

3. 土構造物の補強に関する文献調査

3.1 文献調査の概要

文献調査は平成8年度以降に発行された国内の主要な学会誌、学術誌、研究報告等を対象として実施した。調査対象とした学会誌等のリストを表-3.1.1に示す。

表-3.1.1 文献調査対象

1	基礎工	9	土木研究所資料
2	土と基礎	10	土木研究所報告
3	土木技術	11	道路公団試験研究所報告
4	土木施工	12	電力中央研究所報告
5	日経コンストラクション	13	鉄道総合技術研究所報告
6	電力土木	14	港湾技術研究所報告
7	土木技術資料	15	港湾技研資料
8	土地改良		

これらに掲載されている文献・報告のなかから、「耐震」、「補強」、「液状化」などのキーワードを手がかりとして土構造物の補強に関する文献の絞り込みを行った。なお、阪神・淡路大震災により被災した構造物の復旧工事に関わる文献は調査対象から除外することとした。

収集した文献は全体で98件に及んだ。これらの文献を構造物の種類に応じて「擁壁」、「盛土」、「岸壁」、「堤体」、「その他」に分類し、その内容を一覧表の形式に整理した。

収集した文献の報告内容は調査、設計、解析、実験、施工など多岐にわたっているが、そのうち耐震補強の施工事例に関して記述されている12件については、別途、補強工法の事例としてとりまとめ、補強工法等の具体的な内容を整理した。

3.2 土構造物の補強の文献調査結果

文献によっては、項目に該当しないものや重複するものがあり合計が調査件数と一致していない。

3.2.1 擁壁

(1) 調査結果の概要

擁壁に関する文献は全部で20件の論文があり、調査内容を一覧表に整理したものを表-3.2.1に示す。

以下に、「内容区分」「構造物種類」「設計手法・準拠基準類」「採用工法」について考察を加える。「内容区分」別にみると、「設計、実験、研究、調査」に関する文献が15件と多く、そのうち、阪神・淡路大震災における擁壁の被災調査に関する文献が4件含まれている。その他は「施工」に関する文献が5件となっている。図3.2.1に分布を示す。

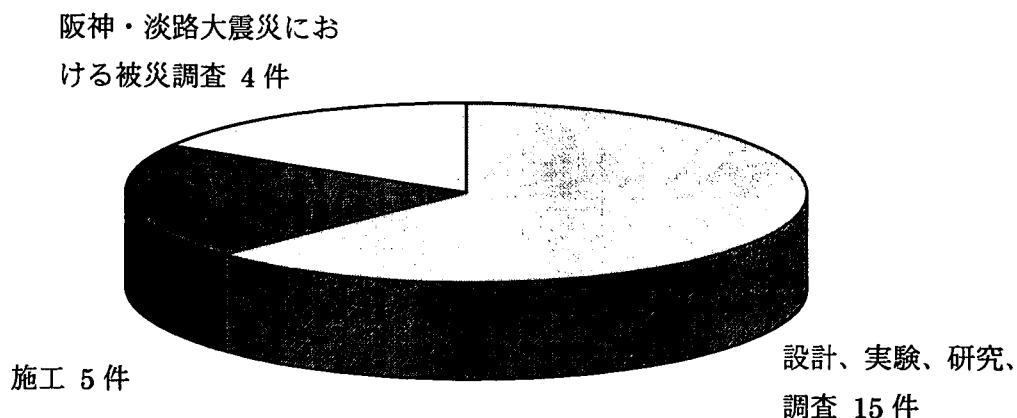


図 3.2.1 内容区分

「構造物種類」別にみると、「補強土壁」に関する文献が10件と最も多く、3件が擁壁構造物直下の液状化対策に関する文献、残り7件が一般擁壁に関する文献である。図3.2.2に分布を示す。



図 3.2.2 構造物種類

「設計手法・準拠基準類」別にみると、補強土壁に関するものとして、「ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル」、「鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物）」、「道路土工 擁壁工指針」があげられている。

「採用工法」別にみると、「補強土壁工法」が6件、液状化対策としての「深層混合処理工法」が3件となっている。擁壁の補強方法としては、補強土壁工法が主流となっている。

(2) 補強方法

以上の文献調査結果より、擁壁の補強方法について以下の報告があった。

①補強土壁の耐震性について

- ・ 阪神・淡路大震災においてRRR工法は若干の目違い程度の変形にとどまった。
- ・ 地震応答解析結果によるとRRR工法は重力擁壁より優位。
- ・ 室内実験によると擁壁よりも補強土壁の方が同じ天端変位に至る震度が大きい。
- ・ 補強土壁及び地山補強土における鋼製材補強土構造物は、阪神・淡路大震災に対しても壊滅的な損傷を受けることなく、構造上の機能を十分果たした。

②擁壁構造物直下の液状化対策として、構造物下部にて液状化土層を高圧噴射攪拌工法もしくは鋼矢板で格子状に囲み、拘束・閉合する事例が報告された。

3.2.2 盛土

(1) 調査結果の概要

構造物分類で盛土に関する文献は表-3.2.2 に示すように 22 件であるが、文献 9, 10, 11 は共同研究の各年度の報告であり、成果は文献 11 に代表されるため、実際は 20 件である。

「内容区分別」にみると、「設計」や「解析」に関するものが各 6 件と最も多く、ついで「施工」に関する文献、「技術紹介」に関する文献が各 5 件である。図 3.2.3 に分布を示す。

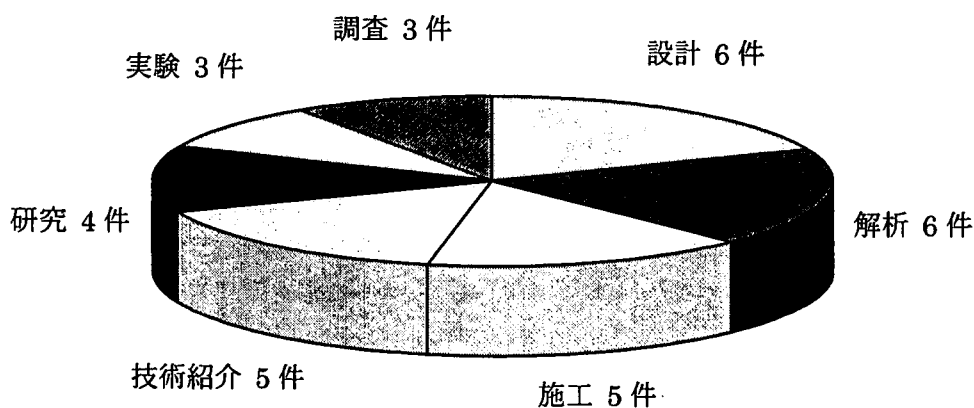


図 3.2.3 内容区分 (全 20 件、複数回答 32)

「構造物種類別」にみると、「道路盛土」に関する文献が 6 件と多く、ついで「鉄道盛土」に関する文献が 4 件、「造成」、「堤防盛土」に関する文献が各 3 件である。図 3.2.4 に分布を示す。

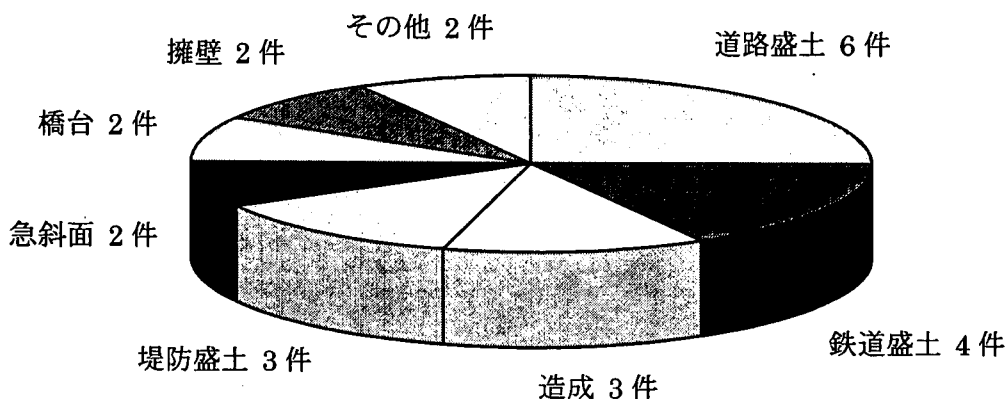


図 3.2.4 構造物種類 (全 20 件、複数回答 24)

「設計手法別」については記載例が少なく、鉄道盛土において「ニューマーク法」の適用が紹介されている。

(2) 補強方法

補強方法については大別すると、以下の3方法に分類される。

①盛土部本体を補強する方法（セメント改良土や軽量盛土等）、②盛土を拘束して変形を抑える方法（シートパイル+タイロッド等）、③基礎地盤を改良して補強する方法。③については一般の地盤改良工法が多数適用されており、改良原理別には、地盤の締め固めを目的としたサンドコンパクションパイル工法や静的締め固め砂杭工法、コンパクショングラウチング工法。地盤の固化および拘束を目的とした深層混合処理工法やTOFT工法。地震時の間隙水圧の早期消散を目的としたグラベルドレーン工法。また、間隙水のゲル化を目的とした浸透固化工法。さらに地盤自体の拘束および排水を目的とした排水機能付鋼矢板工法等が適用されている。

本文献においては特長的なものは、文献6にて紹介されている、鉄道盛土に対する耐震補強としての“シートパイル+タイロッド”工法である。内容については詳細事例にて紹介する。また、橋台背面の補強としてセメント改良補強土橋台の事例が文献17にて紹介されている。また、文献11において、「液状化対策工法・設計施工マニュアル(案)」においては盛土構造物および地中構造物に対する地盤改良を主とした各種対策工法（締め固め工法、固化工法、注入工法、排水工法、鋼材等）の設計施工方法が詳細に記載されている。

3.2.3 岸壁

(1) 調査結果の概要

構造物分類で「岸壁」に区分されるものは表-3.2.3 に示すように 14 件あり、6 件は施工に関する紹介が含まれている。なお、文献 9 と文献 13 は同じ対象についての文献である。

以下に「内容区分」「構造物種類」「設計手法」「採用工法」に分け、それぞれについて考察を加える。

「内容区分」別にみると「実験、解析、研究」に関する文献が 8 件、「施工」に関する文献が 6 件、設計に関する文献が 5 件、「調査」、「技術紹介」に関する文献がそれぞれ 4 件であった。現時点では、「施工」の前段階の報告が比較的多いことがわかる。

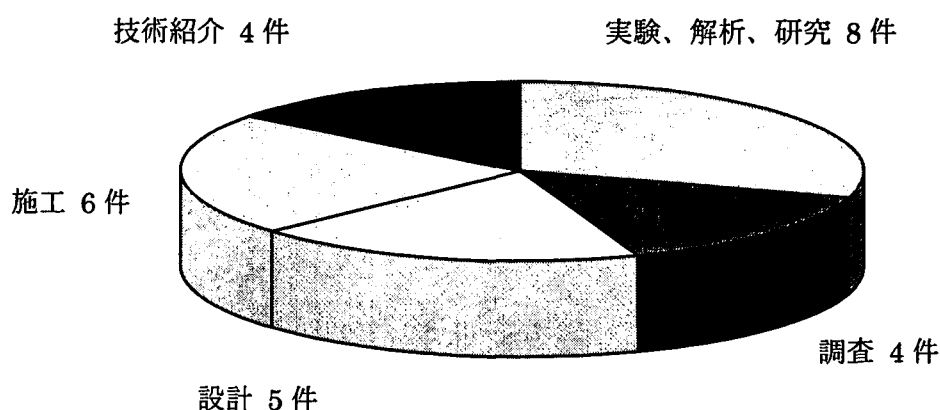


図 3.2.5 内容区分

「構造物種類」別にみると「ケーソン岸壁」が 8 件で全体の 6 割程度を占め、重力式岸壁、鋼管矢板岸壁、水路岸壁がそれぞれ 1 件であった。「その他」では、岸壁本体以外の背面地盤や基礎地盤を主対象とした文献であった。

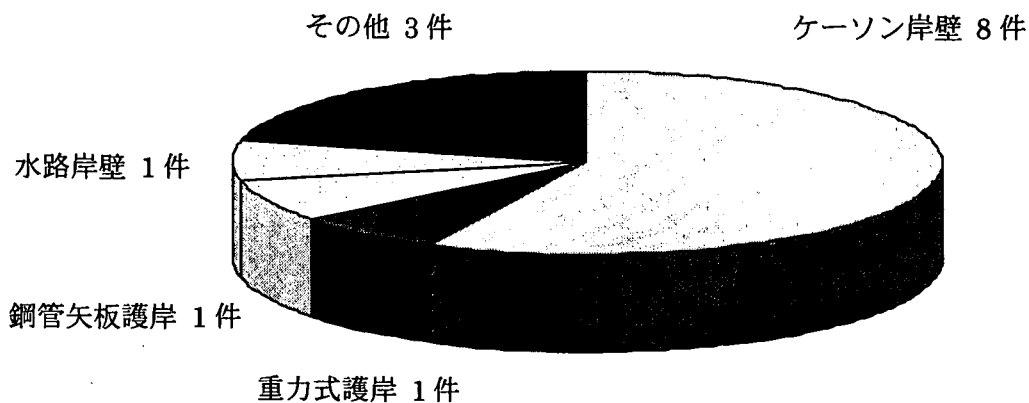


図 3.2.6 構造物種類

「設計手法」では「レベル2地震動」に対する残留変形量を照査する目的で、有効応力解析(FLIP)を実施した事例が多い。

「採用工法」別にみると「構造改良」「間隙水圧消散」「密度増大」「固結」「構造物によるもの」が2件ずつで、「グラウンドアンカー」が1件であった。岸壁特有の「対策工」は存在せず、岸壁自体を耐震補強する場合は、構造を改良したり、新しく構造物を設けている。背面地盤などの耐震補強では、一般的な液状化対策工法が採用されている。

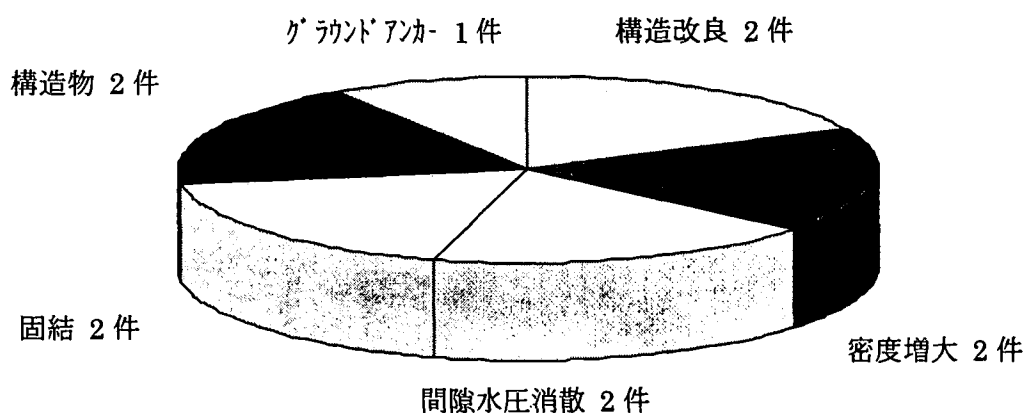


図 3.2.7 採用工法

以上の文献調査結果を以下にまとめて要約する。

- ・「実験、解析」などの研究を経て「設計手法」を構築し実施工を行い、仮定と実際を検証する流れが一般的であるとすれば、「岸壁」に関する耐震補強では、これから「施工事例」が増加してゆく段階であると思われる。
- ・設計手法(解析手法)としてレベル2地震動に対する残留変形量を照査する目的で、有効応力解析(FLIP)を用いた事例が多い。
- ・耐震補強の対象として、岸壁自体を補強する場合と、岸壁背面等の地盤を補強する場合に分けられる。補強工法の分類は、「法線の変更」が可能かどうかで大きく分かれ、可能な場合は前面に補強のための構造物を設ける方法が一般的で、不可の場合は、外力を低減するか、滑動抵抗力を増大させる方法が用いられる。文献-4の前半では、耐震補強方法の分類が説明されている。
- ・背面地盤等を補強する方法としては、一般的な液状化対策工が採用されている。

(2) 補強方法

「阪神・淡路大震災」を契機とした設計規準の見直し(レベル2地震動対応)によって、既設あるいは施工中の岸壁の補強が必要となった。これは「阪神・淡路大震災」において多くの岸壁が被災し港湾機能が著しく低下したことを踏まえ、レベル2地震動に耐えることのできる耐震強化岸壁の整備が急務となったためである。

まず、必要な補強を明らかにする目的で、「耐震性確保のための要求性能と照査方法」「大地震時の地盤・構造物系の終局状態の評価」等の研究が報告されている。(文献-3, 4, 9, 12, 13)

「補強方法の開発」では、「岸壁本体に高耐震性を持たせるもの」や「底面および背面地盤に高耐震性をもたせるもの」、「滑動抵抗力・支持力を向上させる付加構造物を設置するもの」等が報告されている。また、新設岸壁のみではなく、施工中や完成した岸壁に対して耐震性向上を目的とした補強工事を実施した報告も多い。(文献-1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15)

「補強方法の原理・分類」では、「岸壁構造の大型化」「滑動抑止力増加」「間隙水圧消散」「地盤抵抗力増加」等に分類される。文献-4では、種々の耐震補強方法について整理・分類を行っている。

3.2.4 堤体

(1) 調査結果の概要

表-3.2.4 に示す全 16 件のうち 14 件が「耐震」に関する文献であった。以下に「内容区分」「構造物種類」「設計手法」「採用工法」別に結果を記載する。

「内容区分」別にみると、「施工」に関する文献が 7 件と最も多く、次いで「解析」が 5 件、「設計」と「実験」がそれぞれ 3 件となっている。この他は「調査」、「その他」各 1 件である。

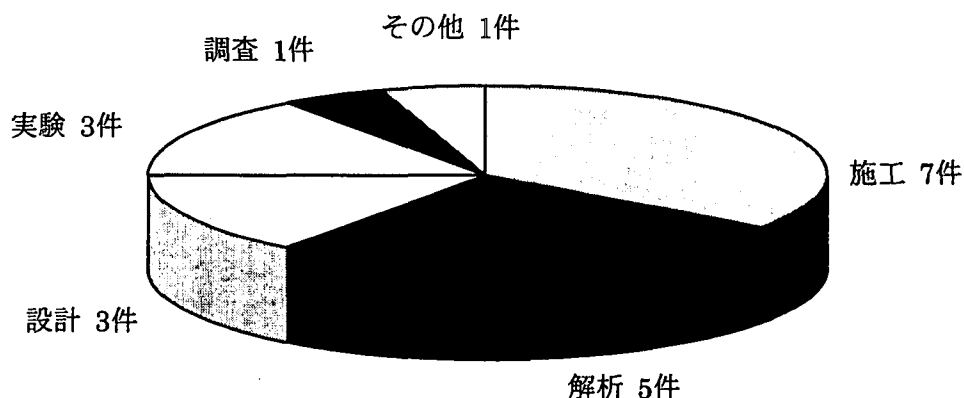


図 3.2.8 内容区分

「構造物種類」別にみると、「アースダム」に関する文献が 7 件と最も多く、次いで「河川堤防」が 5 件であり合計で 7 割を占める。この他に「海岸堤防」、「軟弱地盤上堤防」、「ため池堤体」、「重力式コンクリートダム」、「砂防ダム」が各 1 件となっている。

「設計手法」別にみると、「震度法」が 3 件、「残留変形解析」が 1 件である。設計手法が明確なものは全 16 件のうち 4 件だけであり、文献の内容が施工中心のものについては設計手法が記述されていないものが多い。また、「準拠基準類」についても明確に記述されているものは「道路橋示方書」、「道路土工軟弱地盤対策工指針」の各 1 件であり、堤体補強の文献は、設計手法、準拠基準類が明確でない結果となった。

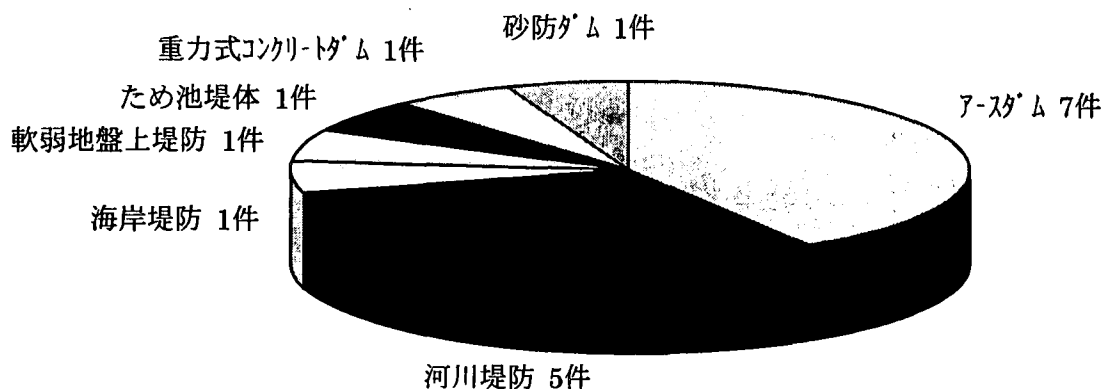


図 3.2.9 構造物種類

「採用工法」別にみると、「押え盛土」が 5 件と最も多く、次いで「固結工法」が 2

件、他に「パイルグリッド」、「固化改良」、「締固め工法」、「ドレーン工法」、「鋼材補強」が各1件報告されている。

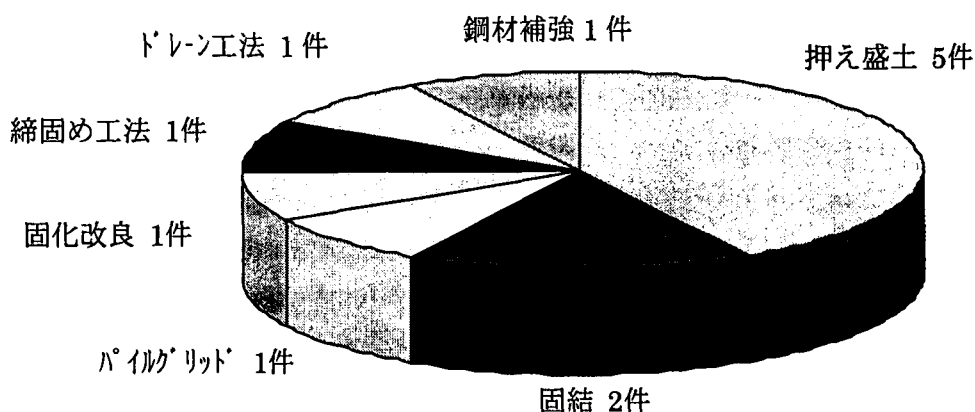


図 3.2.10 採用工法

以上の文献調査結果より、堤体の補強方法について以下のような結果が得られた。

- ・アースダム、河川堤防、海岸堤防などの構造物で堤体補強施工がおこなわれている。
- ・補強工法として押え盛土工法の文献が多いが、補強の目的により採用工法は異なり、液状化対策では固結工法（深層混合処理工法）や締固め工法などが採用された事例もある。
- ・設計手法として震度法による安定解析をおこなっている事例が多い。しかし、堤体の地震時挙動（すべり、残留変形など）を把握するためにFEM動的解析を実施した文献もみられた。また、アースダムでは地震時挙動の解明や耐震設計の高度化・合理化を目的とした実験を実施している事例もあった。
- ・いずれの文献も平成7年の兵庫県南部地震を契機にして耐震診断実施や、地震時挙動の解明、設計方法の制定、今後の課題などを記述している。

(2) 補強方法

①液状化を防止する方法

地盤の液状化に伴う、せん断剛性の低下による堤体の崩壊を防止する方法として地盤改良による方法が各文献で紹介されている。液状化防止対策として有効と考えられる具体的な工法には、締固め工法、排水工法、固結工法（深層混合処理工法）、鋼材補強などがある。

②すべりを防止する方法

地震による堤体のすべりを防止する方法として押え盛土工法を採用した文献が多い。3.3 補強工法の事例でも紹介している山口貯水池（通称；狭山湖）の補強工事は、既設堤体上下流に補強盛土を築造する耐震補強工事であり、日本国内はもとより世界的にも例をみない耐震性向上を目的とした既設フィルダムのリニューアルに位置付けられ、その設計法や施工計画などはダム新設工事にみられないものが多い。

