

(8) No. 3-8 : 伊方発電所 1、2 号機 荷揚岸壁耐震性向上工事

No.	3-8
発注者	四国電力(株)
施設名	伊方発電所
所在地	愛媛県西宇和郡伊方町九町字コチワキ 3 番耕地 40 の 3
工事名称	伊方発電所 1、2 号機 荷揚岸壁耐震性向上工事
施工期間	2009 年 10 月～2012 年 6 月
施工者	伊方発電所 1、2 号機荷揚岸壁、アクセス道路他耐震性向上工事共同企業体
キーワード	岸壁ケーソン、土圧負担壁、高圧噴射攪拌工法、可塑性グラウト

概要

本工事は、新潟県中越沖地震での被災状況を踏まえ、基幹電源である伊方発電所が大地震被災後にも長期の発電支障を起こさないよう、自主対策として、原子力安全には直接関係しない土木建築設備(荷揚岸壁)について耐震性向上工事を実施したものである。

【施工概要】

工事は、岸壁ケーソンの地震時変形抑制を意図して、滑動抵抗杭の打設によるケーソンの水平耐力の増加、地盤改良による土圧負担壁の造成で、背面地盤の液状化防止と高剛性化によるケーソンへの作用土圧低減を図った。土圧負担壁(高圧噴射攪拌工部)とケーソンの間には、海域への固化材等の流出防止を目的とした可塑状グラウトによる固化材流出遮蔽壁を築造した。

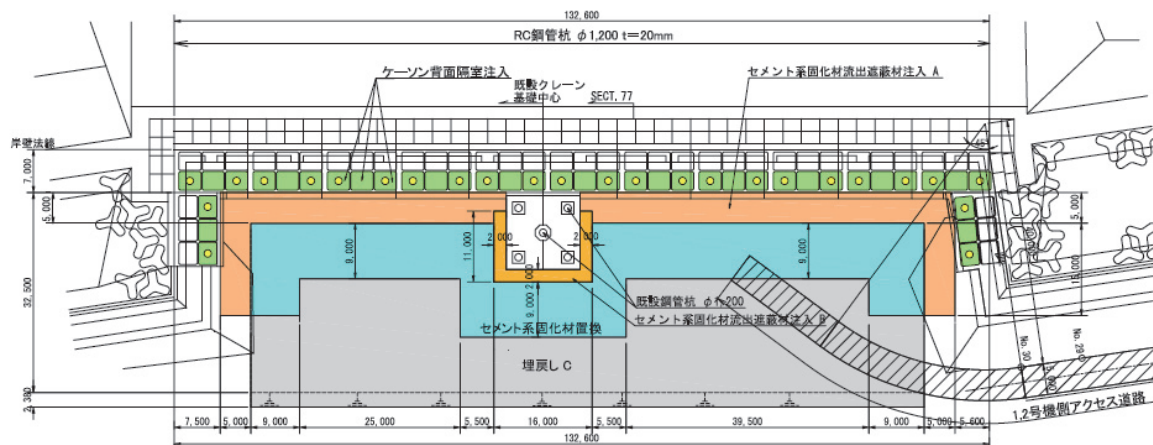


図-1 平面図

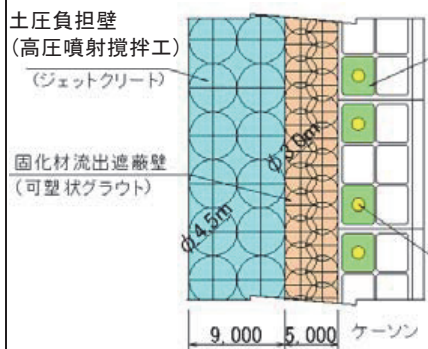


図-2 地盤改良工 割付平面図

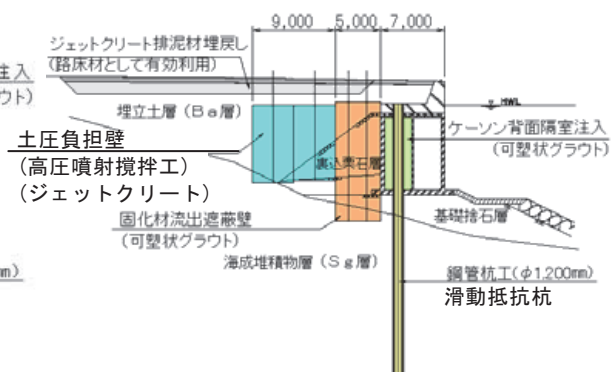


図-3 断面図

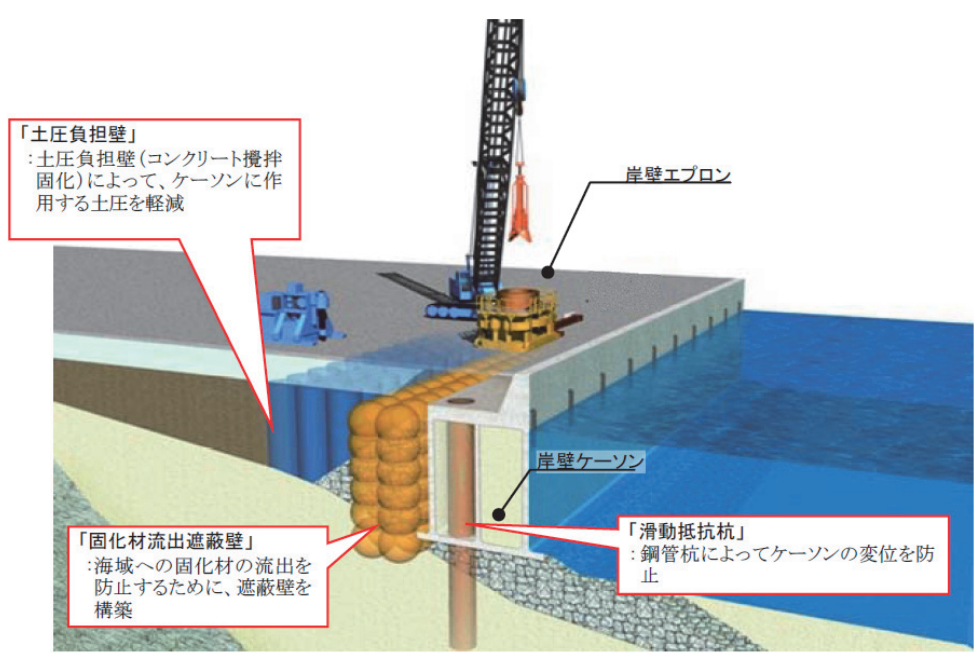


図-4 概要図

【工事規模】

工事の施工数量を以下に示す。

荷揚岸壁

- ・ ケーソン背面隔室注入 26箇所
- ・ 滑動抵抗杭 (鋼管杭 φ 1,200mm, L=16.5~30.0m) 26本

岸壁エプロン

- ・ 掘削 5,403m³
- ・ 埋戻し (セメント系固化排材流用) 4,173m³
- ・ 土圧負担壁 (高圧噴射攪拌工) 8,579m³
- ・ 固化材流出遮蔽壁工 8,093m³

【滑動抵抗杭工】

滑動抵抗杭はφ1,500mmのオールケーシング工法で掘削し、φ1,200mmの鋼管杭を建て込んだ後に外詰材(可塑状グラウト)を充填し、鋼管の中に鉄筋籠を建て込んで中詰コンクリートを打設するものである。

