

HORIZON

明日を築く

BACK to the SCENE

鉄道分野で初の大規模採用！
既存路線の高架化改修に貢献した
「鋼管ソイルセメント杭」

未来 FRONT

近畿圏交通網に新時代を画す
「緑立つ道」の礎となる環境工法
第二京阪道路（一般国道1号）建設事業

TECHNICAL NOTES

自立式鋼矢板道路擁壁
—耐震性能の検証、設計法の策定など—

76



鋼管杭協会

ホームページ <http://www.jaspp.com/>

寝屋川市新家地区上空より交野市方面を望む



荒子川公園駅付近、満開の桜の中を行く名古屋臨海高速鉄道あおなみ線(西名古屋港線)

BACK
to the
SCENE

鉄道分野で初の大規模採用! 既存路線の高架化改修に貢献した 「鋼管ソイルセメント杭」

本誌71号(2002年10月発行)の『未来フロント』で紹介した「西名古屋港線(名古屋・金城ふ頭間)建設事業」が、2004年10月に「あおなみ線」として開業している。名古屋駅-金城ふ頭駅間を24分で結ぶこの新線は、鉄道分野で鋼管ソイルセメント杭の初の大規模採用として注目を集めた。その、低排土・低振動・低騒音という環境にすぐれた利点を生かし、市街地施工の円滑化に果たした事例を、あおなみ線の現況を見ることでお伝えする。

名古屋西南部に待望の鉄道を

“ものづくり”の街として、近年の日本経済をリードする名古屋市。約224万人と、全国第4位の人口を有する都市だが、その市域は戦前・戦後を通じて東部地域を志向して開発されてきた傾向が強い。旧市制以来、東側の市町村を数多く合併して拡大。地下鉄の路線も、東へと延伸してきた。

鉄道路線に関しては、中村区、中川区は



最新装備の車両、1000形

近鉄名古屋線、JR関西本線が走っているものの、港区のほとんどの地域に電車が走っていないため、自動車利用による慢性的な渋滞が問題となっていた。公共交通も市バスのみであるため、名古屋都心部から近いにもかかわらず市街化の熟度が低い地域となっている。

一方、笹島地区や八田・高畑地区、稲永地区では大規模な商業・住宅開発が計画されており、金城ふ頭には日本有数のイベントホールである名古屋市国際展示場(なごやポートメッセ)もある。こうした需要に対応するため、鉄道の整備を求める声が次第に大きくなってきた。

幸いこの地域には、単線・非電化ながら1950年に開業した名古屋-西名古屋港間の貨物線・西名古屋港線(または西臨港線)があった。新路線は、これを有効活用して金城ふ頭まで延伸。複線電化・高架化

という全面改良を施して旅客化する決定がなされ、1997年12月に名古屋市、愛知県、

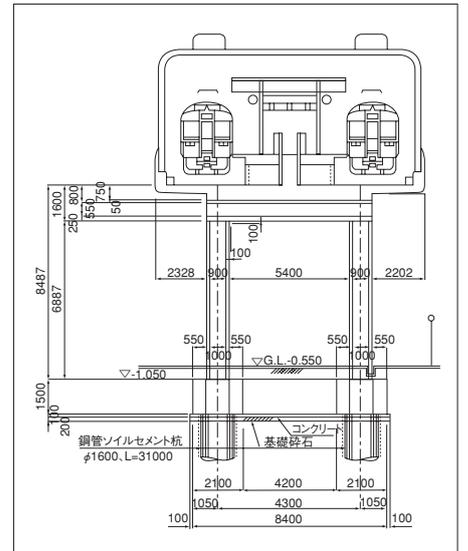


あおなみ路線図

JR東海などが出資した第3セクター「名古屋臨海高速鉄道(株)」が設立された。これまで、鉄道空白地帯だった名古屋市西南部の均衡あるまちづくりの促進のために、さらには名古屋都心部と国際港湾名古屋港を結ぶ社会基盤として、沿線住民をはじめとした各方面からの熱い期待を受け、2000年2月に着工された。



終点となる金城ふ頭駅



高架橋断面図

鉄道分野で初の大規模採用

西名古屋港線の建設でポイントとなったのが、大部分を占める高架化と住宅地が隣接する条件下での市街地施工である。

市街地に新たに敷設された西名古屋港線は、全面立体交差の必要性から全線のうち実に80%が高架線となっている。

こうした、高架線の耐震性確保と市街地隣接による低振動・低騒音施工の要求から、昭和橋～臨港地区境(中島駅～野跡駅)間の約4.8kmで鋼管ソイルセメント杭が使用された。

鋼管ソイルセメント杭は、地盤にセメントミルクを注入・混合攪拌して築造するソイルセメント柱と、外面突起(リップ)付き鋼管を一体化する合成杭で、地盤からの支持力はソイルセメント柱が、杭体応力は鋼管が受け持つという合理的な設計特性を持つ。さらに、施工中に発生する振動と騒音がきわめて低レベルなうえに、掘削排土も少ないことから市街地向けの環境対策工法として採用された。西名古屋港線建設工事では、上記工区で総計1万4800トンの鋼管が使用された。鉄道高架橋基礎としては、もちろん初めての大規模採用。使用材はSKK490、板厚は14～25mmで最大外径1500mm(ソイルセメント柱径1700mm)と、これまでにない大径の鋼管ソイルセメント杭の使用でも注目された。

ハイテク満載でひとにやさしい鉄道

2004年10月6日、路線愛称を「あおなみ線」として開業した西名古屋港線は、営業キロ15.2kmに11の駅を設けて名古屋駅～金城ふ頭駅間を24分で結ぶ。運転間隔はラッシュ時が毎時6本、閑散時が毎時4本。すべての運行でワンマン運転を実施している。

沿線住民が待ち望んだ新時代の鉄道にふさわしく、安全・正確・快適を実現する設備・サービスも満載。ホームドア、または可動式ホーム柵を全駅に設け、ホームへの転落を防いでいるのは中京地区でも珍しい。また、ATSやCTC、運転士に異常が発生した場合に列車を停止させるEB装置を装備するほか、TASC(列車自動位置停止支援装置)や対列車映像伝達装置を設置することで、ワンマン運転でも正しく列車を止め、安全にドアを開け閉めするテクノロジーが盛りこまれている。

バリアフリー対策も万全で、全駅にエレベーターが設置されたほか、プラットホーム面と車両床面はフラットに近い段差に収められ、お年寄りや車いすの利用客にも配慮されている。

地域のインフラとして 着実に成長するあおなみ線

開業後1年間こそ、1日当り利用客数が約1万8000人と苦戦したあおなみ線だが、現在は約2万5000人と増加傾向にある。

「自家用車や市バス利用からの急激な転換が進まなかったことが当初の要因ですが、市バスまたは地下鉄との乗継ぎ割引運賃の設定や、割引定期券の発売などのサービスで、利用客数は増加しています」(総務広報担当)。

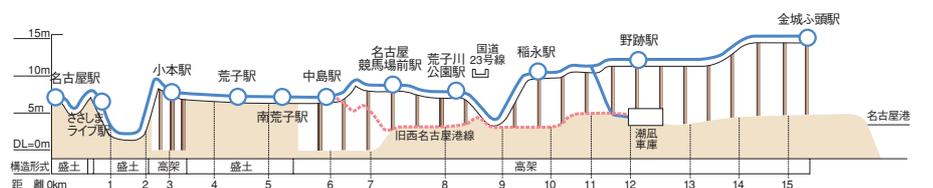
アンケート調査でも、新たに進学・就職をした人たちは、あおなみ線を通勤通学の足に選んでいるという結果が出ており、

新線効果で沿線のマンション着工も増加しているという。

「これまでに、年間2000～3000人ほど1日当り利用客が増加してきました。3年間で4割増しですから、PRの効果が表れてきたと感じています」(同上)。

沿線には、前田利家の生誕地・荒子城趾と伝えられる富士大権現天満天神宮や、名古屋市最古の建築物である多宝塔(国指定重文)を擁する尾張四観音のひとつ荒子観音寺など見どころも多い。歴史と伝統を感じながらゆったり歩ける散策コースも数多く設定されている。4月には1000本以上の桜が、5～6月には3000株以上のラベンダーが咲き誇る荒子川公園のほか、年間100種類以上の野鳥が観察できる藤前干潟など、自然と親しめるスポットも多い。

鋼管ソイルセメント杭がその礎を支え、今は港湾部へと向かう街並みにとけ込んでいるあおなみ線。沿線の生活基盤として、名古屋港湾圏のビジネス基盤として、今後ますますその有用性が高まっていくのではないだろうか。