3.2.5 その他

(1) 調査結果の概要

以上の構造物分類に該当しないものを「その他」として区分した。「その他」の文献は表-3.2.5 に示すように26件である。

「内容区分」別にみると、「研究・解析・実験」が11件、「施工」が10件、「技術紹介」が9件と多く、「調査」と「設計」が各5件である。

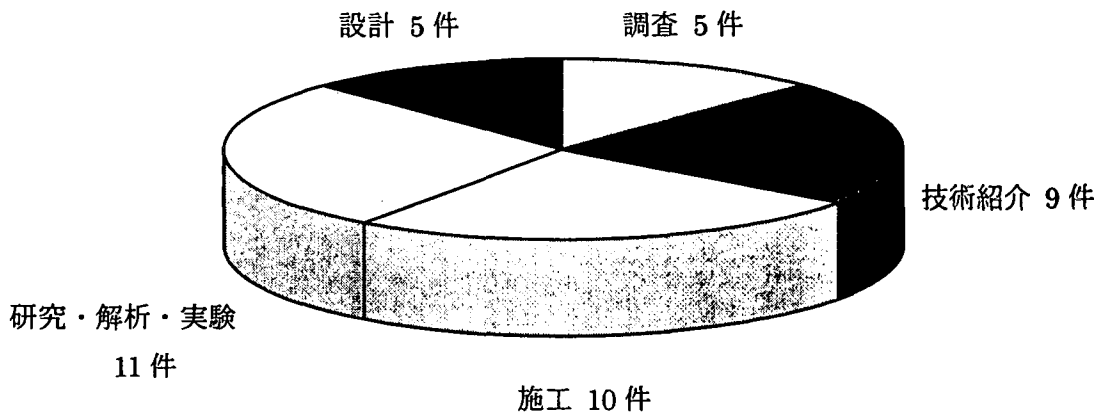


図 3.2.11 内容区分

構造物分類の「その他」をさらに分類すると、液状化に関するものが21件、切土の地震時挙動に関するものが3件、それ以外が2件である。切土の文献は、地形に関するものとアンカー工に関する調査報告、地震応答解析による設計法である。それ以外の文献は、道路橋基礎の耐震と補強土に関する報告である。

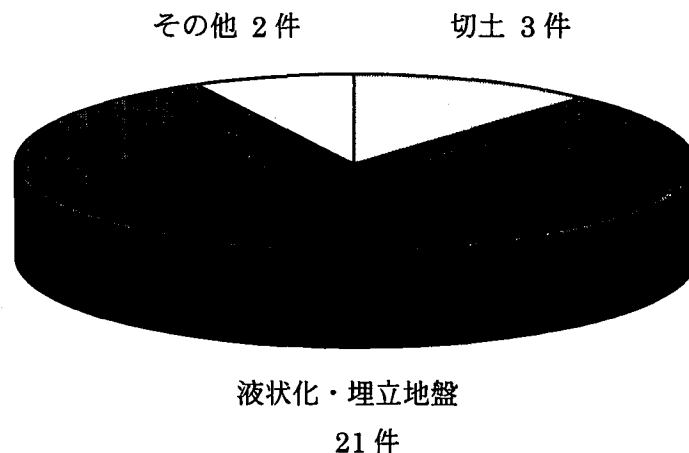


図 3.2.12 詳細な分類

液状化に関するものを「構造物種別」別にみると、建築基礎が2件、タンク基礎が1件、橋脚基礎が1件、構造物を特定せずに液状化・埋立て地盤一般を扱ったものが17件である。

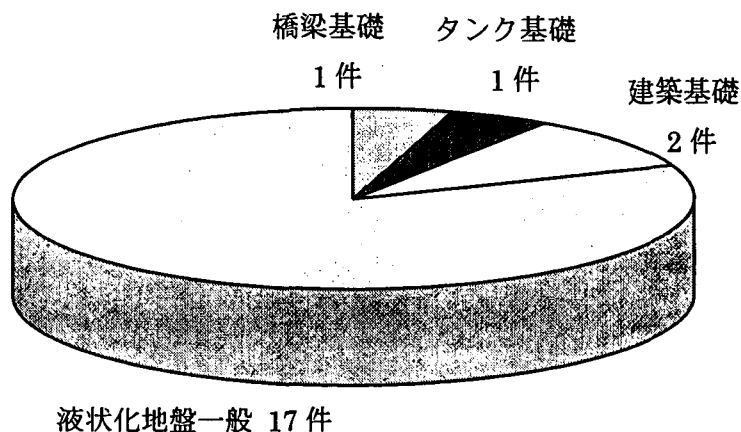


図 3.2.13 構造物種別

(2)補強方法

切土に対する補強方法として、文献2でアンカー工の設計等の基礎資料を得るために地震時の調査・解析を行っており、文献3で地震応答解析の結果によるのり肩部のラウディングの有効性が紹介されている。

液状化に関する補強方法は、液状化対策に関するものが19件あり、地盤改良が17件と最も多く、鋼管矢板による流動抑制が1件、タンク基礎の鋼矢板リングが1件である。

地盤改良工法には、SCP工法6件、深層混合処理工法3件、浸透固化処理工法3件、静的締固め工法2件、発破締固め工法2件、他の地盤改良工法4件が報告されている。

それぞれ特徴として、経済性（格子状の深層混合処理、発破締固め）、低振動等の環境への対応（静的締固め）、既設構造物直下（浸透固化処理）等が挙げられているが、レベル2地震動に対応した設計法が確立されているものはなく、今後の研究が期待される。

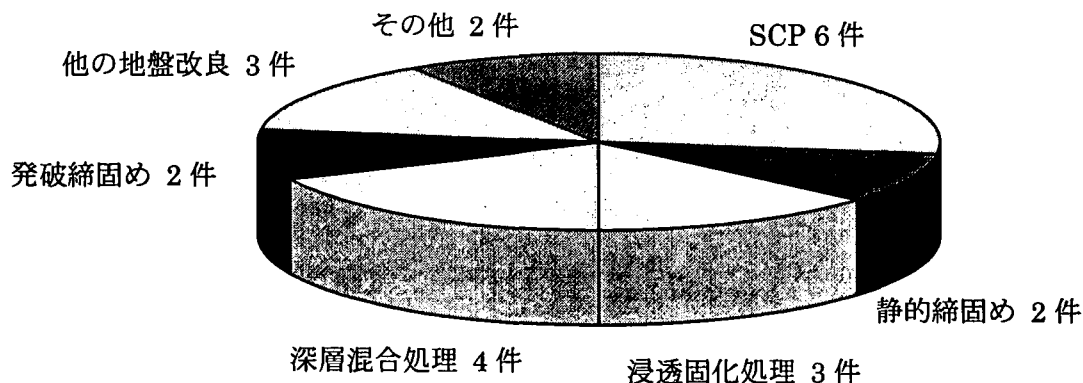


図 3.2.14 液状化対策工法

表-3.2.1(1) 文献調査 (擁壁)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	液状化	その他			
1	ジオンセテック補強土工法における耐震設計	古賀 泰之、松尾 修 堤 達也	(財)先端建設技術センター	設計、実験	-	補強土壁	擁壁	「ジオンセテック」を用いた補強土の設計・施工マニュアル	-	補強土壁工法	○	○	基礎工 Vol.24 No.12 pp.48-53	1996.12	補強土壁の地震時挙動、最近の実験的知見の紹介。 ・振動台実験の紹介。 ・補強材に発生する梁さ方向の張力分布は実測値と設計値で相違が見られる。	
2	鉄道における補強土工法の設計と施工	籠山 勝、小島 謙一	(財)鉄道総合技術研究所	設計、施工	-	補強土壁	擁壁	「鉄道構造物等設計標準・同解説(土構造物)」	片福線、六地蔵駅など	補強土壁工法	○	○	基礎工 Vol.24 No.12 pp.42-47	1996.12	RRR工法の設計方法の概要、施工事例の紹介。	
3	宅地開発での震災対策と擁壁の設計施工	二木 幹夫	建設省建築研究所	設計	-	擁壁	擁壁	「宅地防災マニュアル」	-	-	○	○	基礎工 Vol.27 No.10 pp.5-8	1999.10	「宅地防災マニュアル(H9)」の概要を中心に、宅地の耐震対策の基本的な考え方や擁壁の耐震設計、施工について概要を記述。	
4	阪神大震災におけるRRR工法の挙動	籠山 勝、堀井 克己	(財)鉄道総合技術研究所	調査、解析	-	補強土壁	擁壁	-	神戸市、尼崎市	補強土壁工法	○	○	基礎工 Vol.24 No.12 pp.59-63	1996.12	補強土壁の挙動を中心に、耐震性について記述。 ・東灘区に設置されていたRRR工法は700gal以上の揺れがあつた推定されるが、若干の目違い程度の歪形にとどまつた。 ・二次元地震応答解析を実施し、RRR工法が重力擁壁よりも優位なことを確認。	
5	住宅擁壁の耐震補強・補修の技術について	橋本 隆雄	㈱千代田コンサルタ ント	技術紹介、施工	-	擁壁	擁壁	-	-	-	○	○	基礎工 Vol.29 No.4 pp.21-27	2001.4	宅地擁壁の耐震補強・補修工法の選定に絞って、①目地詰りめ、②治え打ち工、③格子枠工、④補強土工、⑤クラウト・アカー工、⑥抑止杭工、⑦軽量盛土工について実際の実施例と可能な技術について紹介。	
6	鉄筋で補強された斜面の安定に関する調査	苗村 正三、小野寺 誠一 落合 良隆、佐野 一博	建設省土木研究所	設計、実験	-	補強土	擁壁	-	-	鉄筋補強土工法	○	○	土木研究所資料 第3406号	1995.12	小型模型実験、大型擁壁実験を行い、鉄筋補強土工法の設計手法の確立を目指した調査・研究を行っている。	
7	ジオンセテックを用いた実大補強土壁の動態観測	塚田 幸広、宮武 裕昭 落合 良隆	建設省土木研究所	研究、実験	-	補強土壁	擁壁	-	-	補強土壁工法	○	○	土木研究所資料 第3487号	1997.3	土木研究所敷地内に構築されている高さ8mのコンクリートブロック壁を有するジオンセテック補強土壁に対する、長期計測の結果をとりまとめ報告している。	
8	擁壁の耐震性に関する実験的検討	中村 伸也、斎藤 由紀子 堤 達也、松尾 修	建設省土木研究所	設計、実験	-	重力式擁壁	擁壁	「道路土工一擁壁工指針」	-	-	○	○	土木技術資料 42-9 pp.52-57	2000.9	重力式擁壁の耐震設計法の合理化を目的として、遠心力載荷装置を用いた実験的研究を行っている。①現行設計法は、異形式の擁壁の相対的な安定性を評価できる。②現行設計法では設計強度の4倍の加速度まで耐える。③擁壁に作用する土圧と慣性力に位相差があることがわかった。	
9	補強土壁の耐震性に関する模型振動台実験および安定検討	松尾 修、堤 達也 斎藤 由紀子	建設省土木研究所	設計、実験	-	補強土壁	擁壁	「ジオンセテック」を用いた補強土の設計・施工マニュアル	-	補強土壁工法	○	○	土木技術資料 41-1 pp.32-37	1999.1	剛な壁面を用いた補強土壁の振動台模型実験を行い、現行設計法を用いた安定計算結果と比較検討している。①一体型壁面の最大変位量は分割型壁面より大きく、一体型は圧や補強材の張力は、分割型は局所的に大きく、一体型は深さ方向に均一。②現行設計法で、L1地震では最大加速度を、L2地震では最大加速度の1/2~3を設計強度に換算すればよいことがわかった。	
10	擁壁・補強土壁の耐震性に関する実験的検討	古関 潤一、渡辺 健治 籠山 勝、小島 謙一	東京大学生産技術 研究所	実験、研究	-	補強土壁、擁壁	擁壁	-	-	-	○	○	基礎工 Vol.29 No.4 pp.13-16	2001.4	室内実験により擁壁および補強土壁の耐震性・天端変位、加速度・水平土圧合力の関係を確認した。①擁壁よりも補強土壁の方が同じ天端変位に至る加速度が大きいこと。②水平土圧合力は一般擁壁と補強土壁で異なることがわかった。	
11	模型実験による擁壁の地震時挙動	小島 謙一 Yutman MUNAF 木村 英樹、籠山 勝	(財)鉄道総合技術 研究所	実験、研究	-	擁壁	擁壁	-	-	-	○	○	鉄道研究報告 Vol.12 No.4 pp.13-18	1998.4	土構造物の耐震性評価法及びより合理的な設計法を確立するため、各種擁壁(4タイプ)の模型振動実験を行っている。地震時の破壊メカニズムについて検討している。	
12	地下鉄坑口付近の液状化対策一営団地下鉄東西線	山下 清真、吉村 正	帝都高速度 交通営団	施工	-	U型擁壁 ボックス フレーム	擁壁	通示(耐震設計編)、 港湾基準、液状化検 討マニュアル 共同策定指針	東京都江東区 南砂 (東西線 南砂町坑口)	深層混合 処理工法 排水機能付 鋼矢板	○	○	土木施工 Vol.42 No.3 pp.9-17	2001.3	液状化判定の結果に基づき、坑口付近の地下鉄構造物の被害が想定される箇所について液状化対策工を施した事例。	
13	地下鉄坑口付近の液状化対策一営団地下鉄東西線	山下 清真、吉村 正	帝都高速度 交通営団	施工	-	U型擁壁	擁壁	-	東京都江東区 新砂 (深川車庫線 坑口)	深層混合 処理工法	○	○	土木施工 Vol.42 No.3 pp.9-17	2001.3	液状化判定の結果に基づき、坑口付近の地下鉄構造物の被害が想定される箇所について液状化対策工を施した事例。	
14	地下鉄坑口付近の液状化対策一営団地下鉄千代田線	山下 清真、吉村 正	帝都高速度 交通営団	施工	-	U型擁壁	擁壁	境界N値法 FL値法 果積損傷度法	東京都足立区千住 旭町 (千代田線 北千住坑口)	深層混合 処理工法	○	○	土木施工 Vol.42 No.3 pp.9-17	2001.3	液状化判定の結果に基づき、坑口付近の地下鉄構造物の被害が想定される箇所について液状化対策工を施した事例。	

表-3.2.1(2) 文献調査 (擁壁)

NO.	題名	著者	所屬(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	補強	液状化 その他			
15	抗土圧構造物の耐震設計	澤田 亮、西村 昭彦	(財)鉄道総合技術 研究所	設計、研究	-	擁壁、橋台	擁壁	-	-	-	○	○	○	鉄道総研報告 Vol.13 No.3 pp.37-42	1999.3	兵庫県南部地震を契機として、地震荷重が見直され、従来の設計法では構造物が大きくなるため、抗土圧構造物の耐震設計について合理的な設計方法の検討をまとめている。
16	阪神・淡路、台湾の大震災での擁壁、補強土壁の被災調査について	松尾 修、中村 伸也 齋藤 由紀子	国土交通省土木研 究所	調査、実験	-	擁壁、補強土壁	擁壁	道路土工一擁壁工 指針	兵庫県 台湾等々	特になし	○			基礎工 Vol.29 No.4 pp.9-12	2001.4	道路擁壁の耐震設計法に用いられる震度法による設計法で、水平震度を0.2程度とすれば、兵庫県南部地震で観測された2地震動によって致命的な被害を受けることはない。理由として、土質定数の安全側評価、前面側受動抵抗の無視、物部・岡部の地震時土圧が安全側評価であること、および最大加速度と水平震度が3~4:1程度であること。
17	鉄道における補強切土工法の開発	米澤 豊司、青木 一二三 籠山 勝	鉄道公団設計技術 室	技術紹介、実験	鉄道建設公団	-	擁壁	-	整備新幹線	新形式の切取土留 壁	○			土木技術 Vol.54 No.11 pp.44-50	1999.11	鉄道における従来の自立性地山に対応した切取土留壁のさらなる合理化の検討とともに、これに非自立性地山に対応した補強土工法を組合せた急勾配化の切取土工法を各種調査試験・解析等により検討し、整備新幹線等に本格導入するに至った開発概要の紹介。
18	兵庫県南部地震による鋼製材補強土構造物の被災事例	松井 保、小林 和男 熊田 哲規、大谷 義則	大阪大学	研究	-	補強土構造物	擁壁	-	兵庫県南部地域	-	○			土と基礎 Vol.44 No.2 Ser.No.457 pp.76-78	1996.2	補強土壁工法の被災傾向と地山補強土工法の補強の有無に対する挙動比較および考察。
19	切土補強土工法の施工時及び破壊時の挙動に関する検討	田山 隆、永吉 哲哉 多田 誠	日本道路公団試験 研究所 防災・雪 水研究室	研究、実験	-	切土法面補強土	擁壁	-	-	-	○			日本道路公団試験研 究所報告 Vol.34 pp.21-29	1997.11	均一自然斜面を想定した盛土を構築し、逆巻き施工による施工時の挙動と、すべり面を強制しない載荷方法による破壊時の挙動を説明するために、切土補強土工法の実物大実験を行った。
20	阪神・淡路大震災における土構造物の挙動	籠山 勝、龍岡 文夫 古関 純一	(財)鉄道総合技術 研究所	調査	-	擁壁	擁壁	-	神戸市新長田地 区、石屋川地区	-	○			土と基礎 Vol.44 No.2 Ser.No.457 pp.10-13	1996.2	兵庫県南部地震による被害のうち、特に被害が大きかったJR線の住吉、新長田、夕ノ谷地区の阪神本線石屋川地区の土構造物の被害調査。

表-3.2.2(1) 文献調査(盛土)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	補強	液状化 その他			
1	仁川百合野地区の地すべりの被害 と復旧	森田 伸二	兵庫県土木部 砂防課	調査、施工	兵庫県	造成	盛土	-	兵庫県西宮市仁川 百合野町	排水工、押え盛土	○	○	○	基礎工 Vol.24 No.10 pp.69-74	1996.10	・兵庫県南部地震における地すべり災害の概要、対策工 法、復旧状況の報告。 ・平均傾斜20度前後の緩傾斜、N値数回程度の盛土層。 ・斜面部への流入水脈が検出された。 ・地震動により盛土内に過剰間隙水圧発生と推定。
2	性能評価に基づく道路施設の耐震 性水準の設定手法に関する一検討	村越 潤、大谷 康史 大住 道生、吉澤 勇一郎	国土交通省 国土技術政策総合研 究所危機管理技術セ ンター-地震防災室	解析	-	道路盛土	盛土	-	-	-	○	○	土木技術資料 44-4(2002) pp.56-61	2002.4	・システムの性能とそれを構成する要素施設の性能を関連 付ける性能評価指標を提示。 ・性能評価指標と要素施設の損傷状態との関連付け。	
3	兵庫県南部地震により被災した道 路土構造物の事例解析	松尾 修、塚田 幸広 堤 達哉、宮武 裕昭 斎藤 由紀子	建設省土木研究所耐 震技術研究センター-動 土質研究室	解析	-	道路盛土、擁壁	盛土	-	兵庫県	-	○	○	土木技術資料 39-3(1997) pp.38-43	1997.3	・道路構造物の実用的な耐震性能設計法を構築することを 目的として被災構造物の照査を実施している。 ・盛土解析で、逆算震度は(0.4~0.8)×最大加速度で換算 ②すべりを適切に評価するために見掛けの粘着力が重要。 ③=0は過度に安全側 ④擁壁解析では、逆算震度は(0.5~ 1.1)×最大加速度で換算できる。許容状態では(0.3~0.8)	
4	道路・河川工事における地盤改良 工法と耐震技術の動向	塚田 幸広、松尾 修	建設省土木研究所材 料施工部施工研究室	技術紹介	-	盛土、河川	盛土	-	-	固結工法 密度増 大工法	○	○	土木技術 Vol.51 No.10 pp.31-38	1996.10	・道路河川工事における最近の地盤改良後方の動向・経路 の紹介と、震災後の液状化対策および耐震設計の動向と新 しい地盤改良技術さらに、今後の技術的課題について述べ られている。	
5	斜面の地震時流動化破壊現象の解 明とその予測	松尾 修、斎藤 由紀子 佐々木 哲	国土交通省土木研究 所耐震技術研究セン ター-動土質研究室	実験	-	盛土斜面	盛土	-	-	-	○	○	土木技術資料 43-2(2002) pp.58-63	2001.2	・複線断面の山岳盛土を単線斜面に近い形状にモデル化 し、遠心実験にて地震時流動化破壊現象の再現を試みてい る。 ・その結果①密度が緩く飽和した斜面は流動化破壊を生じや すい ②流動化破壊の限界密度がある③盛土内に水を入れな いこと(排水施設)が地震時にも有効。ということが確認でき た。	
6	東海道新幹線における耐震補強事 例	関 雅樹	東海旅客鉄道・管財 部	設計、施工 技術紹介	JR東海	鉄道盛土	盛土	鉄道構造物等設計 標準:耐震設計	大阪府西高岡線 橋付近	シートパイル+タイ ロッド工法	○	○	基礎工 Vol.29 No.02 pp.54-58	2001.02	JR東海が軟弱地盛土の盛土耐震補強工として採用した シートパイル切工法の報告、L2地震動に対して、盛土 の耐震評価を行い、補強が必要な範囲に実施。盛土の耐震 および沈下に対し有効である。	
7	盛土の耐震設計法に関する研究	館山 勝、龍岡 文夫 古関 潤一、堀井 克己	鉄道総合技術研究所 技術開発事業本部構 造物技術開発事業部	設計、解析 研究	-	盛土	盛土	鉄道構造物等設計 標準:同解説(土構 造物)ニューマーク法、 円弧すべり法	-	-	○	○	鉄道総研報告 Vol.12 No.4 pp.7-12	1998.4	・大地震(レベル2地震動)を視野に入れた盛土の耐震 設計法を確立する目的で、安定や変形照査法に関する各 種検討を実施している。	
8	盛土の耐震性能と耐震設計	館山 勝、堀井 克己 小島 謙一	鉄道総合技術研究所 技術開発事業本部構 造物技術開発事業部	設計、解析 研究	-	盛土	盛土	鉄道構造物等設計 標準:同解説(土構 造物)ニューマーク法、 累積損傷度理論	-	-	○	○	鉄道総研報告 Vol.13 No.3 pp.43-48	1999.3	・兵庫県南部地震被災事例の検証や模型振動実験、変形 解析を実施し、特にL2地震動に対応した盛土の耐震設 計法を検討している。 ・鉄道盛土が大規模地震(L2)地震動を受けた。	
9	液状化対策工の開発に関する共同 研究報告書(その4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	共同研究報告書第185 号	1996.12	・官民共同研究「液状化対策工法に関する共同研究」の平 成7年度の成果をとりまとめたものである。	
10	液状化対策工の開発に関する共同 研究報告書(その5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	共同研究報告書第205 号	1997.11	・官民共同研究「液状化対策工法に関する共同研究」の平 成8年度の成果をとりまとめたものである。	
11	液状化対策工法設計・施工マニユ アル(案)	建設省土木研究所と民間 17社(東亜・前田・五洋・三 信・竹中・戸田・不動・大 林・鹿島・竹中土木・フジタ 復興調査・日本技術開発・新 日鐵・住友金属・小野田ケ ミ)との共同研究	建設省土木研究所 耐震技術研究セン ター-動土質研究室	設計、施工	-	盛土 地中構造物	盛土	-	-	注入工法 締固め工法 固化工法 鋼材 排水工法	○	○	共同研究報告書第186 号	1999.03	・平成4?8年度に実施した官民共同研究「液状化対策工法 に関する共同研究」の成果を、マニュアルとしてとりまとめた もので、既設および新設の盛土および地中構造物の液状化 対策に関する設計・施工マニユアル。	
12	道路盛土の地震被害の要因分析	松尾 修、堤 達也	建設省土木研究所 動土質研究室	調査	-	道路盛土	盛土	-	北海道釧路	-	○	○	土木技術資料 41-5(1999) pp.26-31	1999.5	①のり勾配1:1.8を境に急傾斜は倍以上の被災度 ②谷埋 盛土、片盛土、高盛土の順で、また山地・丘陵地が平地より 被災度が高い、高含水比や高盛土が一因 ③地山勾配 20°を境に急傾斜地は倍以上の被災度。	
13	道路盛土の震災復旧における動的 解析の一例	伊藤 謙、木村 裕之	日本道路公社	解析	-	道路盛土	盛土	動的解析	神戸市、明石市	-	○	○	土と基礎 Vol.44 No.3 Ser.No.458 pp.49-51	1996.3	阪神大震災により盛土が崩壊・変状し、その復旧工法の決 定のため調査・解析を実施した。本復旧工法は震度法、一 次元、2次元動的解析による各々の検討結果を基に総合的 に判断。	

