未来 FRONT

Part 1

中京圏の人、モノをつなぐ 環状道路の完成を支える回転杭工法

名古屋環状2号線（西南部・南部Ⅱ）建設工事

交通の分散導入効果やバイパス効果など、さまざまな機能を有することで大都市部の自動車交通を合理的に円滑化する環状道路。市民生活ならびに物流にとっても大きな期待が寄せられる環状道路の仕上げに向けたプロジェクトが、いま名古屋市の西南部で着手されている。交通渋滞が課題となる当該地域のモビリティ向上につながるだけでなく、1980年代以降、営々と築かれてきた名古屋市外周部を巡る環状道路の完成に向けた工事となる。そんな、名古屋環状2号線の高架基礎に用いられているのが、これまでも鉄道分野の高架基礎で数々の実績をおさめてきた回転杭工法だ。市街地施工に適した低騒音・低振動と無排土という環境特性と併せ、先端支持力の大きさなど合理的な杭設計が可能なメリットから採用されて道路分野での適用がすすめられている。

環状機能の仕上げとなる最終12km区間

名古屋環状2号線は、名古屋市周辺10km圏内に位置する延長約66kmの環状道路で、自動車専用道路（専用部）である名古屋第二環状自動車道（名二環）と伊勢湾岸自動車道のほか、一般部である国道302号で構成されている。このうち、専用部である名二環は名古屋南JCTから名古屋西JCTまでが2011年3月までに開通。残る、名古屋西JCTから飛島JCT（仮称）の約12kmの区間も2009年に整備計画が決定し、事業がすすめられてきた。そして、2013年9月より名古屋市西南部の日光川にかかる飛島大橋周辺での橋梁本体工事が着手されている。

同区間は、名古屋市中川区島井町から愛知県飛島村木場1の延長12.2km。片側2車線、高架構造の自動車専用道路で、名古屋西JCT南・富田・南陽・名四西（いずれも仮称）のインターチェンジ4ヶ所を設ける計画となっている。

多面的な効果で都市道路交通に貢献

この区間が開通することにより名古屋環状2号線は、伊勢湾岸自動車道などと一体化した環状道路として完成する。その結果、環状道路ならではの通過交通のバイパス機能が確立され、郊外部から名古屋都心部への交通を分散導入する効果が発揮され、事故、災害等の緊急時にも迂回誘導が可能となる。

渋滞の緩和が図られることにより愛知はもとより中京圏の物流効率化にも寄与する。建設工事がすすめられている本事業区間の南端は、名古屋港でも最大規模のコンテナ物流拠点である飛島ふ頭に直結している。名古屋港は外貿貨物量で全国第一位である上に、名古屋港から出荷される海上貨物の約7割が愛知県の出荷製造品になっている。

製造品出荷額が全国一位の“ものづくりの愛知県”らしい物流動向だが、その動態の多くが愛知県北部方面から名古屋港を目指して輸送されている特性がある。そのため、名古屋港へ向けた物流交通の所要時間短縮が期待されており、本事業区間の開通が強く望まれている。また、物流交通が専用部へとシフトすることで一般部の大型車両が減少し、住民生活の安全や快適性に寄与する。

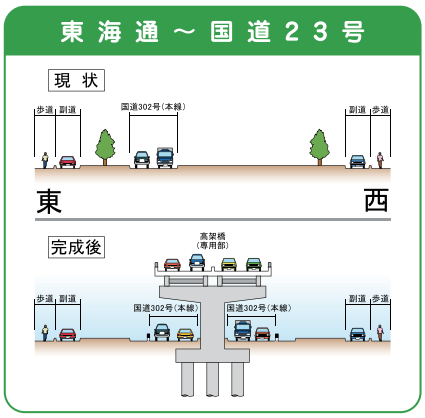
■名古屋環状2号線／路線・位置図

災害時のライフラインとしても機能

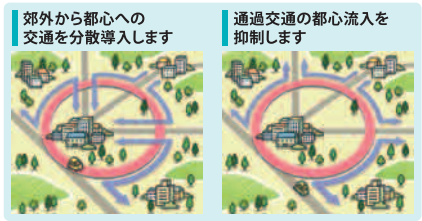
さらに、東日本大震災以降対策が強化されている、災害に強い道路機能確保にも大きく貢献する。この区間が位置する地域は、大規模浸水被害発生時に水没の危険性が高い標高ゼロメートル地帯が広がる。現在、この地域の第一次緊急輸送路は一般道路のみなので30年以内の発生確率が60～70％と想定される東海・東南海地震などの大地震発生時には輸送路が寸断され、支援・復旧機能確保が困難となる恐れがある。

