが必要で構台面積が増える傾向にある。</li> </ul>                                                        |
|              | <b>音響ビデオカメラ（D I D S O N）</b><br>光が届かない大水深や濁りが激しい水域では通常の水カメラが使用出来ない。D I D S O N は、音響データを利用し、 <b>濁った湖水や夜間での水中撮影を可能</b> とする。 | <b>■現 状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日本への輸入実績が少なく、港湾での使用が少数である。</li> <li>・データ解析に時間がかかる。</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・精度の高い計測（mm 単位）が困難</li> <li>＊その他、音響計測装置もあるが、精度の問題は残る。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             |  <ul style="list-style-type: none"> <li>・水中作業の点検、監視には大きな力となる。</li> <li>・自動潜水機能が待たれる。</li> </ul> |

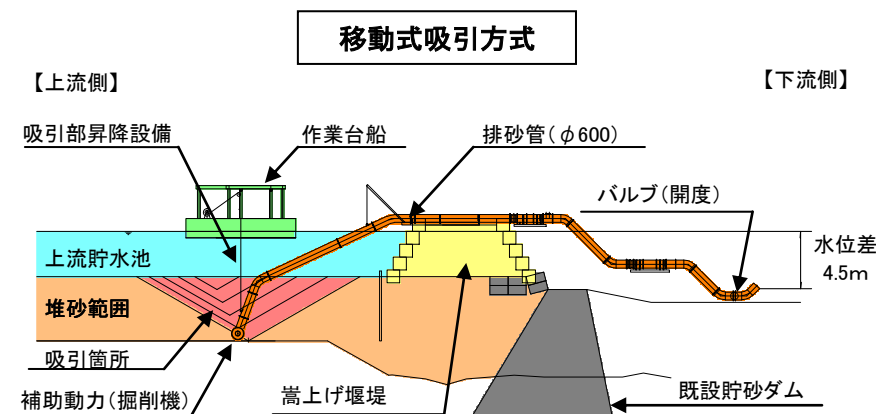


## ダム貯水池における堆砂対策の実証試験

## 《工事例：矢作ダム排砂工法実証試験》

## ■工事例：矢作ダム排砂工法実証実験（国土交通省中部地方整備局）

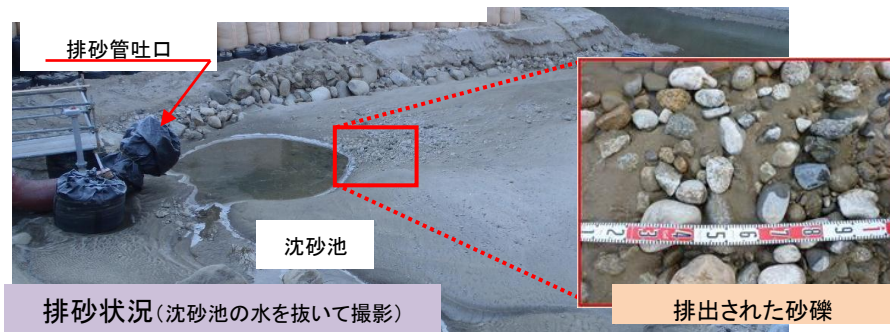
矢作ダム管理所（国土交通省中部地方整備局）が排砂工法の一つの手法として実証実験を公募し、共同で実験を行った。実験設備は、矢作ダム貯水池内の既設貯砂ダムを利用して半川締切で設置し、実験は実機レベルのφ600大口径排砂管（延長L=47.0m）を使って、水位差4.5mで実施した。



実験の内容

| 実験ケース | 実験材料     | 各ケースの目的                                   | 備考               |
|-------|----------|-------------------------------------------|------------------|
| ①     | 現況河床堆積土砂 | ・現河床堆積土砂を吸引したときの吸引特性調査<br>・補助動力の有無による影響確認 | バルブ開度<br>100%    |
| ②     | 採取土砂     | ・採取土砂を吸引したときの吸引特性調査<br>・補助動力の有無による影響確認    | バルブ開度<br>100%    |
| ③     | 採取土砂     | ・オペレーションによる最適排砂濃度の確認<br>・排砂濃度の違いによる吸引特性調査 | バルブ開度<br>100%    |
| ④     | 採取土砂     | ・管内流速を変化させたときの吸引特性調査                      | バルブ開度<br>50%、75% |
| ⑤     | 採取土砂＋塵芥  | ・塵芥を混入させたときの吸引特性調査                        | バルブ開度<br>100%    |

※採取土砂：矢作ダム既設貯砂ダム上流に堆積した土砂を掘削、採取した

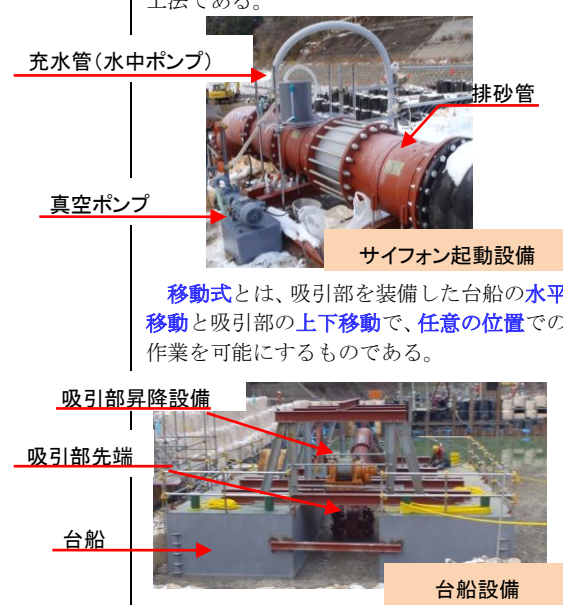
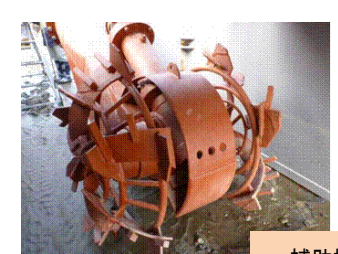
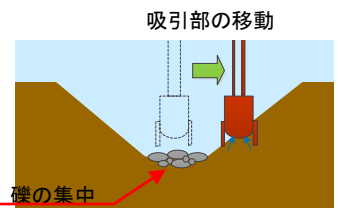
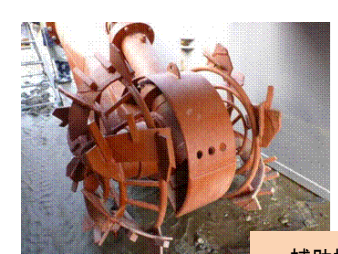


吸引状況の計測は、圧力センサー（8箇所）、超音波流量計（1箇所）、γ線密度計（1箇所）、圧力式水位計（1箇所）のほか、オペレーション観測用に補助掘削機油圧センサー、回転計および先端部深度計を設置した。