表-3.2.2(2) 文献調査 (盛土)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	液状化	その他			
14	残留変形量を予測するための弾塑性地盤応答解析	香井 明彦、鞆飼 恵三	群馬大学	解析	-	盛土	盛土	動的弾塑性FEM	-	-	○		土と基礎 Vol.47 No.6 Ser.No.497 pp.21-24	1999.6	震度法にかかわる耐震設計法として、地震後の被害状況をなわら残留変形量と、許容変形量との関係に基づき安定性を議論する方向性が提案されている。本論文では動的弾塑性FEMを地震時の残留変形解析に適用した事例を紹介。	
15	盛土による周辺地盤変位を防止するための鋼矢板工法の最適化に関する研究	望月 達也、田上 敏博 年田 二男	建設省熊本工事事務所	技術紹介	-	堤防盛土	盛土	-	-	支柱付き鋼矢板工法	○		土木技術 Vol.55 No.5 pp.33-41	2000.5	埋戻盛土によって周辺地盤が沈下しない深さまで、フロート工法による鋼矢板を施工し、プラス、裏埋による引き込みが生じても鋼矢板が沈下しないような構造にするために、矢板頭部を連結してかつ、一定間隔には深い部分にまで打設した支中部を設ける沈下対策工法の紹介。	
16	豊崎空港整備事業における高盛土設計(ソイルセメント壁工法について)	仲田 達哉	島根県土木部港湾空港課空港整備室	技術紹介、施工	-	盛土	盛土	安定解析・修正フェレニウス法	島根県隠岐島	ソイルセメント壁	○		土木技術 Vol.57 No.5 pp.87-98	2002.5	豊崎空港用地造成盛土の両側は盛土高約60mにもおよぶ長大法面であるにもかかわらず、法先付近の地形の制約から1割5分の急勾配にする必要が生じ、静的・動的解析の面より設計断面の地震時安定性の照査を行い、十分な安全性が確保されると判断し、セメント安定処理土によるソイルセメント壁法面精造を採用した。	
17	セメント改良補強土橋台の開発	籠山 勝、青木 一三 米澤 豊司	(財)鉄道総研構造物技術研究部	技術紹介、設計 実験	-	橋台、盛土	盛土	静的橋形解析 (Push-Over解析) ニューマーク法	-	セメント改良アブラー ローチプロック	○		土木技術 Vol.57 No.2 pp.54-61	2002.2	L2地震動に対しても十分な耐震性を有し、かつ合理的な構造とするために、各種橋台タイプの振動実験を実施し、開発した新しい橋台構造である「セメント改良補強土橋台」について、耐震性の評価、設計法、等について紹介されている。	
18	宅造成における盛土のり面の安定と維持管理	杉浦 省悟	都市基盤整備公団	研究	-	盛土	盛土	安定計算、宅地防災マニユアル	-	-	○		基礎工 Vol.29 No.2 pp.21-24	2001.2	過去に施工したのり面の地震時安定計算のシミュレーション。	
19	セメント安定処理土を用いた橋台構造の耐震性に関する研究	小野塚 和博、中須 誠 安松 敏雄	日本道路公団試験研究所	研究、実験	-	橋台、盛土	盛土	-	-	-	○		日本道路公団試験研究所報告Vol.35 pp.43-55	1998.11	セメント安定処理土の上に小橋台を設置した新橋台形式の地震時安定性を検討するために、遠心振動実験を行った。	
20	変形を考慮した盛土の耐震評価法	藤井 昭久、大中 英揮 福田 賢二郎、兵動 正幸	復建調査設計㈱	設計	-	盛土	盛土	変位予測	-	-	○		土と基礎 Vol.50 No.1 Ser.No.528 pp.10-12	2002.1	安定計算で算出される安全率を用いて、地震時に生じる盛土先端の水平変位量を予測する簡易な方法を提案した。	
21	鉄道土構造物の性能規定化の動向	籠山 勝、村田 修	(財)鉄道総合技術研究所	-	-	鉄道土構造物	盛土	-	-	-	○		土と基礎 Vol.50 No.1 Ser.No.528 pp.19-21	2002.1	鉄道土構造物に関する限界状態設計法を導入した、性能照査型の設計法について記述。	
22	兵庫県南部地震による地すべり、斜面崩壊の実態と対策施設の被災状況	荻原 克夫、小嶋 伸一	建設省土木研究所	調査、施工	-	急傾斜地擁壁	盛土	-	神戸市東灘区、灘区	マルチ吹付工 排水横溝・リリグ	○	地すべり	基礎工 Vol.24 No.6 pp.42-49	1996.6	・被災状況を地域別に記述 ・地すべり、斜面崩壊防止施設の大きな被害は認められず、現設計法の妥当性が認められた。	

表-3.2.3 文献調査 (岸壁)

No.	題名	著者	所屬(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 基礎基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	液状化	その他			
1	長フーチングを有するハイブリッドケーシングの耐震強化岸壁への適用	菅野 高弘、藤崎 敦 塩崎 慎郎	(独)港湾空港技術研究所	実験、解析、施工、技術紹介	国土交通省	岸壁	岸壁	有効応力解析(FLIP)	静岡県清水港	ハイブリッドケーシング工法	○	○	○	王と基礎 Vol.50 No.4 Ser.No.531 pp.4-6	2002.4	最近、採用機会が増加しているハイブリッドケーシング(鋼-コンクリート合成構造)に関する耐震性評価の実施と実岸壁への適用例紹介。
2	グラベルドレーン工法による液状化対策	桑原 正彦、大林 淳	不動産設備	技術紹介	-	ケーソン岸壁	ケーソン岸壁	-	-	間隙水圧消散工法	○	○	○	土木技術 Vol.51 No.10 pp.64-70	1996.10	グラベルドレーン工法及び締固めを併用したグラベルドレーンの双方についての工法概要と対策効果の検証事例紹介。
3	港湾構造物における耐震技術の動向	井合 進	運輸省港湾技術研究所	技術紹介	-	ケーソン岸壁	ケーソン岸壁	有効応力解析(FLIP)	-	-	○	○	○	土木技術 Vol.52 No.2 pp.37-43	1997.2	地震時・液状化時の地盤・構造物系の残留変形量予測は、港湾構造物の耐震性向上に欠かせない技術である。有効応力解析(FLIP)を用いた適用事例とその有効性に関する報告。
4	重力式岸壁の耐震補強に関する研究	稲垣 敏史、福富 隆昌 及川 研、上園 晃 山下 雅人、佐藤 芳則	(財)沿岸開発技術センター	研究	-	重力式岸壁	重力式岸壁	-	-	前面ケーソン新設	○	○	○	第24回地震工学研究 発表会講演論文集 pp.389-392	1997.7	既存岸壁の耐震補強工法のひとつである前面ケーソン新設タイプについて設計方法、適用範囲、および変形照査を行い、その有効性について考察している。
5	地震による液状化地盤の側方流動と液状化防止法試案	白石 俊多	多士不動産㈱	研究	-	岸壁	岸壁	-	-	-	○	○	○	土と基礎 Vol.47 No.10 Ser.No.501 pp.31-34	1999.10	地盤土の飽和度を低下させた状態を半永久的に保つことによる地震時の地盤液状化防止方法を試案。
6	供用目前の大水深岸壁の耐震性を強化する一構法案、南本坂ふ頭MC-2岸壁	小嶋 隆、岸本 健二、吹司 斎藤 慎太郎、藤平 純木 信夫	横浜市港湾局	施工	横浜市港湾局	ケーソン岸壁	ケーソン岸壁	港湾基準 有効応力解析(FLIP)	横浜市中区 南本坂	グラウンドアンカー	○	○	○	土木施工 Vol.42 No.3 pp.28-33	2001.3	完成間近の岸壁を耐震補強として強化した事例。港湾施設としては初めての試みとして、既存大型ケーシングを長尺アンカーで補強する新工法を採用し、有効応力解析(FLIP)にて効果を検証した。
7	既設構造物を液状化から守る一三河液状化対策工事	小川 洋次、谷口 昇	運輸省第五港湾建設局	施工	運輸省第五港湾建設局	岸壁	岸壁	港湾基準 土質工学会「軟弱地盤対策工法」	豊橋市 神野ふ頭町	通割間隙水圧消散工法 密度増大工法	○	○	○	土木施工 Vol.39 No.8 pp.4-11	1998.8	既設岸壁の液状化防止対策として行った地盤改良工事(グラベルドレーン工法、サンドコンパクションパイル工法)の施工状況(試験施工・本施工)及びその効果についての報告。
8	鋼製反力部材による水陸護岸の耐震補強一河床スラット工法	辻本 和仁、片山 英治 宮川 裕史	川崎製鉄㈱干葉製鉄所企画部	施工、設計	川崎製鉄㈱	水陸護岸	水陸護岸	-	千葉市中央区 川崎町	構造物による工法	○	○	○	土木施工 Vol.40 No.11 pp.75-80	1999.11	護岸壁構入部補強方法として、地盤改良より経済的で水質に及ぼす影響が少ない工法として開発された、鋼製反力部材を河床に敷設する工法の適用実績紹介。
9	重力式岸壁の耐震設計法向上に関する現地調査	窪内 篤、梅沢 信敬	国土交通省北海道開発建設部小樽港湾建設課	実験、設計	-	岸壁	岸壁	-	釧路港	-	○	○	○	土木技術 Vol.56 No.8 pp.49-53	2001.8	①液状化対策は埋立て地盤における構造物の保護だけでなく岸壁(ケーシング)の安定にも寄与する。②液状化対策の効果は耐震設計において適切に評価できれば岸壁のより経済設計が可能である。ことが明らかになった。実物で検証、新耐震設計法の確立のため開始した、現地実験、観測の紹介。
11	小樽港中央地区埋立工事における事前混合処理工法	伊藤 雅夫	北海道開発局小樽開発建設部小樽港湾建設事務所第一工事課	設計、施工	北海道開発局小樽開発建設部	地盤改良	地盤改良	-	小樽港	固結工法	○	○	○	土木技術 Vol.53 No.7 pp.45-52	1998.7	小樽港第1埠頭の埋立工事で採用した事前混合処理工法の施工について、平成8年度の工事実績を元に紹介。
12	人工式原子力発電所防波護岸の耐震安定性評価	西 好一、金谷 守	(財)電力中央研究所地盤耐震部	研究、実験	-	人工島	人工島	DEM、FEM	-	-	○	○	○	土木基礎 Vol.47 No.6 Ser.No.497 pp.5-8	1999.5	人工島式原子力発電所防波護岸の機能維持を検討するための耐震安定性評価手法(特に工学的に許容できる範囲でと残留変形をどのように評価していくか等)とそれに関する研究成果の紹介。
13	ケーソンと背後地盤の振動特性を考慮した重力式岸壁の耐震設計	三浦 均也、大塚 夏彦 笹島 隆彦、小濱 英司	北海道大学	研究、設計、実験	-	岸壁	岸壁	-	神戸市	密度増大工法	○	○	○	土木基礎 Vol.47 No.6 Ser.No.497 pp.25-28	1999.5	振動台模型実験によって地震時に生じる重力式岸壁の基本的な挙動を把握するとともに、地震時土圧土圧の挙動を調べてきたが、本論文では最近の実験結果を紹介するとともにケーソンと背後地盤の振動特性に基づいて、液状化過程における地震時土圧の特性を明らかにする。提案する耐震設計法の考え方を示す。
14	多点浸透注入工法によるウォーターフロント既設構造物基礎の耐震補強	斎藤 正明、稲村 祐一 大野 康年、川瀬 将	味の素製油(株)干葉工場製造部工務課	施工、技術紹介	-	護岸背面	護岸背面	-	千葉県千葉港新港地区	固結工法	○	○	○	土木基礎 Vol.50 No.4 Ser.No.531 pp.16-18	2002.5	地盤改良を目的として注入工法における新しい技術として、並列配置された多数のポンプそれぞれより、径数mmの注入細管を経て地盤内の任意の場所へ同時注入可能な超多点同時注入装置が開発されており、これらにより基礎の耐震補強を遂行。
15	斜底面ケーソン式岸壁の設計法と耐震強化岸壁への適用	木村 玄、菅野 高弘、三藤 正明、島 正憲 井戸 慎一、関口 宏二	㈱竹中工務店技術研究所	設計、実験	-	岸壁	岸壁	震度法	和歌山県日高港	-	○	○	○	土木基礎 Vol.50 No.4 Ser.No.531 pp.10-12	2002.4	ケーソン底面および基礎埋石マウンドを陸側に向かって深くなるように敷度傾斜させることで、地震時のケーシングの海側への滑動安定性を増して、同じ設計震度であればケーシング壁体幅を小さくできる斜底面ケーソン式岸壁を開発した。

表-3.2.4 文献調査 (堤体)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	補強	液状化 その他			
1	東与賀海岸における堤防の耐震対策事業	塩井 直彦	国土交通省九州地方整備局	施工	国土交通省	海岸堤防	堤体	震度法	有明海岸 東与賀海岸	織傾斜 押さえ盛土 パイルグリット	○			土木技術 Vol.56 No.7 pp.58-64	2001.7	東与賀海岸の耐震対策の実施に当たり、「東与賀地区研究委員会」を開催し、耐震対策機能優先の対策の実施だけではなく、環境にも配慮し、背後地の整備計画とも整合のとれた利用価値の高い堤防づくりを進めた、事例報告。
2	地震時におけるダムの安全性に関する検討	藤澤 侃彦、永山 功 岩田 等、佐々木 隆 岩下 友也	建設省土木研究所	解析	—	重力式コンクリートダム、ロックフィルダム	堤体	—	—	—	○			土木技術資料 39-3 pp.26-31	1997.3	兵庫県南部地震ではダムの基礎岩盤においても大きな加速記録が得られた。これらの加速記録を用いて、地震時におけるダムの安全性について検討したものである。
3	動的遠心模型実験によるアースダムの耐震性に関する基礎的検討	中村 伸也、毛屋 博道 斉藤 由紀子	国土交通省土木研究所	実験	—	アースダム	堤体	—	—	—	○			土木技術資料 43-3 pp.42-47	2001.3	本検討はアースダムの地震時挙動の解明及び耐震設計法の高度化を目的として実験を行ったものである。本実験により液状化がアースダムの地震挙動に与える影響について検討した。
4	締固めた土質材料の地震時強度特性	松尾 修、田本 修一	建設省土木研究所	実験	—	アースダム材料	堤体	—	—	—	○			土木技術資料 42-2 pp.56-61	2000.2	本研究ではアースダムの耐震性を検討するに当たっての基礎的研究として、土質材料の締固め程度及び締め固め方と動的強度特性の関係について実験的検証を行った。
5	粘性土地盤上の堤防の耐震性に関する検討	松尾 修、島津 多賀夫 田本 修一	建設省土木研究所	実験、解析	—	粘性土地盤上の堤防	堤体	—	—	固化改良	○			土木技術資料 39-9 pp.56-61	1997.9	粘性土地盤上の堤防の耐震設計法が解明を目的に、粘性土地盤上の盛土の動的遠心模型実験の結果と、この実験により従来一般的に行われていた円弧すべり計算法の適用性を検討したものである。
6	多摩川本羽田地区堤防補強化工事におけるDJM工法適用事例	鈴木 勉、葛西 義人	建設省関東地方建設局	設計、施工	建設省関東地方建設局	河川堤防地盤改良	堤体	道路橋示方書、道路土工軟弱地盤対策工指針	多摩川本羽田地区	固結工法(深層混合処理工法)	○	○		土木技術 Vol.51 No.10 pp.47-55	1996.10	地震に伴い発生する地盤の液化化による河川の崩壊を抑える堤防耐震対策工法を選定したものである。本検討では施工条件、工費などを考慮してDJM工法を選定している。
7	河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル(案)	松尾 修、島津 多賀夫 谷 茂	建設省土木研究所 耐震技術研究センター	設計、施工 その他	—	河川堤防 アースダム	堤体	— 震度法	—	締固め工法 ドレーン工法 固結工法 鋼材工法	○	○		土木研究所資料 第3513号	1997	耐震点検により液状化対策の必要性が指摘された区間における堤防の安定性の検討と液状化対策の考え方、並びに各種対策工法の設計手法を示している。
8	ため池(小規模アースダム)の耐震性を考慮した改修	谷 茂	独立行政法人農業工学研究所	その他	—	アースダム	堤体	—	—	—	○			土と基礎 Vol.50 No.1 Ser.No.528 pp.16-18	2002.1	既存のため池を改修再生を行う場合に、耐震性を考慮した設計を行う必要があるが、この際の耐震設計の考え方を述べる。
9	兵庫県南部地震による砂防固係施設の被害と耐震性	青木 義光、石川 芳治 細木 亮介、門間 敬一 小山内 信智	建設省土木研究所 砂防研究室	調査、解析	—	砂防ダム 床固工 流路工	堤体	—	—	—	○			土木技術資料 39-3 pp.32-37	1997.3	兵庫県南部地震による六甲山系周辺、淡路島北部における砂防固係施設の被災状況および耐震性に関して検討した結果報告。
10	液状化に伴う地盤の大変形の簡易予測方法	安田 進、吉田 望 安達 健司、魏 矩 大義	東京電機大学 理工学部	解析	—	河川堤防	堤体	残留変形解析 ALUD	—	—	○			土と基礎 Vol.47 No.6 Ser.No.497 pp.29-32	1999.6	液状化に伴うせん断剛性の低下を考慮した変形予測の簡易解析方法をいくつもの地盤に適用し、その適用性について検討した。
11	液状化地盤の流動変位の三次元変形動的解析	小林 義和	日本大学 理工学部土木工学	解析	—	河川堤防	堤体	—	—	—	○			土と基礎 Vol.50 No.1 Ser.No.528 pp.7-9	2002.2	液状化地盤の側方流動量を三次元的に予測する手法を軍用煙のエネルギー原理による手法を元に開発し、その適用結果について報告。
12	追跡調査 耐震補強の進捗度【狭山湖の堤体も補強】	—	—	施工	東京都水道局	アースダム 堤体	堤体	—	埼玉県所沢市	押え盛土	○	○		日経コンストラクション 1998.6.26号 pp.85	1998.6	狭山湖堤体の耐震補強工事の紹介。その他、河川堤防の耐震対策、港湾の耐震強化岸壁の整備についての記述あり。
13	特集 地域のゴミを現場で生かす【固化したヘドロを粉砕して改良】	—	—	施工	—	ため池 堤体	堤体	—	静岡県大須賀町	押え盛土	○	○		日経コンストラクション 2000.12.8号 pp.65	2000.12	ため池のヘドロをその場で盛土に改良する技術の紹介。固化したヘドロを粉砕処理し、ため池堤体の押え盛土に使用する。西大谷池の耐震補強工事の一部に試験施工した。
14	ズームアップ 山口貯水池堤体工事(埼玉県)アースダムを盛土で耐震補強	—	—	施工	東京都水道局	アースダム 堤体	堤体	—	埼玉県所沢市	押え盛土	○	○		日経コンストラクション 2000.9.22号 pp.34-39	2000.9	狭山湖堤体の耐震補強工事の紹介。堤体の上流側と下流側に盛土。盛土によって堤体底部部幅を上流側で45m、下流側で57m広げ、堤体断面を大きくすることで耐震性を向上。
15	特集 建設再生世紀 正念場迎えた耐震補強【構造物 狭山湖に続き多摩湖も補強へ】	—	—	施工	東京都水道局	アースダム 堤体	堤体	—	東京都東大和市・武蔵村山市	押え盛土	○	○		日経コンストラクション 2001.1.12号 pp.80	2001.1	村山下貯水池の堤体耐震補強工事について、山口貯水池と同じ押え盛土工法も含め補強案を検討中。2001.6までに採用工法を決定し、2002秋に工事着手予定。
16	河川堤防における耐震設計	松尾 修	建設省土木研究所 耐震技術研究センター 土木工学研究室	設計	—	河川堤防	堤体	震度法	—	—	○			土と基礎 Vol.47 No.6 Ser.No.497 pp.9-12	1999.6	平成9年に改訂された河川防犯技術基準(案)に盛り込まれた堤防の耐震設計法の概要を紹介するとともに耐震設計法の設計法も含めた今後の技術的課題を検討。

表-3.2.5(1) 文献調査 (その他)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	液状化	その他			
1	地震による斜面崩壊の地形的特徴	小嶋 伸一、門間 敬一	建設省土木研究所 砂防部	調査	-	斜面	その他(切土)	-	-	-	耐震	液状化	被害調査	土木技術資料 40-6(1998) pp.26-31	1998.6	地震により崩壊しやすい地形的特徴について、かけ崩れ災害実態資料や兵庫県南部地震等の現地調査結果をもとに検討を行った。
2	アンカー工を施工した急傾斜地における地震挙動の計測結果	門間 敬一、千田 容嗣 小嶋 伸一	建設省土木研究所 砂防部	調査、解析	-	急傾斜地のアンカー工	その他(切土)	-	神奈川県 小田原市	グラウンド アンカー	○		土木技術資料 42-9(2000) pp.58-61	2000.9	地震に起因する斜面崩壊に対する適切なアンカー工の設計や2次災害防止などの緊急調査を効果的に行うための基礎資料を得ることを目的として、急傾斜地における地震時のアンカー工の挙動の計測及び解析を行った。	
3	第二東名道路における長大のり面安定対策工の考え方	小林 隆幸	日本道路公園 静岡建設局 建設部建設第二課	その他(設計紹介)	日本道路公園	切土	その他(切土)	第二等名高速度道路長大のり面設計施工指針(静岡建設局対応)	第二等名高速度道路静岡建設局対応	ラウンディング	○		基礎工 Vol.29 No.2 pp.39-44	2001.02	第二東名高速度道路静岡建設局内での長大切土のり面の設計検討の紹介。耐震性については地震応答解析を行い、のり面斜面表層部に加速度、並びに最大せん断応力の局所的な高まりが発生することからのり面部と端部にラウンディングを行う。	
4	微小気泡が地震による地盤の液状化を防止する	白石 俊多	地盤工学会名誉会 員	技術紹介	-	地盤液状化防止	その他	-	-	-	○	気泡	基礎工 Vol.27 No.4 pp.81-85	1999.4	地震による地盤の液状化を微小気泡を用いて防止する方法について考察。	
5	フォークラス [液状化対策] 既設構造物の対策工法がそろう	-	-	技術紹介	-	-	その他	-	-	振動補強工法 静的補強工法 改良工法	○		日経コンストラクション 2000.2.11号 pp.34-35	2000.2	98年度に運輸省の民間技術評価を受けた液状化対策工法の概要。	
6	静的締固め砂杭工法(SAVEコンポーザー)および建設発生土を利用した地盤改良工法(リソイル工)	山本 実、原田 健二 野津 光夫	不動産 建設	技術紹介	-	-	その他	-	-	サンドコンパクション パイル工法	○		基礎工 Vol.28 No.2 pp.63-67	2000.2	SAVEコンポーザー(静的締固め砂杭工法)およびリソイル工法(建設発生土を利用した地盤改良工法)の紹介。	
7	追跡調査 耐震補強の進捗度【鋼管矢板を用いた地盤流動化対策工法】	-	-	施工	首都高速度道路公園	橋脚 フーチング	その他	-	東京都 江東区	鋼管矢板圧入	○		日経コンストラクション 1998.6.26号 p.80	1998.6	液状化層厚10mに対応可能で、既設フーチングの護岸側に長さ298mの鋼管矢板を幅50mにわたって圧入し、地盤流動を抑制する工事の紹介。	
8	道路橋の新しい地盤改良複合杭基礎の耐荷試験と設計例	緒方 辰男、徐 光榮	日本道路公園 コソフ大地	設計、施工	日本道路公園	構築基礎	その他	道路橋示方書	三郷JCT橋台橋脚	地盤改良複合杭基礎	○		基礎工 Vol.29 No.8 pp.71-74	2001.8	道路橋の機能及び安全性を確保するために、十分水平耐力があり、かつ、建設コストの縮減及び環境負荷の軽減が期待できる基礎構造が望まれている。軟弱地盤において、鋼管杭と地盤改良を複合した杭基礎を施工した。	
9	補強土工法の展望	龍岡 文夫	東京大学 工学部	その他(展望)	-	-	その他	-	-	補強土工法	○		基礎工 Vol.29 No.1 pp.75-80	2001.1	補強土工法の今後に関し、環境保全・普及・適用の高度化・理論の合理化の4つのキーワードについてまとめた。	
10	ズームアップ 羽田空港液状化対策工事(東京都) 既設滑走路の下を初めて改良	-	運輸省 第二港湾 建設局	施工	運輸省 第二港湾 建設局	空港滑走路(地盤改良)	その他	-	東京都 大田区	浸透固化 処理工法 CPG工法	○		日経コンストラクション 1999.12.24号 pp.62-67	1999.12	新日滑走路地盤の液状化対策。使用中の新A滑走路との交差点を中心に浸透固化処理工法、CPG工法を採用。地盤改良の施工手順等を紹介。	
11	鋼矢板リング工法による燃料タンク液状化対策工とその効果検証事例	新谷 登、角田 秀昭 河原 和文	中国電力㈱	設計、解析、施工	中国電力	タンク基礎	その他	危険物の規制に関する指令(H6)	岩国発電所	鋼矢板 リング工法	○		電力土木 No.278 pp.30-35	1998.11	既設燃料タンク基礎の外周地盤に直線型鋼矢板をリング状に建て込み、地震時地盤のせん断変形を抑制する液状化対策工法の概要および効果の検証。	
12	液状化に伴う地盤の流動と構造物への影響 6.地盤の流動に対する対策工(その1)	金谷 守、岡田 進 安田 進	電力中央研究所 地盤部	技術紹介	-	-	その他	-	-	-	○		土と基礎 Vol.44 No.3 Ser.No.506 pp.43-48	2000.3	穏やかな斜面と岸壁・護岸の背後地盤を取り上げ、液状化を発生させない対策工法の概念を紹介し、また、現在までに各種基準に採用されている流動に対する対策の考え方や基礎工の設計法について述べる。	
13	液状化に伴う地盤の流動と構造物への影響 6.地盤の流動に対する対策工(その2)	佐藤 毅、岡田 進	東洋建設㈱ 鳴尾研究所	技術紹介	-	-	その他	-	兵庫県南部地震被災地区	-	○		土と基礎 Vol.48 No.4 Ser.No.507 pp.39-43	2000.4	阪神淡路大震災後の復旧と対策事例(岸壁、道路橋脚、河川防波堤、建築構造物基礎)、流動に対する対策事例について紹介。	
14	経済的な液状化対策工法 一衝撃締固め工法	前田 幸男	佐藤工業㈱ 中央技術研究所	技術紹介	-	液状化地盤	その他	-	-	-	○		土と基礎 Vol.50 No.4 Ser.No.531 p.39	2002.2	地下水で飽和された緩い砂質土地盤を爆薬のエネルギーを利用して人工的に液状化を発生させ地盤を締固める方法(衝撃締固め工法)について紹介。	
15	埋立地盤の液状化対策とその効果	坪井 英夫、高橋 嘉樹 原田 健二、仁田 尾洋	不動産 建設 事業本部研究室 室長	調査、研究	-	埋立地盤	その他	建築基礎構造設計指針	神戸ポートアイランド、 六甲アイランド	-	○		土と基礎 Vol.44 No.2 Ser.No.457 pp.67-69	1996.2	各種地盤改良工法(液状化対策工法以外も含む)について、既往文献と資料による調査、および現地における実測沈下量測定結果に基づいて地盤改良効果について考察。	
16	深層混合処理工法を用いた格子状地盤改良による液状化対策工	鈴木 吉夫、青藤 聡 尾木 貞友、木村 玄 内田 明彦、奥村 良介	楠竹中工務店 技術研究所 研究開発部	施工、調査、研究	-	埋立地盤	その他	-	神戸市	格子状地盤改良工法	○		土と基礎 Vol.44 No.3 Ser.No.458 pp.46-48	1996.3	埋立地盤は液状化が懸念されたため、格子状の地盤改良工法により格子状に改良する工法を採用し、有効であったことを現地調査を基に考察。	