路線横断面図

未 FRONT

近畿圏交通網に新時代を画す 「緑立つ道」の礎となる環境工法

第二京阪道路（一般国道1号）建設事業

京都―大阪間はその距離約50km。昔の旅人なら約10時間の歩程だったといわれる。現在では、JRの新快速で約30分。その距離は格段に縮まってはいるが、鉄道網の進化と比べて遅れていたのが幹線道路の整備である。広域圏交通の大動脈である名神高速道路は存在するが、地域間交通の柱としては淀川の兩岸に一般国道が2本しかないというのが京阪間の現状であった。日本を代表する近畿の2大都市を円滑に結び、近畿の道路交通網の効率化を図る。そんな目的から現在鋭意建設中なのが、第二京阪道路である。本レポートでは、都市間交通の要となる大規模な高架道路の基礎杭に使用されている、鋼管ソイルセメント杭とその工法について紹介してみたい。

京阪間の慢性的 渋滞解消をめざして

京都-大阪間を結ぶ道の本格的なものは、文禄年間(1592～1595年)に豊臣秀吉が毛利輝元らに命じて築かせた、「文禄堤」にはじまる。淀川左岸の堤防上をいくこの道は、京都と大阪を結ぶ最短路として、京街道あるいは大阪街道の名で明治期まで京阪間の主要道路として役割を果たした。近代になり、この道は京阪国道に昇格。現在でも、京都・大阪府道13号京都守口線(旧京阪国道)として、その面影をとどめている。

時代は下り現代。戦後のモータリゼーションの進展や、トラック輸送が物流の主役になってくると、京阪間の主要幹線路はキャパシティー・オーバーであることが顕著になってきた。京阪間には一般国道1号のほか国道171号、そして名神高速道路しかないからである。

この3幹線の車線数と1日当りの交通量を示したデータがある(2005年交通センサスより)。

路線名称	車線数	交通量(1日)
国道1号	4車線	8.4万台
国道171号	4車線	5.8万台
名神高速道路	6車線	12.4万台

つまり、京都-大阪間の幹線道路は、14車線で約27万台(1日)の交通量をまかなっているということになる。

一方、これを大阪-神戸間のデータと比較すると、国道2号、国道43号、阪神高速神戸線、阪神高速湾岸線の4幹線20車線で約26万台(1日)。京阪間、阪神間ともに交通需要は同程度ながら、京阪間の車線数は3割も少ない。特に、国道1号では車線数に対して交通量が突出しているため、渋滞が慢性化しており、混雑を避ける



第二京阪道路広域図

車が周辺の生活道路まで流入するなど、沿線の生活環境に大きな影響を及ぼしている。

人口規模からみれば、京都市と神戸市はよく似ている。ただし、大阪の間には高速道路が一本不足しているのが京阪間の道路事情なのである。この積年の問題を打開すべく計画されたのが第二京阪道路である。

人に地域にやさしい 環境型の道路

では、第二京阪道路とはどんな道路か。京都市伏見区から大阪府門真市に至る一般国道1号バイパスで、4～6車線の自動車専用道路(専用部)と、側道に当たる2～4車線の一般道路(一般部)からなる(下図参照)。専用部は、阪神高速8号京都線接続部から巨椋池ICを經由して、近畿自動車道の門真JCTに接続する延長28.3km。一般部は、起点が専用部よりも1.4km北となっているため、延長29.7kmと長い。

専用部は、京滋バイパスと接続する久御山JCT以南が6車線となり(以北は4車線)、一般部と合算すると京阪間の幹線道路の車線数は22車線と、一気に60%も増加する。特に、自動車専用道路と一般道



寝屋川市付近、高架部の工事が進む



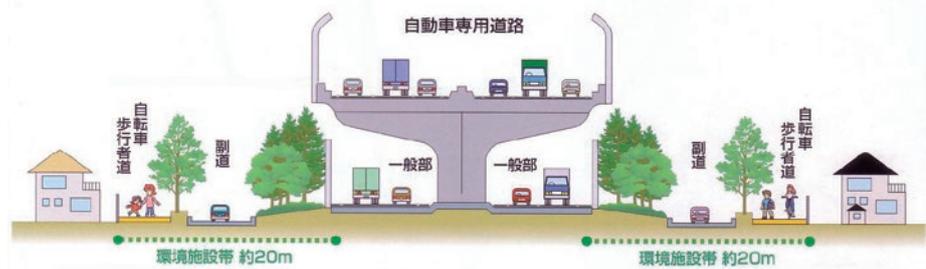
高架部のほか掘割部も併用される

路がバランスよく並走することは、地域間交通、生活圈交通のいずれのニーズからも使い勝手がいいはずだ。

市街部を走る高規格道路として、さまざまな環境対策が施されているのも特徴だ。遮音壁やタイヤの騒音を低減する高機能舗装の採用はもちろん、沿道環境への配慮として環境施設帯が設けられている。環境施設帯とは、道路の両脇に自転車歩行者道・植栽帯・副道からなるスペースで、道路と生活空間に距離をおくことで騒音や振動、大気汚染の低減を図るものだ。当初計画にはなかったが、1990年の都市計画変更で環境に対する関心の高まりから設けられた。その幅は片側で約20mという大規模なもので、道路全体の幅員も約64mとなる。このゆとりある道路設計は、環境面だけでなく災害時の火災延焼を防ぐ機能もあわせもつ。

「豊かな緑で風景にとけこむ道でありたい」。そんなコンセプトで設計され、環境および景観へと配慮されたことから、第二京阪道路は「緑立つ道」という愛称をもつ。「緑立つ」とは晩春から夏の季語でもある。

2003年3月30日に、巨椋池ICから枚方東ICまでが部分開通している第二京阪道路は、2008年5月現在、全区間で鋼管杭施工をはじめとした下部工事が行われている。全線開通は2009年度末の予定。まさに、緑立つ季節に、京阪間にさっそうと新風を送り込む、基幹交通の要として躍り出る。



第二京阪道路と環境施設帯(断面イメージ)

高い支持力と優れた環境特性を併せ持つ杭工法

合理的な杭設計が可能な 鋼管ソイルセメント杭工法

全28.3km(専用部)となる第二京阪道路は、大半が高架橋形式で設計されている。その道路高架橋基礎として、すべてに鋼管ソイルセメント杭が採用されている。

この工法は、1991年2月に「一般土木工法技術審査証明」を取得。以来、10数年の間に第二名神自動車道や名古屋臨海高速鉄道「あおなみ線」などの高架橋基礎工事に実績を残してきた。

鋼管ソイルセメント杭は、現地盤にセメントミルクを注入し、混合攪拌して造成するソイルセメント柱と外面突起(リブ)付き鋼管とを一体化した杭である。鋼管ソイルセメント杭の特長は、鋼管とソイルセメント柱との複合構造とすることで、高い支持力特性を有していることである。このため、杭本数の低減とフーチング規模の縮小により、合理的な杭設計が可能となっている(右図、基礎杭比較表参照)。

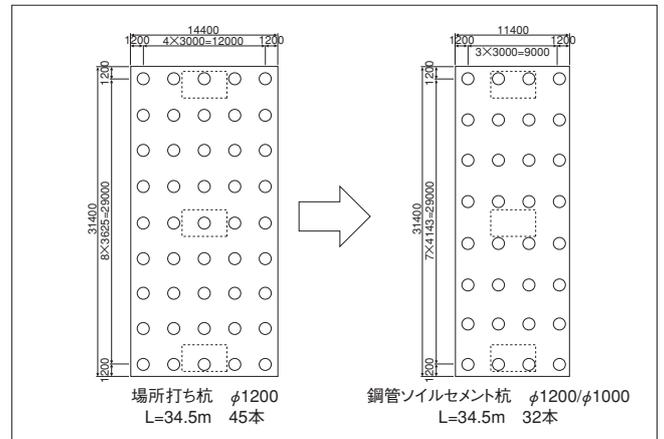
さらに、施工時において掘削孔内はソイルセメントが充填された状態となるので、孔壁の崩壊が起きにくく周辺地盤、先端地盤をゆるめることなく、安定した支持力特性が発揮される。