【固化材流出遮蔽壁工】

高圧噴射攪拌工法を実施するにあたり、固化材がケーソン目地や基礎捨石層から海中へ流出する恐れがあったため、事前に可塑状グラウトを注入しケーソンと改良部の間に幅5mの遮蔽壁を設けた。可塑状グラウトは水中不分離性を有し、ゲル化してから硬化するまで数時間粘性を保つ材料でシールドトンネルの裏込め材やトンネルの空洞充填などに活用されてきた。地下水流がある場所や捨石などの大きな空隙に充填する場合に、従来の薬液注入のように拡散する恐れがなく、範囲を限定して注入することができる材料である。

【土圧負担壁工(高圧噴射攪拌工：ジェットクリート)】

土圧負担壁工は、高圧噴射攪拌工法であるジェットクリート工法を採用した。この工法は、従来工法に比べて流体エネルギー効率を向上させたモニター管(地中でセメント系固化材ミルクと圧縮空気を噴射する装置)を使用しており、地盤切削距離が長いことが特長である。地盤改良体は設計改良径φ4.5mとして、地盤改良体が接円するように配置した。なお、改良地盤の要求品質は、地盤の変形係数E50で50MN/m²以上である。施工状況を写真-1に示す。



写真-1 施工状況写真

参考文献	四国電力 HP : http://www.ensc.jp/pc/main/Unews.html
備考	

(9) No. 3-9 : 伊方発電所 構内道路の耐震性向上工事

No.	3-9
発注者	四国電力(株)
施設名	伊方発電所
所在地	愛媛県西宇和郡伊方町
工事名称	伊方発電所 構内道路の耐震性向上工事
施工期間	2011年11月～2012年6月
施工者	鹿島建設(株)
キーワード	道路段差軽減対策、ジオテキスタイル、セメント安定処理土、走行試験

概要

四国電力(株)では、新潟県中越沖地震において得られた知見を踏まえ、更なる安全・安心を得るために自主保安の観点から伊方発電所の土木建築設備に対して耐震性向上工事を実施している。本工事は、災害時における緊急車両の通行道路として重要な設備である発電所構内のアクセス道路を対象とし、地震時に発生する路面の段差を軽減させることを目的とした、ジオテキスタイルを用いた補強工法による耐震性向上工事である。

【設計概要】

工法の選定にあたっては、鋼管杭または高圧噴射攪拌工による地盤改良杭を基礎としたコンクリート床版による対策案も検討したが、工期および経済性に優れ、道路下部の埋設物の補修・増設にも支障とならない、アスファルト舗装とジオテキスタイルを用いた補強路盤による工法（以下、ジオテキスタイル補強工法という）を採用した。

ジオテキスタイル補強工法による道路段差軽減対策に関しては、実用化レベルでの報告事例がほとんどないことから、室内試験および実規模の走行試験を実施し、その効果を確認した上で補強仕様を決定した。

(1) 工法の概要

ジオテキスタイル補強工法は、セメント安定処理をした土層の上下に靱性の高いジオテキスタイルを敷設して、一体化した補強路盤を構築するもので、支持地盤に段差が発生した際に、補強路盤に作用する曲げモーメントに対してジオテキスタイルが引張り抵抗を発揮することで、補強路盤が緩やかに変形し、路面段差を緩和する。

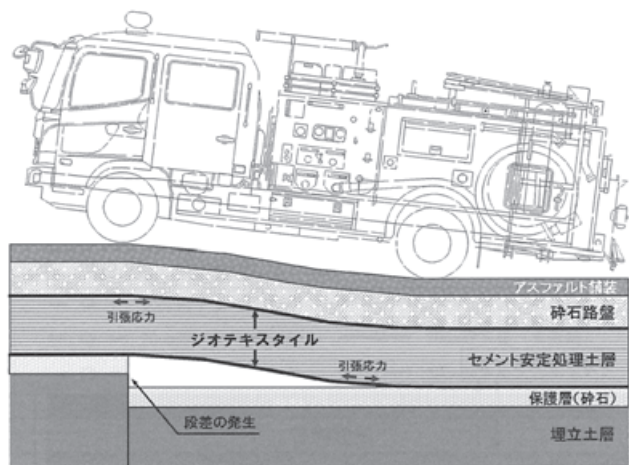


図-1 段差発生時の道路縦断模式図

(2) 要求性能

事前の調査でアクセス道路の支持地盤は、弾性波速度 V_s が 300m/s 以上の比較的良く締まった地盤であることを確認しており、道路面に大きな段差が発生する可能性は低い、中越沖地震の際の被害事例（埋立地盤層厚の 1%相当が沈下）を勘案し、当該地盤の埋立土層厚（厚いところで 30m 程度）から 30cm の段差を設定した。この段差に対して、消防車、低圧発電機車、高圧発電機車等の緊急車両が路面に接触することなく、通行可能となることを要求性能とした。

・補強仕様の検討

補強仕様の検討フローを図-2 に示す。

a) 室内試験および段差発生時の挙動予測

ジオテキスタイルで補強したセメント安定処理土層について、角柱供試体（10cm×10cm、高さ 40cm）を用いた室内試験（曲げ強度試験、JIS A 1106）を実施し、曲げ特性を求めた。次に、この結果から算出した曲げ剛性を用いて、ジオテキスタイルで補強したセメント安定処理土層の実規模における曲げ挙動を予測した。

曲げ挙動の予測では、両端固定梁としてモデル化し、自重および緊急車両の輪荷重を載荷して、緊急車両の走行に問題がない変形形状となるように、ジオテキスタイルの引張強度およびセメント改良土層の層厚を選定した。

b) 走行試験

走行試験用道路は、ジャッキで支持させた覆工板の上に造成し、ジャッキダウンにより支持地盤の段差を再現した。車両の走行は 30cm のジャッキダウン後に、上り・下り方向の往復走行（徐行走行 3 回、20km/h 走行 2 回）とした。

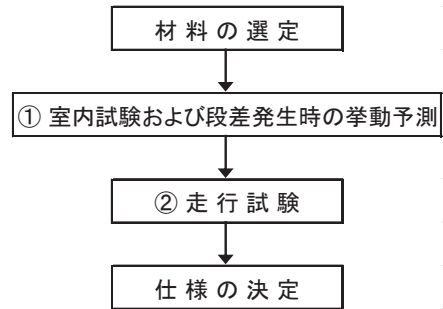


図-2 補強仕様の検討フロー

表-1 走行試験の試験条件

ジオテキスタイル	引張強さ	200kN/m	
セメント安定処理土層	層厚	60cm	
	母材	C-40	
	セメント添加量	80kg/m ³	
走行車両	ダンプ車両		
	輪荷重	前輪	4.7tf
		後輪	15.9tf

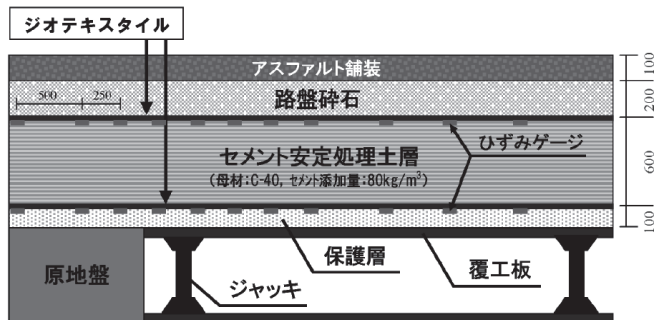


図-3 試験用に造成した補強道路



ジオテキスタイル セメント安定処理土

図-4 車両走行時の状況

走行試験の結果、図-5 に示すようにジャッキダウンにより覆工板を 30cm 降下させた段階で、ジオテキスタイルは段差発生部から 2m 程度の位置で接地しており、路面の平均勾配は 15%程度となった。さらに、走行車両によるたわみの増加はわずかであった。