本事業で整備される専用部は高架構造であるため、ゼロメートル地帯における第一次緊急輸送路が確保され臨海広域防災活動拠点へ接続する道路網整備の強化に大きく貢献する。

以上、自動車交通の利便性向上、物流支援、そして災害時の道路機能強化というさまざまな効果を期待されながら、名古屋都市圏の広域環状道路の仕上げとなるのが本事業区間の建設工事となっている。



■専用部／一般部の構造図



■名古屋環状2号線完成による効果

■本事業並行区間（国道302号）の交通状況

未来 FRONT

すぐれた環境性能に加え、合理的な杭工法を採用

道路分野で初の大規模採用となる回転杭工法

名古屋西JCTから飛島JCT（仮称）の専用部延長は約12.2km。その構造は、現在供用されている一般国道302号の中心付近に連続した2階建て構造の高架橋として建設される。全区間に設けられる橋脚数は約320基にものぼるが、その多くの基礎工は大径鋼管杭を用いた回転杭工法により施工する。

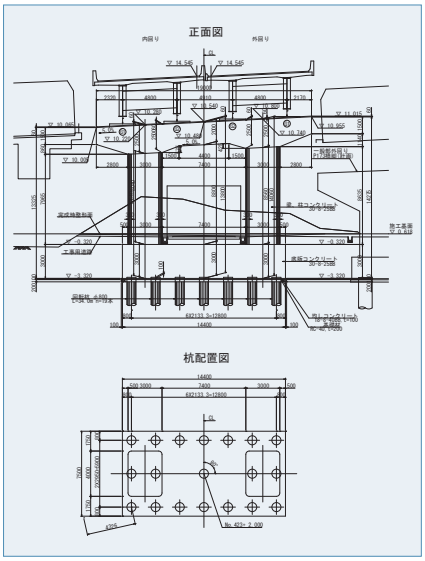
回転杭工法とは回転貫入を容易にする羽根を先端に溶接した鋼管杭を、主に全周回転機で回転させながら地盤へ貫入させる工法で、これまでにも北陸新幹線など鉄道分野で多くの実績を上げている工法である。その特徴は、全周回転機による低騒音・低振動施工と、無排土施工による環境影響低減である。さらには、杭先端の羽根による大きな先端支持力を活かして杭径を小さくする、あるいは杭本数を削減できるなどの経済性も期待できる。

これまで適用されてきた鉄道分野に続き、平成24年3月の「道路橋示方書・同解説」にも設計・施工に関する事項が追記され、今後、広範な分野への採用が期待されている鋼管杭工法である。