環境負荷の点からこの工法をみると、セメントミルクを吐出しながら地盤を掘削攪拌し、スラリー化したソイルセメントに鋼管を沈設させるので、従来の鋼管

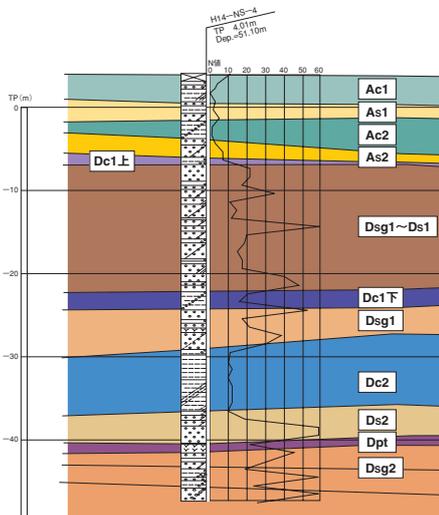
打設との比較でも、施工時の振動・騒音はきわめて低レベル。本工事のような、市街地施工にもうってつけというわけだ。さらに、現地盤の土砂を有効活用しながらソイルセメント柱を築造するので、掘削排土も少なく産廃処理問題の解決にも有効な工法となっている。



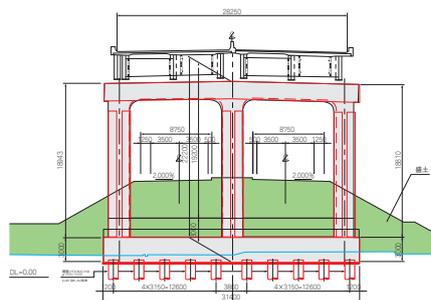
同時沈設方式による施工状況



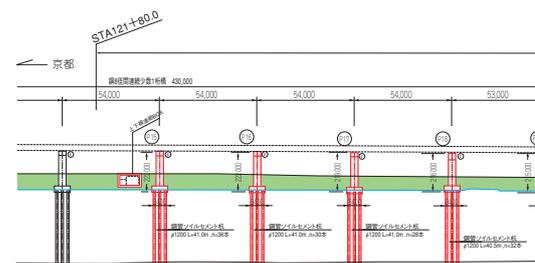
基礎杭比較表(日新地区:P25橋脚)



讃良地区 土質柱状図



讃良地区 標準断面図



讃良地区 側面図

同時沈設と後沈設、 2通りの施工方式

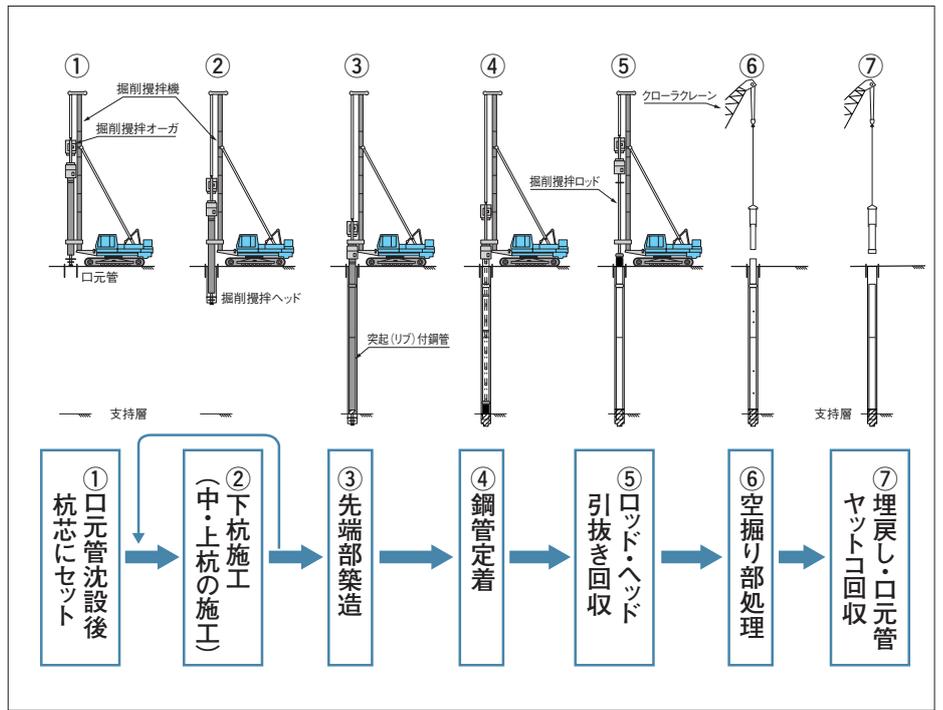
鋼管ソイルセメント杭工法は、ソイルセメント柱を造成しながら同時に鋼管を沈設する「同時沈設方式」と、ソイルセメント柱を造成した後に鋼管を建込み沈設する「後沈設方式」の2通りの施工法がある。各種実験や計測の結果、両方式とも鋼管とソイルセメントの付着など設計の諸条件を満たし、所定の杭性能には差異のないことが確認されている。

讀良工区で施工されている同時沈設方式では、拡開・縮小可能な掘削攪拌翼を有する特殊な掘削攪拌ヘッドを鋼管先端に配置。ヘッド先端よりセメントミルクを吐出して地盤と混合攪拌しながらソイルセメント柱を造成すると同時に、鋼管を回転圧入しながら沈設する工法である。

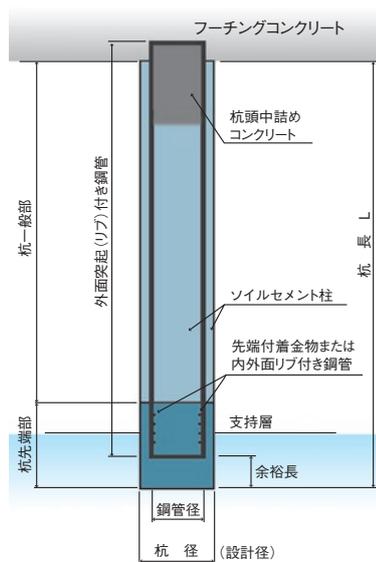
同時沈設方式の特徴は、単独共回り防止翼付きの攪拌ヘッドによる高品質のソイルセメント杭の築造が可能ということである。また、ロッドに取り付けられたスタビライザーにより鋼管の中心を保持した状態で回転沈設が可能なので、継杭による長尺施工にも対応が可能である。

一方、三ツ島東工区で施工されている後沈設方式は、セメントミルクを注入しながら地盤を掘削攪拌してソイルセメント柱を造成。その後、ソイルセメントが固まらないうちに鋼管を沈設する工法である。

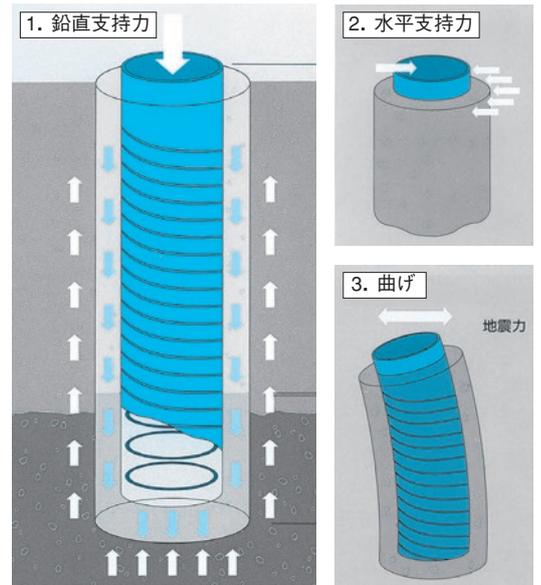
後沈設方式の特徴は、二軸正逆回転掘削攪拌翼により高品質のソイルセメント杭の築造、および掘削精度の確保が可能なことである。また、掘削攪拌と鋼管の建込みを別工程で行えることから、先行掘削機械を独立して使用することで施工時間を短縮することも可能になる。