また、ジオテキスタイルに作用する最大引張力はひずみゲージの計測値から 20.9kN/m となり、施工中の損傷や耐久性に関する安全率を考慮した設計引張強さ 134kN/m と比べて十分に余裕がある結果となった。

以上の結果から、ジオテキスタイル補強地盤による道路段差軽減効果を確認できた。

【施工概要】

本施工では、補強路盤の耐力にさらなる余裕を持たせ、想定 の 2 倍の 60cm の段差が発生した場合でもジオテキスタイルの最大引張力が設計引張強さ以下となるように、仕様を決定した。

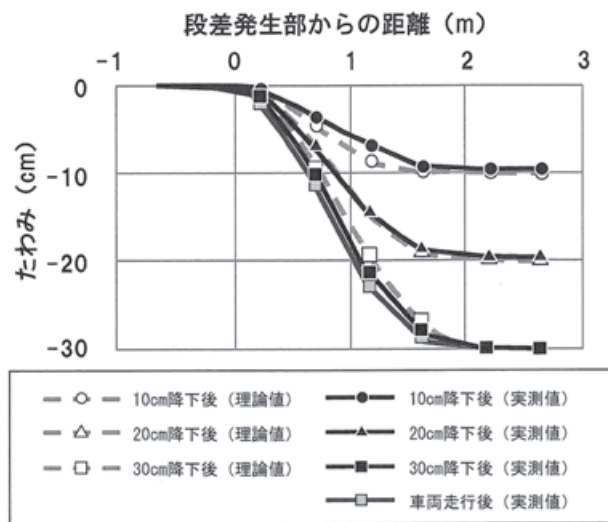


図-5 走行試験による路面のたわみ量

表-2 本施工仕様

ジオテキスタイル 引張強さ	セメント安定処理土 層厚	セメント安定処理土 セメント添加量
300kN/m	60cm	80kg/m ³

施工フローを図-6 に示す。ジオテキスタイルはセメント安定処理土の上下に敷設し、セメント安定処理土を挟み込む形とした。ジオテキスタイルの連結は、端部 20cm 幅を接着幅とし、接着剤を塗布し重ね合わせて接合した。



図-6 施工フロー

参考文献	鈴木俊輔，宇高幸生，立川貴重：ジオテキスタイルを用いた発電所構内道路の耐震性向上工事の概要，電力土木，No.364，pp.68-72，2013.3
備考	

(10) No. 3-10 : 玄海原子力発電所 構内道路及び屋外重要構造物周辺地盤改良工事

No.	3-10
発注者	九州電力(株)
施設名	玄海原子力発電所
所在地	佐賀県東松浦郡玄海町
工事名称	玄海原子力発電所 構内道路及び屋外重要土木構造物周辺地盤改良工事
施工期間	2009年8月～2010年5月
施工者	(株)大林組
キーワード	地盤改良、高圧噴射攪拌工法、耐震裕度向上

概要

九州電力(株)では、平成18年9月に改訂された耐震設計審査指針に基づき基準地震動 S_s に対して川内及び玄海原子力発電所の耐震安全性評価を行い、地中土木構造物の耐震安全性が確保されることを確認したが、更なる耐震裕度向上を目指し、自主的な取り組みとして地中土木構造物周辺の地盤改良工事を実施した。対象構造物は、非常時に必要な海水を取水する非常用補機冷却海水系の取水構造物（取水路、取水ピット、海水管ダクト等）である。また、地震時における消防車両のアクセス確保のため、液状化等の被害リスクのある箇所に対しても地盤改良工事を実施している。

本工事においては採用した地盤改良工事のうち、高圧噴射攪拌工法の品質面における技術的課題に関する詳細な検討を行い、適用事例の少ない不均質な埋戻地盤においてもせん断波速度 $V_s700\text{m/s}$ 以上の高い要求品質を確実に実現することができた。

【要求品質】

(1) 土木構造物の耐震裕度向上策

耐震裕度向上の方策として、地中 RC 構造物本体の耐震補強が考えられるが、供用中の地中構造物の補強は難しいことから、地震時土圧軽減を目的として地盤改良を行うこととなった。改良地盤の目標強度は地震応答解析の結果から、せん断波速度 $V_s700\text{m/s}$ とした。

(2) 構内道路の液状化対策

構内道路に関しては緊急車両のアクセスルートとなる道路を対象に、建築基準法の1.5倍の地震力における液状化判定を道路橋示方書・同解説に準じて実施した。液状化判定に用いた N 値は構内道路をエリアに区分し、エリア毎に求めた平均 N 値を用いた。また、 N 値のばらつきを評価するため平均値 -1σ （標準偏差）での液状化判定も実施した。

表-1 液状化評価基準

ランク	N値	F_L 値	P_L 値	液状化評価	対策
A	平均値	○	○	可能性なし	-
	平均値 -1σ	○	○		
B	平均値	○	○	可能性あり (低い)	浅層改良
	平均値 -1σ	×	○		
C	平均値	×	○	可能性あり (中位)	
	平均値 -1σ	×	○		
D	平均値	○	○	可能性あり (高い)	
	平均値 -1σ	×	×		
E	平均値	×	○	可能性あり (高い)	
	平均値 -1σ	×	×		
F	平均値	×	×	可能性あり (高い)	浅層改良 深層改良
	平均値 -1σ	×	×		
評価基準	【 F_L の評価基準】 $F_L > 1.0$: 液状化しないとみなす \Rightarrow ○ $F_L \leq 1.0$: 液状化するとみなす \Rightarrow × 【 P_L の評価基準】 $P_L \leq 5.0$: 液状化危険度は低い \Rightarrow ○ $P_L > 5.0$: 液状化危険度は高い \Rightarrow ×				

液状化の程度別（A～F ランク）に整理した液状化判定結果を表-1 に示す。ランク C～E の道路については下部液状化層からの噴砂などの地表面被害を防止することを目的とした浅層部の地盤改良を、ランク F の道路については深層部～浅層部の地盤改良を実施する方針とした。なお、地盤改良仕様を決定するうえでの評価基準を PL 値が 5 以下とした。

【試験概要】

(1) 改良方針

地中土木構造物周辺の地盤改良工法に関して、改良土の目標強度であるせん断波速度 Vs700m/s 以上を確保でき、地表面から約 20m の深度を改良できる工法の中から高压喷射攪拌工法と置換工法を選定した。地上構造物や埋設構造物が存在して開削が困難な場所には高压喷射攪拌工法を採用し、開削が可能な箇所には置換工法を採用した。

構内道路に関する地盤改良については、深層部に対しては振動・騒音の少ない静的締固め工法を、浅層部に対しては置換工法をそれぞれ適用した。各地盤改良工法と施工条件との関連を表-2 に示す。