表-3.2.5(2) 文献調査 (その他)

NO.	題名	著者	所属(第一著者)	内容区分	発注者	構造物種類	構造物分類	設計手法・ 準拠基準等	施工場所	採用工法	キーワード			出典	発表 年月	概要
											耐震	液状化	その他			
17	西宮市浜甲子園団地の液状化防止工法	阪口 理	近畿大学理工学部 建築学科	実験、調査、研究	住宅・都市整備 公団	建築基礎地盤	その他	-	西宮市浜甲子園	サンドコンパクション パイル工法	○	○	○	1997.3	昭和37年に液状化防止を目的に地盤改良工法をアパートの基礎に採用したが、阪神淡路大震災による被害の状況を調査した。	
18	大型振動台による液状化地盤中の水平流動	前川 太、竹澤 請一郎 石原 研而	柳ニューエージェック港 湾、空港部海工室長	実験	-	液状化地盤	その他	-	-	-	○	○	○	2002.2	実地盤において、液状化による水平変位量も地中変位も含めて測定することは困難である。そこで、実大スケールのせん断土槽による振動台模型により、地盤の液状化、水平流動を発生させ、杭基礎への影響を把握する実験を行った。	
19	地震後の浸透破壊を考慮した新しい流動変形予測法	仙頭 紀明、木村 洋史 赤堀 一彦、風間 基樹	東北大学大学院工 学研究所	実験、研究	-	液状化地盤	その他	-	-	-	○	○	○	2002.2	地震後の過剰間隙水圧の再配分に伴う浸透破壊により、せん断ひずみが発達するという機構から、流動変形機構を考察し、さらに、このメカニズムをもとに地震後の時間遅れを伴う流動変位を表現しうる新しい流動変位予測法を提案。	
20	既設構造物直下の液状化対策工法～浸透固化処理工法～	林 健太郎	五洋建設技術研 究所地盤基礎グ ループ	研究、実験、設 計	-	試験工事	その他	-	新潟県	薬液注入工法	○	○	○	1999.7	恒久型薬液による薬液注入によって地盤を球状に改良し、液状化対策を行う浸透固化処理工法現場実験の報告。	
21	軟弱地盤対策と液状化対策事例	渡部 英二	住宅・都市整備公団 都市開発事業部事 業管理課	実験、施工	住宅・都市整備 公団	試験工事	その他	-	千葉中央港地区	サンドコンパクション パイル工法	○	○	○	1999.10	再生砕石を用いた振動試験を伴わない、静的締め固め杭による液状化対策工法の試験工事報告。	
22	発破締め固め工法の液状化対策への適用性に関する現場実験	辻野 修一、前田 幸男 中島 智樹	佐藤工業(株) 中央技術研究所土 木研究部門	実験	-	現場実験	その他	-	千葉県東金市	発破締め固め工法	○	○	○	2000.3	地盤内にグリッド状に配置した爆薬を発破させた際の衝撃力により、緩い砂地盤の粒子構造を破壊・液状化させ地盤により密な状態に変化させる工法の現場実験報告。	
23	液状化対策を併用した格子状地盤改良による直接基礎工法の適用例	並河 努、馬場崎 亮一 山下 清、山本 光起	榊竹中工務店 技術研究所研究員	設計、施工	不明	建築物基礎	その他	建築基礎構造設計 指針	大阪府堺市沿岸部	深層混合処理	○	○	○	2000.9	深層混合処理工法により改良体を格子状に地中に構築することで、格子内地盤の地震時におけるせん断変形を抑えて、液状化を防止する工法の設計施工事例。	
24	液状化対策一新工法現場実験報告	鎌田 克郎	都市基礎整備公団神 奈川地域支社横浜中 央都市整備専務所工 務課	実験、施工	住宅・都市整備 公団	現場実験	その他	-	みなとみらい21中 央地区	深層混合処理	○	○	○	2000.9	鉛直および鉛直固壁と水平固壁を組み合わせて構築し、液状化が懸念される地盤を改良体で閉鎖することにより、液状化の抑制を図る。また粘性土層まで改良体を作成することにより、粘性土地盤の圧密沈下を抑制する工法の現場実験報告。	
25	新B滑走路地盤改良の設計と施工	松下 信夫	運輸省第二港湾建 設局	設計、施工	運輸省第二港湾 建設局	地盤改良	その他	等価N値と等価加 速度による液状化判 定	東京国際空港	密度増大工法、固 結工法	○	○	○	1998.10	新B滑走路について、液状化対策(SCP工法、CDM工法)を実施し、国内初の耐震強化滑走路として整備した。	
26	浸透固化処理工法の開発(既設構造物直下の液状化対策)	藤 功企、山崎 浩之 林 健太郎	九州大学工学研究 院建設学デザイン部 門	技術紹介、施工	-	-	その他	-	東京空港、 江ノ島、 志布志港、 新潟、松坂	浸透固化処理工法	○	○	○	2001.11	岸壁、石油タンク、橋脚基礎、空港舗装等々の下部地盤などの既設構造物の直下の液状化対策を目的として開発された、浸透固化工法について、工法概要、施工方法、施工事例、改良効果等について報告されている。	

3.3 補強工法の事例

先に示した文献調査から表-3.3.1 に示す補強事例を次ページより示す。

表-3.3.1 補強工法の事例

分類-NO.	題名	著者	所属(第一著者)	出典
擁壁-12	地下鉄坑口付近の液状化対策 ー営団地下鉄 東西線・千代田線ー	山下・吉村	帝都高速度 交通営団	土木施工 (2001.3)
擁壁-14	地下鉄坑口付近の液状化対策 ー営団地下鉄 東西線・千代田線ー	山下・吉村	帝都高速度 交通営団	土木施工 (2001.3)
盛土-1	仁川百合野地区の地すべりの被害と復旧	森田	兵庫県 土木部	基礎工 (1996.10)
盛土-6	東海道新幹線における耐震補強事例	関	東海旅客鉄道(株)	基礎工 (2001.2)
盛土-16	隠岐空港整備事業における高盛土設計 (ソイルセメント壁工法について)	仲田	島根県 土木部	土木技術 (2002.5)
岸壁-6	供用目前の大水深岸壁の耐震性を強化する ー横浜港・南本牧ふ頭MC-2 岸壁ー	小嶋・岸本・斎藤・ 藤平・鈴木	横浜市 港湾局	土木施工 (2001.3)
岸壁-7	既設構造物を液状化から守る ー三河港液状化対策工事ー	小川・谷口	運輸省 第五港湾建設局	土木施工 (1998.8)
岸壁-8	鋼製反力部材による水路護岸の耐震補強 ー河床ストラット工法ー	辻本・片山・宮川	川崎製鉄(株)	土木施工 (1999.11)
堤体-6	多摩川本羽田地区堤防補強化工事における DJM工法適用事例	鈴木・葛西	建設省 関東地方建設局	土木技術 (1996.10)
堤体-14	山口貯水池堤体強化工事(埼玉県) アースダムを盛土で耐震補強	—	—	日経コンストラクション (2000.9.22)
その他-8	道路橋の新しい地盤改良複合杭基礎の載荷 試験と設計例	緒方・徐	日本道路公団	基礎工 (2001.8)
その他-16	深層混合処理工法を用いた格子状地盤改 良による液状化対策工	鈴木・斎藤・鬼丸・ 木村・内田・奥村	(株)竹中工務店	土と基礎 (1996.3)

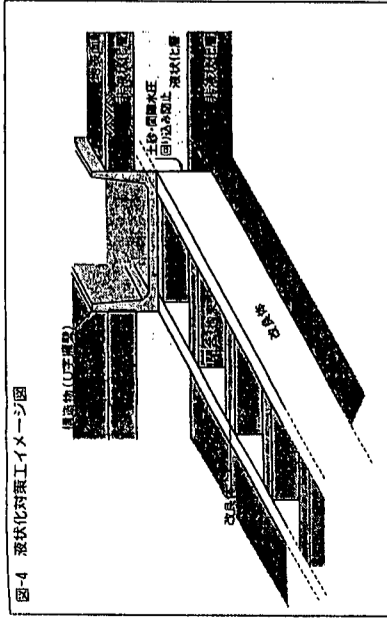
※表中の分類-NO.は、表-3.2.1～3.2.5 に示す構造物分類と文献 NO.を示す。なお、ここで選定した補強事例には、表-3.2.1～3.2.5 に網掛けを付した。

土構造物等の耐震補強事例 (擁壁-12)

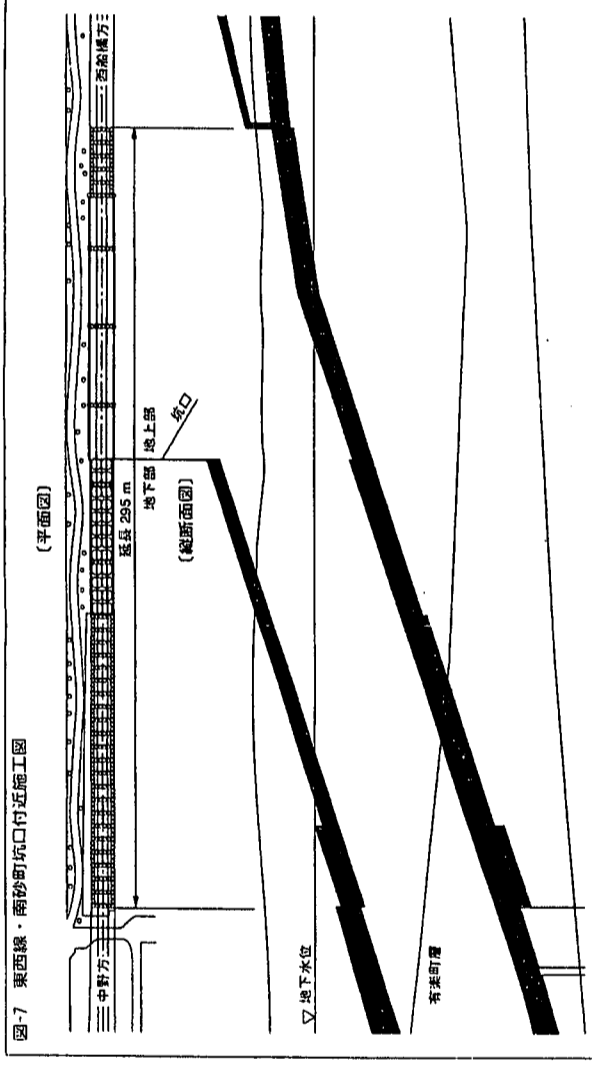
耐震補強工法 深層混合処理工法 排水機能付鋼矢板	発注者 帝都高速度交通営団	構造物種類 U型擁壁 ボックスラーメン	構造物分類 擁壁	設計手法・準拠基準等 道示(耐震設計編)・港湾基準 液状化後検討マニュアル・共同溝指針	施工場所 東京都江東区南砂 (東西線南砂町抗口)
出典					
液状化判定の結果に基づき、抗口付近の地下鉄構造物の被害が想定される箇所について液状化対策工を施した事例。工事範囲はトンネル抗口をはさんで、南砂町駅方のトンネル部170mおよび西葛西駅方U型擁壁部125mの合計295mである。GL-1.2mの構築下にある対象土層を排水機能付き鋼矢板(VL型)および高圧噴射攪拌工法により造成したセメント杭で格子状に拘束・閉合することとした。構築側部の縦断方向は、用地が確保できた部分については排水機能付き鋼矢板(VL型)を圧入し、用地が確保できない部分は、終列車後動道敷内からJSGを施工した。このJSGにより造成した仕切り壁は5m間隔としたが、排水機能付き鋼矢板設置区間では、過剰間隙水圧を消散できるため、30m間隔とした。					
題名 地下鉄抗口付近の液状化対策 —営団地下鉄 東西線・千代田線— キーワード 液状化・高圧噴射攪拌工法・ 排水機能付き鋼矢板	著者(所属) 山下清貴・吉村正(帝都高速度交通営団)	掲載雑誌名 土木施工 Vol.42 No.3 pp.9-17	発表年月日 2001.3		

耐震補強技術詳細図

液状化対策イメージ図



施工図



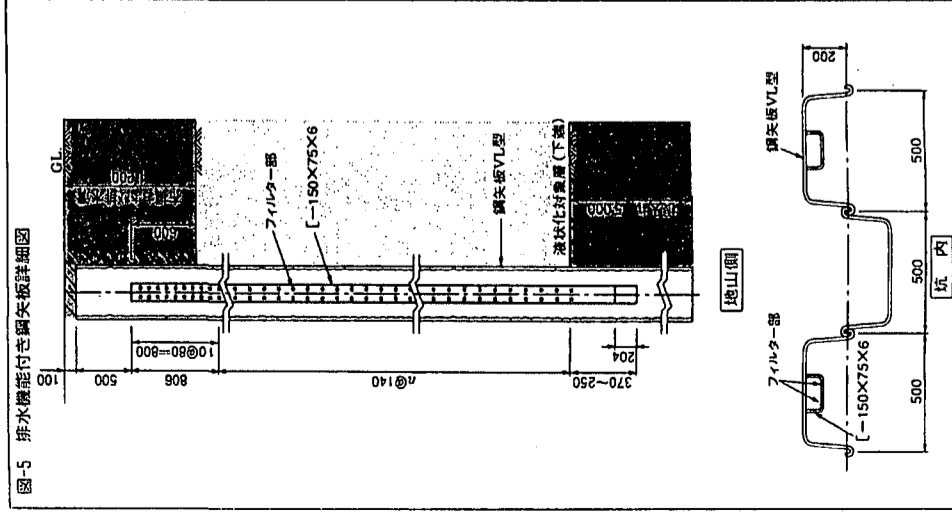
対策工の考え方

構造物下部にて液状化土層を高圧噴射攪拌工法もしくは鋼矢板で格子状に囲み、拘束・閉合する

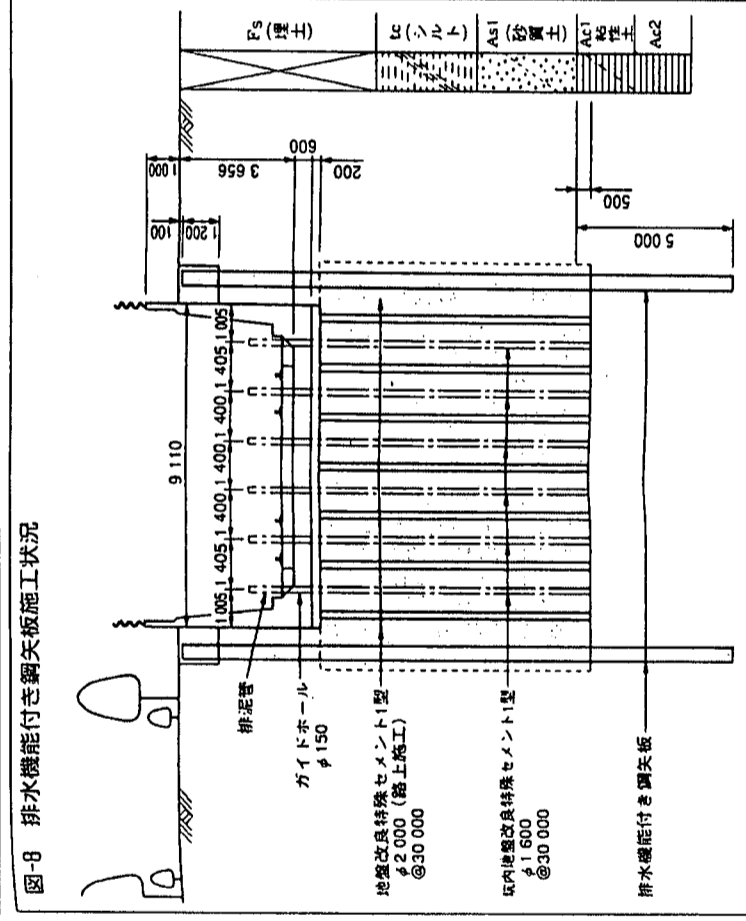
①構造物下部の液状化層が拘束・閉合され、繰り返しせん断による変形が抑制され、液状化が抑制される

②液状化土層が遮断されるため、側部が液状化した場合の構造物下部への過剰間隙水圧・液状化した土砂の回り込みを阻止できる

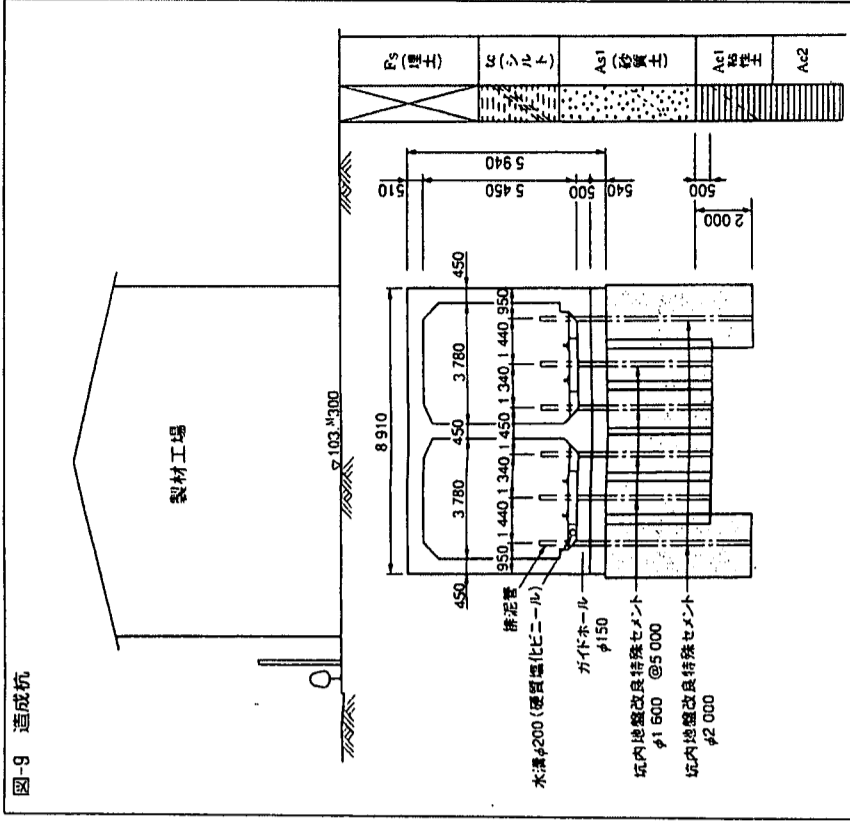
排水機能付き鋼矢板詳細図



排水機能付き鋼矢板施工状況



造成杭



土構造物等の耐震補強事例 (擁壁-14)		設計手法・準拠基準等	施工場所
耐震補強工法	発注者	道示 (耐震設計編)・港湾基準 液状化検討マニュアル・共同溝指針	東京都足立区千住旭町 (千代田線北千住坑口)
深層混合処理工法	帝都高速度交通営団		
	耐震補強概要		
	液状化判定の結果に基づき、坑口付近の地下鉄構造物の被害が想定される箇所に液状化対策工を施した事例。工事範囲は、トンネル坑口をはさんで、北千住駅方トンネル部14.8mおよび綾瀬駅方U型擁壁部14.2mの合計延長290mである。GL-1.6mの構築下にある対象土層を高圧噴射攪拌工により造成したセメント杭で格子状に拘束・閉合することとした。構築側部の縦断方向の仕切りは、構築外側からの施工が困難な西側の墓地および軌道敷内から施工する横断方向の仕切りは、最も効率的なクロスジェット工法 (X-jet) で施工することとした。横断方向仕切り壁の間隔は5mとし、RJPは径3.2mを2243m、X-jetは径2.3mを2515m施工することとした。	出典	
		山下清貴、吉村正 (帝都高速度交通営団)	
		掲載雑誌名	発表年月日
		土木施工 Vol. 42 No. 3 pp. 9-17	2001. 3

耐震補強技術詳細図

液状化対策イメージ図

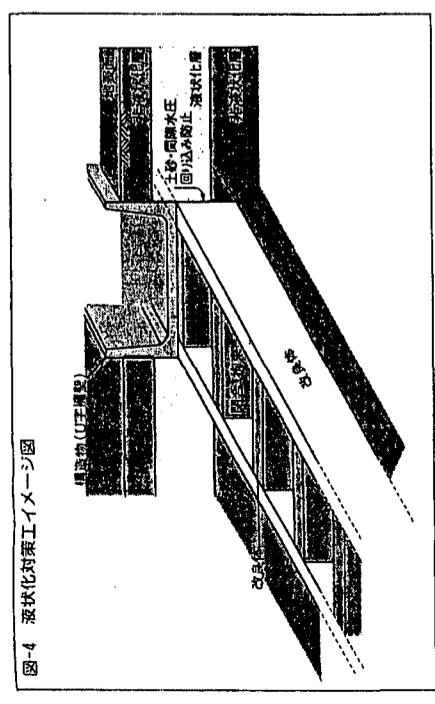


図-4 液状化対策イメージ図

液状化判定結果例

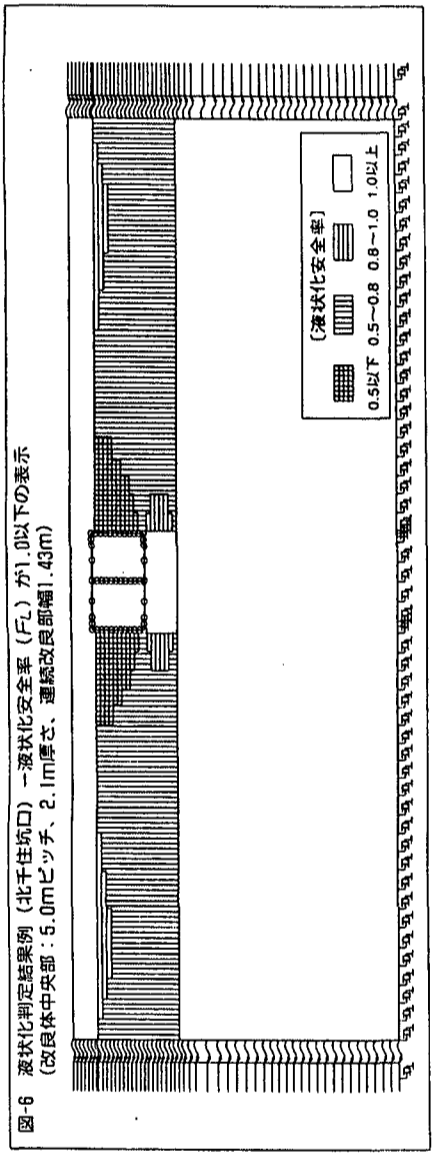


図-6 液状化判定結果例 (北千住坑口) - 液状化安全率 (FL) が1.0以下の表示 (改良体中央部: 5.0mピッチ、2.1m厚さ、連続改良距離1.43m)