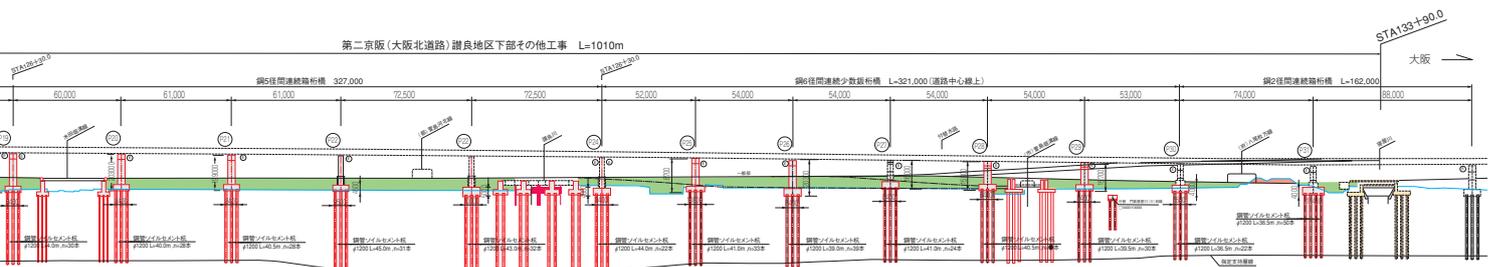
同時沈設方式による施工フロー



鋼管ソイルセメント杭の概要図



鋼管ソイルセメント杭の支持力機構



先進の施工管理で信頼性の高い杭を築造

徹底した施工管理により
高い信頼性を有する
杭施工が可能に

鋼管ソイルセメント杭工法には、施工深度・掘削抵抗・セメントミルク注入量などの施工管理をリアルタイムに確認できる総合施工管理システムが導入されている。

総合施工管理システムは、掘削攪拌機とセメントミルクプラントを施工管理装置でつなぎ、セメントミルクの製造情報や施工情報を一元管理している。

例えば、支持層への到達および根入れ長は、掘削攪拌軸のトルク(電流値・油圧値)などの掘削抵抗の測定値の変化により確認可能である。

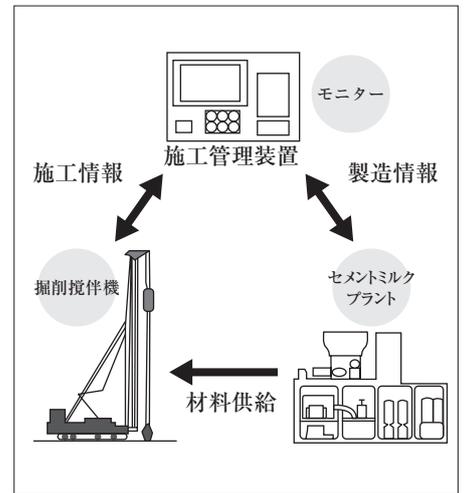
このような先進的な総合施工管理システムの活用により、鋼管ソイルセメント杭工法は高品質で高い信頼性を有する杭施工を実現している。



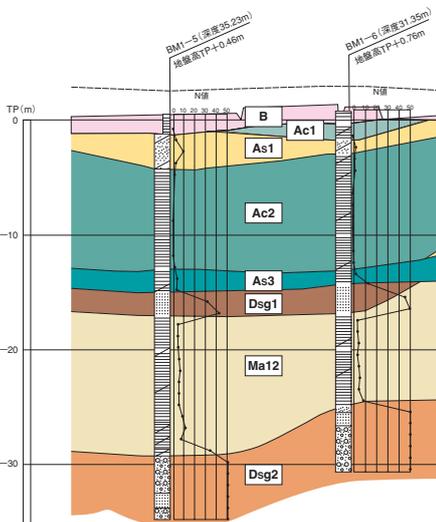
後沈設方式による施工状況



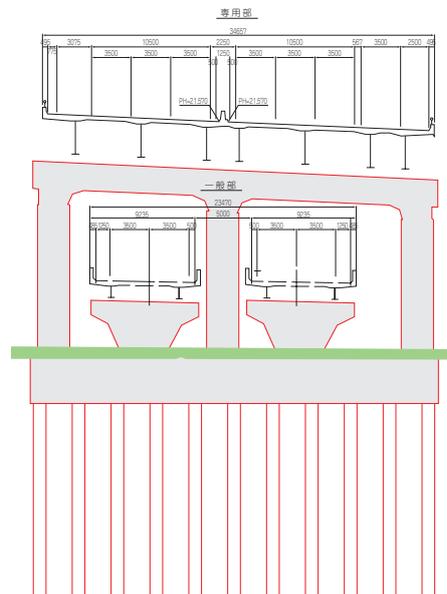
モニター画面で各種施工情報を管理



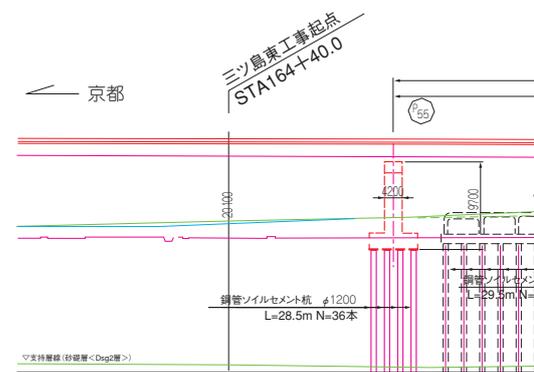
総合施工管理システム概要



三ツ島東地区 土質柱状図



三ツ島東地区 標準断面図



三ツ島東地区 側面図

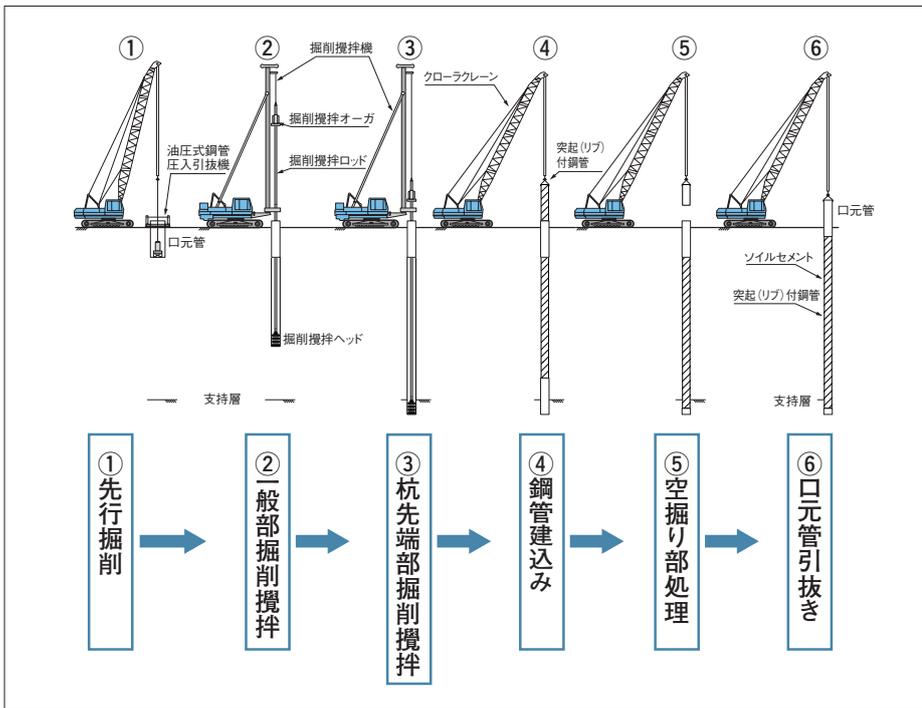
ひと・もの・情報の交流を促進 近畿圏の機能を飛躍させる

2009年度末に予定されている第二京阪道路の全線供用で、現在すでに飽和状態にある国道1号枚方バイパスはもちろん、近畿自動車道の吹田JCT・吹田IC - 門真IC間の渋滞緩和に劇的な効果があると期待されている。

現在、国道1号利用で混雑時の場合、大阪から京都までは2時間から3時間もかかる。これが、第二京阪道路であれば1時間程度と所要時間の大幅な短縮が見込まれている。さらに、京滋バイパス、近畿自動車道と接続していることから、名神高速道路や阪神高速道路各線、さらには関西国際空港との広範かつ機能的な連携が可能になる。

京阪神の「ひと・もの・情報」を有機的につなぐ道として、第二京阪道路は近畿圏の交通インフラとして新しい時代を画す。さらに、市街地景観にも調和するよう環境対策も十二分に配慮され、まさに「緑立つ道」の名にふさわしいと言えよう。