表-2 地盤改良工法

施工対象	施工条件	地盤改良工法
地中土木構造物周辺	開削が可能	置換工法
	開削が困難	高压喷射攪拌工法
構内道路	深層部	静的締固め工法
	浅層部	置換工法

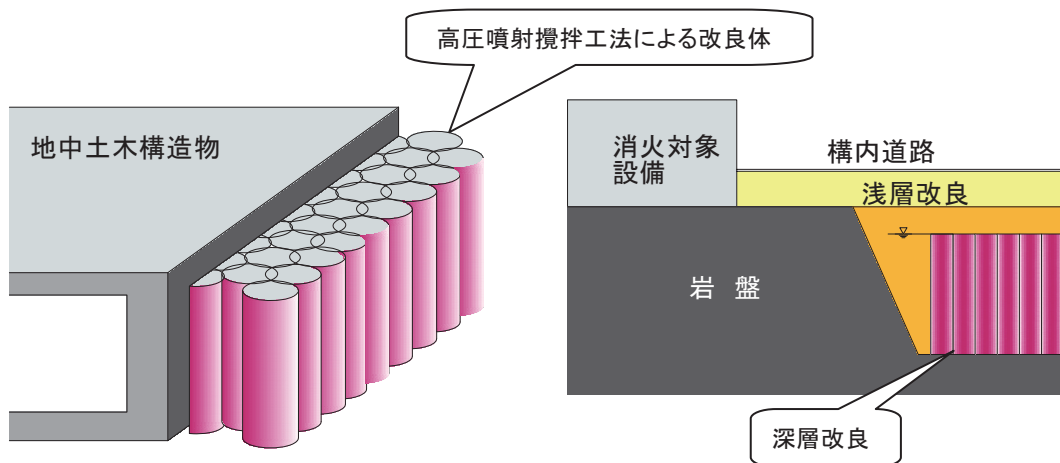


図-1 地中土木構造物周辺地盤の改良

図-2 構内道路の地盤改良

(2) 高压喷射攪拌工法を採用するうえでの技術的課題

高压喷射攪拌工法は地中に挿入されたロッドの先端から硬化剤を水平に回転・喷射し、周囲の地盤を攪拌することで改良体を造成する工法である。施工にあたっては、設計上の目標強度を満足するよう改良公称径を考慮して、ロッド挿入間隔を決定する必要がある。

しかし、高圧噴射攪拌工法によって造成される改良体の公称径は均質な砂質地盤を対象にして定められたものである。玄海原子力発電所における地盤は粘性土を基質とし、砂岩、頁岩及び玄武岩などの礫を含んだ埋戻地盤であるため、改良体の有効改良径は公称径と異なることが想定された。このことから試験施工を実施し、改良仕様の詳細な検討を行った。表-3に試験施工パターン例を、図-3に試験施工の概要図を示す。

表-3 試験施工パターン例

試験 No.	施工区分	プレジェットの有無	公称径 (m)	吐出圧 (MPa)	吐出量 (L/分)
G1	標準施工	有	φ 5.0	35	600
	標準施工	無			
	2倍施工	有			
	2倍施工	無			
G2	標準施工	無	φ 3.5	35	400
	2倍施工	無			
	標準施工	有			

(3) 試験施工結果

試験施工結果はプレジェット（水噴射による事前切削）を実施した改良体のすべての測定位置で Vs700m/s 以上を確保しているものの、改良体中心位置

から 1.40m 付近の改良率は 50%を下回っていた。川内原子力発電所での同様な試験施工結果から、安定した改良効果を得るためには改良率が 50%以上を確保すべきと判断し、これを満足する改良径φ 2.28m にラップを考慮して有効改良径をφ 2.60m とした。また、コスト比較から G 2 標準施工のプレジェット有を本施工の改良仕様に採用した。図-4 および図-5 に川内原子力発電所と玄海原子力発電所それぞれの試験施工結果を示す。

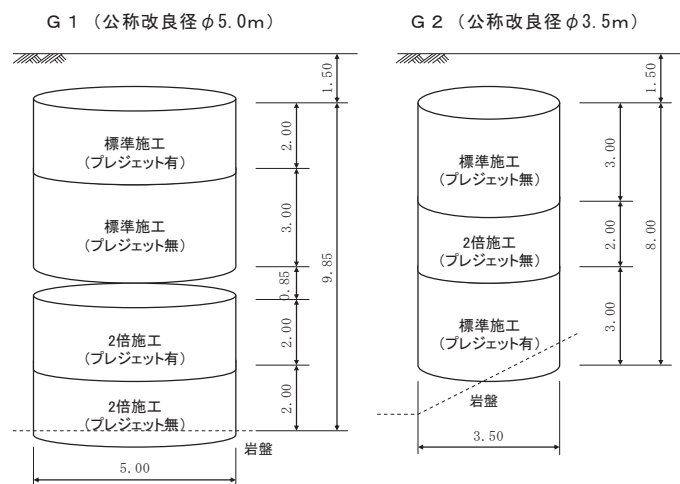


図-3 試験施工概要図

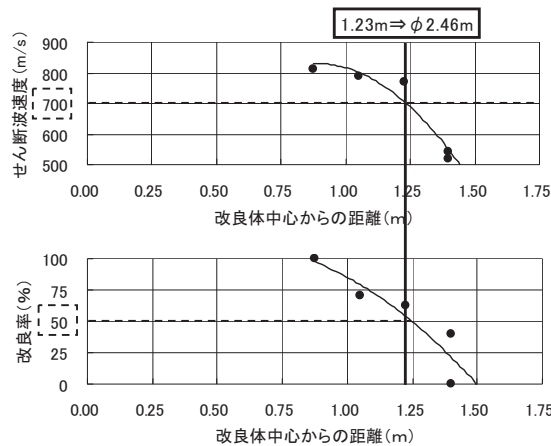


図-4 川内原子力発電所での試験施工結果

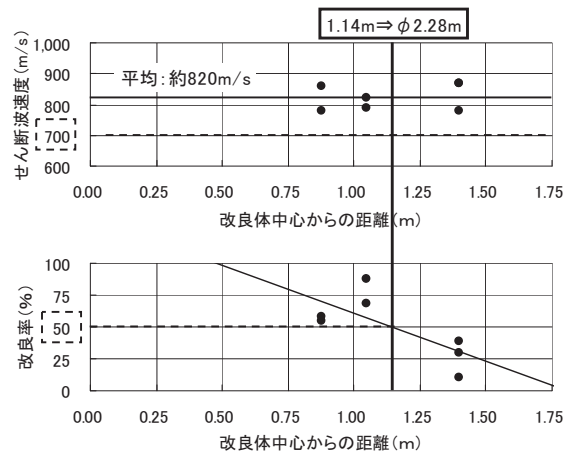


図-5 玄海原子力発電所での試験施工結果

(4) 施工後の品質確認

本施工実施後、改良地盤からサンプルを採取し、造成された改良体が目標強度を満足していることを確認している。品質確認の例として図-6 に玄海 2 号機海水管ダクト周辺地盤の改良前後のボーリング位置を、図-7 に V_s の測定結果を示す。所定の品質を満足していることがわかる。

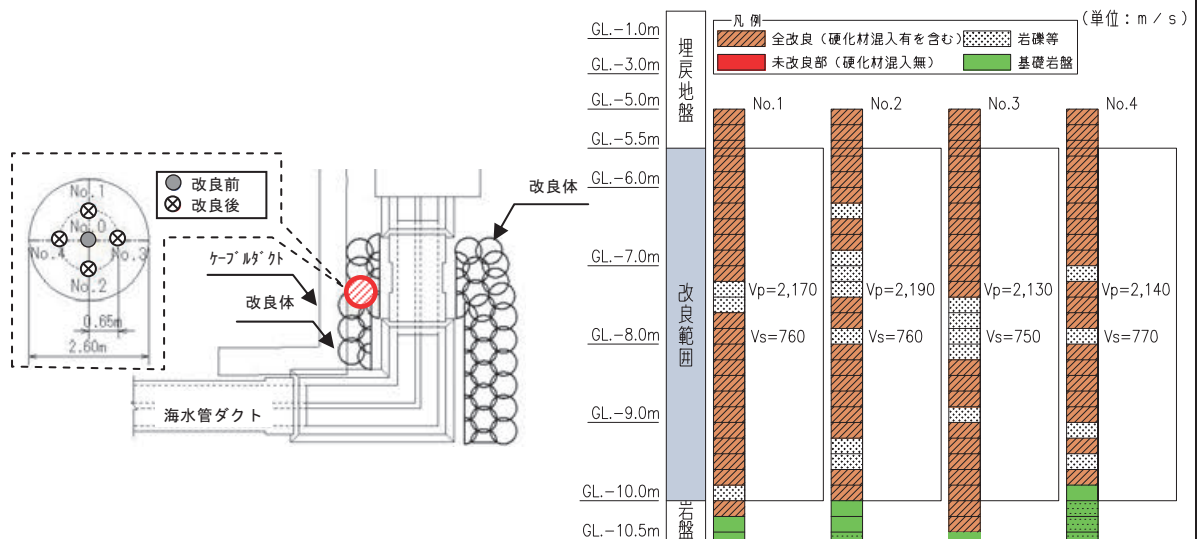


図-6 ボーリング位置図

図-7 品質確認結果

参考文献	平原健二，坂本博臣，藤田悦郎：耐震裕度向上を目的とした川内・玄海原子力発電所地盤改良工事における課題と対応(その1)，電力土木，No.350，pp.121-125，2010.11
備考	類似工事：浜岡原子力発電所 3～5 号機 RCCW 配管ダクト周辺地盤改良工事