■延長12.2kmの名古屋環状2号線、西南部・南部II事業区間

低騒音・低振動・無排土施工で環境に貢献

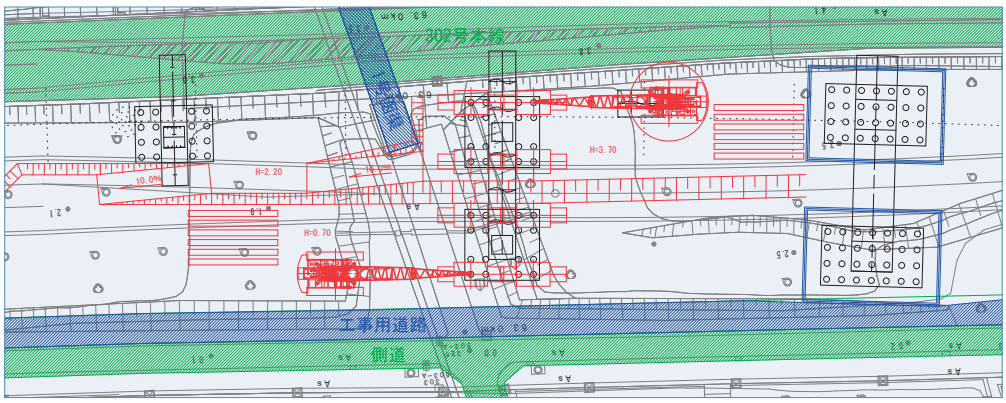
名古屋環状2号線・名古屋西JCT～飛島JCT（仮称）の高架橋本体下部工



■梅之郷地区橋脚・正面図および杭配置図

■梅之郷地区橋脚での回転杭貫入状況

は、平成25年9月より名古屋市港区小川地区、および飛島村梅之郷地区などの日光川両岸から着手されている。平成25年12月に小川地区で施工された橋脚では、φ800mm×t12mm×L33.0mの鋼管杭が左右2基の橋脚に計32本。梅之郷地区のP171橋脚では、φ800mm×t12mm×L34.0mの鋼管杭（いずれもSKK490）が計19本打設された。



■小川地区橋脚・施工配置図

小川地区橋脚の施工現場は一般国道302号が併走し、西側約20mには一般住宅なども点在する市街地での施工環境になる。そのため、施工ヤードは通常よりも狭小となり、たとえば下杭・中杭・上杭の3本を現場溶接して打設する鋼管杭は1セットしか施工現場に仮置きできないなど、限られたスペースでの施工が求められる。

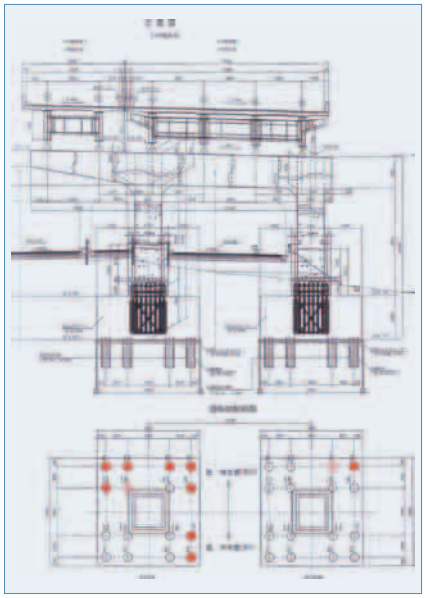
左右門型の橋脚では、効率的な杭施工が行えるよう全周回転機2機を用いて同時並行で回転杭の貫入が行われていた。鋼管杭を打設する施工者の所感としては、第一に低騒音・低振動という特性に大きなメリットを感じるという。打設にかかる作業時間帯は8時すぎから最大19時まで。一般住宅や特別養護老人ホームなども隣接する現場では、近隣環境への配慮にもっとも神経を使うところだ。そのため、低騒音・低振動で安定した施工が可能な回転杭工法は施工者にとっても大きな安心感があるという。

一方、鋼管杭の打設後に残土が発生しない特性も排出土の仮置き場が不要となり、限られた作業スペースでの施工性に大きく寄与している。もちろん、発生残土の処分費等が軽減できることから経済的であり、環境特性にも大きく貢献している。

精度確保、省スペースなどすぐれた合理性

小川地区橋脚では、下杭9.0m・中杭12.0m・上杭12.0mの1セットをほぼ1日工程で打設している。約12kmの工区全般の地質条件は、砂層と粘土層が交互に入り混じった沖積層が広範囲にひろがり、支持層も硬く締まった細かい砂層だ。そのため、回転杭の特性を活かして貫入は順調に行われているが、地表から1～2mの層に玉石等の障害物が散見されるので、その場合は回転杭の先端の障害にならないように事前に取り除くことが注意点だという。

そうした環境条件での施工性は、支持層への最終根入れは1～2時間程度を要するが、それまでの下杭・中杭の貫入は30～60分程度とスピーディーだという。回転杭の特性として、鉛直精度の確保が容易だというのも施工者からの所感としてあげられる。鋼管杭の貫入はパソコンを用いて回転トルクなどとN値との関連データで管理されているが、鉛直精度はトランシットで二方向から随時確認する。他の杭施


■小川地区橋脚・正面図および杭配置図

■左右2基の基礎を同時施工する

■全周回転機の移動、設置の状況

■名2環で採用されている回転杭の先端形状

未来 FRONT

道路分野への本格的な適用で可能性広がる回転杭工法

工と比較しても回転貫入する工法であることから、正回転・逆回転の切り替えで鋼管杭の引抜き対応も容易である。そのため、地中に障害物や硬い地盤があった場合でも貫入の修正がフレキシブルなため、杭の鉛直性も高い精度を確保しながら施工がすすめられている。