発生残土の低減や低騒音・低振動という環境特性を發揮しながらその基礎を固め次世代の高規格道路に貢献したのが、鋼管ソイルセメント杭工法である。



後沈設方式による施工フロー



口元管と補助治具の使用で鉛直性を確保する



二軸正逆回転をもつ、掘削攪拌ヘッド

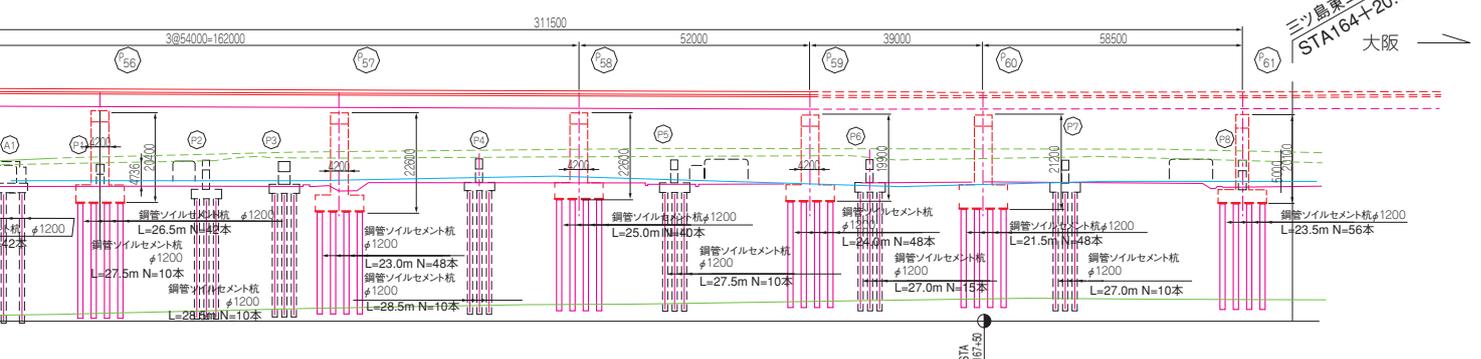


鋼管とソイルセメントの十分な付着力を確保する
外面突起(リブ)付鋼管

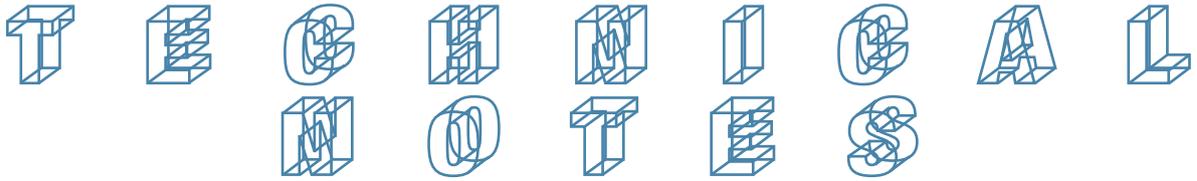


開通済み枚方東IC以北の第二京阪道路

側面図 S=1/500



三島東工事終点
/ STA164+20.0
大阪



道路擁壁に鋼矢板を適用

自立式鋼矢板道路擁壁

—耐震性能の検証、設計法の策定など—

鋼管杭協会 鋼矢板技術委員会

1. はじめに

自立式鋼矢板壁は、河川・港湾分野の本体壁で多くの施工実績があり、これまで仮設壁での適用が主であった道路分野においても、自立式鋼矢板擁壁の適用事例が増えている。自立式鋼矢板擁壁は、根入れ式の柔構造であるため耐震性に優れ、また軟弱地盤であっても安定性を確保できる等の構造上の特長と、コンクリート擁壁に比べて省スペースでの壁体構築が可能である等の施工上の特長を有している。さらに、切土掘削による擁壁設置の場合には、仮設土留めと本体擁壁を兼用でき、建設コスト縮減効果が大きい。

しかしながら、「道路土工 擁壁工指針」(社団法人日本道路協会、平成11年3月)には、鋼矢板擁壁についての具体的な設計法が言及されておらず、河川護岸等での設計法を準用しているのが現状である。

このため、経済的で安全な自立式鋼矢板壁を用いた道路擁壁の設計法を整備して効率的・効果的な社会基盤整備に資することを目的とし、この度、「自立式鋼矢板擁壁設計マニュアル」¹⁾が策定された。本マニュアルは、「自立式鋼矢板擁壁設計マニュアル検討委員会」(委員長:中井照夫 名



写真2.1 動的遠心載荷装置((独)土木研究所所有)

古屋工業大学教授、事務局:財団法人先端建設技術センター)での検討・審議の上で策定されたものである。

2. 遠心模型実験による耐震性能の検証

2.1 実験条件

自立式鋼矢板擁壁の耐震安定性の検証、および設計法の確立を目的として、動的遠心載荷装置(写真2.1)を用いた振動実験を実施した。本実験における主な確認項目は以下のとおりである。

- ①地震時の鋼矢板変位レベル(適用範囲)の把握
- ②鋼矢板の必要根入れ長の確認
- ③地震時の作用土圧性状の把握
- ④鋼矢板擁壁の終局状態の確認

本実験では実大構造物の1/40縮尺模型を用い、実地盤と同じ自重応力状態を再現できる40Gの遠心力場で実験を行った。実験ケースを表2.1に示す。鋼矢板根入れ長 $(1.9/\beta \sim 3.0/\beta$ 、 β :基礎の特性値でS-1試験による水平地盤反力係数の推定値 4000kN/m^3 を用いて算定)、鋼矢板曲げ剛性(II_w 型相当および V_L 型相当)、擁壁高さ(2.4~4.5m相当)、地盤の初期密度(相対密度 $\text{Dr}60 \sim 75\%$)、擁壁形式の差異(自立式鋼矢板擁壁およびL型コンクリート擁壁)を実験パラメータとした。

地盤材料には乾燥し

表2.1 遠心模型実験ケース

ケース	壁高(mm) <実スケール(m)>	鋼矢板模型 板厚(mm)	根入れ (mm)	地盤
S-1	地盤バネ値 推定のための 静的載荷試験	鋼板4.6mm (V_L 相当)	160mm ($1.9/\beta$ 相当)	豊浦砂 (乾燥) $\text{Dr}60\%$
予備1		鋼板4.6mm (V_L 相当)	160mm ($1.9/\beta$ 相当)	豊浦砂 (乾燥) $\text{Dr}60\%$
D-1			250mm ($3.0/\beta$ 相当)	
D-2	110mm <4.5m>		210mm ($2.5/\beta$ 相当)	
D-EX			210mm	(乾燥) $\text{Dr}75\%$
D-4		鋼板2.7mm (II_w 相当)	145mm ($2.5/\beta$ 相当)	(乾燥) $\text{Dr}60\%$
D-5	60mm <2.4m>		145mm ($2.5/\beta$ 相当)	
予備2	110mm <4.5m>	鋼板4.6mm (V_L 相当)	160mm	(乾燥) $\text{Dr}75\%$
L-1	110mm <4.5m>	L型擁壁 模型	20mm	

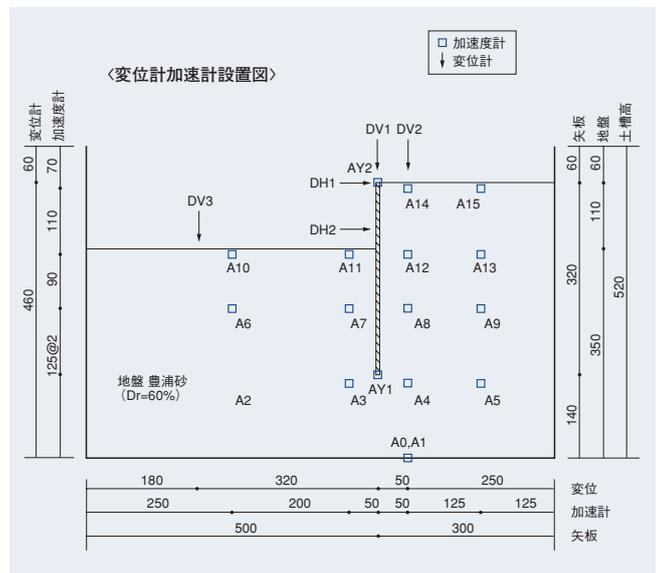


図2.1 D-2模型概要(自立式鋼矢板擁壁)



写真2.2 自立式鋼矢板(Step5終了後)



写真2.3 L型擁壁(Step4終了後)

た豊浦珪砂を用いた。模型地盤は、実験土槽にあらかじめ擁壁模型を据え付けてから、重力場で豊浦珪砂を気中落下させ、所定の相対密度となるように密度管理した。一例として、ケースD-2(自立式鋼矢板擁壁)の模型地盤および計測位置を図2.1に示す。また、鋼矢板模型の下端をフリーとするとともに、曲げひずみ計測のため、奥行き方向に3分割して短冊状の模型を作製し、中央の矢板にひずみゲージを貼り付け、計測値から変形量、断面力および作用土圧を算出した。

本実験では、図2.2に示す5種類の入力波(実物大換算)を連続して水平方向に入力した。Step1、2は実地震波であり、Step1はL1地震相当として最大加速度180Galの大船渡波(1978年宮城県沖地震)、Step2はL2地震相当として最大加速度720Galの神戸PI波(1995年兵庫県南部地震)を用いた。一方、Step3~5は正弦波(20波、1.5Hz)であり、それぞれ最大加速度200、500、750Galである。

2.2 実験結果の概要

根入れ長を変えた3つのケース(1.9/β~3.0/β、Dr60%地盤)の鋼矢板頭部水平変位DH1について、累積変形量を図2.3に示す。また、各加振Step毎に生じる変形量を図2.4に示す。同図より、遠心加速度40G付加時およびL1加振時(加振Step 1)