(11) No. 3-11 : 川内原子力発電所 構内道路及び屋外重要土木構造物周辺地盤改良工事

No.	3-11
発注者	九州電力(株)
施設名	川内原子力発電所
所在地	鹿児島県薩摩川内市
工事名称	川内原子力発電所 構内道路及び屋外重要土木構造物周辺地盤改良工事
施工期間	2009年8月～2010年9月
施工者	大成建設(株)・(株)植村組共同企業体
キーワード	地盤改良、近接施工、高圧噴射攪拌工法、置換工法

概要

九州電力(株)では、平成18年9月に改訂された耐震設計審査指針に基づき基準地震動 S_s に対して川内及び玄海原子力発電所の耐震安全性評価を行い、地中土木構造物の耐震安全性が確保されることを確認したが、更なる耐震裕度向上を目指し、自主的な取り組みとして地中土木構造物周辺の地盤改良工事を実施した。対象構造物は、非常時に必要な海水を取水する非常用補機冷却海水系の取水構造物（取水路、取水ピット、海水管ダクト等）である。また、地震時における消防車両のアクセス確保のため、液状化等の被害リスクのある箇所に対しても地盤改良工事を実施している。

本工事においては、技術的課題である①安全面（稼働中の発電所での近接施工）、②環境面（大量の排泥（産業廃棄物）対応）に対して、詳細な検討によりこれらをクリアできる工法・仕様を決定し、確実な施工を実施した。

【工事仕様】

(1) 要求品質

地震時に構造物に作用する土圧の軽減を目的に、側方地盤のせん断剛性向上を図り、地盤改良の要求品質は、地盤応答解析の結果から $V_s700\text{m/s}$ 以上とした。

(2) 地盤改良範囲

地盤改良範囲は、地中土木構造物（取水路、取水ピット、海水管ダクト）を対象とした構造物—地盤連成系の2次元動的有限要素法を用いた地盤応答解析を行い、基準地震動 S_s （最大加速度 540Gal ）に対して耐震裕度向上の必要のある範囲を選定した（図-1）。評価手法としては層間変形角及びせん断力に対する照査を中心に行った。

(3) 地盤改良工法の選定

地盤改良工法は、要求品質 $V_s700\text{m/s}$ 以上を確

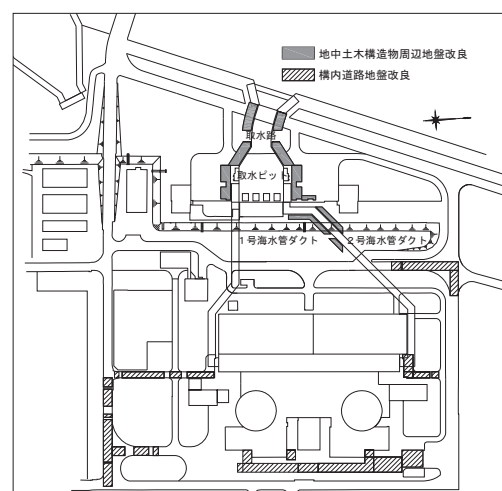


図-1 工事箇所位置図

保でき、かつ地表面から約 20m の深度に適用できる工法の中から、高圧噴射攪拌工法と置換工法の 2 工法を選定した。地上構造物及び埋設構造物がなく開削が可能な範囲については置換工法を採用し、開削が困難な範囲については高圧噴射攪拌工法を採用した。

(4) 試験施工による高圧噴射攪拌工法の仕様の決定

高圧噴射攪拌工法による改良体の品質は、対象改良地盤の性状によって大きく左右されることから、試験施工を実施して詳細な検討を行った。試験施工パターン例を表-1 に、試験施工結果のうち S1 標準施工の改良体中心からの距離と Vs 及び改良率の関係を図-2 に示す。

表-1 試験施工パターン例

試験 No.	施工区分	プロジェクトの有無	公称径 (m)	吐出圧 (MPa)	吐出量 (L/分)	水セメント比 (%)	造成時間 (分/m)
S1	標準施工 (吐出圧他増加)	無	φ3.5	45	315	100	14
	標準施工	無	φ3.5	40	300	100	16
S2	標準施工	無	φ5.0	40	600	100	16
	2回施工	無	φ5.0	40	600	100	16

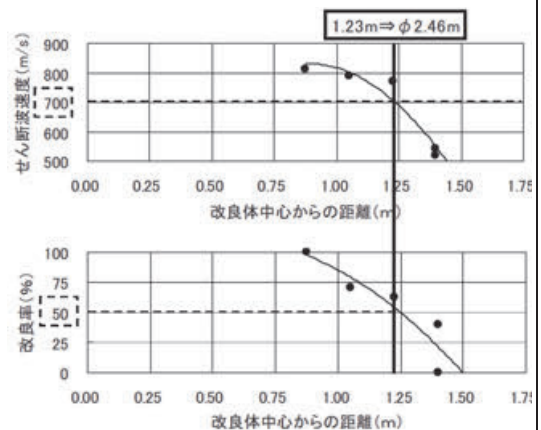
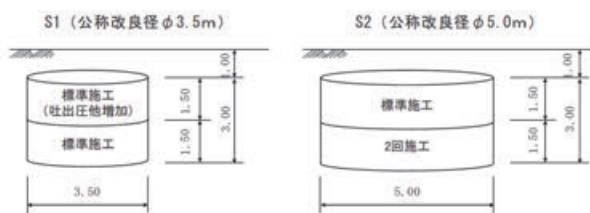


図-2 施工試験結果 (S1 標準施工)

試験施工の結果、ならびにコスト等の比較検討を行い、表-2 に示す施工仕様を決定した。また、対象改良の埋戻地盤の底面には一部、D 級岩盤が分布しており、試験施工により有効性を確認した、プロジェクト (水噴射による事前切削) を併用することとした。

表-2 高圧噴射攪拌工法の本施工の仕様

施工仕様	有効改良径 (m)	吐出量 (L/分)	吐出圧 (MPa)	水セメント比 (%)	造成時間 (分/m)
標準施工	φ2.80	300	40	90	16

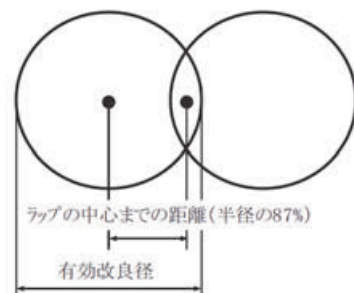


図-3 有効径の考え方

【施工概要】

(1) 技術的課題①：安全面の課題と対応 (運転中の発電設備との近接施工)