また、管内排砂状況観測のため、アクリル管を2箇所配置し、目視観測した。

## 実証実験の技術

## 移動式吸引工法

| 工 種   | 要素技術                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 試験結果と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 備 考                                                                                  |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 排砂・掘削 | <p><b>サイフォンによる移動式吸引工法</b></p> <p>上流貯水池と排砂管下流端との水位差により、<b>サイフォン原理</b>を利用して貯水池内の土砂を水とともに吸引し、下流に排出するものであり、<b>化石燃料等をほとんど使用しない</b>工法である。</p>  <p>移動式とは、吸引部を装備した台船の<b>水平移動</b>と吸引部の<b>上下移動</b>で、<b>任意の位置</b>での作業を可能にするものである。</p> <p><b>補助動力による掘削</b></p> <p>吸引口先端に<b>補助掘削機（サイドカッター）</b>を取付け、土砂を切り崩しながら吸引する。</p>  | <p>■試験結果</p> <p>①試験結果は、現在整理中であるが、今回の実験条件（水位差他）では、以下の結果が得られている。</p> <p><b>管内流速 3.8m/s 排砂土砂濃度 2.7%で排砂。濃度 4.3%で管内堆砂の傾向</b></p> <p><b>礫径 最大長径 30cm、短径 12cmは吸引・排出</b></p> <p><b>沈木 85cm以下は吸引・排出（補助動力で砕けて小さくなっている）</b></p> <p>②管内堆砂が発生すると、管内流速が低下し、急速に堆砂が発達して吸引効率を低下させる。</p> <p>③管内堆砂が極端に進行しても、完全に閉塞することはなく、吸引部を引き上げる（水だけ吸わせる：管内フラッシュ）ことで、吸引機能を回復することができた。</p> <p>④掘削深さが増すにつれて、吸引できない礫が円錐形の底部に集まり、吸引効率を低下させる要因となった。今回の実験ではヤードの大きさに制約があり、横方向の移動ができなかったが、移動式の利点である吸引部の移動で、礫の集中は回避することができる。</p> <p>⑤掘削深度が増すと、斜面からの崩落土砂量の増大による管内濃度の上昇が起こり、管内堆砂を助長した。</p>  <p>■実用化に向けた課題</p> <p>①効率的な排砂には、管内堆砂を生じない「<b>最適な排砂濃度</b>」の維持が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・管内濃度、流速などの計測精度の向上</li> <li>・計測値を基にした吸引部の位置移動等のオペレーション技術の確立</li> <li>・堆積土砂の特性に応じた1ステップの最適な掘削深度および吸引部の移動速度の把握</li> </ul> | <p>各ダムの堆砂状況に応じた、移動式吸引工法の活用のための検討が必要。</p> <p>コンクリートダム堤体の排砂ルートや排砂トンネルとの併用などが考えられる。</p> |
|       | <p><b>補助動力による掘削</b></p> <p>吸引口先端に<b>補助掘削機（サイドカッター）</b>を取付け、土砂を切り崩しながら吸引する。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>■試験結果</p> <p>①補助掘削機作動の場合と作動させない場合では、作動させた方が吸引効率は向上する。</p> <p>②埋木等が存在する場合でも、補助掘削機で弾かれ、また、柔らかいものは破碎されて小さくなって排出された。</p> <p>③排砂面形状は整った円錐形で、斜面の勾配もほぼ一定となった。</p> <p>■実用化に向けた課題</p> <p>①効率的な排砂には補助掘削機が有効であるため、<b>貯水池内堆積土砂の特性に合わせた補助掘削機構の検討</b>が必要。</p> <p>②最適排砂濃度を維持するため、<b>補助掘削機の回転数と排砂濃度の関係</b>をオペレーションにフィードバックすることが必要。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                      |



## ゲートの交換・堰柱の補修

## 《工事例：行徳可動堰改築工事》

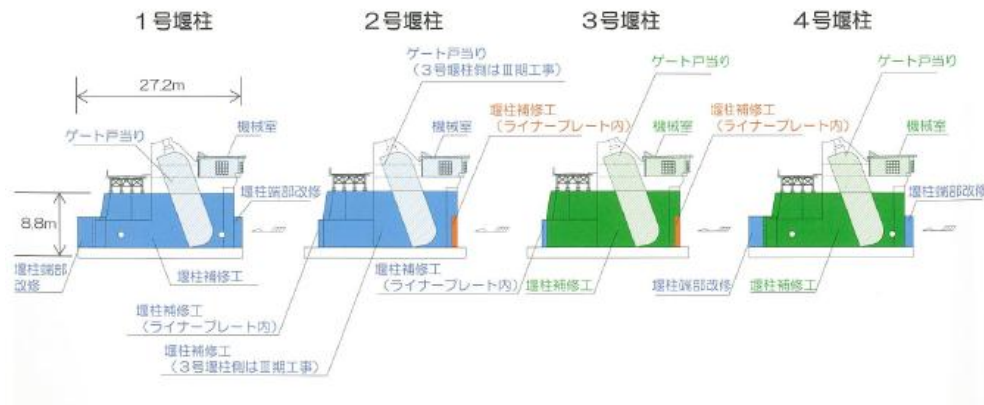
工事例：H22 行徳可動堰改築工事（国土交通省関東地方整備局）

老朽化の進んだゲートの交換と堰柱の補修・耐震補強  
(旧ゲート・堰柱を供用しながら非洪水期に部分改修)



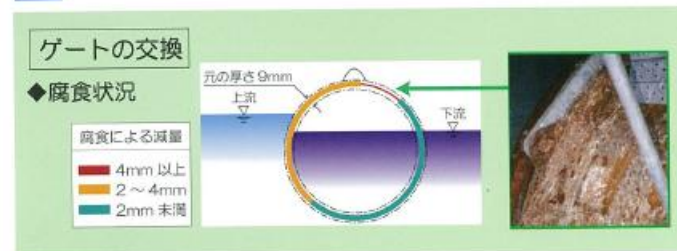
## ■施工ステップ

断面図

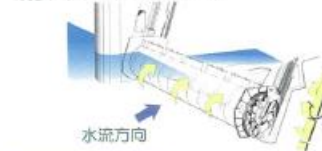


## ■施工概要

## 1 ゲートの交換



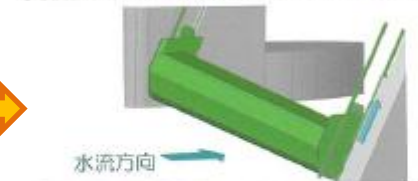
既設（ローリングゲート）



回転しながら上昇

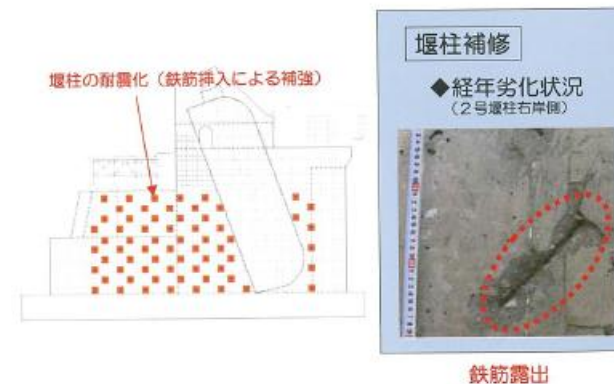
- ・下流側の塩水が胴体内部に入る。
- ・異物を巻き込む可能性がある。

更新施設（シェル構造ローラゲート）



- ・浸食防止の目的で下流側の流水が扉体内部に入らない構造である。
- ・異物の巻き込みや、水圧による浮上りを防止する。

## 2 堰柱の耐震化

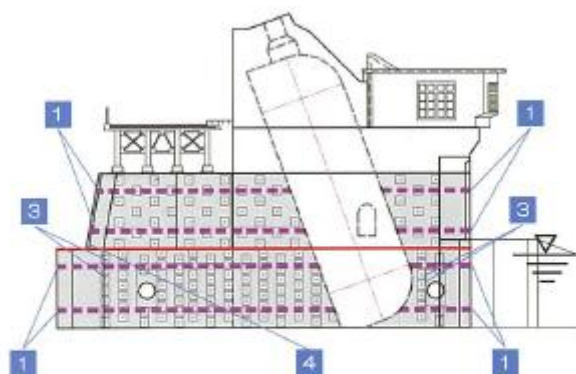




## ■施工上の特徴

### 堰柱補強における品質の確保

行徳橋の橋梁下部としても使用されている堰柱の耐震補強では、より高い品質を確保する施工を行います。



2 : 全てのはつり工

5 : 全てのコンクリート

### 設計上の工夫

行徳可動堰のゲートは、洪水時以外、常に全閉状態で使用されるため、海水に接しています。このため、ゲート本体には、長期的な耐久性や洪水時の確実な開閉操作を可能とするための維持管理の向上を図ります。



#### 1 ダストシールの設置

主ローラ輪の両端部にダストシールを設け、グリースによる潤滑を不要とすることでメンテナンスフリー化します。

#### 2 管理運転回路の追加

操作盤に設けたボタンを押すだけで管理運転が可能になる回路を付加します。

## ■施工上の課題

10m弱の水深下締切内でのドライワークが主体となり、施工時期は非洪水期に限定される。同時期においても、降雨時急激な水位上昇等の危険性も懸念されることから、締切内作業時には、底板の水圧管理や緊急時避難体制確保等万全の安全確保対策を講ずる必要がある。