対策工の考え方

構造物下部にて液状化土層を高圧噴射攪拌工法もしくは鋼矢板で格子状に囲み、拘束・閉合する

↓

①構造物下部の液状化層が拘束・閉合され、繰り返しせん断による変形が抑制され、液状化が抑制される

②液状化土層が遮断されるため、側部が液状化した場合の構造物下部への過剰間隙水圧・液状化した土砂の回り込みを阻止できる

施工図

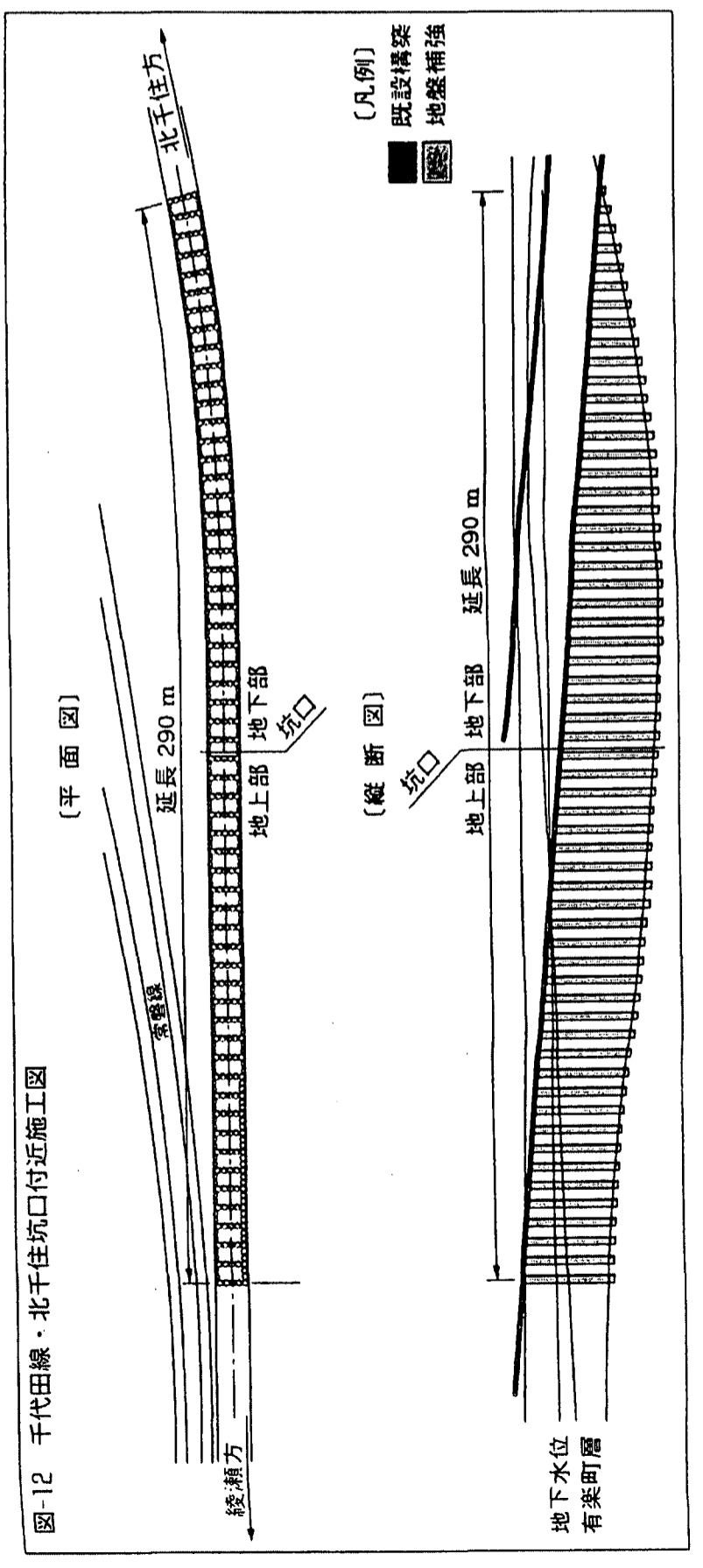


図-12 千代田線・北千住坑口付近施工図

断面図

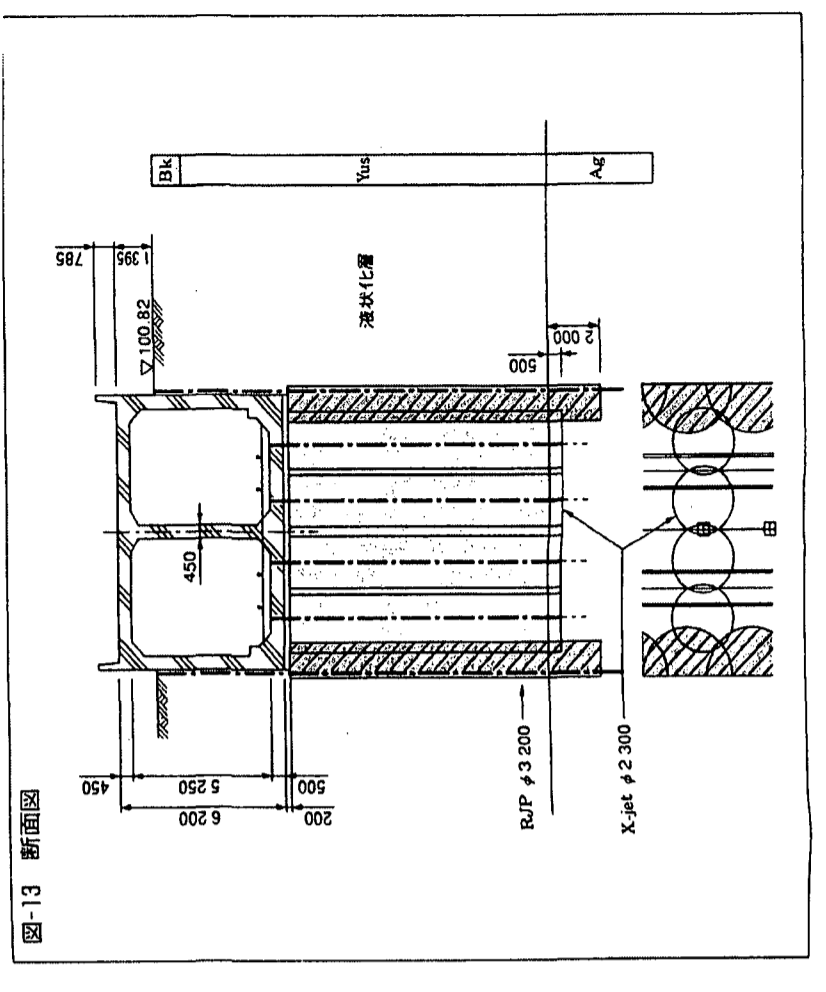


図-13 断面図

土構造物等の耐震補強事例 (盛土-1)		設計手法・標準基準等	施工場所
耐震補強工法	構造物種類	盛土	兵庫県西宮市仁川百合野町
発注者	構造物種類	盛土	
兵庫県土木部	構造物種類	盛土	
耐震補強概要			
<p>・地すべり要因は、図-2に示すように、盛土層内の地下水水位に深において地震により過剰間隙水圧が発生したためと考えられる。</p> <p>・実施した対策工を図-3、図-4、図-5に示すが、基本的な考え方は下記の通りである。</p> <p>抑制工：浅層地下水排除工は「横ボアリング工」、地下水の供給源がある個所は「集水ボアリング」+「集水井」を実施した。</p> <p>抑止工：鋼管杭による「抑止杭」を実施した。</p>			
題名	著者 (所属)	掲載雑誌名	発表年月日
仁川百合野地区の地すべりの被害と復旧	森田 伸二 (兵庫県土木部)	基礎工 vol.24 No.10 pp69-74	1996.10
キーワード	耐震・補強・液状化		

耐震補強技術詳細図

縦断模式図

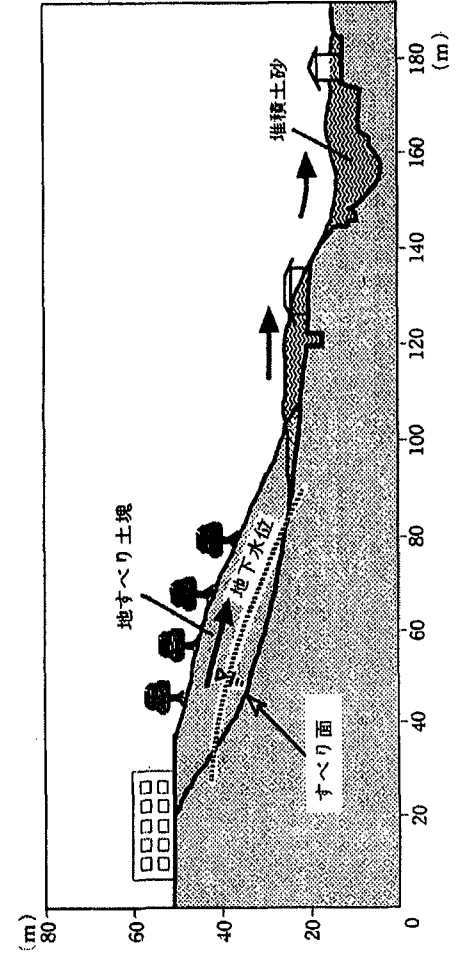


図-2 縦断模式図

対策工計画平面図

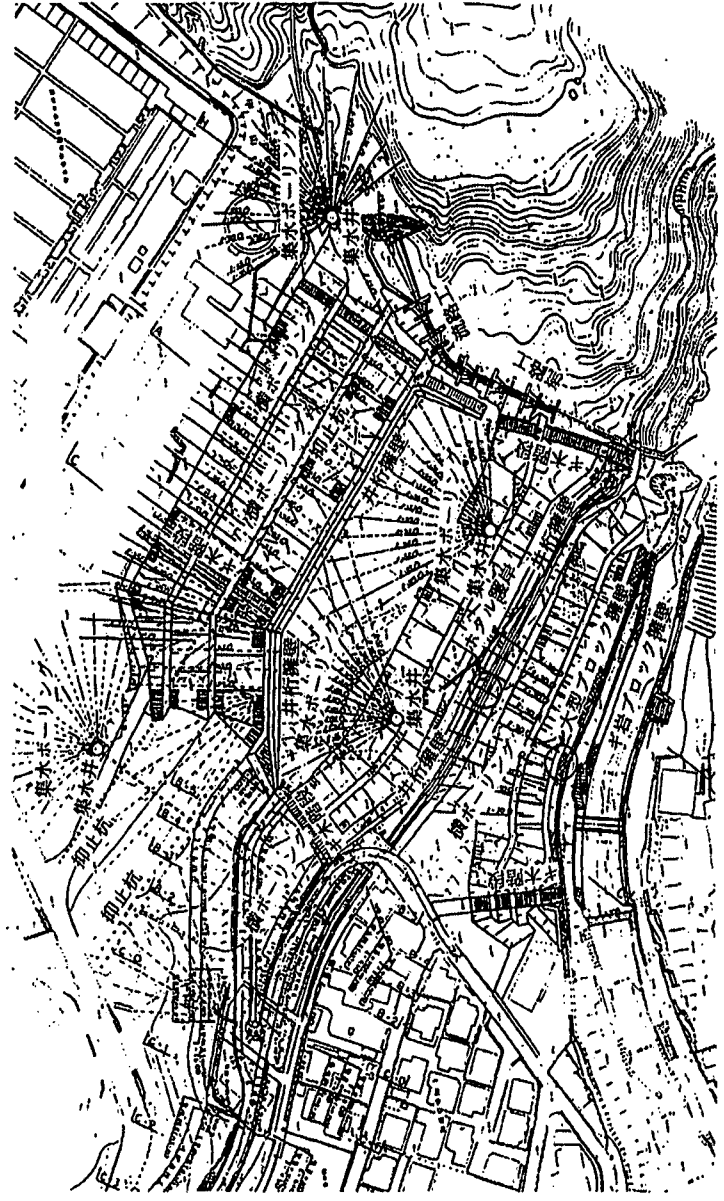


図-3 対策工計画平面図

Aブロック標準断面図

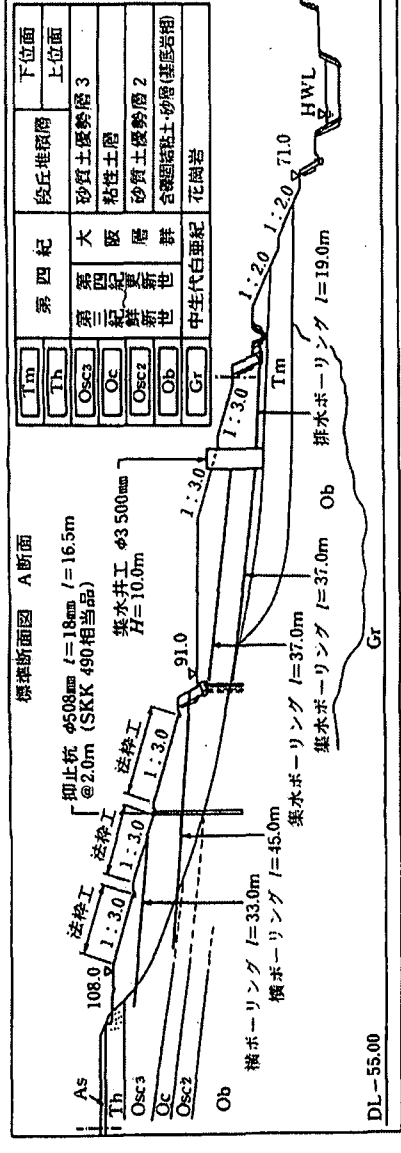


図-4 Aブロック標準断面図

Bブロック標準断面図

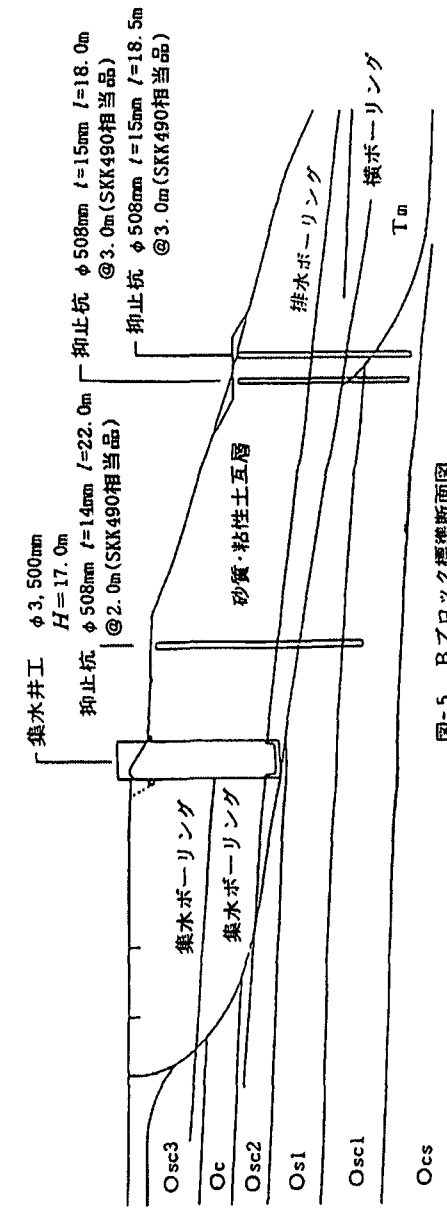


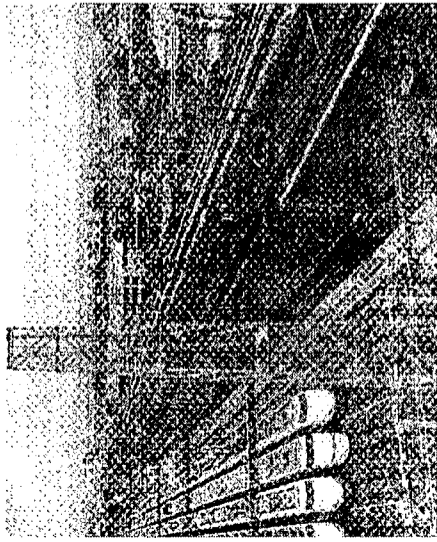
図-5 Bブロック標準断面図

土構造物等の耐震補強事例 (盛土-6)

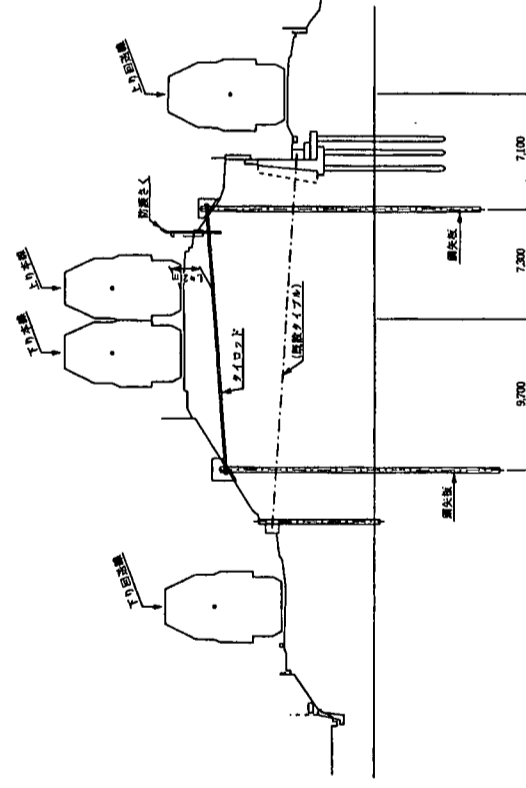
耐震補強工法	発注者	設計手法・準拠基準等	施工場所
シートパイル+タイロッド工法	東海旅客鉄道株式会社	鉄道構造物等設計標準：耐震設計	大阪府西鳥飼線路橋付近
耐震補強概要			
<p>東海道新幹線の営業運転中の既設盛土に対する耐震補強としては、盛土のり尻の両側にシートパイルを打設し、両端のシートパイルをPC鋼棒で結ぶシートパイル締切り工法が有効（地震時の盛土の沈下量が約1/3に抑制される）であるとの大型振動台実験結果が得られ、実工事に採用された。シートパイルの打設方法としては①圧入機転倒による新幹線の安全確保②高圧き電線（3万ボルト）からの2m以上の離隔距離の確保③シートパイル圧入による新幹線軌道への影響④新幹線沿線での騒音・振動対策より、無騒音・無振動方式の圧入機が開発・導入された。また、作業時間は夜間0時から4時間のみの実施した。シートパイルの圧入機としては下図に示すサイレントパイラーを使用し、圧入機は油圧装置と組合せて使用する。シートパイルの圧入は、最初の4枚だけは反力台を反力として圧入し、それ以後の圧入にはすでに圧入したシートパイルを反力として施工した。タイロッド工設置のためには、二重管の水平ボーリング機械により削孔した。</p> <p>これらの施工の際には、軌道狂いに伴っては常時計測により、基準値は10mm弦で6mm以下、40m弦で8mm以下というきわめて厳しい監視体制を強いている。</p>			
構造物分類	題名	著者（所属）	発表年月日
盛土	東海道新幹線における耐震補強事例	関 雅樹（東海旅客鉄道株式会社）	2001.2
	キーワード	掲載雑誌名	
	耐震補強・鉄道盛土・液状化・シートパイル締切り工法・サイレントパイラー	基礎工 VOL.29 NO.2 pp54-58	

耐震補強技術詳細図

西鳥飼線路橋付近盛土



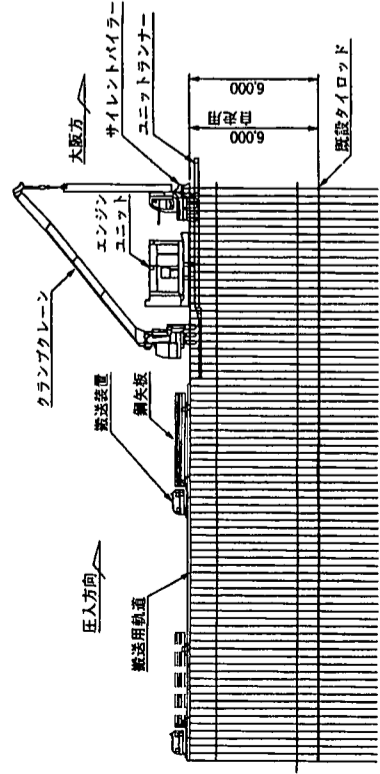
耐震補強標準図



サイレントパイラー



圧入機械群



サイレントパイラー (100tおよび50t)	各4台
ユニットランナー	各8台
クランブクレーン (2.9t)	各1台
パイラルランナー (5t)	各7台

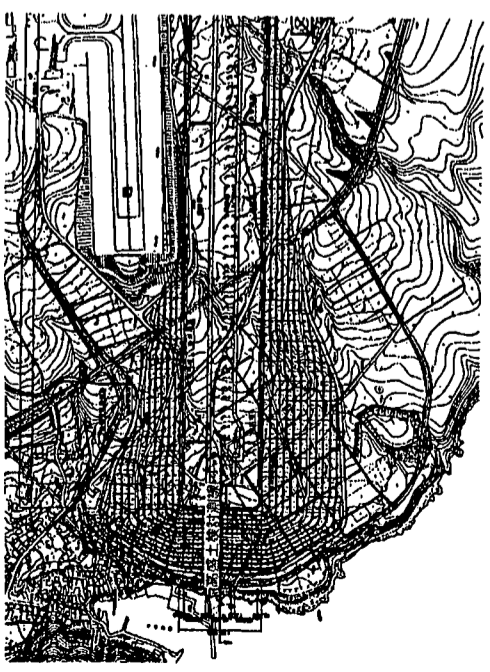
施工概要

無騒音・無振動工法の採用のほか、新幹線車両基地という特殊事情から、すべて夜間の新幹線が運行しない作業時間帯（約4時間）において施工するという制約があった。また、回送線との施工という条件のため、大型クレーン等一切使用できないことも特徴である。さらに工期短縮のために多くの機械群を同時に投入している。具体的には4ケースの圧入ラインを構築し、現場特有の各断面に対応可能な編成をそれぞれ投入した。

- (1) 新幹線の運行が終了した0時以降の夜間作業時間帯に1週間分のシートパイル並びに、機械群をラフタークレーン(25t~35t)で新幹線盛土上に設置した発進作業台に吊り上げた。発進用の作業台からは圧入したシートパイルの上をスライド方式で移動可能である。
- (2) シートパイルの圧入は、最初の4枚（仮設用シートパイル）のだけは反力台（カウンターウェイト搭載）を反力としてサイレントパイラーにて圧入した。
- (3) その後は2台のサイレントパイラーで中間部より東京方と大阪方に向けて、圧入しながらシートパイルの上を自走した。
- (4) シートパイルの打設長さは、標準的には4.5mから7.0mとし、打設最大長さは20.5mである。今回の施工では施工条件によって2.5mから3.0mの長さのシートパイルを添接する場合も生じた。シートパイルの添接は、ボルトにより仮締め後、半自動溶接機にて開先溶接を行った。
- (5) タイロッド設置のためには、二重管の水平ボーリング機械(ロングフィードロータリー)により削孔した。削孔は無水式とし、トランシット測量により許容誤差を1%以内とした。施工は夜間作業時間帯であるが、降雨時後の盛土内の間隙水圧に注意を払い軌道狂いに十分配慮した。
- (6) タイロッド工は、PC鋼より線（7本より線12.7mmが9本）の引張り強度168.3t、降伏強度143.1tである。
- (7) これらの施工の際には、軌道狂いに関しては常時計測により、基準値は10mm弦で6mm以下、40m弦で8mm以下というきわめて厳しい監視体制を敷き、初列車運行までには、必要により軌道整備を実施し、270km/hの高速・安全走行を確保した。