市街地施工に心強い低振動･低騒音、そして環境特性にも経済性にもすぐれた無排土工法。加えて、コンパクトな全周回転機をもちいた省スペース性と、回転杭ならではの高精度で合理的な施工性など、数々のメリットを発揮しながら施工がすすめられている。

道路橋示方書記載も併せ、広がる適用の可能性

名古屋都市圏交通の合理化や物流支援、そして将来予見される災害時の緊急輸送ルートなど、多面的な目的と効果を期待されながら建設が進む、名古屋環状2号線。名古屋都市部、および郊外部との円滑な道路交通網を確立するのみならず、中部国際空港や東名阪自動車道、東名高速道路など広域の交通アクセスにも密接する重要な環状道路の完成が、中京圏の各方面から期待されている。

■小川地区橋脚、回転杭の建込み、および貫入の状況

■杭先端の貫入状況

低騒音・低振動、無排土という環境特性を最大のメリットとして採用された回転杭工法は、本事業への大規模な採用事例により裏付けられた合理的で高品質な鋼管杭施工により、今後、ますます道路分野をはじめとした多方面への適用が期待されている。

■回転杭工法の低騒音・低振動の特性が有効な施工現場

未来 FRONT

Part 2

地震による液状化と津波に備える 海岸堤防で本格化する鋼矢板二重式工法

仁ノ海岸堤防改良工事

高知県中央部に位置し、土佐湾の湾奥部にあたる東西約30kmの砂浜海岸である高知海岸。その中央部には月の名所としてよさこい節にも歌われる、桂浜が観光名所としても有名だ。その高知海岸で平成24年より、地震・津波対策を目的とした海岸堤防の液状化による沈下対策工事が進められている。そのうち、液状化による堤防の沈下量が大きいと想定された工区では広幅鋼矢板二重式工法が採用され、海岸堤防としてはこれまでにないスケールの大きな適用事例となっている。

2012年9月、県道に隣接した工区での打設の状況

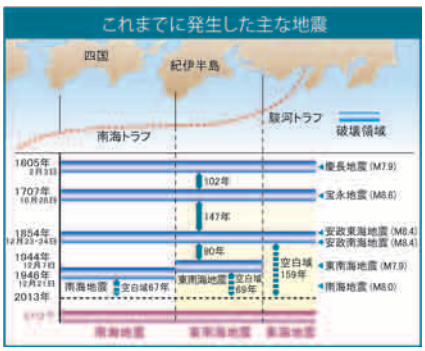
硬質地盤、省スペース等制約をクリアした工法

巨大地震の液状化による堤防沈下対策

月の名所、また坂本龍馬像で有名な桂浜から西へ約9km。四万十川に次ぐ、高知県第二位の河川である仁淀川の左岸河口に位置するのが延長約1400mの仁ノ海岸だ。今後30年以内の発生確率が70％といわれる南海トラフを震源とした地震で、海岸堤防の液状化による沈下が大きいと想定された地区である。

来たるべき南海・東南海地震が発生した場合、高知県全域で最大2mの広域沈下を起こすものと想定された。既設の堤防高さはT.P.10.26m。設計段階で高知県が設定した津波高が8mだったため、先の広域地盤沈下2mが起った場合でも既設の堤防高を変えないまま、津波高に対処できる液状化対策として工法が検討された。

こうした検討の背景には、仁ノ海岸の特徴として堤防背後には主要県道とそれに続く住宅地が近接し、侵食海岸であることから堤防を引いたり前出ししたりすることが不可能であったことがあげられる。また、現場一帯はウミガメの産卵地であるため、砂浜を埋め立てるような工法は採用できなかった。さらに、台風シーズンを中心に越波等の発生も多いことから、液状化対策の工期中も既存堤防の機能を活かしながら施工を行う必要があるなど、数多くの制約条件があった。