#### 1 鉄筋探査用電磁波レーダーの使用

既設鉄筋の位置とかぶりを正確に把握します。既設鉄筋に損傷を与えず、腐食状態を正確に確認することができます。

#### 2 ウォータージェットによる仕上げ

はつり表面のうき、剥離および微細なクラックを除去し、新たに打設する補修コンクリートとの付着力が向上します。

#### 3 超低粘性グラウト用混和材の使用

高い充填性により堰柱と補強鉄筋の一体性が確保できるとともに、補強鉄筋の錆びに対する保護を確保します。

#### 4 水平施工目地の減少

水平施工目地を4箇所から2箇所に減らすことで、劣化因子の浸入による補強鉄筋および既設鉄筋の発錆を低減します。

#### 5 膨張コンクリートの使用

乾燥収縮ひずみや温度ひずみによるひび割れを抑制し、劣化因子の浸入による鉄筋の発錆を抑えます。



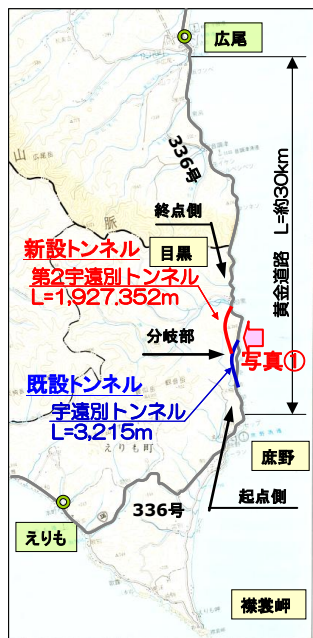
## 既設トンネルからの活線分岐工事

## 《工事例：第2宇遠別トンネル工事》

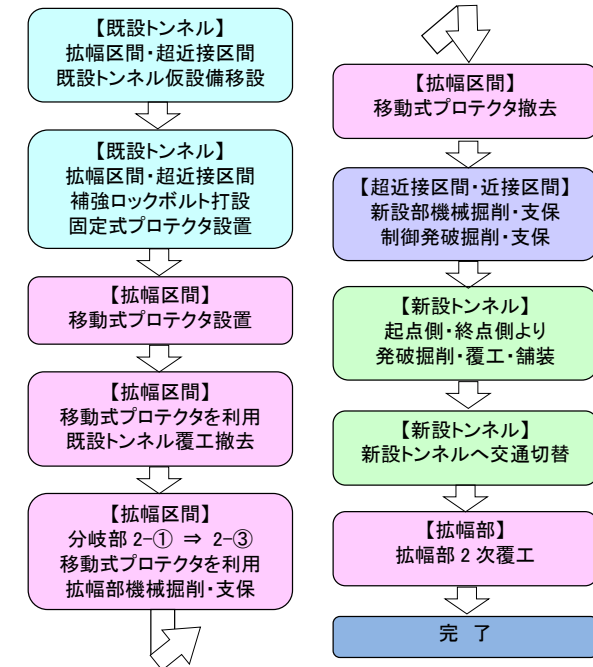
## 工事例：一般国道336号えりも町第2宇遠別トンネル工事（国土交通省北海道開発局）

大雨や雪崩等による岩盤崩壊等の危険箇所解消（既設トンネルの終点側抗口付近）を目的として、3,215mの既設トンネルを延長4,941mのトンネルに延伸。  
常時一般車両の通行を確保しながら既設トンネル内に分岐部を施工し、起点側（分岐部）および終点側より1,927mの新トンネルを施工して一体化。  
トンネルによる道路改良において、既設トンネルを利用したい場合や坑口を確保できないケースに有効。

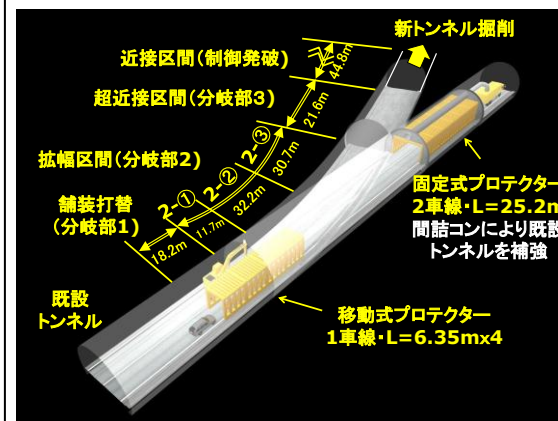
トンネル位置図



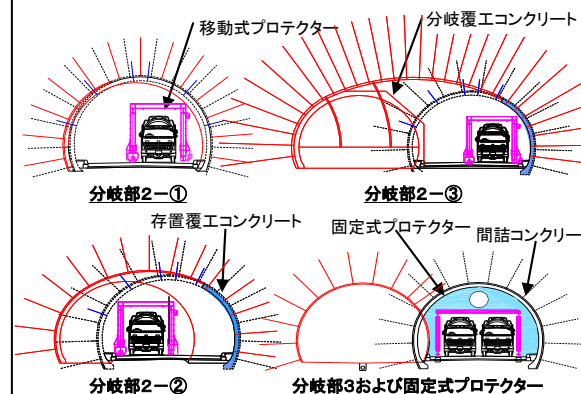
施工手順



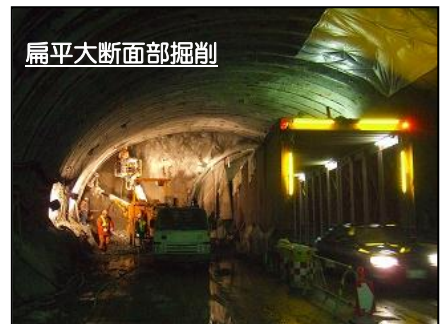
分岐部姿図



分岐部断面図



施工状況



黄金道路

写真①（既設トンネル終点側抗口状況）

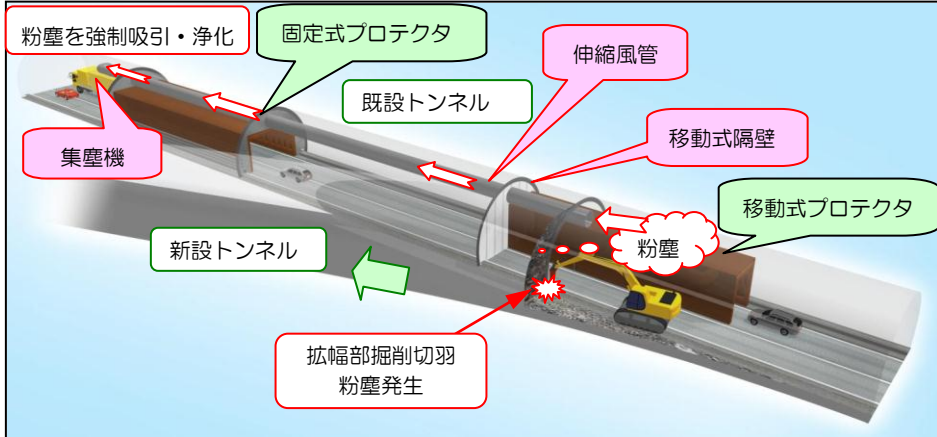


トンネル諸元

- ・既設トンネル: 3,215m（宇遠別トンネル、NATM工法）
- ・新設トンネル: 1,927m（第2宇遠別トンネル工事、NATM工法）
- ・工事完成後: 4,941m（えりも黄金トンネル）
- ・仕上り内径  $R1=4.80m$ 、仕上り内空断面積  $52.6 \sim 73.5m^2$
- ・掘削方式: 拡幅部: 機械掘削、新設部: 発破掘削
- ・地質: ホルンフェルス
- ・施工時期: 平成19年3月～平成21年2月