地盤改良工事の実施に当たっては、運転中の発電設備への影響が危惧されることから、施工範囲内の地上及び埋設構造物の存在を正確に把握するとともに、高圧噴射攪拌工法の吐出圧や置換工法の振動など各工法が近接構造物に与える影響を事前に定量的に把握し、万全な

対策を講じる必要があった。

各地盤改良工法における懸念事項及びその対策を表-3に示す。

表-3 安全面の課題と対応

地盤改良工法	懸念事項	対応
高圧噴射攪拌工法	吐出圧による近接構造物の損傷	試験施工で周辺地盤の圧力・変位を計測
置換工法	掘削時の周辺機器への振動	試験施工で振動計測を実施

a) 高圧噴射攪拌工法の吐出圧による影響

高圧噴射攪拌工法の試験施工では、近接構造物の位置を地盤改良体の公称径より 0.5m 外側と仮定し、地盤の圧力と変位を計測した (図-4 参照)。測定の結果、公称径より 0.5m 外側の地盤では、最大圧力が 0.13MPa、最大水平変位が約 3mm であり、既設の RC 構造物に対して問題がないことが確認された。本施工では余裕を見込み、近接構造物と改良体中心の離隔を 1.0m とするとともに、構造物に最も近接する部分では半円形を併用した改良体の配置計画とした。

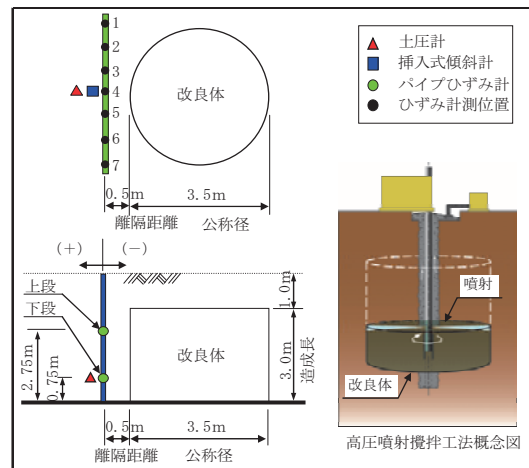


図-4 試験施工 (高圧噴射攪拌工法)

b) 置換工法の振動による周辺機器への影響

置換工法の試験施工では、ハンマーグラブを 1.0~2.0m から落下させ、杭芯から 10.0~22.5m の範囲と循環水ポンプ及び海水ポンプ本体の振動を確認した (図-5 参照)。測定の結果、振幅値及び振動測定値ともに許容値内であり、循環水ポンプ等の周辺機器への影響が問題ないことが確認された。

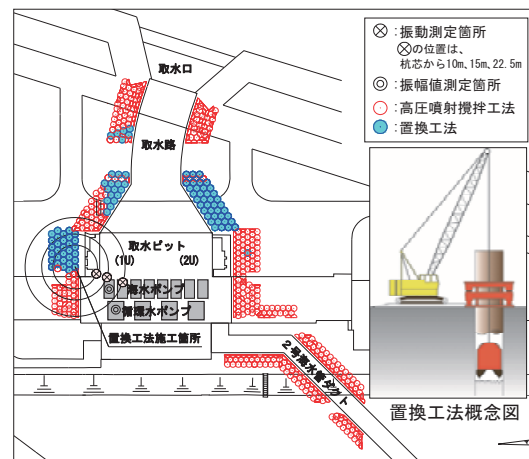


図-5 振動測定箇所 (置換工法)

(2) 技術的課題②：環境面の課題と対応 (排泥の処理方法)

高圧噴射攪拌工法は、高圧でセメントミルクを吐出し、原地盤を切削・攪拌することで改良体を造成する工法であり、大量の排泥が発生する。排泥の全量を産業廃棄物として処理した場合、環境負荷及びコストに大きく影響することから、発生する排泥の低減や有効利用について詳細な検討を行う必要があった。

a) 排泥発生量の低減

地中土木構造物周辺の地盤改良では、高圧噴射攪拌工法と置換工法の併用を計画した。置換工法は、開削して要求品質を満足する材料で置き換える工法であるため、掘削残土は産業廃棄物にはならない。このため、地上及び埋設構造物の位置を十分確認し、開削が可能な範囲を詳細に把握することで

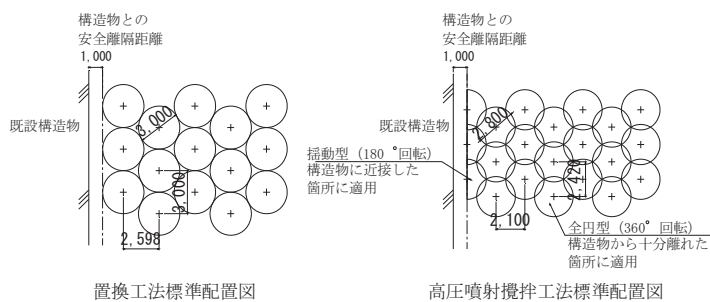


図-6 地中構造物周辺地盤改良体配置図

可能な限り置換工法を採用し、高圧噴射攪拌工法で発生する排泥量を極力低減させることとした。また、置換工法は、高圧噴射攪拌工法と同様に改良体を接合（ラップ）させると、先に施工した改良体のラップ部の掘削で産業廃棄物が発生することとなるため、ラップ方式ではなく、図-6 に示す接円方式による施工とした。

b) 排泥の有効利用

排泥を有効利用する方策としては、高圧噴射攪拌工法での循環利用や、他工法での利用が考えられる（図-7 参照）。高圧噴射攪拌工法での循環利用は、改良体要求品質の低下や、噴射ノズルの目詰まり等の問題から、採用は困難と判断した。他工法での利用方法としては、排泥を再処理し置換工法や、構内道路の混合処理工法の原土への利用が考えられるため、先行して配合試験を行った。

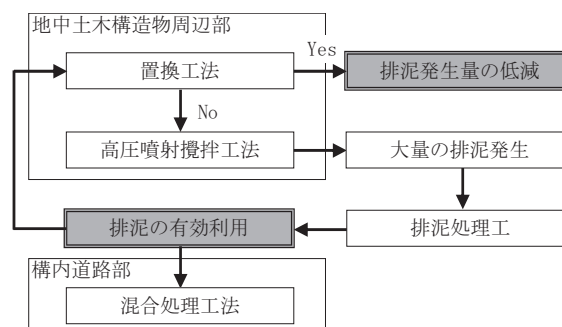


図-7 排泥発生量の低減及び有効利用フロー図

その結果、置換工法では $Vs1,000m/s$ 以上、混合処理工法では一軸圧縮強度 $0.3MN/m^2$ 以上満足できる配合を確認した。

<p>参考文献</p>	<p>1) 平原健二，坂本博臣，藤田悦郎：耐震裕度向上を目的とした川内・玄海原子力発電所地盤改良工事における課題と対応(その1)，電力土木，No.350，pp.121-125，2010.11</p> <p>2) 西嶋一也，北島秀美，鐘ヶ江英樹：耐震裕度向上を目的とした川内・玄海原子力発電所地盤改良工事における課題と対応（その2），電力土木，No.351，pp.57-61，2011.1</p>
<p>備考</p>	

(12) No. 3-12 : 敦賀発電所 1号機格納容器冷却系海水配管基礎工事

No.	3-12
発注者	日本原子力発電(株)
施設名	敦賀発電所
所在地	福井県敦賀市明神町
工事名称	敦賀発電所 1号機格納容器冷却系海水配管基礎工事
施工期間	2009年1月～2009年8月
施工者	(株)大林組
キーワード	地盤改良、杭基礎、耐震裕度向上