■これまでの主な地震の発生サイクル

鋼矢板二重式工法の門型断面で液状化抑制

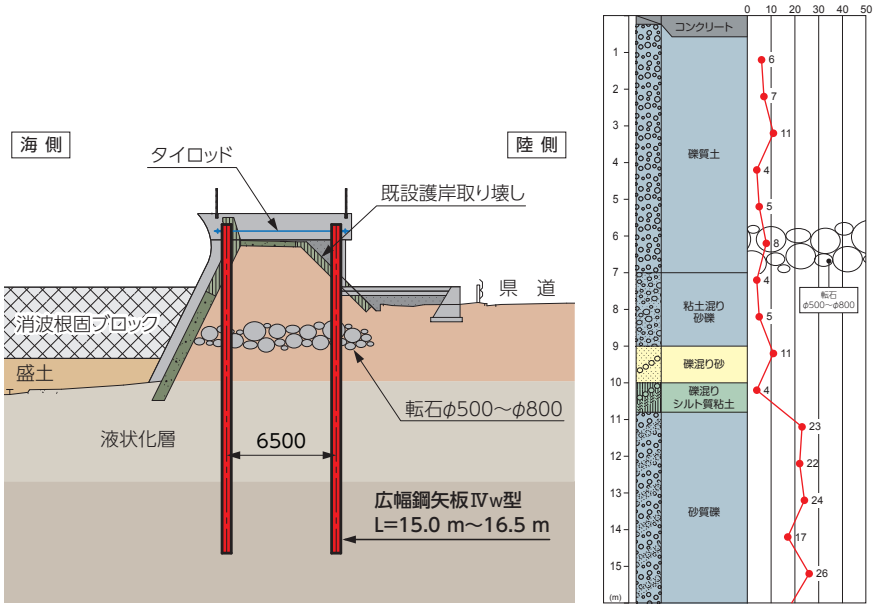
こうした諸条件をもとに工法検討がなされた結果、総延長約1400mの仁ノ海岸の堤防改良工事では2通りの工法が採用された。ひとつは、仁淀川河口

■改良工事前の既設堤防

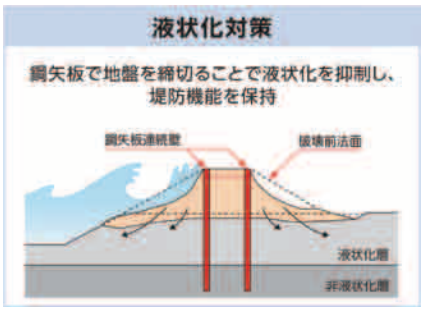
■現場位置図、および全体平面図

に隣接した西側地区の延長約710mの第一期工区で、広幅鋼矢板二重式工法が採用された。ここでの施工の概要は、護岸の海側前面と背面におおむね6.5m間隔で鋼矢板を二列に打設し、鋼矢板上部をタイロッドで緊結する。この鋼矢板を用いた門型の断面構造による地盤の締切り効果で、堤防天端より約7～10mの深さにある砂層が地震時に液状化することを最小限に抑制する。この結果、堤防の沈下を防ぎ、高さを維持することで越波・越流による破堤を防ぐとともに高靱性の鋼矢板を用いることで、津波の作用力にも耐えることが期待される。

一方、東側の延長約700mの第二期工区では堤内地盤高が高いことなどから堤防の液状化による沈下量が西側工区よりも小さく想定された。そのため、この工区では消波ブロックによる押え盛土工法が採用された。



■第一期工区／標準断面図、および土質柱状図



■鋼矢板二重式工法による効果

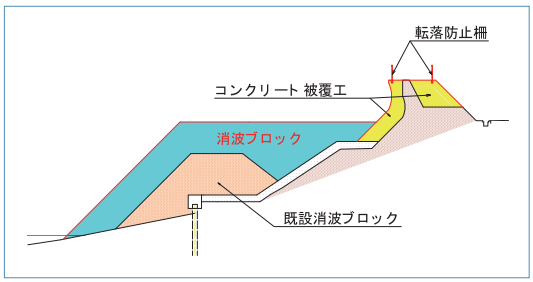
■打設済みの鋼矢板に併走することで施工性と省スペース性を両立させた圧入機

転石層の存在で硬質地盤クリア工法を採用

平成24年3月より着工された西側の第一期工区で使用されたのは、広幅鋼矢板Ⅳw型15～16.5m。着工当初はウォータージェット併用のバイブロハンマーで打設される予定だったが、着工後に地中に直径500～800mmの転石層が存在することが分かり、急遽、打設方法が変更された。硬質地盤クリア工法とよばれるもので、転石や岩盤などN値50以上の硬い地盤をオーガーで砕きながら直径700mmの孔を先行して掘削する。その後に、鋼矢板を建て込む工法で全国に約70機しかない専用の圧入機が、この工区に7機集められて施工が行われた。