## 施工方法

| 工 種    | 要素技術                                                                                                                                                                                                                                                        | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 備 考                                                                                                                                                                                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 活線分岐工事 | <b>【一般車両の通行・安全性確保】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動式プロテクタ (L=24m) で常時1車線の一般車両通行を確保しながら、順次拡幅部を掘削。</li> <li>・発破バルーンによる隔壁を新設トンネル入口に設置し、新設トンネルの発破掘削時に飛石や粉塵・ガスが一般通行車線に流入することを防止。</li> </ul>                                                        |  <p>移動式プロテクタを専用トレーラーで短時間に搬入</p>  <p>移動式プロテクタの設置完了</p>  <p>発破バルーンにより、新トンネル発破時の飛石を防止</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロテクタの天板部・側壁部に鉄板を隙間なく設置することで、掘削ズリやコンクリート片の通行車両上への落下を防止。</li> <li>・容易に移動可能な発破バルーンを採用することで、分岐部から250mまでの新設トンネルの発破掘削時における飛石の防止。</li> </ul>                                                  |
|        | <b>【既設トンネルの坑内環境維持】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動式隔壁を移動式プロテクタ端部に設置して拡幅部掘削切羽で発生した粉塵が拡散するのを防止。</li> <li>・集塵機を使用し、移動式風管に設置した伸縮風管を通して粉塵を強制吸引して浄化。</li> </ul>  |  <p>粉塵を強制吸引・浄化</p> <p>固定式プロテクタ</p> <p>伸縮風管</p> <p>移動式隔壁</p> <p>移動式プロテクタ</p> <p>粉塵</p> <p>新設トンネル</p> <p>既設トンネル</p> <p>集塵機</p> <p>拡幅部掘削切羽 粉塵発生</p>                                                                                                             |  <ul style="list-style-type: none"> <li>・拡幅施工箇所（移動式プロテクタ端部）に移動式隔壁を設置し、伸縮風管付き集塵機で施工箇所の粉塵を強制的に吸引処理し、車道部粉塵濃度は0.5mg/m<sup>3</sup>を確保。</li> </ul> |
|        | <b>【トンネルの安定性確保】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・拡幅部では既設トンネルへ動的（発破）影響を抑制するためブレーカによる機械掘削を採用。</li> <li>・超近接区間における新設トンネルでは制御発破を併用した機械掘削を実施。</li> <li>・各種自動計測によりトンネル安定性の確認を実施。</li> </ul>                                                            |  <p>拡幅部施工</p> <p>拡幅部ではブレーカによる機械掘削</p>  <p>超近接施工</p> <p>ダブルVカット、火薬斉発量制限による制御発破</p>                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・A計測5m間隔、B計測3断面実施による自動計測管理。</li> <li>・固定式プロテクタに応力計を設置し、超近接区間掘削時の既設トンネルへの影響を監視。</li> </ul>                                                                                                |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・狭隘な箇所から扁平大断面まで変化する分岐拡幅部に対する施工機械の最適化</li> <li>・扁平大断面における合理的設計手法</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |

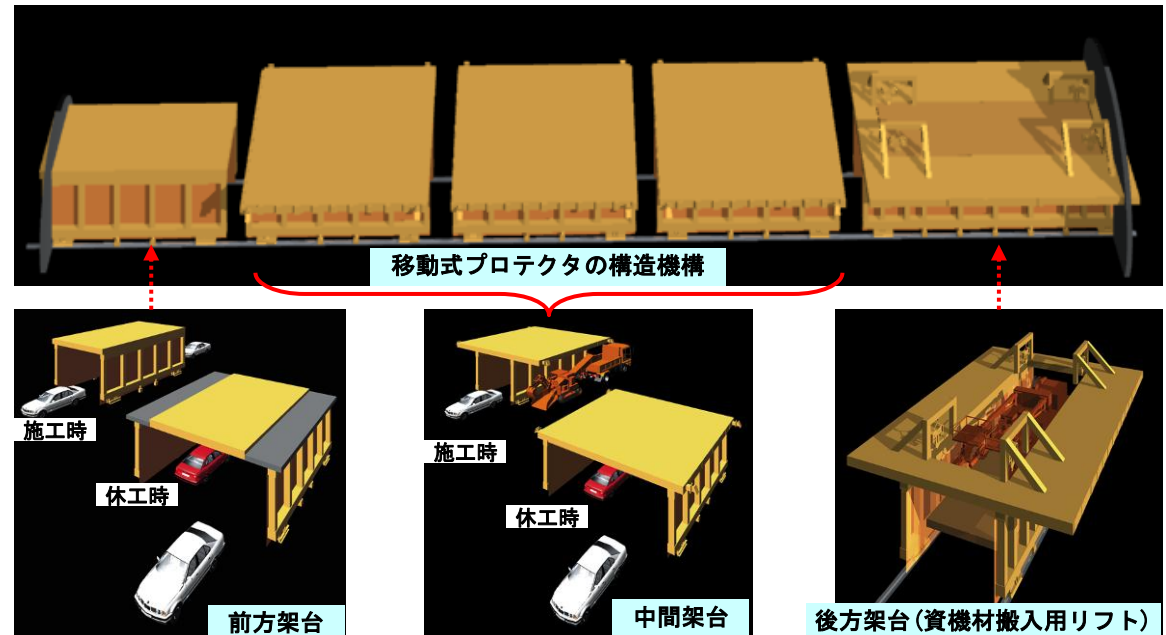
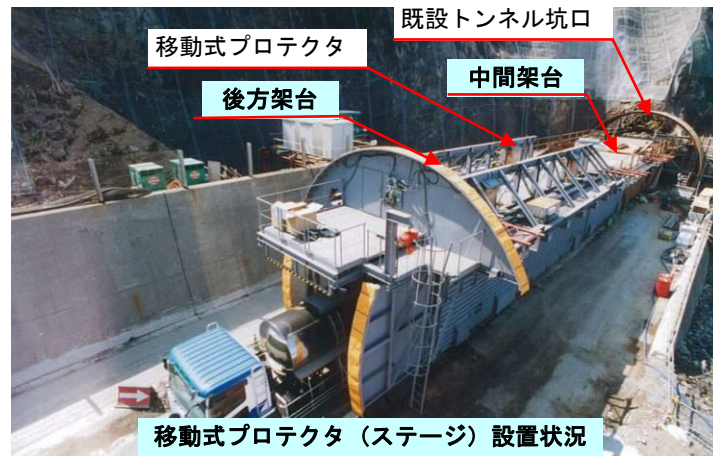


## トンネルの活線拡幅工法：ELLTN（エルトン）

## 《工事例：敷島内トンネル工事》

## 工事例：一般国道 229 号岩内町敷島内トンネル工事（国土交通省北海道開発局小樽開発建設部）

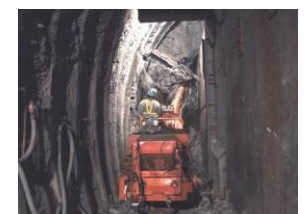
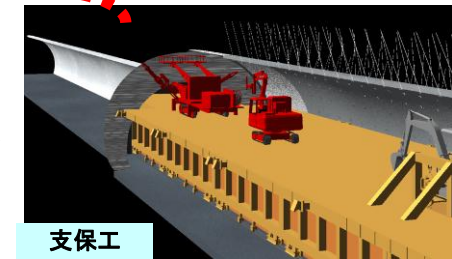
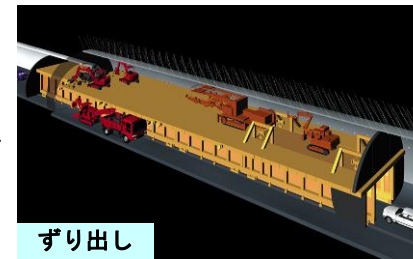
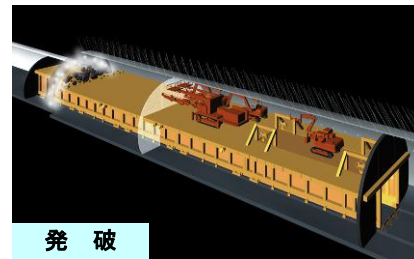
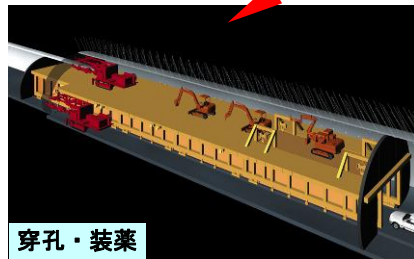
一般国道 229 号岩内町敷島内トンネル工事は、移動式プロテクタを用いた発破によるトンネル活線拡幅工法を初めて導入して施工したものである。エルトン(Enlargement of Live Line Tunnel Method)は、プロテクタを移動式とし、発破掘削が可能なトンネル活線拡幅工法であり、移動式プロテクタは、作業時には一車線の交互交通を確保し、休工時に脚壁が上げられ車線を増やすことが可能な構造である。