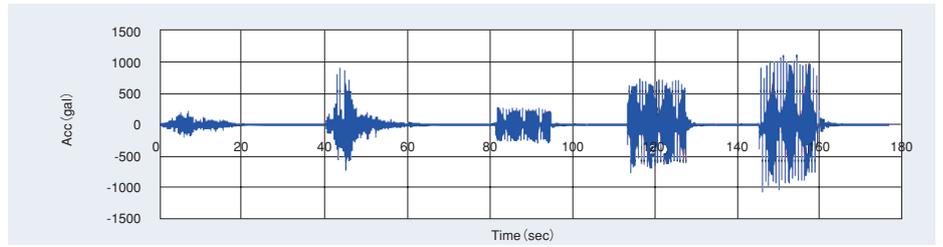


図2.2 入力波形(実物大換算)



図2.3 壁体頭部の累積変形量(根入れ長の影響)

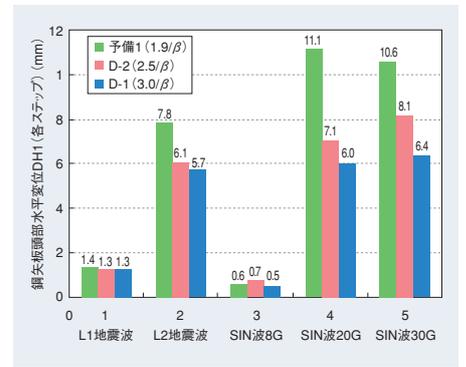


図2.4 各加振ステップ毎の壁体頭部変形量



図2.5 壁体頭部の累積変形量(L型擁壁模型との比較)

においては、矢板根入れ長による壁体変形量の違いは少ないこと、L2加振(Step 2)以降の加振Step 2~5においては、根入れ長が長いほど矢板頭部水平変位量が小さくなる傾向が確認できた。

同様に鋼矢板頭部水平変位DH1について、図2.5に、L型擁壁模型との相対評価について比較したものを示す。加振Step3までは、壁体変形量は同程度であったが、Step4加振(正弦波500Gal)でL型擁壁が大きく変形し崩壊に至った(写真2.3)。一方、自立式鋼矢板擁壁はステップ5加振(正弦波750Gal)の後も壁体性状を保持しており(写真2.2)、大規模加振時においても優れた粘りがあることが確認できた。

本実験における土圧分布推定の一例として、ケースD-2(根入れ2.5/β)の加振

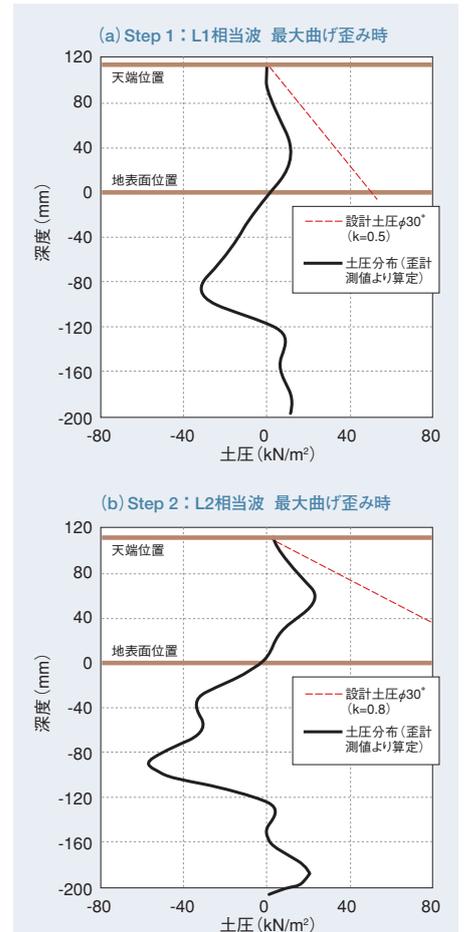


図2.6 D-2(根入れ2.5/β)の各加振ステップ最大曲げ歪み時の土圧分布

Step1、2(最大歪み時)における土圧分布を図2.6に示す。土圧分布は、計測した曲げひずみ分布をスプライン曲線で近似し、

2階微分して得たものである。また、図中の破線は、物部－岡部式による主働土圧設計値(設計震度は、地表面付近の加速度応答値を用いた)である。推定した作用土圧は、いずれのケースでも設計値(物部－岡部式)を下回る傾向にあること、地表面(深度0mm位置)以深では主働土圧は作用していないことが確認できた。

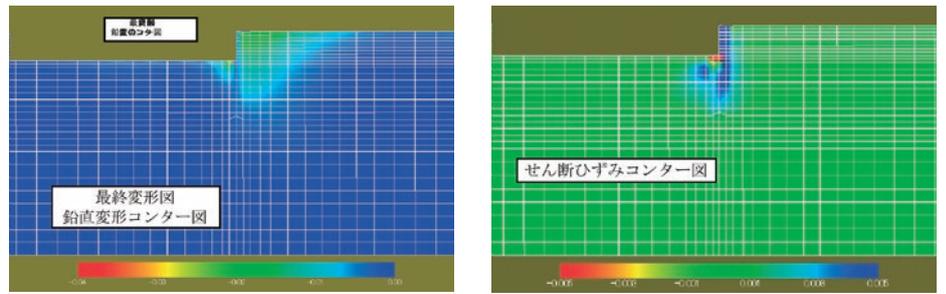


図3.1 残留変形及び残留せん断ひずみ(CaseD-1:L1地震動)

3. 数値解析による動的挙動の把握

遠心模型実験に対する解析²⁾及び実地盤・実構造を対象とした解析等、様々な解析を実施しており、ここでは、砂質地盤を対象とした、DBLEAVES³⁾による数値解析結果の一例を示す。地盤及び鋼矢板の条件を表3.1に示す。地震波は、レベル1:大船渡波、レベル2:神戸PI波をそれぞれ入力した。

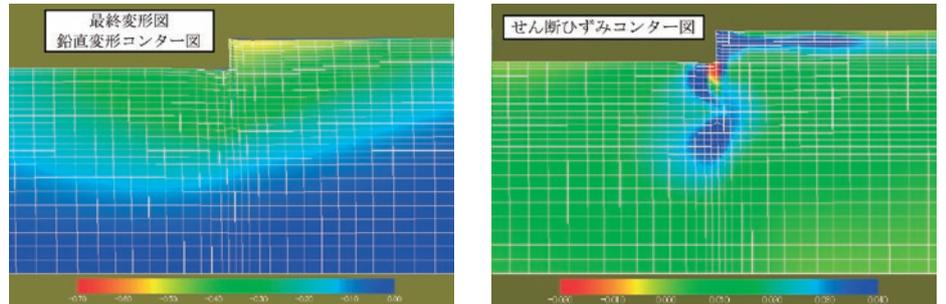


図3.2 残留変形及び残留せん断ひずみ(CaseD-2:L2地震動)

表3.1 解析条件

壁高	地盤			鋼矢板		
	単位体積重量	相対密度	N値	型値	根入れ長	全長
4.5m	17kN/m ³	60%	5	SP-VL	8.5m	13.0m

残留変形及び残留せん断ひずみでレベル1地震波入力時の解析結果を図3.1に、レベル2地震波入力時の解析結果を図3.2に示す。また、鋼矢板頭部の水平変位は、

レベル1地震波入力:最大応答11.5cm

残留値3.7cm

レベル2地震波入力:最大応答78.2cm

残留値51.5cm

であり、鋼矢板背面の地盤の残留沈下量は、

レベル1地震波入力:2.6cm

レベル2地震波入力:18.5cm

である。レベル1地震では地盤の変形は鋼矢板周辺に限られるのに対し、レベル2地震では地盤の変形が広範囲にわたることがわかる。また、残留せん断ひずみから、レベル2地震では鋼矢板前面の受働地盤の塑性化が進展していることがわかる。

動的数値解析によって、鋼矢板擁壁および周辺地盤の変形、鋼矢板に生じる断面力を精度よく評価するためには、例えば表3.2に示す条件が必要と考えられる。特に地盤特性については、対象とする土質条件に応じて解析モデルを選定し、また、土質試験を実施してパラメータを設定するなど、適切な解析方法を選択するように留意する必要がある。なお、表3.2に挙げた条件を満たす動解法は、種々、開発されているが、地盤と構造物との一括解析(連成解析)において十分な使用実績のあるもの、また