ただし、その準備のための時間がかかり先行する県道側・堤防背面の矢板打設は8月からのスタートとなった。施工手順は、まず県道側・堤防背面のコンクリートを撤去し、鋼矢板を圧入する。背面から施工するのは、工事期間に台風等の接近があっても堤防機能を維持するためだ。そして、次に堤防前面に鋼矢板を圧入する。

施工上、大きなポイントとなるのは鋼矢板建て込みのための削孔精度だ。二列の鋼矢板をつなぐタイロッドの許容誤差は8cm。つまり、二列に打設した鋼矢板の水平方向の施工誤差は、それぞれ±4cm以内にとどめなければいけないということになる。施工の現場では、転石の大きさや量などに応じてオーガーのトルクや削孔速度を制御しながら、慎重な作業が続けられた。専用機にはさまざまな施工データをリアルタイムに表示する機能が備わっているが、削孔の方向の予測などはオペレーターの技量に負うところが大きかったという。そのため、削孔に1時間かかることもあり、一日当りの鋼矢板打設量は5～6枚程度だったという。早朝や夜間の施工も行うことで工程を守ることができた。



■第二期工区／標準断面図

硬質地盤への圧入という課題を除けば、県道境界に隣接した防護柵から1～2mという狭い作業スペースで既設の堤防を取り壊しながら、法勾配の急な斜面でも足場を確保しやすい自走式の圧入機で施工できた硬質地盤クリア工法は、この工区の条件下では最大限の施工性を発揮し、結果的に急速性と経済性を両立した事例となった。

未来 FRONT

鋼矢板の粘り強さで海への備えも頼もしく

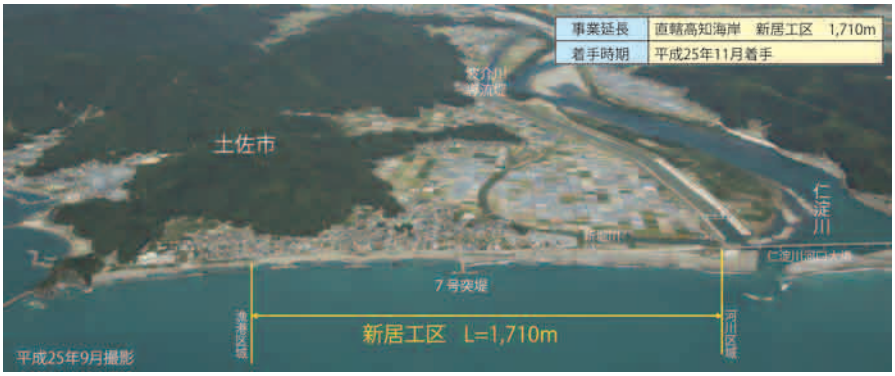
海岸堤防に鋼矢板の大きな可能性拓く

硬質地盤クリア工法による鋼矢板打設が平成24年8月にはじめられた仁ノ海岸・第一期工区は、11月中旬にすべての鋼矢板の打設が完了。延長710mの区間に約2400枚・計4000tの鋼矢板が使用された。その後、法覆護岸施工や消波根固めブロックの設置などが行われ、平成25年3月にはすべての工事を終えている。また、平成25年11月より仁淀川右岸の河口部に隣接した新居工区約700mで既存堤防の液状化対策工が、同様の鋼矢板二重式工法で着工されている。

本プロジェクトは、既設の堤防をそのまま活かしながら地震による液状化対策と津波の波力による越流・破堤対策を、限られた施工スペースと硬質地盤環境下での施工性をクリアしながら行われている。

工事終了から約1年。景観にも配慮して化粧パネルで美しく被覆された堤防外観からは、いまや内部の構造はうかがえない。しかし、施工中のようすを知る近隣住民からは、高靱性の鋼矢板が使用されたことで強靱な堤防に生まれ変わったことを頼もしく感じている声が多いという。中長期的に高い確率で起こりうる、大地震と海岸部での大津波。海岸堤防の対策工にスケール感をもって鋼製の基礎材が適用された嚆矢として、今後、全国の同様のケースの範となる可能性を秘めている。

■化粧パネルが施されウミガメもPRされる堤防の現況



■仁淀川右岸、新居工区の位置図

■専用圧入機を7機同時施工することで工期のスピードアップがはかられた