エルトン工法と従来拡幅工法との比較

| 項 目   | 従来拡幅工法（全線防護）                        | エルトン工法                                                     |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 施工延長  | 短い（100m 以下が多い）                      | 中長大トンネル                                                    |
| 掘削方式  | ほとんどが機械掘削                           | 発破工法と機械掘削の選択・併用が可能                                         |
| 施工性   | 硬岩地山では割岩工法必要                        | 硬岩地山でも発破工法が採用できる                                           |
| 効率性   | 覆工・インバートは掘削完了後                      | 覆工・インバートの掘削との併進作業可能                                        |
| プロテクタ | 全線に渡る設置。発破工法に変更する場合当該部分全長にわたって強化必要。 | 移動式であるため 55m と短く、発破影響部分のみの局所的強化でよい。                        |
| 交通規制  | 交通規制が必要なプロテクタ設置撤去に時間が掛かる。           | プロテクタが短いので設置撤去が短時間。（敷島内 T 実績設置 3 週間、撤去 4 週間）休工時には 2 車線解放可能 |
| 工 費   | —                                   | 300m で 9 % 低減（対全線防護試算）                                     |
| 工 期   | —                                   | 300m で 1.3 % 低減（対全線防護試算）                                   |

工事内容 : 内空断面積 32.0 m<sup>2</sup> ⇒ 62.9 m<sup>2</sup>  
 幅 員 6.0m ⇒ 9.75m  
 延 長 146m ⇒ 137m  
 工 期 自平成 13 年 2 月 27 日  
 至平成 14 年 2 月 6 日



## 概算工事費の比較

### ■エルトン工法の算出条件

1. 既設トンネル(32m)を拡幅(85m)する
2. 支保パターン 両坑口より20mはDⅢパターン  
その他区間CⅡパターン
3. 掘削方式 発破工法
4. 掘削工法 補助ベンチ付き全断面工法
5. 施工時はプロテクタで常時1車線の交通確保
6. 移動式防護ステージはスライドセントルの考えにより換料扱
7. 工事中の交通保安員として4人/方
8. 坑口からの二次運搬は工事費に計上しない

### ■新設トンネル

国土交通省土木工事積算基準に準じて算出

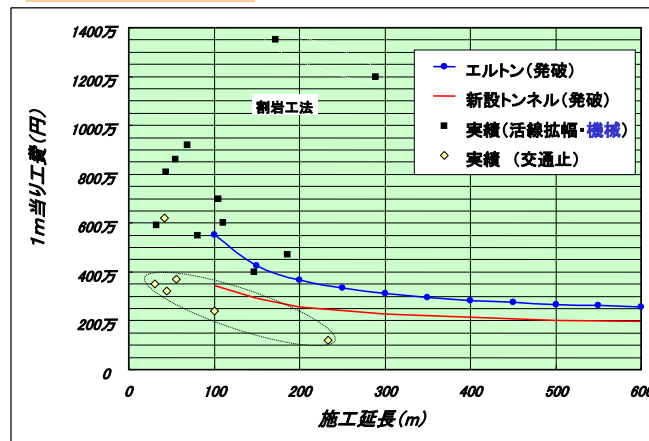
### ■実 績

既設トンネルの断面拡大工法の開発に関する共同研究  
(国土交通省土木研究所)平成12年度中間報告書より

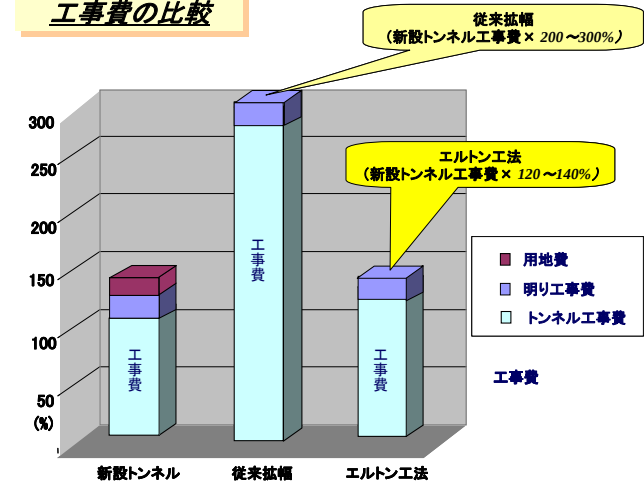
### ■工 種

- 掘削工
- 吹付けコンクリート工
- ロックボルト工
- 金網工
- 鋼製支保工
- コンクリート巻立工
- 防水工
- インパート工
- 排水工
- 舗装工
- 交通保安員
- 坑門工
- 固定仮設備費
- 拡幅移動ステージ

## 比較結果



## 工事費の比較



| 工 種                  | 要素技術                                                                          | 特徴と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 備 考 |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 移動式プロテクタ<br>(エルトン工法) | トンネル全線にわたるプロテクタでなく、<br>必要延長のプロテクタを移動しながら使用<br>する。切羽に近い部分は補強し、発破に耐<br>える構造である。 | <b>■特 徴</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・代替ルートを選定が困難な路線、特に長大トンネルでは全線プロテクタを設置するより経済的となる。</li> <li>・試算では延長 300m のトンネルで全線プロテクタを施工した場合に比べ、コスト約 9%低減。工期約 13%低減。</li> <li>・NETIS No. HR-030017-A</li> </ul> <b>■課 題</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・新規にトンネル掘削するのに比べると割高になる。ただし、既設トンネルを供用しながらの特殊条件下の施工であるため、コスト・工期の面で有利となるケースがある。</li> </ul> |     |



## 既設幹線への地中接合：T-BOSS 工法（S 方式）

## 《工事例：東京都下水道飛鳥山幹線シールド工事》

## 工事例：飛鳥山幹線その5工事（発注者：東京都下水道局 北部建設事務所）

工事場所：東京都板橋区加賀1丁目～北区王子1丁目

工 期：平成16年10月～平成17年8月

工事内容：泥水式シールド工法（施工延長：1077m）  
 地盤改良工（発進側・到達側）  
 到達工〔地中接合（T-BOSS 工法・S 方式）〕

施 工 者：五洋・みらい・りんかい日産 JV

既設管側仕様：一次覆工〔鋼製セグメント〕（外径 4300mm，内径 4000mm）

二次覆工（内径 3500mm，壁厚 145mm）

接続管側仕様：一次覆工〔鋼製セグメント〕（外径 2750mm）

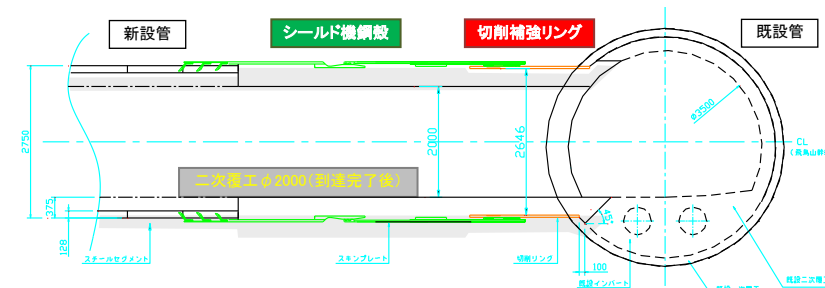
二次覆工（内径 2000mm）

接 合 位 置：〔接合方向〕 既設管トンネル軸線に対して直交  
 〔接続管中心位置〕 既設管中心線より上方 100mm（偏芯）

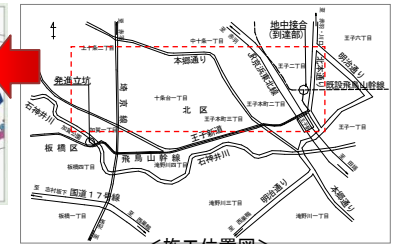
施工条件：〔土質〕 砂及び砂礫層（接合位置で N 値 40～50 程度）

〔地下水位〕 GL-1.5 m

〔接合位置深度（接続管中心）〕 GL-30 m 程度



&lt;到達工（地中接合）接合図&gt;