耐震補強工法	発注者	構造物種類	設計手法・基準等	施工場所
セメント安定処理工法	島根県土木部港湾空港課空港整備室	盛土	—	島根県隠岐島
出典				
耐震補強概要	題名	著者(所属)	掲載雑誌名	発表年月日
隠岐空港用地造成盛土の西側は盛土高約60mにも及ぶ長大法面であるにもかかわらず、法面先端付近の地形の制約から1割5分の急勾配にする必要が生じ、静的・動的解析の両面より設計断面の地震時安定性の照査を行い、十分な安全性が確保されると判断し、セメント安定処理土によるソイルセメント壁法面構造を採用した。法面下部は、疑似擁壁として、斜面土圧を抑制し安定を確保するとともに補強土としてのせん断強度により円弧すべりに抵抗するものとして構造を決定した後、動的解析により安全性の検証を行った。この構造は、採用された事例が少なく不確定な要素が多いことから、施工中の動態観測を実施している。	隠岐空港整備事業における高盛土設計 (ソイルセメント壁工法について)	仲田 達哉 (島根県土木部港湾空港課空港整備室)	土木技術 Vol. 57 No. 5 pp. 87-98	2002. 5
耐震補強技術詳細図	キーワード	耐震・長大法面・高盛土・静的解析・動的解析・安定処理土		

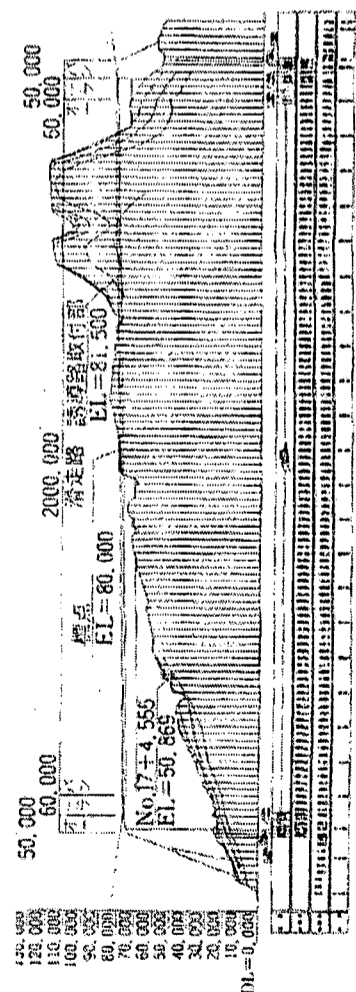
隠岐空港整備事業平面図



全景写真

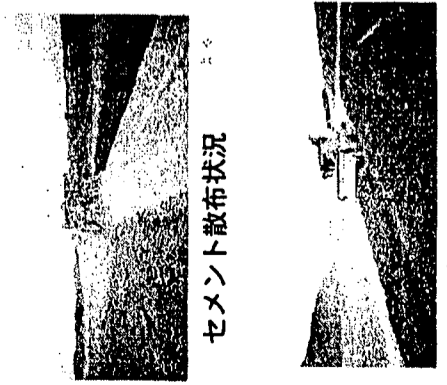


隠岐空港現況 (H13. 12現在)

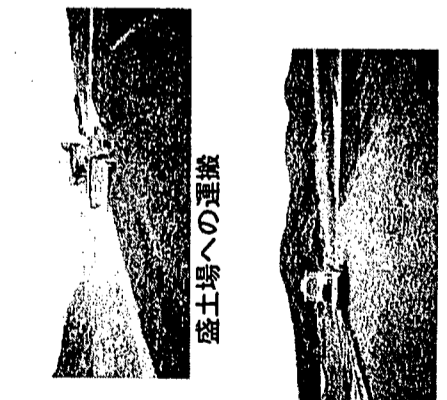


滑走路線

施工状況



セメント散布状況



盛土場への運搬



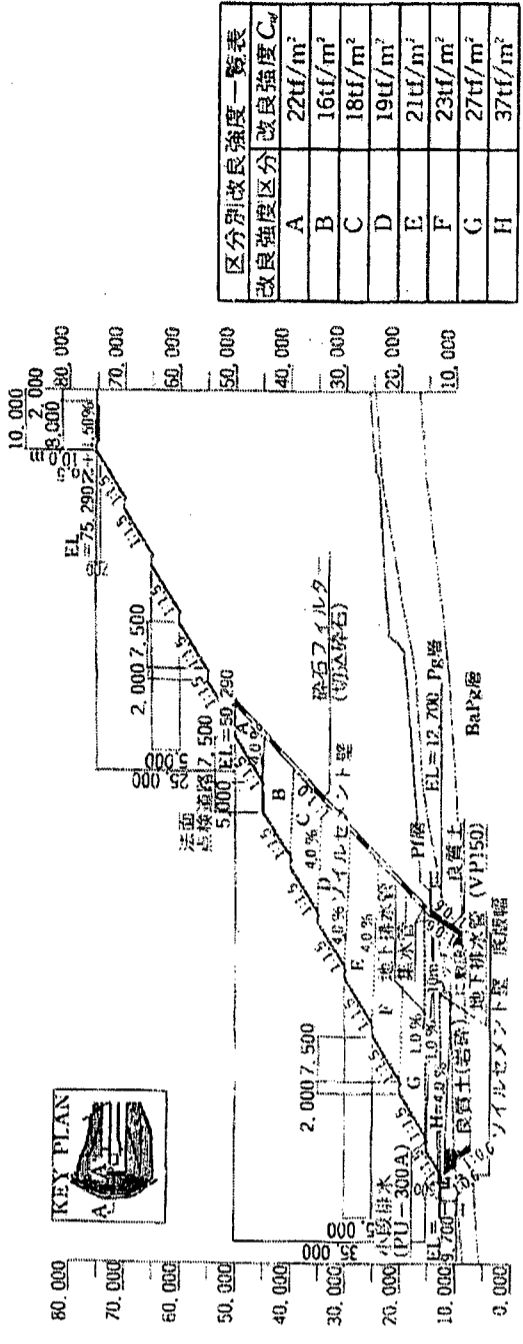
敷き均し

混合攪拌状況

締め

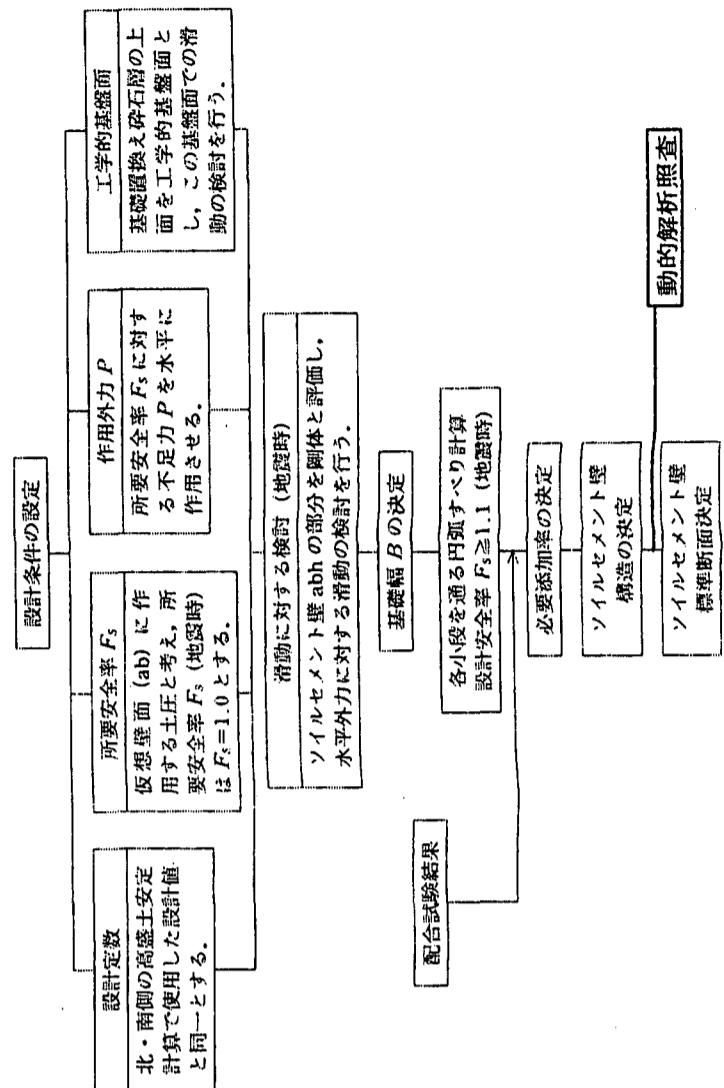
施工完了

高盛土(ソイルセメント)標準断面図



区分別改良強度一覧表	改良強度区分	改良強度 C_d
A	22tf/m ²	
B	16tf/m ²	
C	18tf/m ²	
D	19tf/m ²	
E	21tf/m ²	
F	23tf/m ²	
G	27tf/m ²	
H	37tf/m ²	

ソイルセメント壁の断面形状決定検討フロー



土構造物等の耐震補強事例 (岸壁-6)

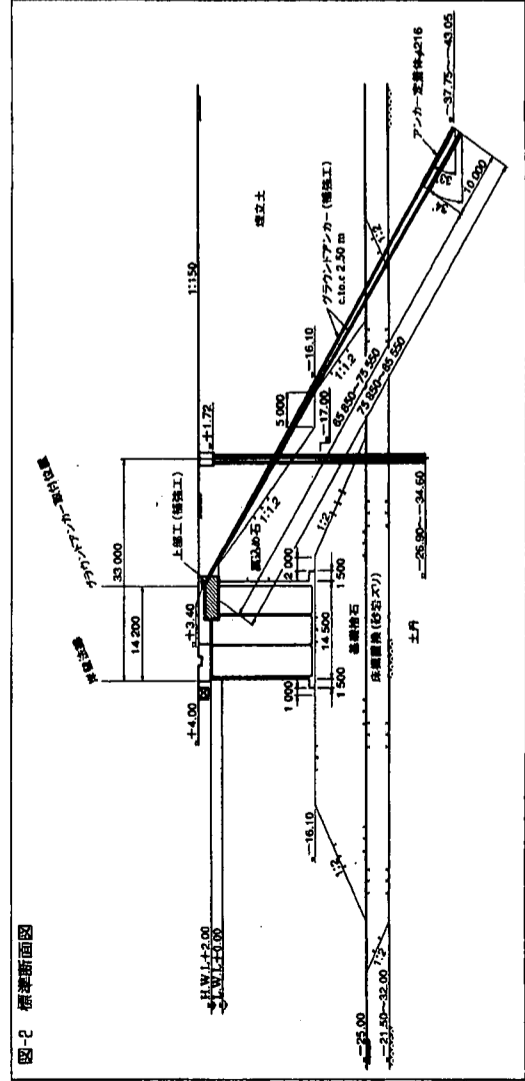
耐震補強工法	発注者	構造物種類	設計手法・準拠基準等	施工場所
長尺アンカー補強工法	横浜市 港湾局	ケーソン岸壁	港湾基準 有効応力解析 (FLIP)	横浜市中区南本牧
耐震補強概要				
<p>完成間近の岸壁を耐震壁として強化した。港湾施設としては初めての試みとして、既存大型ケーソンを長尺アンカーで補強する新工法を採用し、有効応力解析 (FLIP) にて効果を検証した。</p> <p>本工法は、プレストレスが発生するグラウンドアンカーをケーソン陸側天端に連結することにより、ケーソン陸側には鉛直力と水平力が作用し、安定検討における滑動と支持力の安全率を好転させることができる。解析結果から、岸壁の耐震強化は、レベル2地震動に対して生じる被害が軽微であり、かつ地震後の回復が可能なものとした。また耐震壁は、レベル2地震動に対して生じる被害が軽微であり、かつ地震後の回復が可能なものとした。解析結果から、岸壁の耐震強化は、レベル2地震動に対して生じる被害が軽微であり、かつ地震後の回復が可能なものとした。</p> <p>はらみだし量 (39cm)、エプロンの沈下量 (17cm) は、運輸省港湾局による目安値をほぼ満足する結果となった。②エアミックスによるスライム除去、③削孔速度による支持層の確認、④摩擦抵抗の少ないスベサーの採用などにより品質確保に努めた。</p>				
題名	著者 (所属)	掲載雑誌名	発表年月日	
供用目前の大水深岸壁の耐震性を強化する 一横浜港・南本牧ふ頭MC-2岸壁 キーワード	小嶋 隆・岸本健二・斎藤慎太郎 (横浜市港湾局南本牧ふ頭建設事務所) 藤平欣司・鈴木信夫 (パシフィックコンサルタンツ(株)港湾部)	土木施工 Vol. 42 No. 3 pp. 28-33	2001. 3	

耐震補強技術詳細図

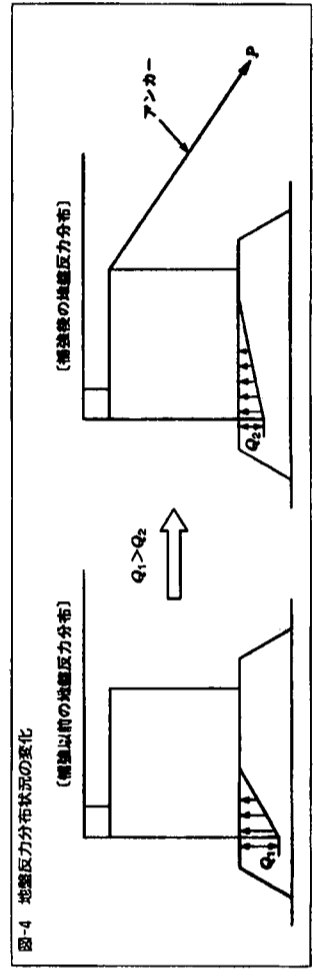
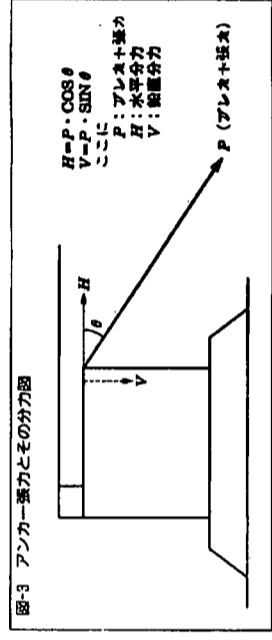
施設諸元

計画水深	YP - 16m
延長	350m
設計強度	(補強前) $K_h = 0.20$ (補強後) $K_h = 0.25$
ケーソン形状	17.5m x 18.1m x 20.0m (B) (L)
補強アンカー	径 463.5mm 長さ 75m ~ 85m 設置間隔 2.5m

標準断面図



補強工法のメカニズム



プレストレスが発生するグラウンドアンカーをケーソン陸側天端に連結

ケーソン陸側に鉛直力(V)と水平力(H)が作用

- ①滑動検討時の鉛直力は増加し、作用力となる水平力は減少
- ②ケーソン底面に発生する地盤反力は海側に偏心した分布状況から平滑化された分布状況に変化

グラウンドアンカーの施工

打設角度

アンカー長が長い場合、打設角度が1°ずれるとアンカー同士が当たってしまう。このため、隣り合ったアンカーを1°ずらして施工し、さらに、アンカー孔曲がり測定器により計測管理を行った。

スライム処理

スライムの一部が最深部に残存することを避けるため、最終段階の孔内清水洗浄の際にエアミックスを混合することで水量を減少することができ、その分流速が上昇し、スライムがしやすくなった。

支持層の確認

- ①ケーシングの押込力と回転数を一定にして削孔速度をグラフ化し、支持層の確認を行った。
- ②削孔水の圧力変化をチェックして支持層の確認を行った。
- ③削孔時のスライムの目視確認を合わせて行った。

スベサーの改良

アンカー挿入時に摩擦抵抗による挿入不能を避けるため、ちょうちん型スベサーを摩擦抵抗に少ないローラー型スベサーに変更することで、円滑なアンカー挿入作業を行うことができた。

変位量の目安

表-4 供用の観点からの岸壁の変位量の目安

構造形式	重力式係船岸	欠陥式係船岸
岸壁水深	-7.5m以上	-7.5m未満
供用可能	0~30cm	0~20cm
供用制限	30~100cm	20~50cm

表-5 機能上の観点からの岸壁の変位量の上限の目安

構造物全体	傾斜	20~30cm
	法線の出入り	3~5'
	法線の出入り	20~30cm
エプロン	沈下	3~10cm
	エプロン上と背後地の段差	30~70cm
	傾斜	3~5%、逆勾配 0%

【解析結果】
岸壁のばらみ出し：39cm
エプロンの沈下量：17cm

表-4.5とは、「港湾の建設の技術上の基準-同解説(平成11年4月)」から採録

耐震補強工法	発注者	構造物種類	設計手法・準拠基準等	施工場所
過剰間隙水圧消散工法 密度増大工法	運輸省 第五港湾建設局	岸壁	港灣基準 土質工学会「軟弱地盤対策工法」	豊橋市 神野ふ頭町
耐震補強概要				
既設岸壁の液化防止対策として、工事期間の短縮・既存施設への影響の低減および経済性を考慮して、密度増大(締固め)工法と過剰間隙水圧消散工法を併用した。 改良工法は、経済的な締固め工法であるサンドコンパクション工法を主体とするが、砂杭打設に伴う振動と密度増大により、既設の矢板構造への影響が懸念されるため、全体4バースのうち、第1・2バースを試験施工と位置付けて、既設施設への影響を見ながら施工断面を決定した。試験施工より、岸壁直背後に過剰間隙水圧消散工法であるグラベルドレーン(GD)工法を約7.5m配置した。 また、既設の共同溝周辺部では、環境影響の少ない低振動締固め工法(SAVEコンポーザー)を採用した。過剰間隙水圧消散工法には、構造物への影響がより小さいと考えられるプラスチックドレーン(PD)工法を採用した。				
耐震補強技術詳細図				
既設構造物を液化化から守る 一三河港液化化対策工事- キーワード 耐震・液化化・サンドコンパクション ハイム・グラベルドレーン・プラスチックドレーン・SAVEコンポーザー・既設構造物・試験施工				
掲載雑誌名 土木施工 Vol. 39 No. 8 pp. 4-11				
著者(所属) 小川 洋次 (運輸省 第五港湾建設局) 谷口 昇 (運輸省 第五港湾建設局)				
発表年月日 1998. 8				

試験施工

第1バース

SCP工法のみで施工した結果、既設構造物への影響が大きい。

第2バース

岸壁直背後にGD工法を配置し、GD改良範囲を変化させた施工結果から、既設構造物への影響の少ない標準配置を決定した。

第3・4バース

本施工。共同溝周辺(第4バース)では環境影響を考慮した施工工法を採用した。

図-2 液化土層図

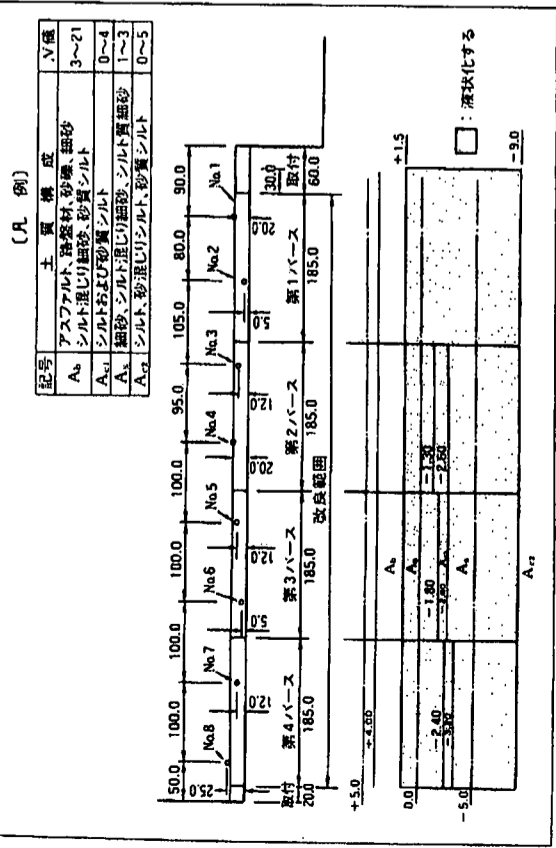
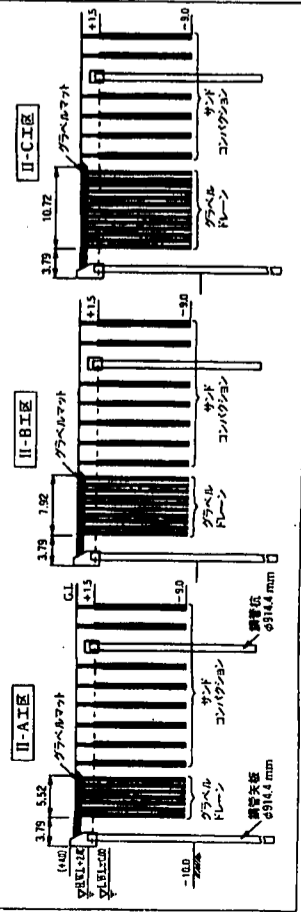
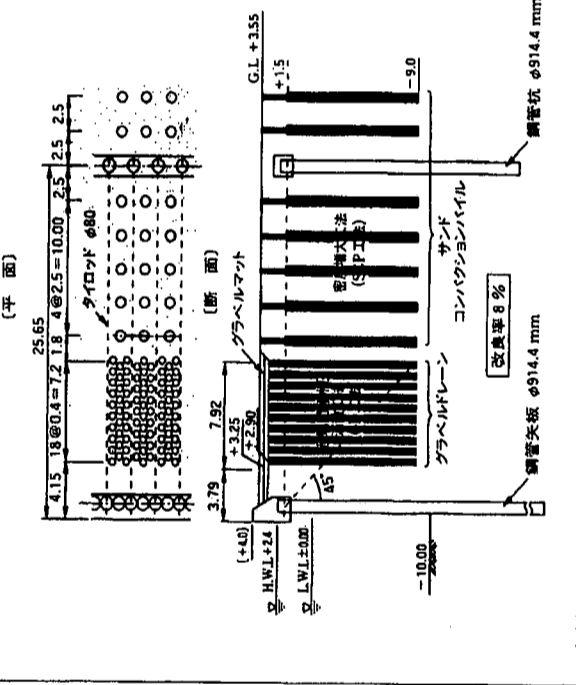


図-5 試験施工断面図



本施工

図-7 標準断面図



打設手順

海側から1列づつGDを打設し、GDの打設影響を分散させた。

GDの打設方法

GDの排土量と貫入速度および変位量の関係を求め、標準貫入速度を設定した。

施工管理基準

鋼管矢板・タイロッドの仕様から施工時の基準を設定し、管理した。

施工環境対策

図-9 液化化対策断面図(共同溝周辺部)

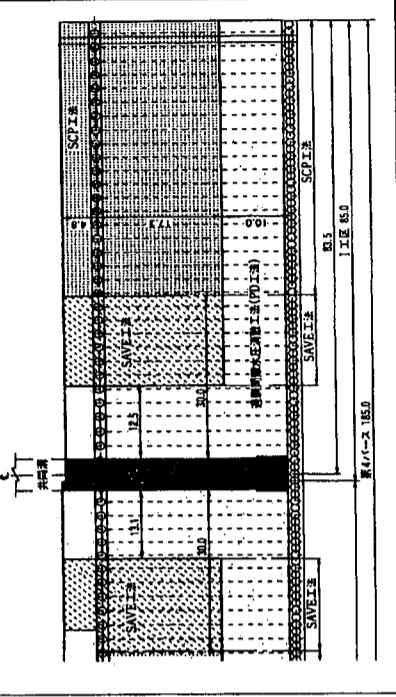
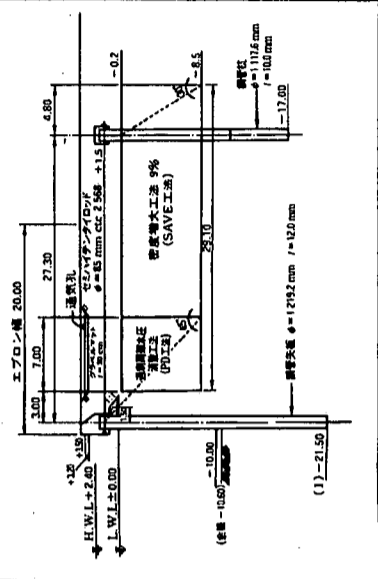