表3.2 動解法に必要と考えられる条件

解析手法		時刻歴応答解析(動的解析)
解析モデル	一般	地盤と構造物の一括解析(連成解析) 2次元または3次元モデル
	地盤特性	非線形モデル(全応力または有効応力モデル)とし、繰り返し載荷を含む履歴依存性を考慮できること
	構造特性(鋼矢板)	線形もしくは非線形の梁モデル
	地盤－構造間特性	地盤－構造間の滑りを考慮
解析に用いる外力の入力形式		加速度時刻歴波形(設計基盤に入力)

表4.1 鋼矢板擁壁に必要な性能

性能	必要な性能
性能1	想定する荷重によって道路の健全性が損なわれず道路機能に支障が生じない性能(通常通行に影響を与えない)
性能2	想定する荷重による道路の損傷が限定的なものにとどまり、道路機能回復のための修復が比較的容易に行いうる性能(通行機能が回復可能な損傷にとどまる)
性能3	想定する荷重による道路の損傷が致命的とならない性能(崩壊せず)

表4.2 鋼矢板擁壁の性能の観点

性能	安全性	修復性		使用性
		短期的修復性	長期的修復性	
性能1	路面が崩壊しない、鋼矢板擁壁が倒壊しない	通行機能回復のための修復を必要としない	路面及び鋼矢板擁壁とも軽微な修復でよい	通行機能への支障が生じない
性能2		路面の応急修復により通行機能が回復できる	路面の本復旧が比較的容易である 鋼矢板擁壁の本復旧は新設または修復を行う	道路車線で部分的に通行機能が損なわれるが、速やかに機能回復できる
性能3				

は実験シミュレーション等により適用性が検証されたものを用いることが望ましい。

4. 自立式鋼矢板擁壁の設計法

4.1 性能規定

仕様設計から性能設計への移行が進む中、自立式鋼矢板擁壁の設計法も性能規定型の設計法とし、鋼矢板擁壁前背面の道路の利用者にとって必要な機能を確保するように設計することを基本とした。

4.2 鋼矢板擁壁に必要な性能

鋼矢板擁壁に必要な性能は、安全性・使用性・修復性のそれぞれの観点から表4.1のように性能1～3の3段階のレベルを設定した。ここで、安全性とは、鋼矢板擁壁の倒壊及び道路の崩壊等の致命的な損傷が生じず、人命を損なうことのないようにする要求性能、修復性とは、道路の損傷を比較的容易に修復できる要求性能、使用性とは、道路の通行に支障が生じないようにする要求性能をいう。さらに、修復性では、主に被災時の応急復旧による修復性を指す短期修復性と、本復旧による修復性を指す長期的修復性を考慮する。表4.2に性能1～3の設定における安全性、修復性、使用性からの観点を示す。

4.3 性能照査方法

鋼矢板擁壁の設計は、表4.1で規定する性能に対する照査を行うものとし、その照査方法は必要な性能に応じて表4.4に示すものを標準とする。また、照査項目は鋼矢板擁壁の安定性、及び道路の使用性の観点から、表4.5のように設定し、それらを満足すれば必要な性能を満たしているとみなすものとし、図4.1に示す手順で性能照査を行うものとする。

表4.3 想定する設計状況と鋼矢板擁壁に必要な性能

想定する設計状況	広域幹線道路または緊急輸送道路	左記以外の道路
常時荷重(自重、載荷重、常時の土圧、水圧)、雪荷重、風荷重、衝突荷重及びこれらの組合せ	性能 1	
レベル1地震動による影響が支配的な状況	性能 1	
レベル2地震動による影響が支配的な状況	性能 2	性能 3

表4.4 性能照査方法

必要な性能	性能 1	性能 2・性能 3	
解析手法	簡便法	弾塑性法	動解法
モデル	梁-バネ(地盤)モデル		地盤と鋼矢板の一括解析
地盤特性	線形地盤 反力モデル	バイリニア型 弾塑性地盤反力モデル	非線形履歴依存モデル
鋼矢板特性	線形(弾性域内の曲げ剛性を用いる)		
外力の入力形式	震度法に基づく作用圧		加速度時刻歴波形
解析される主な応答値	鋼矢板の頭部変位、断面力		鋼矢板の変形、断面力周辺地盤の変位・沈下

表4.5 必要な性能に対する照査項目

必要な性能	想定する設計荷重条件	鋼矢板擁壁の安定性		通行機能に関する道路の使用性 <許容変位量の目安>
		鋼矢板擁壁本体の安定性	擁壁前面の受働側地盤の安定性 <許容変位量の目安>	
性能 1	常時	応力度 ≤ 常時許容応力度	設計地盤面での水平変位 ≤ 根入れ部の地盤水平抵抗が工学的に弾性挙動と評価できる変位量 < 1.5cm以下 >	頭部変位量 ≤ 許容変位量 < 壁高の1.0%以下 >
	レベル1地震動	応力度 ≤ 地震時許容応力度		頭部変位量 ≤ 許容変位量 < 壁高の1.5%以下 >
性能 2	レベル2地震動	応力度 ≤ 降伏時許容応力度	根入れ先端部に弾性領域が存在すること	頭部変位量 ≤ 許容変位量 < 30cm以下 >
性能 3				