&lt;施工位置図&gt;



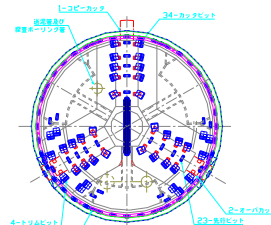
&lt;シールド機外観&gt;

## T-BOSS 工法 選定の背景

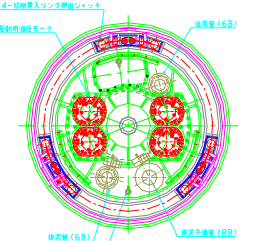
既設管との接合箇所直上の道路周辺には住宅地が近接し、接合用の立坑の建設が困難であったため、**地中作業のみで接続が可能**である本工法が採用

## 当該工事における主な検証事項（着眼点）

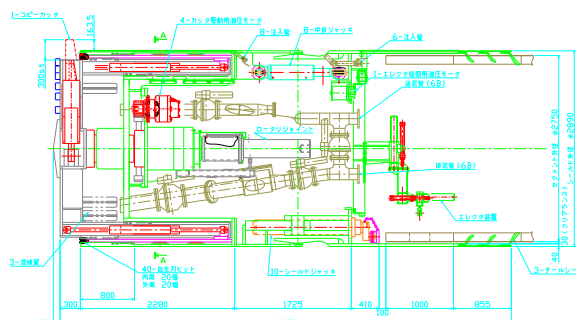
- ① 切削補強リングの回転機構（切削トルク）
- ② 切削補強リングの押出し機構（押込み力）
- ③ 既設トンネルへの影響
- ④ 自生刃ビットの切削能力と摩耗状況



&lt;シールド機断面図（正面）&gt;



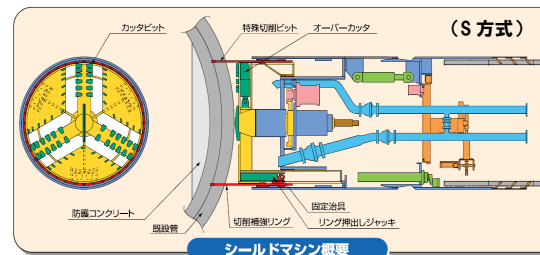
&lt;シールド機断面図（A-A 断面）&gt;



&lt;シールド機側面図&gt;

## T-BOSS 工法とは

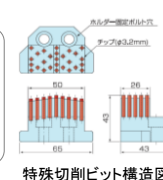
シールド内に格納装備した**特殊切削（自生刃）ビット付の円筒形鋼板リング（切削補強リング）**により既設トンネルを**直接切削・貫入**し、新設トンネルを既設トンネルに、**T 字形に機械的接合**するシールド地中接合工法である。【下図参照】



シールドマシン概要

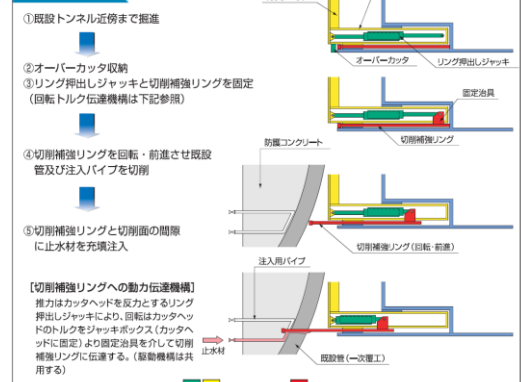
## (特徴)