図-10 標準断面図(共同溝周辺部)



- ① 既設の共同溝周辺部では、環境影響の少ない低振動締固め工法(SAVEコンポーザー)を選定
- ② 過剰間隙水圧消散工法には、構造物への影響がより小さいと考えられるプラスチックドレーン(PD)工法を採用

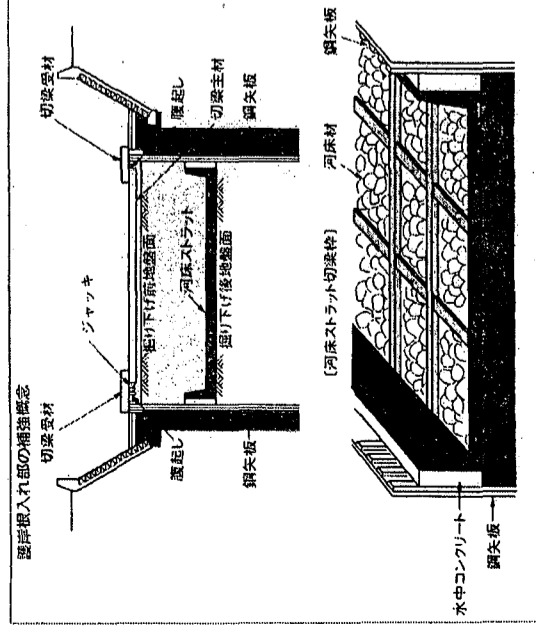
表-2 従来SCP工法とSAVEコンポーザーの比較

従来SCP工法	SAVEコンポーザー
圧縮レベル(即座10m)	95~90dB
圧縮レベル(即座10m)	95dB
ケーシングの引抜き長	3m
ケーシングの打戻し長	2m
	50~60dB
	75~80dB
	0.5m
	0.3m

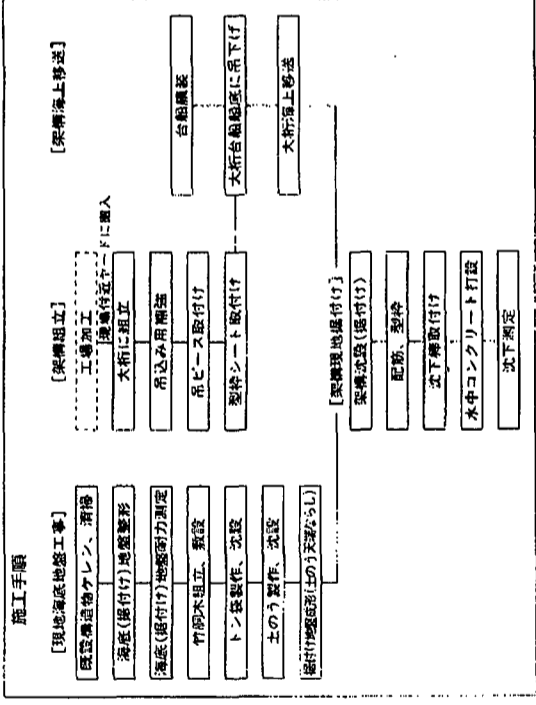
土構造物等の耐震補強事例 (岸壁-8)		設計手法・準拠基準等	施工場所
耐震補強工法	発注者	岸壁	千葉市中央区川崎町
構造物による工法	川崎製鉄㈱	構造物分類	
	補強工法概要		
	水路・護岸		
	<p>護岸壁根入れ部の補強方法として、地盤改良より経済的であり影響が小さい工法として開発された、鋼製反力部材 (ストラット) を河床に敷設する工法。反力部材は、H形鋼を主体とした格子状の架構であり、端部にコンクリート打設用の型枠材を装着している。</p> <p>【特徴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地盤改良による補強工法に比べて、経済性に優れる。 ・反力部材が鋼製であるため、補強強度の構造解析が明確である。 ・補強部材が格子状であるため、河床面にカトリシ式の礫材等を使用可能で、自然に優しい ・プレハブ部材を多く使用するため、施工性がよく、工期の短縮がはかれる。 	<p>構造物種類</p> <p>岸壁</p>	
		題名	著者 (所属)
		鋼製反力部材による水路護岸の耐震補強—河床ストラット工法—	辻本和仁 (川崎製鉄㈱千葉製鉄所 企画部企画室) 片山英治、宮川裕史 (川崎製鉄㈱千葉製鉄所 建設事業部)
		キーワード	掲載雑誌名
		耐震補強・河床ストラット工法・護岸根入れ・鋼製反力部材	土木施工 Vol.40No.11 pp.75-80
			発表年月日
			1999.11

耐震補強技術詳細図

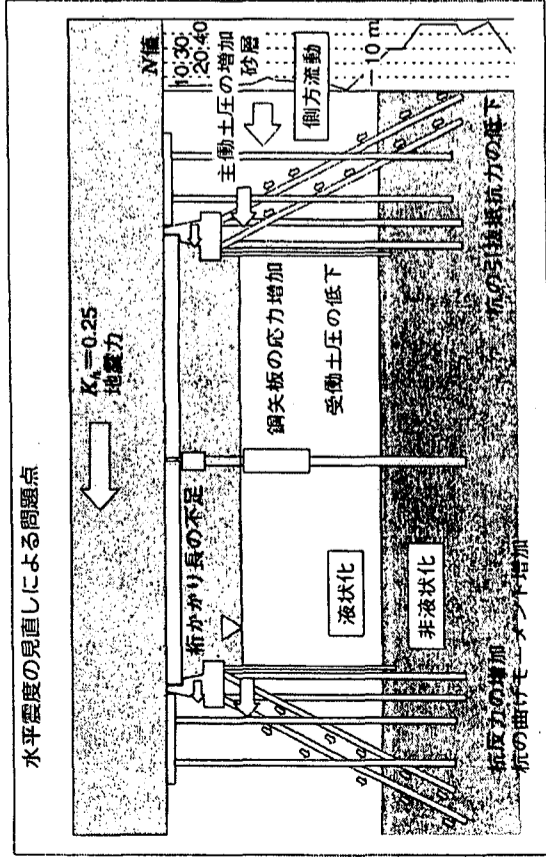
補強概念



施工



設計

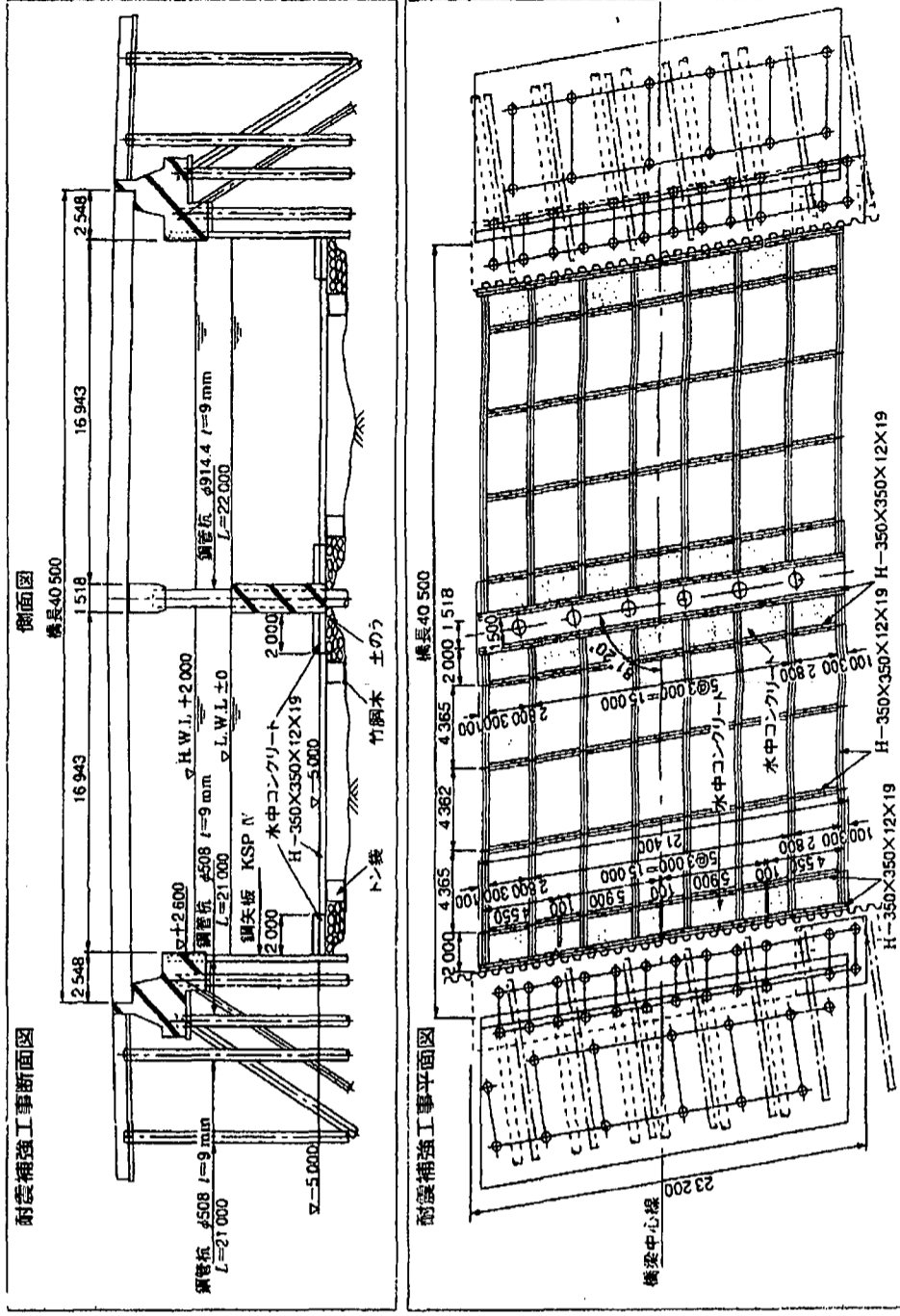


経済性

表1 対策工比較一覧

工法名	内容	工事費比率	長所	短所	評価
地盤改良工法	背面地盤をJSG工法などで地盤改良する	7.9	・液状化防止が図れる	・工期が長く、道路交通への影響が大きい	×
間隙水圧消散工法	背面地盤にドレーン材を設置し、地震時の過剰間隙水圧を消散する	3.4	・液状化防止が図れる	・工期が長く、道路交通への影響が大きい	×
せん断変形抑制工法	海底地盤に鋼製のストラットを設置し、鋼製反力部材を確保する	1.6	・液状化防止が図れるが、効果はやや疑問	・道路交通への影響がある	×
河床ストラット工法	海底地盤に鋼製のストラットを設置し、鋼製反力部材を確保する	1	・工期が短く、経済的である	・水路内での工事となる	○

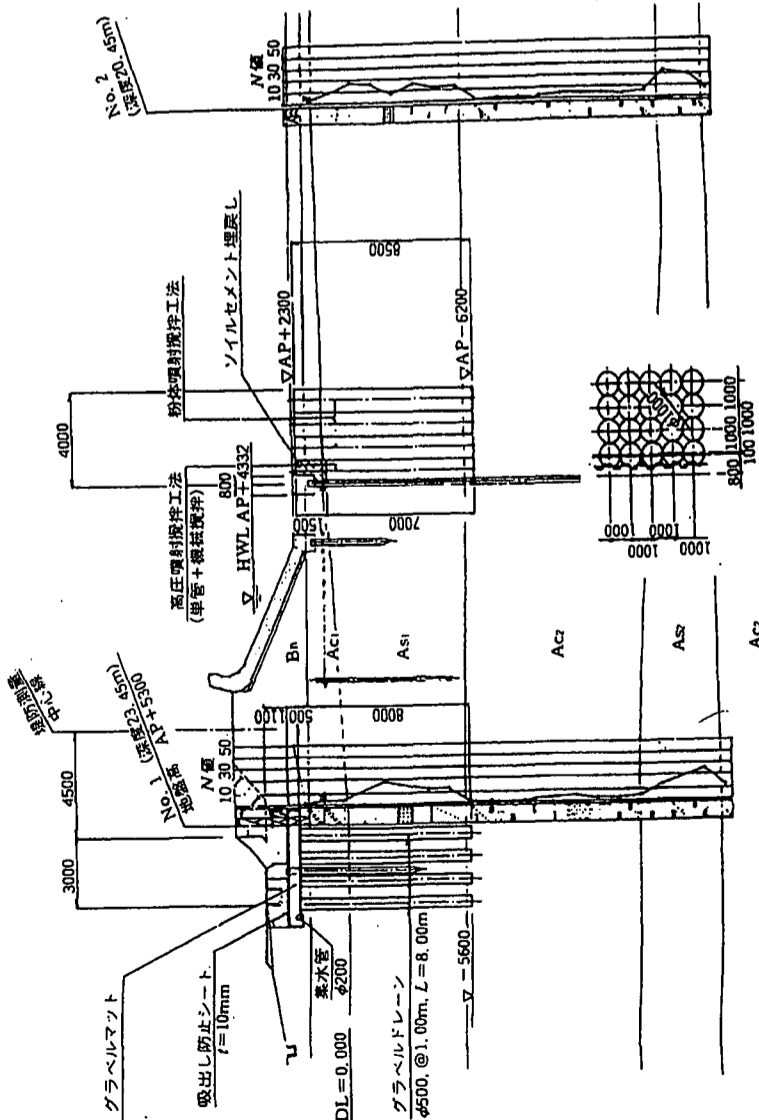
図面



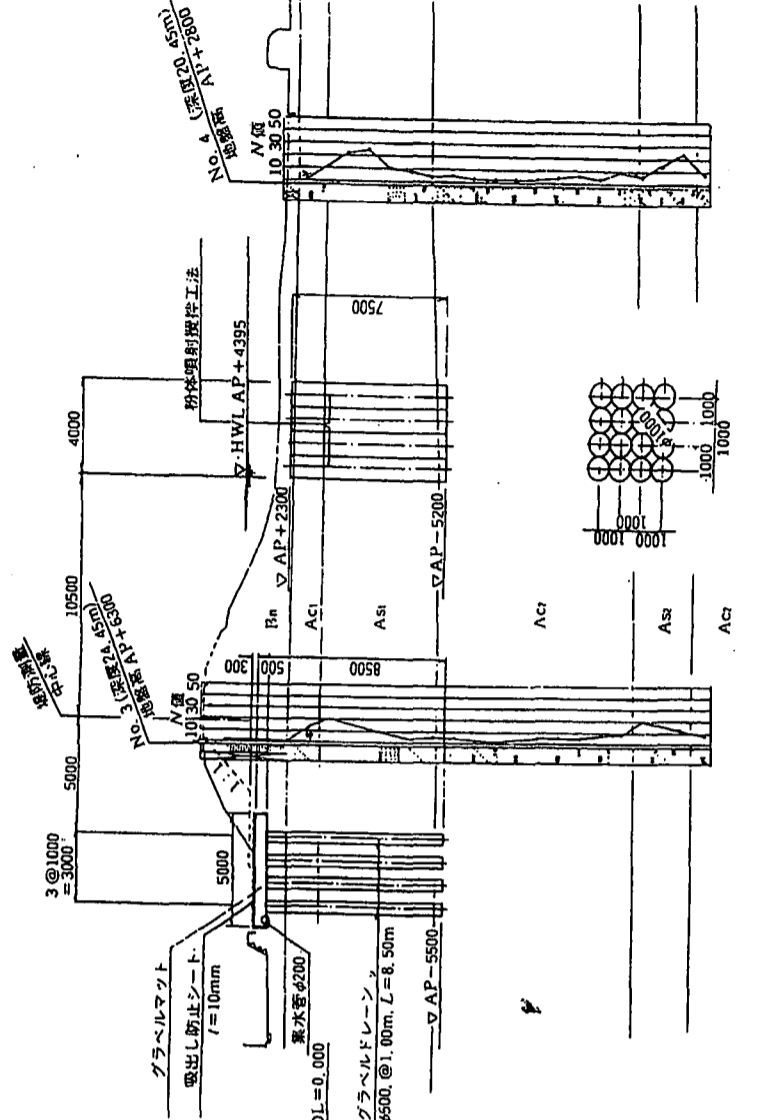
耐震補強工法	発注者	土構造物等の耐震補強事例 (堤体-6)	設計手法・準拠基準等	施工場所
粉体噴射攪拌工法 (DJM工法)	建設省関東地方建設局	河川堤防	道路橋示方書 道路土工軟弱対策工指針	多摩川本羽田地区
耐震補強概要				
DJM工法により堤防全面の抵抗増加により堤防全面の抵抗増加により、コンクリート護岸部分は鋼矢板前面との間詰めとして高圧噴射攪拌工法で施工し、他の部分でDJM工法を行う併用工法とし、高圧線下(架空制限あり)は高圧噴射攪拌工法で施工を行う。DJM工法は改良地盤中に粉粒体の改良材をそのまま中に供給し、強制的に土粒子、およびそれに含まれる水分により改良材を化学反応させ、土質性状を安定なまのみに変え強度を高める工法である。改良材は空気流により攪拌翼まで搬送され、翼の回転によって生じる空隙部(回転軌跡前面)に均等に吐出され、原位置土と攪拌混合される。				
題名	著者(所属)	掲載雑誌名	発表年月日	
多摩川本羽田地区堤防補強工事におけるDJM工法適用事例	鈴木 勉 葛西 義人 (建設省関東地方建設局) (大旺建設㈱東京支店)	土木技術 Vol.51 NO.10 pp.47-55	1996.10	

耐震補強技術詳細図

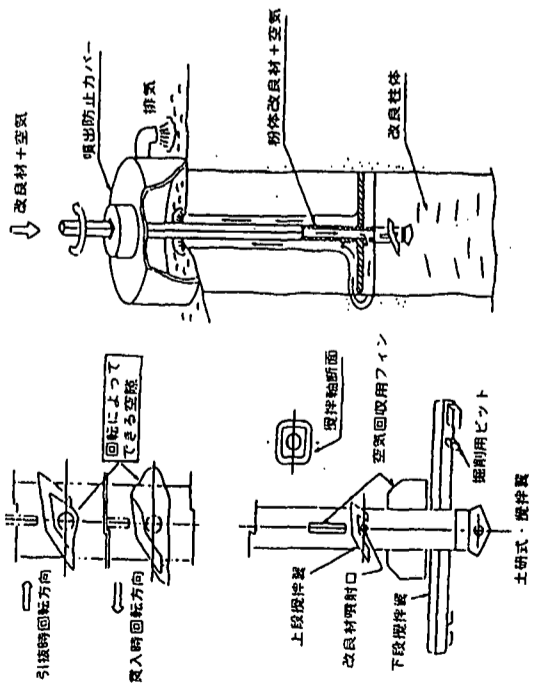
標準断面図(1)



標準断面図(2)



土中における改良噴射略図



- DJM工法の特長**
- ① 土質と改良目的に応じて粉粒体の改良材を自由に選択できる。
 - ② 改良材混合量が自由に選択でき、多くの土質に適用可能である。
 - ③ 周辺地盤への影響が少ない。
 - ④ 攪拌効率が良く品質のばらつきが少ない。
 - ⑤ 所要の改良強度が広範囲に設定でき、改良効果が短期間で得られる。
 - ⑥ 水を使用しないため施工箇所がきれいである。

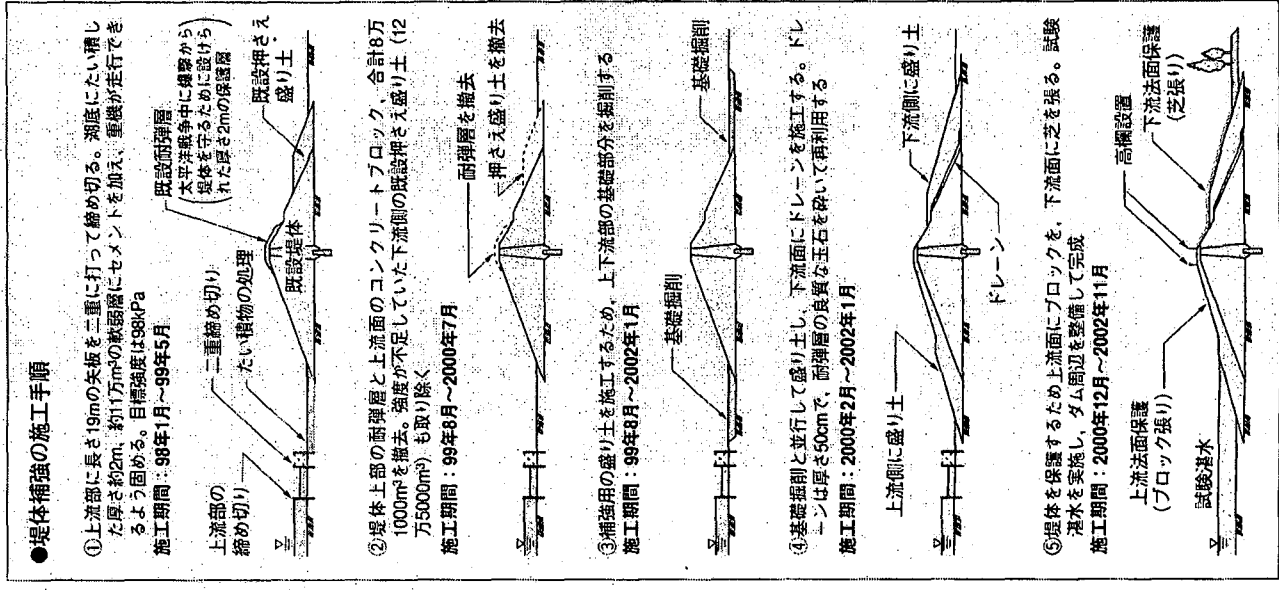
DJM工法の適用例

- ① 支持力の増強
- ② 沈下の低減
- ③ すべり防止
- ④ 掘削安定 (ヒービング防止、法面安定)
- ⑤ 側方流動防止 (盛土、構造物基礎地盤)
- ⑥ 周辺構造物への影響低減
- ⑦ その他 (液状化防止、杭基礎のネガティブフリクションの阻止、地盤反力係数の増加)

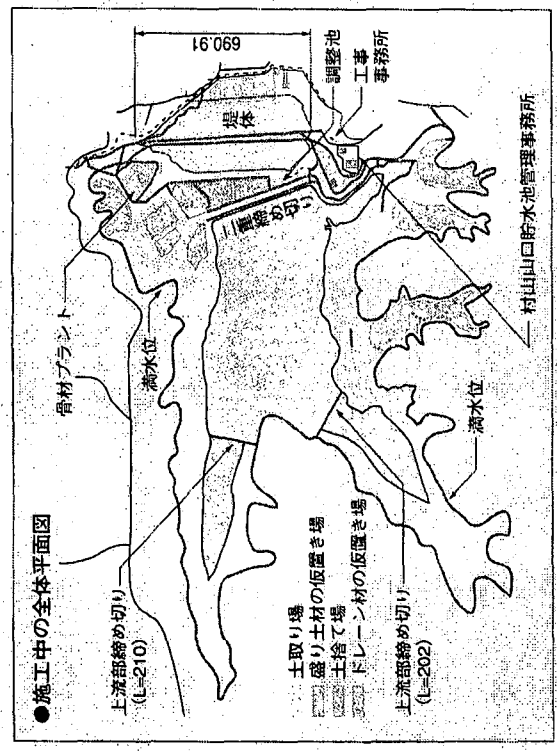
耐震補強工法	耐震補強概要	土構造物等の耐震補強事例 (堤体-14)	設計手法・準拠基準等	施工場所
押さえ盛土工法	<p>① 押さえ盛土とドレーンを設置してアースダム堤体を耐震補強した事例である。</p> <p>② 盛土により堤体底部の幅を上流側で4.5m、下流側で5.7m広げ、堤体の断面を大きくすることで耐震性を高めている。</p> <p>③ 盛土材は含水比が20%以上と高いので、採取した土砂と砕石とを互層に積み重ね、3ヶ月以上放置して、盛り立てに適用した15%に下げる。</p> <p>【施工数量】</p> <p>補強盛土：9.3万m³、ドレーン材：4万m³、盛土の採取量：10.7万m³</p> <p>法面保護：上流側はコンクリートブロックを6万m²、下流側は芝を6万m²</p>	構造物種類 アースダム	—	埼玉県所沢市
	発注者 東京都水道局	構造物分類 堤体	—	
	耐震補強概要	題名 山口貯水池堤体強化工事 (埼玉県) アースダムを盛土で耐震補強	出典 著者 (所属) —	
		キーワード アースダム・盛土・耐震補強	掲載雑誌名 日経コンストラクション 2000.9.22号 pp.34-39	発表年月日 2000.9