概要

本工事は埋設されている CCS 配管（冷却水配管）を地上配管とし、その基礎構造として地盤改良を併用した杭基礎構造を採用することで耐震裕度の向上を図ったものである。

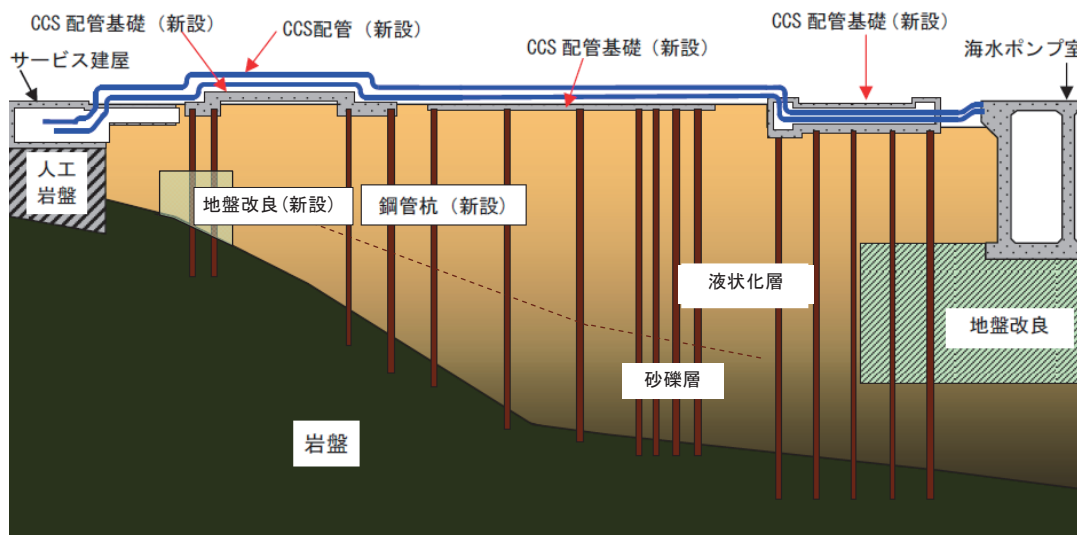


図-1 CCS 配管基礎縦断面図

【設計概要】

(1) 設計方針

配管基礎は稼働中の配管や排水管の横断箇所を設けるため 3 ブロックに分割している。そのため、各基礎の地震時応答の違いから各基礎の間で発生する相対変位による配管への影響が懸念されることから、基礎間に大きな変位吸収が可能である伸縮継手を設置した。そこで、基礎と地盤の連成解析により伸縮継手の許容変位を満足する地盤改良仕様と基礎の健全性を確保する杭仕様を求めることとした。

(2) 解析方法

連成解析では、有効応力解析ソフト (FLIP) を使用した。解析モデルは、配管ルート of 縦断・横断方向の両方で作成し、検討用地震動の入力は、水平・鉛直の同時加震とした。

(3) 地盤改良と杭の仕様

基礎杭は、変形性能が大きい鋼管杭とし、解析結果から杭径 $\phi 400$ 、 $t=12\text{mm}$ を採用することとした。また、地盤改良は恒久グラウト固化工法と深層混合処理工法の 2 種類を比較した結果、伸縮継手の許容変位量を満足する深層混合処理工法を採用することとした。

【施工概要】

地盤改良工法は、二重管ロッドと左右方向に 2 カ所のノズルからセメント硬化剤を噴射し、地中にパイル状固結体を造成する PJG-L(Ponderous Jet Grout)工法とした。

施工場所には多くの埋設配管があり、削孔可能な位置も限定されたために、必要な部分だけを改良できるように、噴射角度の調整が可能な工法を選定した。改良範囲にある既設埋設管に対してセメント噴射による影響を小さくする目的で、下部のみ半円形の改良体とした。改良径は、改良体のラップ面積が最小になるように直径を $D=2.6\text{m}\sim 3.2\text{m}$ と改良体ごとに決定した(図-2)。

施工後、改良体の半径の計測や、コア採取による一軸圧縮強度の測定を行い、地盤改良の品質を確認している(写真-1)。

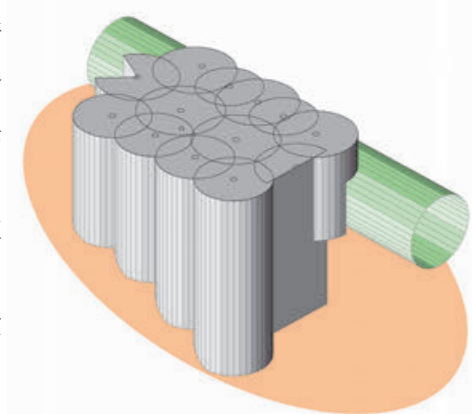


図-2 地盤改良全体図



写真-1 地盤改良体の半径測定

参考文献	日本原子力発電 HP : http://www.japc.co.jp/news/press/2009/pdf/210417.pdf
備考	

(13) No. 3-13 : 敦賀発電所 1号機 取水系構造物耐震裕度向上工事

番 号	3-13
発注者	日本原子力発電(株)
施設名	敦賀発電所
所在地	福井県敦賀市明神町
工事名称	敦賀発電所 1号機 取水系構造物耐震裕度向上工事 (取水系構造物補強工事)
施工期間	2007年08月～2009年09月
施工者	五洋・西松・佐藤共同企業体
キーワード	取水系構造物、耐震裕度向上、地盤改良

概 要

既設設備の耐震裕度を向上させるために、取水系構造物については鋼矢板等による補強工事（平成19年度から平成21年度）、循環水ポンプ室廻りについては地盤改良工事（平成20年度から平成21年度）を実施した。

【設計概要】

1号機取水路については、水路両側に鋼矢板を打設し頭部を連結して既設の多目的架台と一体化することで補強工事を行った。循環水ポンプ室廻りについてはポンプ室下層地盤の液化対策を目的として地盤改良（浸透固化処理）により補強工事を行った。