- ① 接合部地上からの作業が不要
- ② 地山を緩めず安全な作業が可能
- ③ 補助工法（地盤改良等）低減が可能



特殊切削ビット構造図

## 切削手順（S方式）



常時回転部分 切削時回転部分



## 実証工事の技術

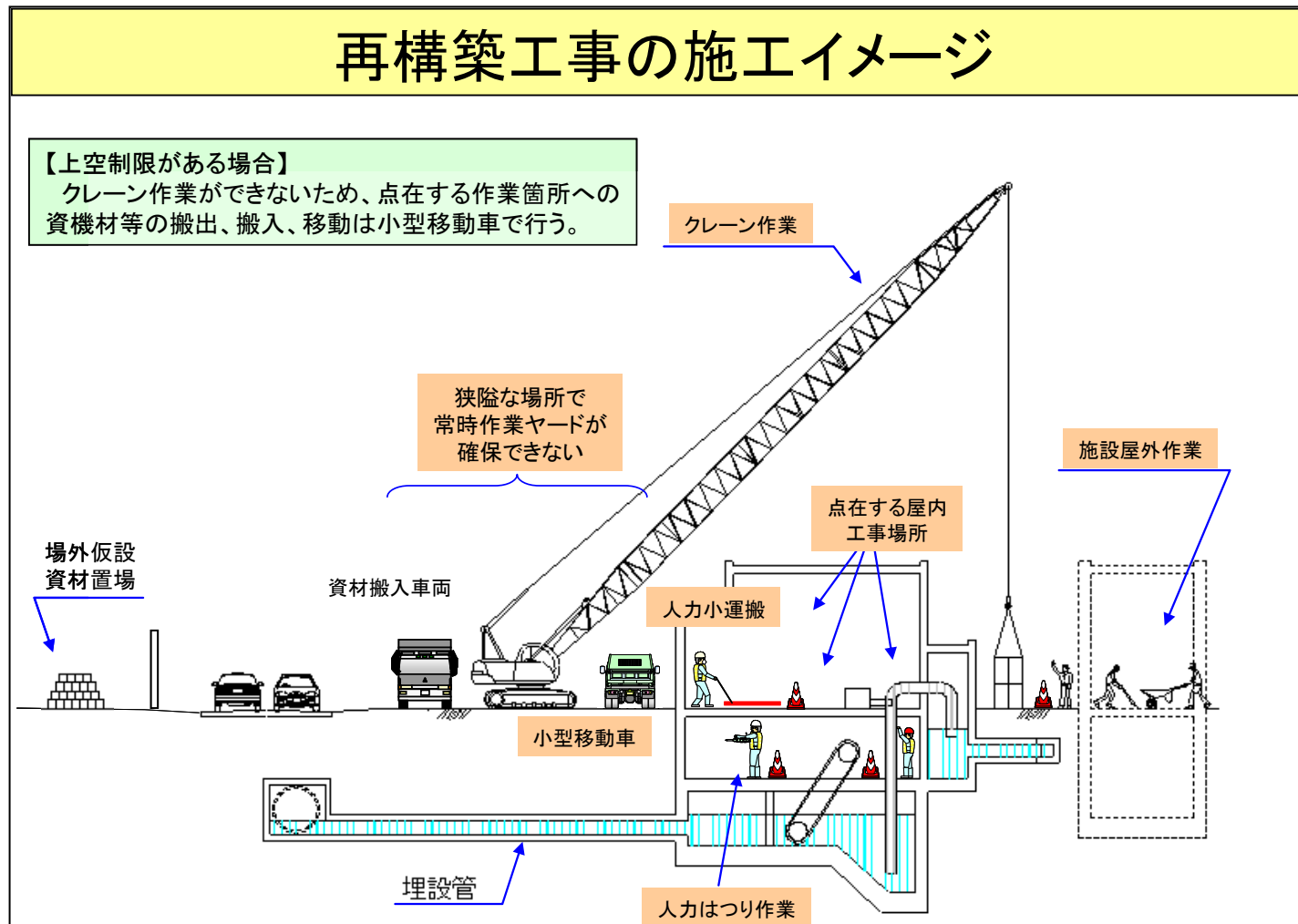
### T-BOSS工法

| 工 種           | 要素技術                                                                                                                                                                                                                                            | 現状と課題                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 備 考                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 到達工<br>(管接続工) | <p><b>T-BOSS 工法</b></p> <p>先端に切削ビットを装着した切削リングをシールド機先頭部に装備。カッタースポークの回転を切削リングに伝達して回転させることにより、既設管渠側面を直接切削し、新設管渠に直接接合することが可能。</p> <p>既設管二次覆工<br/>支保工<br/>防護コンクリート<br/>止水パイプ<br/>仮隔壁<br/>防水コンクリート</p> <p>写真1 準備工 [既設トンネル内]<br/>(防護コンクリート・止水パイプ等)</p> | <p>■現状及び確認事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切削補強リングの上下端部が切削部に当り出す時点でロッキングが生じたが、切削トルクは全般的に緩やかな上昇となった。トルクの大きさは想定値の60%程度となり、切削は良好であった。</li> <li>・ 切削補強リングの押込み力は、切削中の数値変動は見られたが、押込み量増加に伴う変化はない。</li> <li>・ 泥水圧等による切削中の既設トンネルへの影響(既設トンネル切削面の防護コンクリートに配置した支保工の軸力増分を計測)は、想定された負荷より小さいことを確認した。</li> <li>・ 準備工及びシールド機の解体時の作業が煩雑であり、比較的労力を要する。</li> </ul> <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既設トンネル内での作業を必要とする準備作業の軽減(写真1、2 参照)</li> <li>・ 施工完了後のシールド機解体作業の簡素化</li> <li>・ 既設管に対して接続管が斜角を持つ場合、①切削中リングに不均一な力が発生、②リングの断面左右での貫入長の相違 ⇒ 切削補強リングの回転機構及び押し出し機構に検討が必要</li> </ul> <p>写真2 準備工 [既設トンネル内]<br/>(仮壁工・支保工等)</p> <p>写真3 到達工施工完了状況<br/>(防護コンクリート撤去後)</p> | <p>※事前開発実験(モデル実験)について</p> <p>水平配置した大口岩盤掘削機のボーリングロッドの先端に、自生刃ビット付き切削補強リング(φ1400)を取付けて切削実験を実施</p> <p>(実験主要諸元)<br/>●カッタリング外形: φ1,400mm<br/>●鋼製セグメント: φ3,150mm</p> <p>&lt;セグメント切削実験状況&gt;</p> <p>当該実験により、以下を確認</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①自生刃ビットの形状、超硬チップの配列及び突出長</li> <li>②自生刃ビットの配置(配置数及び内・外周ビット配置比率等)</li> <li>③切削時の切り込み深さ</li> <li>④切削時のトルク</li> <li>⑤自生刃ビットの摩耗量の算出方法</li> <li>⑥切削時のビットの発熱に対する冷却方法</li> </ol> <p>&lt;カッタリング回転数と推進速度の相関図&gt;</p> |
|               | <p><b>自生刃ビット(特殊切削ビット)</b></p> <p>母材に埋め込まれた超硬チップ(刃)は、先端のみが突出した状態で配置。チップの摩耗に追従して母材も損耗するため、常にチップが一定量突出した状態となり、切削に適切な形状を保持。</p> <p>ホルダー固定ボルト穴<br/>チップ(φ3.2mm)<br/>50<br/>26<br/>43<br/>66<br/>43</p> <p>&lt;自生刃ビット構造図&gt;</p>                       | <p>■現状及び確認事項</p> <p>○ 自生刃ビットの摩耗状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計摩耗量10mmに対して実施工では1/3~1/2程度となった(写真4参照)。</li> <li>・ 周道距離の長い外周側で摩耗量が大きくなる傾向を確認した(摩耗量は5mm程度)</li> </ul> <p>■課 題</p> <p>○ 自生刃ビットのコストが比較的高い。</p> <p>⇒ 自生刃ビットの改良とビット設置数の低減</p> <p>[切削面] [切削側面]</p> <p>写真4 自生刃ビット(内周側)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>外周保護自生刃ビット<br/>内周側自生刃ビット<br/>外周側自生刃ビット<br/>切削補強リング</p> <p>写真5 自生刃ビットの配置</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## 下水道施設の再構築工事

再構築工事は施設を運用しながら新しい施設に刷新していく工事が主体となり、次のような特性がある。

- ①新設場所と違い施工場所が固定されているため、作業場所が狭く、複雑で障害物が多い。
- ②運用している施設と並行しながら工事を進めるため、施設に対する安全への一段の配慮が必要となる。
- ③施設管理者や設備業者、地元協議が錯綜し、時間や施工期間が限定される。





## ■ 課 題

- ・ 狭い作業条件下でも、供用中の施設に影響を及ぼさない、合理的、効率的でかつ安全な施工方法の確立



維持管理業務を含んだ工事

《工事例：羽田 D 滑走路建設外工事》

工事例：東京国際空港 D 滑走路建設外工事（国土交通省関東地方整備局）

（発注者）

2004/7/27

## 入札説明書

## 4. 工事概要

本工事は、……東京国際空港 D 滑走路建設外工事に係る設計及び施工、維持管理計画等に係る技術提案を受けた上で、実施設計及び施工を一括して発注する**設計・施工一括発注方式**及び入札時に**工事目的物引渡し後 30 年間の維持管理費の提案**を受け……落札者を決定する総合評価落札方式の試行工事である。

## 維持管理費見積り要領

## 1. 総則

東京国際空港 D 滑走路建設外工事の入札時に提出する**維持管理費**は、技術提案書に定める**100 年間の維持管理計画**に基づいて算出した、D 滑走路建設工事の**工事目的物引渡し後 30 年間の費用**とする。