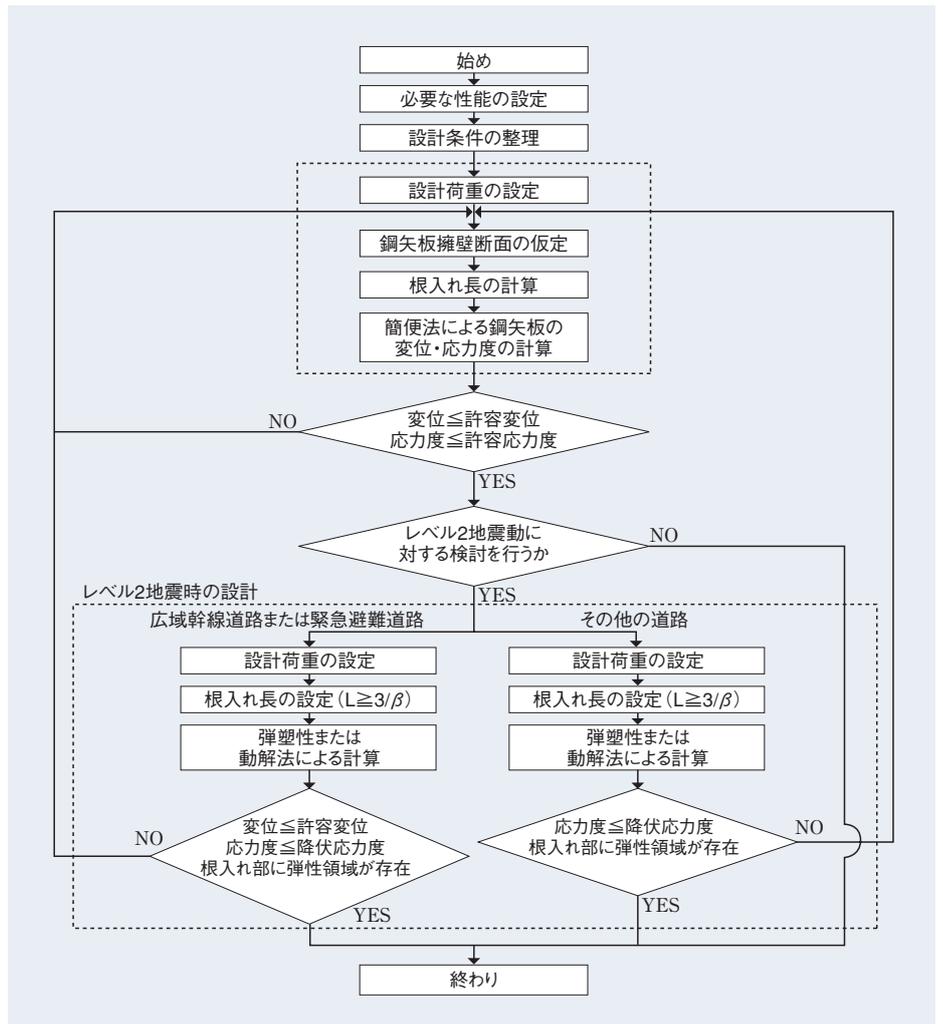


図4.1 鋼矢板擁壁の照査手順

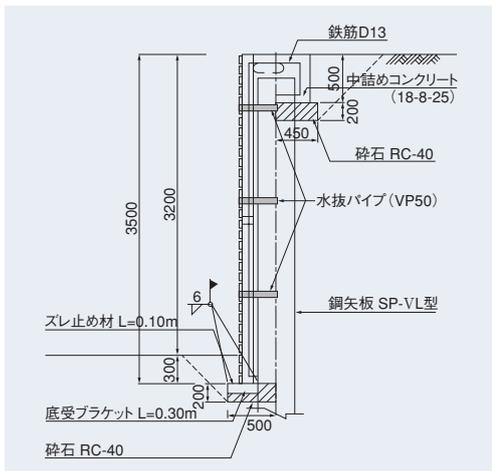


写真5.1 コンクリートパネルを用いた施工事例

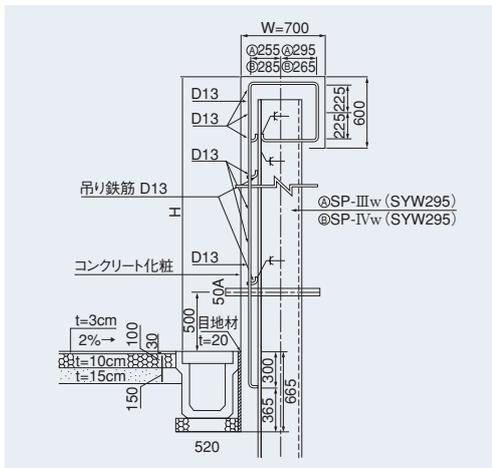


写真5.2 場所打ちコンクリートを用いた施工事例

5. 鋼矢板擁壁の修景方法

鋼矢板擁壁の壁面には、必要に応じて修景工を施す。修景工には、例えば、写真5.1に示すコンクリートパネルによる方法、写真5.2に示す場所打ちコンクリートによる方法、写真5.3に示す塗料・有機ライニングの塗覆装による方法がある。

鋼矢板擁壁では、鋼矢板壁背面が道路になる場合と鋼矢板壁前面が道路になる場合があり、後者の場合でコンクリートパネルまたは場所打ちコンクリートによって修景する際には、地震時に崩壊して通行人等に影響を及ぼすことがないように配慮して設計する必要がある。

6. おわりに

「自立式鋼矢板擁壁設計マニュアル」¹⁾は、設計実務者が有効に活用できるように、

鋼矢板擁壁に必要な性能の規定及び実験、解析を踏まえた合理的な性能照査法が具体的に示されている。効率的な道路擁壁整備の推進に自立式鋼矢板擁壁は有効な工法であり、特に、軟弱地盤、狭い場所での擁壁築造及び切土箇所での仮設本体兼用等で、大きな効果を発揮する。自立式鋼矢板擁壁及びその設計法の普及をはじめ、さらなる鋼矢板の利用技術の発展に向けた努力を今後とも継続する所存である。

<参考文献>

- 1) 鋼管杭協会、財団法人先端建設技術センター:自立式鋼矢板擁壁設計マニュアル、2007.12
- 2) 左合靖樹、鳥海真琴、張鋒、中井照夫、原田典佳、恩田邦彦、黒澤辰昭:自立式鋼矢板擁壁の耐震性能評価、第43回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 3) B.Ye.G.L.Ye.F.Zhang and A.Yashima: Experiment and numerical simulation of repeated liquefaction-consolidation of sand, Soils and



写真5.3 有機ライニング塗装を用いた施工事例

Foundations, Vol.47, No.3, 2007

- 4) 黒澤辰昭、吉野久能、元木卓也、奥田洋一:鋼矢板を用いた道路擁壁の動態観測、第39回地盤工学研究発表会 平成16年度発表講演集、2004
- 5) 黒澤辰昭、吉野久能、納見昭広、奥田洋一:鋼矢板を用いた道路擁壁の動態観測(その2)、第40回地盤工学研究発表会 平成17年度発表講演集、2005

●協会からのお知らせ

鋼管杭協会、新会長・関田貴司よりごあいさつ

平成19年度の定時総会において、前会長・藤原俊朗が退任。新会長に関田貴司JFEスチール常務執行役員(現・専務執行役員)が就任しました。

環境・防災と次代のニーズを見据え、新たな価値創造を

協会設立から35年あまり。グローバル化の進展や少子高齢化など社会構造の変容で、鋼管杭を取り巻く環境も変わってきました。こうした中、当協会が取り組むべきは、環境や防災をテーマにした経済的かつ環境対応型の新技術開発です。官公庁や他団体との共同研究も進めながら、これまで鋼管杭が果たしてきた役割に、新たな価値を創造・付加させるようチャレンジを続けて参ります。



【関田貴司 略歴】

昭和25年生まれ
昭和50年 東京工業大学 大学院理工学研究科
修士課程金属工学専攻修了
昭和50年 川崎製鉄(株)入社
平成9年 水島製鉄所冷間圧延部長
平成10年 水島製鉄所冷間圧延部長兼
同電磁鋼板部長
平成11年 経営企画部海外事業管理室長
平成12年 水島製鉄所管理部長
平成15年 JFEスチール(株)薄板セクター部長
平成17年 常務執行役員
平成19年 鋼管杭協会会長
平成20年 専務執行役員

平成19年度 技術講習会・説明会開催実績

平成19年度の各種説明会・講習会は、「回転杭」「高耐力継手を用いた鋼管矢板基礎」など鋼管杭・鋼管矢板工法のほか、「港湾リニューアル」「海面廃棄物処分場向け鋼製遮水壁」「波崎海洋暴露試験の研究報告」など港湾関連、防食・補修工法に関する工法、「ハット形鋼矢板900」など鋼矢板関連をテーマに、全国で23回開催されました。今後とも、需要家のニーズに即した技術PR活動を続けてまいります。



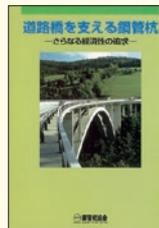
協会発行・新パンフレットのご案内

橋梁、護岸等で、施工性および経済性、環境性を追求した鋼管杭工法のパンフレットを新たに発行いたしました。

- ① 鋼材を用いた「高潮対策工法」
- ② 道路橋を支える鋼管杭—さらなる経済性の追求—
- ③ 大水深海域での橋梁基礎には「ベルタイプ式鋼管杭工法を！」
- ④ 鋼製パイルベント基礎—基礎・橋梁の急速施工への実現化—



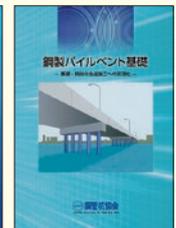
①



②



③



④

協会発行・新技術資料のご案内

協会より発行されている技術資料に、以下の改訂版および新刊が発行されました。

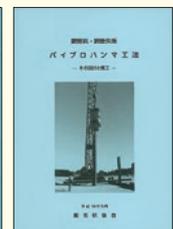
- ① 重防食鋼管杭・鋼管矢板製品仕様書(平成19年1月第5版)
当該製品の使用材料、品質等に関する標準的な仕様書。
JIS規格改正に伴う修正・細部の見直しを実施。
- ② 鋼管杭・鋼管矢板の附属品の標準化(平成19年3月第8版)
前回改訂より5年を経過し、この間に改訂されたJIS規格を踏まえ、記載用語等を見直しを実施。
- ③ 鋼管杭・鋼矢板 パイロハンマ工法—その設計と施工— (平成19年3月改訂新版)
「杭基礎設計・施工便覧」改訂(H19.1)を機に内容を見直し、算定例等を追記。
- ④ 鋼矢板—設計から施工まで— 2007[緑本](平成19年4月改訂新版)
JIS規格改正、ハット形鋼矢板900の追記など、最新の鋼矢板技術を盛りこみ全面改訂。
- ⑤ 重防食鋼矢板の施工の手引き(平成19年9月第3版)
当該製品の打設・加工・補修等に関する現場での作業管理の要点について記載。
- ⑥ 自立式鋼矢板擁壁 設計マニュアル(平成19年12月新刊)
合理的な設計法の構築を図り、性能規定等の記述により設計実務者が有効に活用できる内容。
(詳しくはP9 TECHNICAL NOTES参照)



①



②



③



④



⑤



⑥

※協会発行資料・パンフレットは非売品です。入手については協会、または会員会社へお問い合わせください。

鋼管杭協会組織図 (平成20年5月)

会長
関田 貴司

副会長・専務理事
成田 信之

総会
理事会

事務局

技術総括委員会

道路・鉄道技術委員会

港湾技術委員会

建築基礎技術委員会

鋼矢板技術委員会

製品技術委員会

防食技術委員会

■鋼管杭協会会員 (50音順)

- 株式会社クボタ
- JFEスチール株式会社
- JFE大径鋼管株式会社
- 新日本製鐵株式会社
- 住友金属工業株式会社
- 住金大径鋼管株式会社
- 東亜外業株式会社