耐震補強技術詳細図

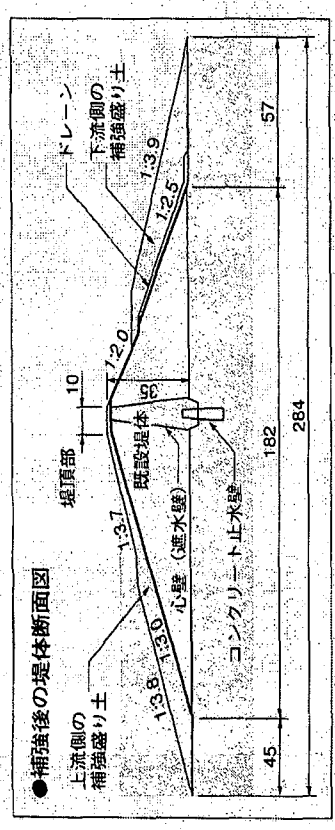
施工手順



全体平面図



堤体断面図

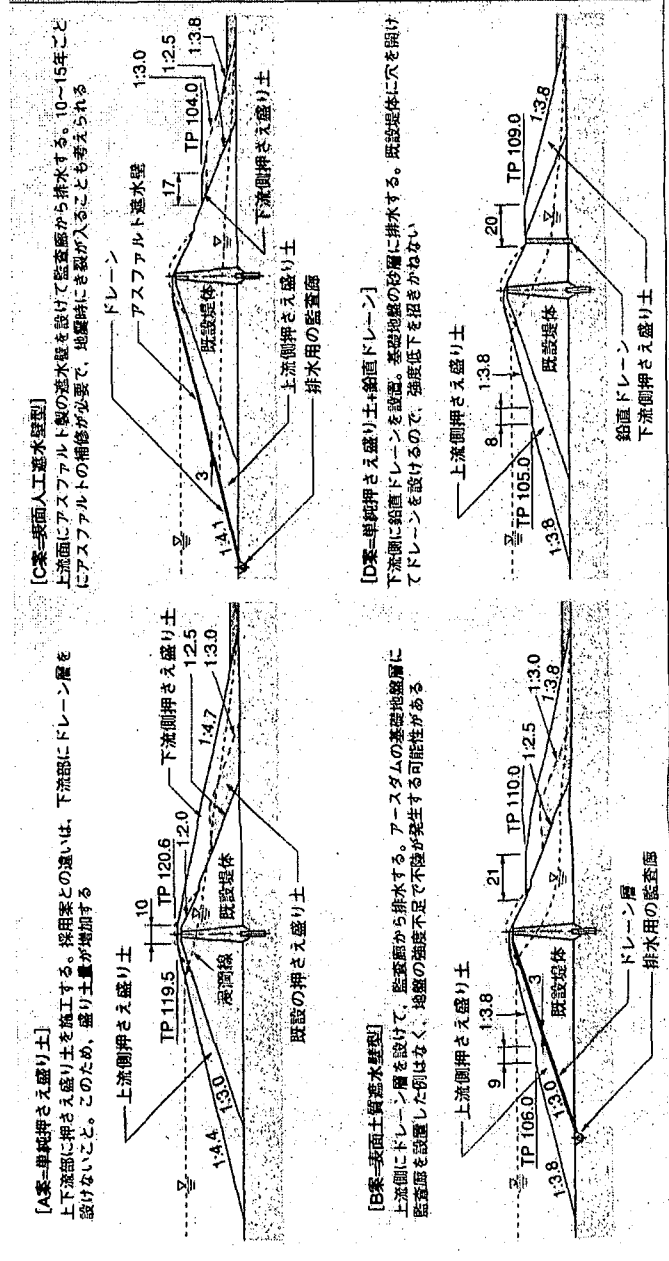


目標耐震性能

項目	評価方法	目標性能
安定検討	円弧すべり安全率	Fs > 1.2
動的解析	堤体すべり安全率	L1地震動 Fs > 1.0
	残留変形量	L2地震動 Fs > 1.0
		L1地震動 補修を必要としない程度
		L2地震動 軽微な補修で対応可能

*) 出典：土木建設技術シンポジウム2002 pp.277

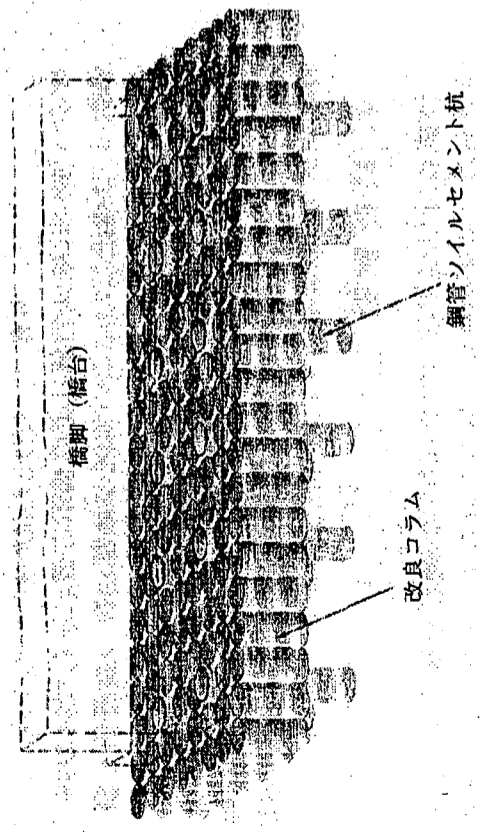
補強方法比較



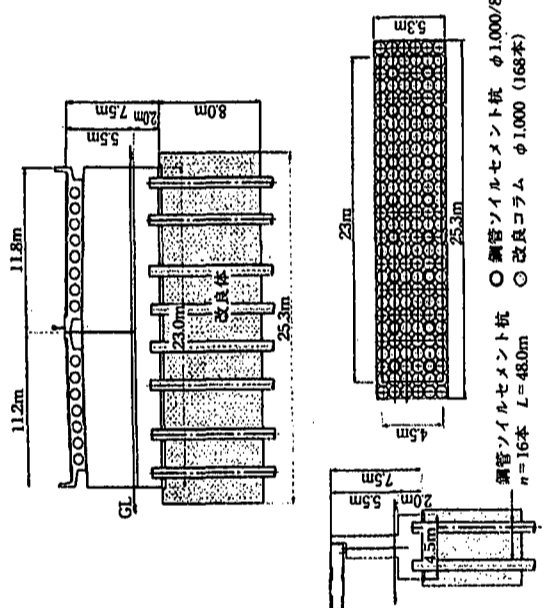
耐震補強工法	発注者	構造物種類	土構造物等の耐震補強事例 (その他-8)	設計手法・準拠基準等	施工場所
地盤改良複合杭基礎	日本道路公団	橋梁基礎	橋台・橋脚	—	軟弱地盤・液状化層
耐震補強概要					
<p>軟弱地盤において、鋼管杭と地盤改良を複合したPRC中空床版橋の橋梁基礎の設計・施工を行った。改良体の深さは、水平抵抗の特性及び地盤の特性を考慮して決定。杭の水平抵抗を考慮した改良長は、$\pi/2\beta$で5.1mであるが、当該地盤がGL-8.0m付近まで液状化層を有することから、改良深度を液状化層までとした。</p> <p>改良体は、直径1,000mmのソイルセメントコラムを10~30cmラップさせ、計168本で5.3×25.3×8.0mのブロック状とした。杭は、排土の少ない鋼管ソイルセメント杭を採用した。ソイル径1,000mm、鋼管径800mmであり、杭長48m、計16本を良好な支持層である砂質土に支持させた。</p>					
題名		著者 (所属)			
道路橋の新しい地盤改良複合杭基礎の耐震補強と設計例		緒方 辰男 (日本道路公団) 徐 光黎 (ソコサグ大地)			
キーワード		掲載雑誌名			
—		基礎工29巻 8月号 pp.71-74			
—		発表年月日			
—		2001.8			

耐震補強技術詳細図

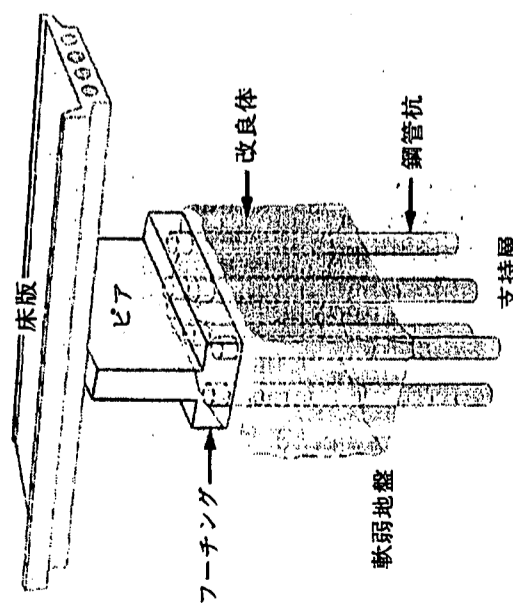
地盤改良複合杭基礎のイメージ



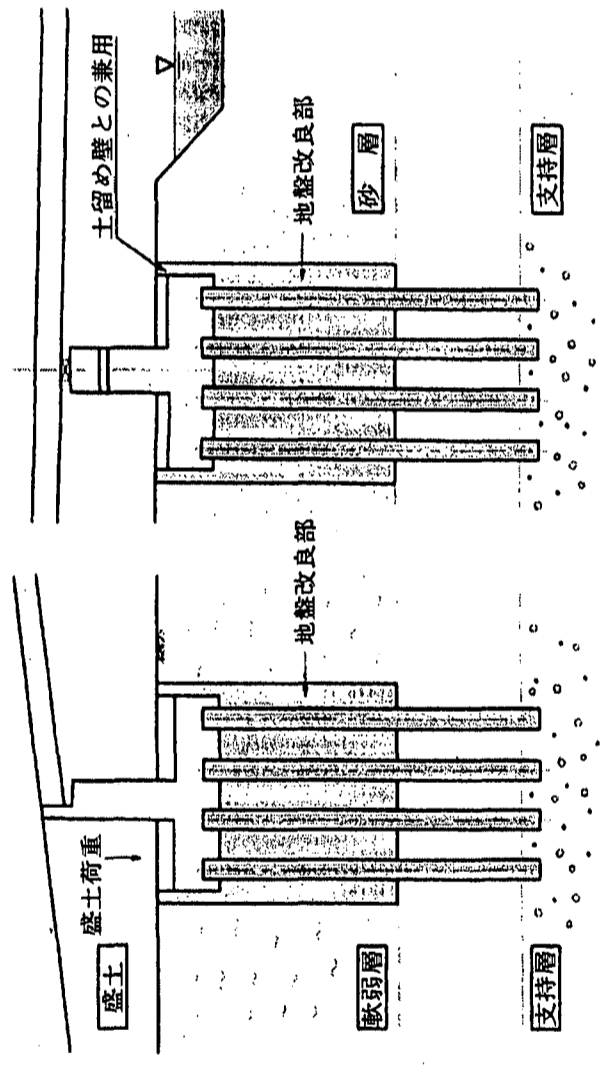
設計例



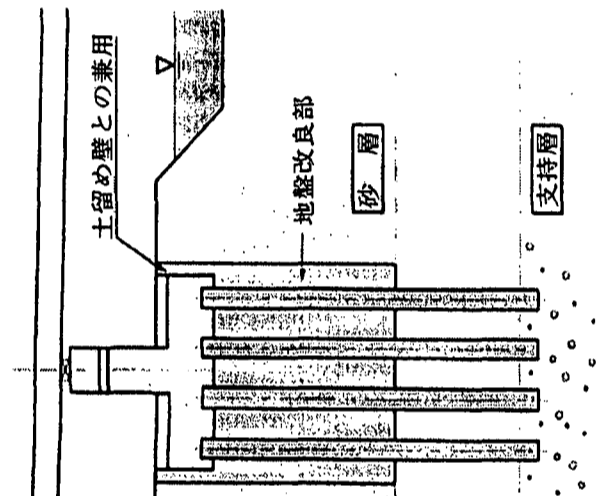
適用事例



(a) 基礎支持力の向上 (特に水平支持力)



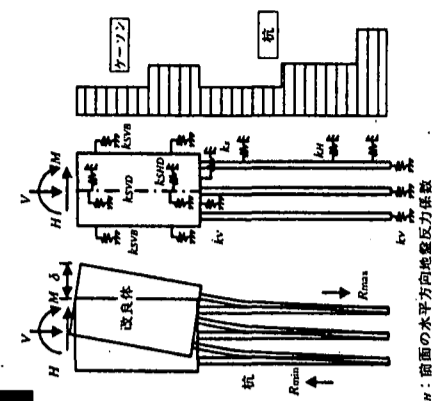
(b) 軟弱地盤での側方流動の対策



(c) 砂地盤での液状化の対策

図-2 地盤改良複合杭基礎とその適用可能例

設計モデル



注) k_v : 前面の水平方向地盤反力係数
 k_v : 後面の水平方向地盤反力係数
 k_{sv} : 前面の鉛直方向せん断地盤反力係数
 k_{sv} : 後面の鉛直方向せん断地盤反力係数
 k_{sp} : 前面の水平方向せん断地盤反力係数
 k_{sp} : 後面の水平方向せん断地盤反力係数
 V, H, M : 作用力
 R : 杭の鉛直抵抗力
 δ : 水平変位量

荷重～変位曲線

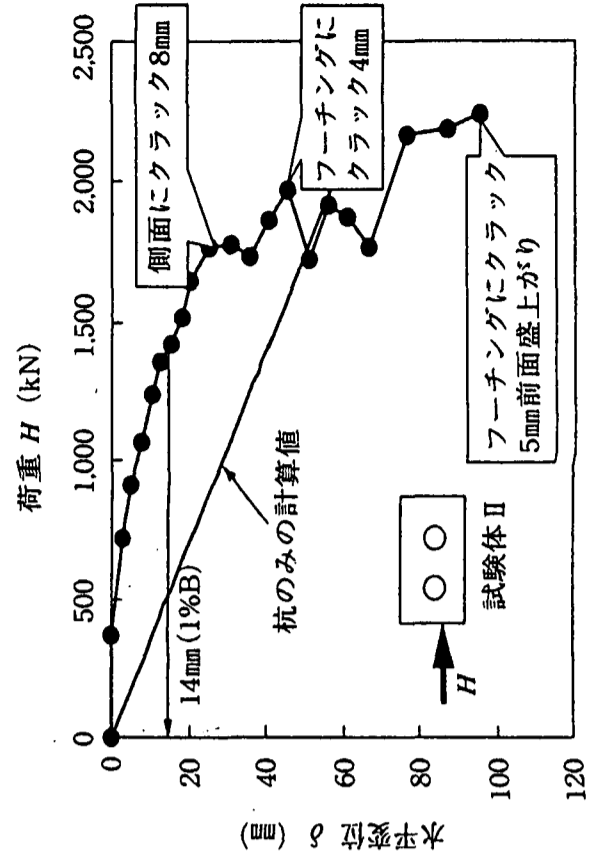


図-3 荷重～変位曲線¹⁾

図-5 道路橋の地盤改良複合杭基礎の設計例

土構造物等の耐震補強事例 (その他-16)

耐震補強工法 深層混合処理工法 (格子状)	発注者 —	構造物種類 埋立て地盤	構造物分類 その他	設計手法・準拠基準等 —	施工場所 神戸市
出典					
概 要 ・建物がある埋立地盤は液状化が懸念されたため、杭まわりの地盤を深層混合処理工法により格子状に改良する工法を採用し、阪神淡路大震災において有効であったことを現地調査を基に考察。 ・地盤は、深さ12mまで礫湿り砂の埋立層、その下4mが沖積砂層、それ以下は洪積層 (図-1)。 ・液状化に伴う基礎杭の水平抵抗力の低下の防止、建物下の埋め土の流出防止を目的として格子状の深層混合処理工法を施工 (図-2)。水平抵抗確保には、基礎杭1本毎に格子状壁または数本毎に改良壁で囲み、埋め土流出防止には外周を改良壁で囲んだ (図-3)。 ・地震後の調査結果 ①外周改良壁は破壊しておらず、埋め土の流出はなかった (写真-1)。 ②地下ピット内の地表にクラックや噴砂等の液状化の痕跡はなかった (写真-2)。 ③ピット内の格子状改良壁の交差部に亀裂等の以上は無く (図-5、写真-3)、基礎杭頭部の異常も無かった。					
著者 (所属)	鈴木吉夫, 斉藤聡, 鬼丸貞友, 木村玄, 内田明彦, 奥村良介 (㈱竹中工務店技術研究所応用開発部)				
掲載雑誌名	土と基礎 Vol. 44 No. 3 Ser. No. 458 pp. 46-48				
発表年月日	1996. 3				

耐震補強技術詳細図

建物位置および地盤概要

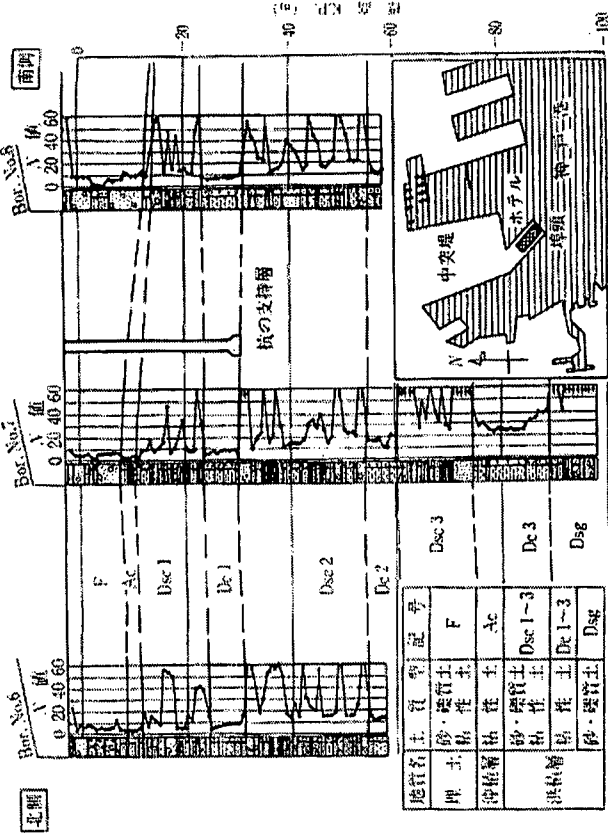


図-1 建設位置および地盤概要

改良壁による格子の配置

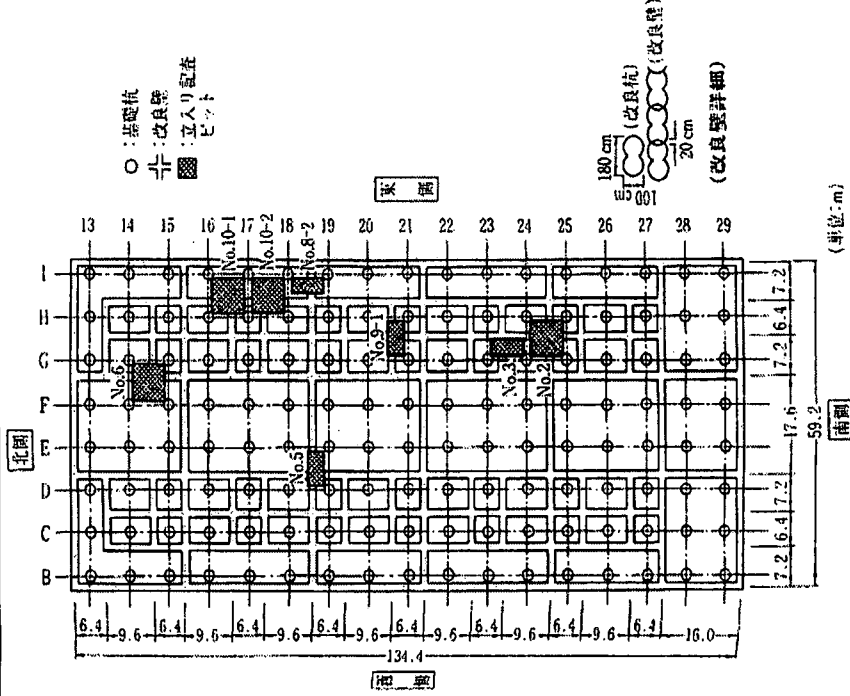


図-3 改良壁による格子の配置

建物の地下ピットの状態

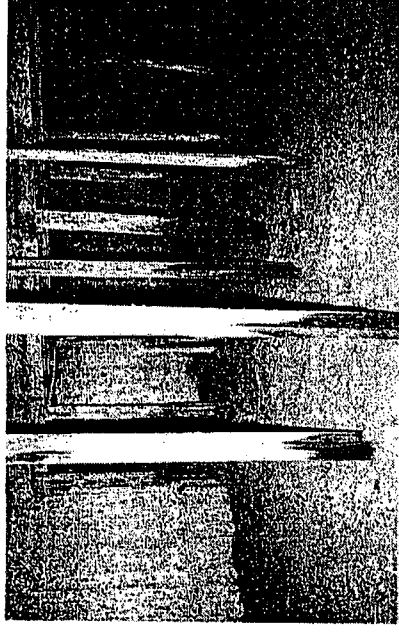


写真-2 建物の地下ピット (さん木の状況)

格子状改良壁交差部の状況



写真-3 格子状改良壁交差部

格子状改良壁の外周天端部分

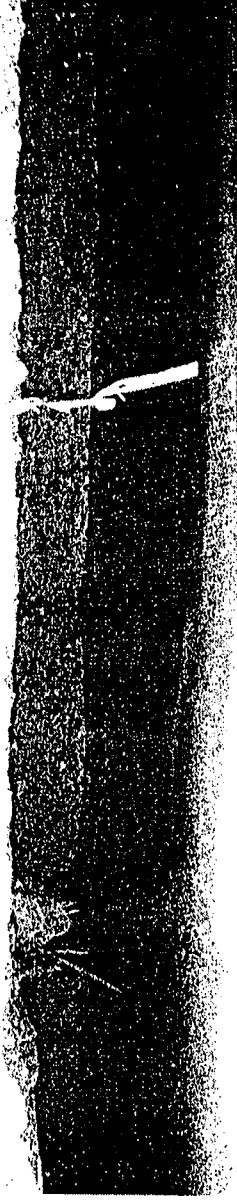


写真-1 格子状改良壁の外周天端部分 (南側)

液状化対策工法断面

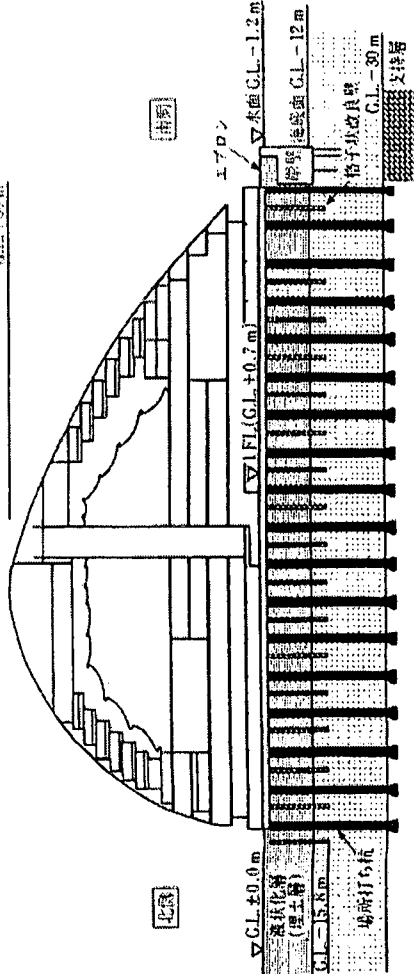


図-2 液状化対策工断面 (南北断面)

ピット部詳細状況

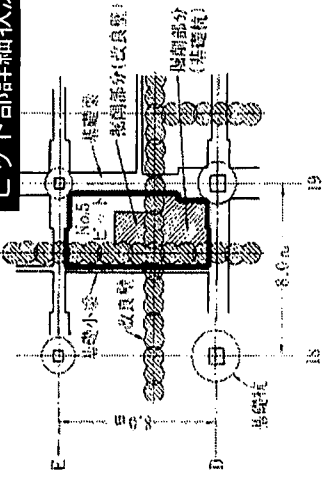


図-5 No. 5ピット詳細