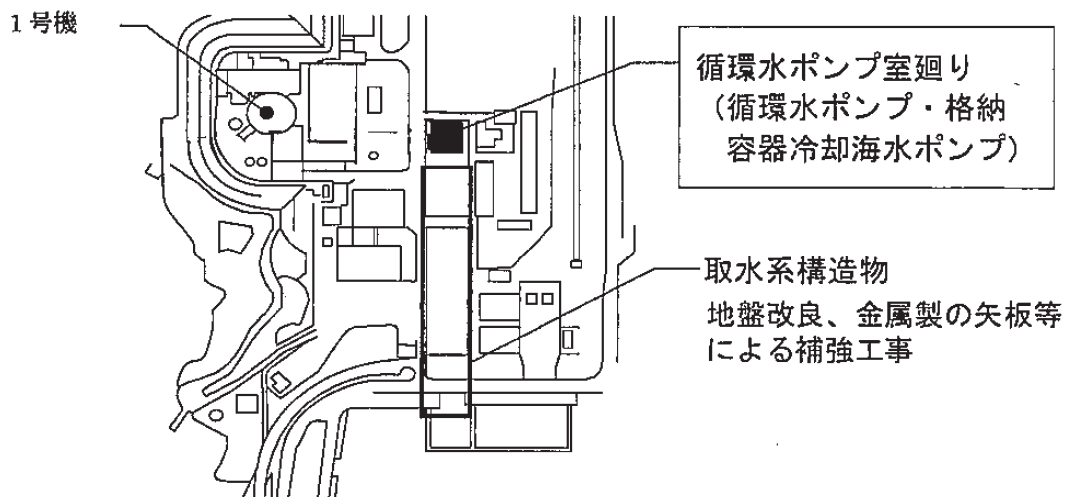


図-1 施工箇所平面図

【施工概要】

取水路部における補強工事概要図を図-2に、循環水ポンプ廻り補強工事概要図を図-3に示す。

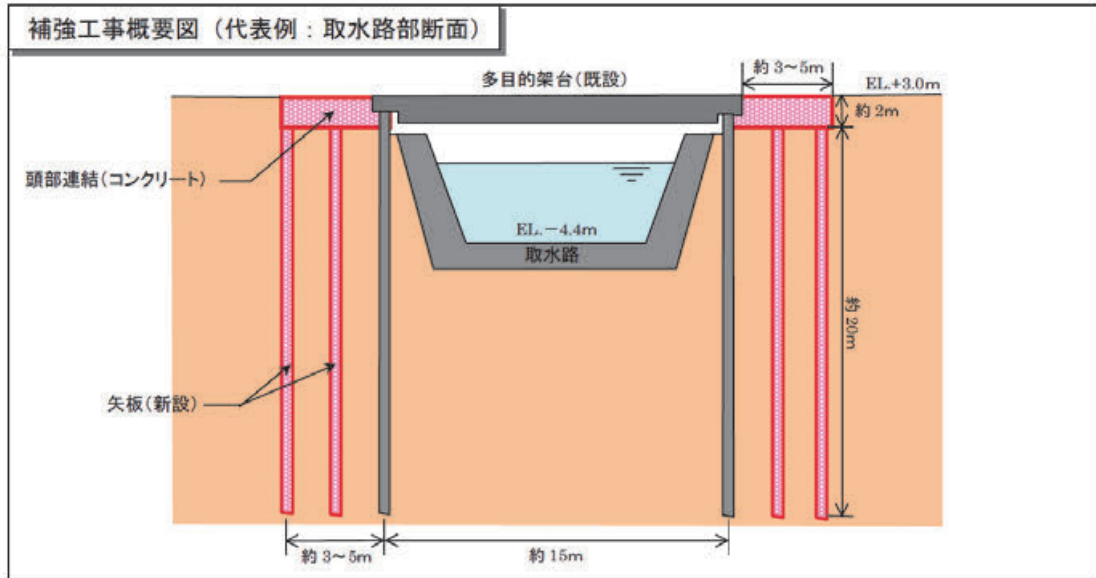


図-2 取水路部補強工事概要図

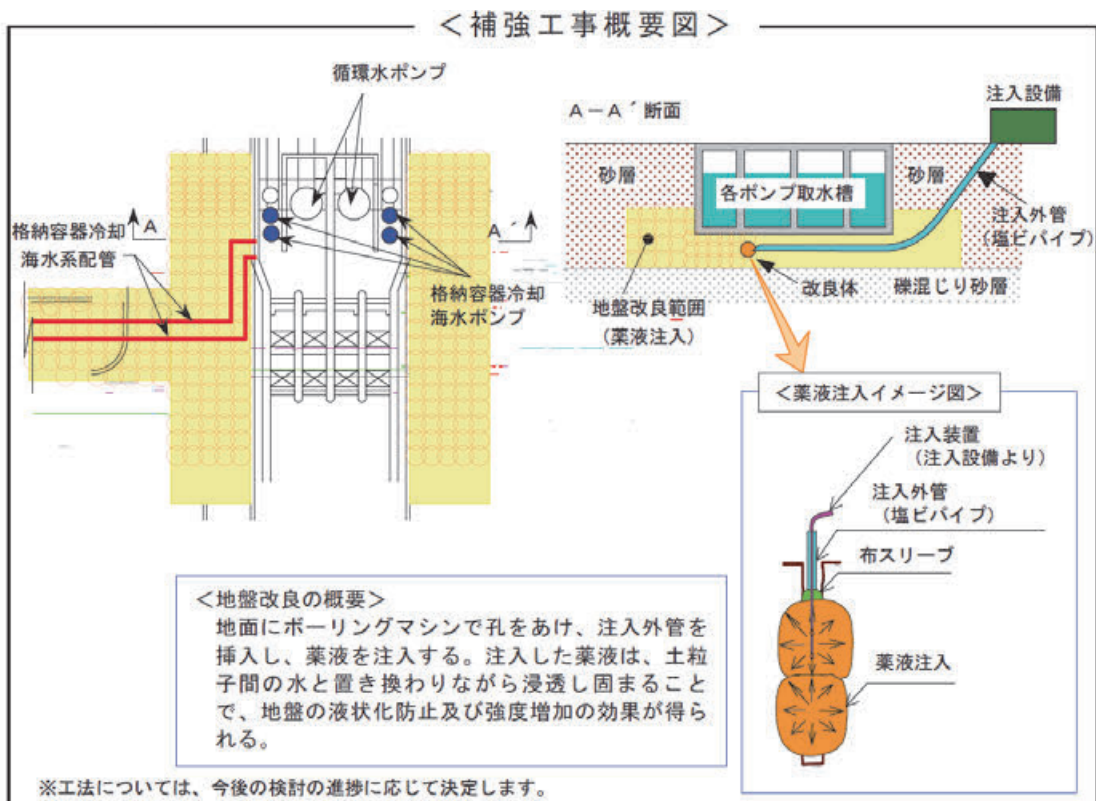


図-3 循環水ポンプ廻り補強工事概要図

※格納容器冷却海水系配管廻りは別途工事

ポンプ室の下部については、通常の直斜削孔では施工できないため、曲がり削孔により削孔を行い、薬液注入を行った。施工状況イメージを図-4に示す。

【施工管理】

地盤内でカーブを描きながら削孔するため、3D曲がりセンサーと小型ジャイロにより高精度な位置検出を行い、先端位置を正確に把握しながら削孔軌跡を管理する。オペレータは、運転席の施工管理システムにリアルタイムに表示される計測データから、高度な目標ルートの誘導を行う。

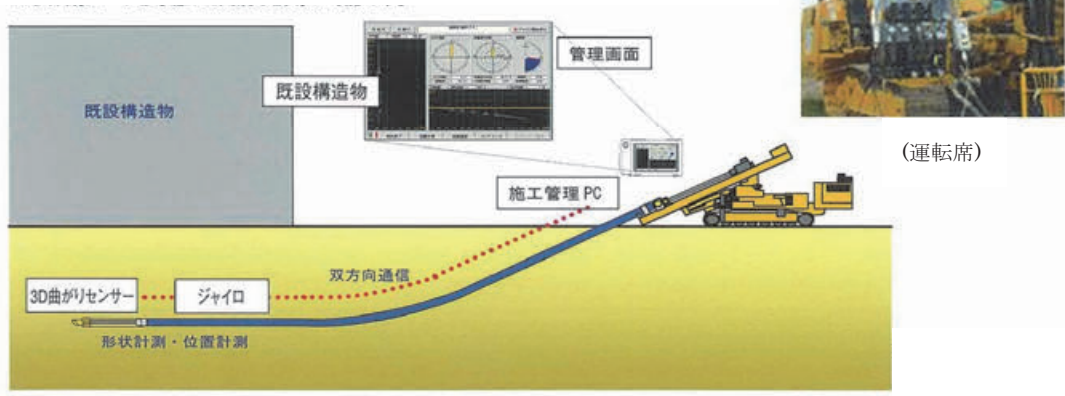


図-4 曲がり削孔施工イメージ



写真-1 工事状況

<p>参考文献</p>	<p>日本原子力発電 HP : http://www.japc.co.jp/news/press/2007/pdf/190417.pdf http://www.japc.co.jp/news/press/2008/pdf/200417.pdf</p>
<p>備考</p>	