2005/3/29

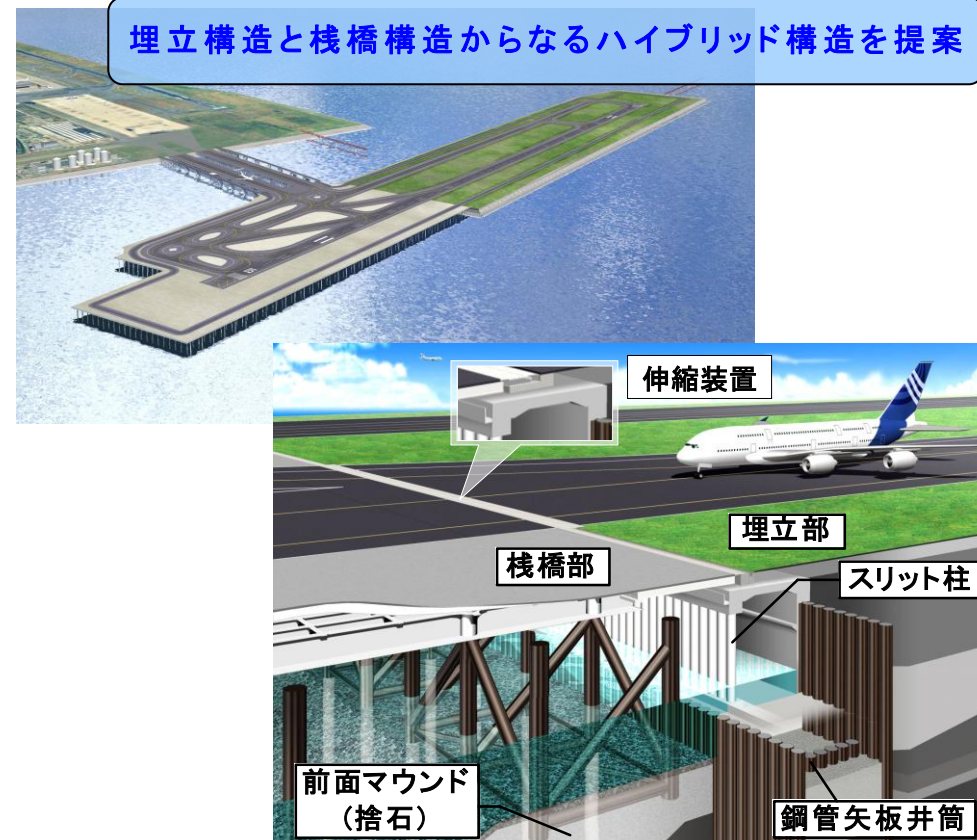
入札・契約

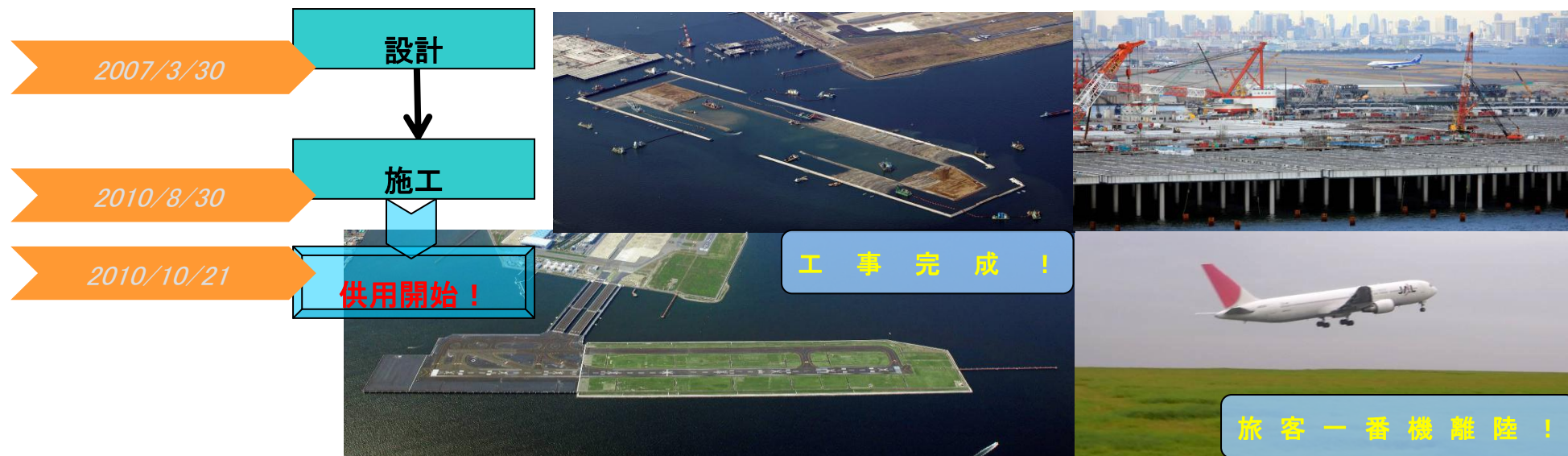
## 入札価格＋維持管理費提案額提出

1. 入札価格（設計費＋施工費）： 5,700億円
2. 30 年間の維持管理費提案額： 142億円

（施工業者）

埋立構造と栈橋構造からなるハイブリッド構造を提案





## 工事(設計・施工一括型)請負契約書(維持管理に関する)

### 特則(工事目的物の完成・引渡し後の維持管理契約)

本特則において、第1回から第〇回まで計〇回にわたり、発注者より請負者に維持管理等に関する請求を実施し、契約を締結する。…請求する維持管理期間は30年を超えることはできない。

## 維持管理契約の締結の請求

2010年度 第1回

2013年度 第4回

## 維持管理業務遂行

1. 点検(巡回、定期)
2. 調査・計測
3. 維持工事
4. 補修工事
5. 記録

## 棧橋部巡回点検

## 維持工事:除湿機運用

## 調査計測:湿度管理

## 補修工事:滑走路舗装

## 課題

- ・維持管理業務におけるリスクの内容と分担の明確化(契約書・仕様書等への明記)

## インフラの維持管理・

### 点検・診断・対策実施

### 維持管理・更新に係る情報の整備

国の課題と方向性

- ①総点検の実施
  - ・日常点検、定期点検では把握されていない要対策箇所の発見
- ②基準・マニュアル等の改善、運用
  - ・管理者間の点検手法等のばらつきの改善
  - ・新技術のマニュアル等への反映

- ①施設状況等のデータ整備
  - ・建設年度等の維持管理情報の蓄積、活用
- ②維持管理・更新費の推計
  - ・各施設の状況等の的確な把握とそれに基づく推計

長寿命化計画等を核とした戦略的な

日建連の課題と方向性

#### 現状と課題

- 調査・診断・補修について、民間工事については、かなりの実績を有するが、公共工事については、実績が少ない。
- 補修工事は、小規模なものが多く、市場規模も小さいことから、適正利益の確保が困難な場合が多い。

#### 今後の技術展開

- ①会員企業が持つ既設構造物の健全度調査・診断技術の取りまとめ
- ②施工した者が持つ健全度診断に係わるノウハウを活かした調査・診断技術の開発
- ③補修期間や補修費用の縮減、効率的な補修等に向けて、マネジメント力や高度な施工技術を活かした補修技術の開発

#### 現状と課題

- 維持管理・更新に係わる“海図（対象となる構造物、その規模や量、更新時期等のデータ）”が見当たらない。
- 海図がない状況では、企業として経営資源を傾注して取り組むべき技術開発の方向性の明確化が困難となっている。

注）国においては、維持管理・更新に係わる詳細なデータが整備・公表されつつある。

#### 今後の技術展開

- ①維持管理・更新に係わる国や地方公共団体、高速道路会社等の動向の把握
- ②道路・河川等、分野別における維持管理・更新に係わる需要予測の調査
- ③国や地方公共団体等における長寿命化計画の調査

（地元企業や関連企業を活用した）調査・診断・補修から



### 3. 5 インフラの維持管理・更新に係る今後の技術展開



## 更新に係る今後の技術展開

### 維持管理・更新の新技术導入

- ①維持管理・更新の新技术導入  
・技術開発の推進とその成果の共有



維持管理・更新の発展・継続

### 予算・制度等

- ①予算  
・維持管理・更新費の推計を踏まえた計画性の確保
- ②体制  
・受注者・発注者双方の人員、技術力等の不足等
- ③法令等  
・維持管理に関する基準等の位置づけの明確化



#### 現状と課題

- 維持管理・更新工事は、既存施設を運用しながら、施工するものが多く、例えばダムにおける大水深工事やトンネルの分岐合流工事など、新設工事では経験したことがない高度な技術力を要する工事が想定される。
- 維持管理・更新に係わる工事は、既往技術の活用により、対応できるものが多いが、工事の減少やベテラン世代の退職などにより、技術継承が円滑に進んでいかない懸念がある。

#### 今後の技術展開

- ①会員企業が持つ維持管理・更新技術の取りまとめ
- ②経営資源を傾注すべき分野の明確化と技術開発の方向性の検討
- ③人材確保と技術継承のあり方の検討



#### 現状と課題

- 維持管理・更新工事は、新設工事をもとに体系化されてきた従来の契約方式や積算では、円滑な施工や適正利益の確保に懸念がある。
- 工事実績が重視される現行入札契約制度の下では、新たな技術開発へのインセンティブが働きにくい。
- 企業として戦略的取組を行うためには、一定規模の継続的な発注が必要となる。

#### 今後の技術展開

- ①民間の持つ施工ノウハウを適切に活用できる入札契約制度の検討
- ②新設工事と維持管理を一体化した発注方式の検討
- ③技術開発のためのフィールドの場の提供や技術開発のインセンティブを与える発注方式の検討
- ④維持管理・更新工事の特性を反映した積算の検討



維持管理・更新まで一貫した取組みの推進