インプラント構造

南海トラフ巨大地震

防災・減災

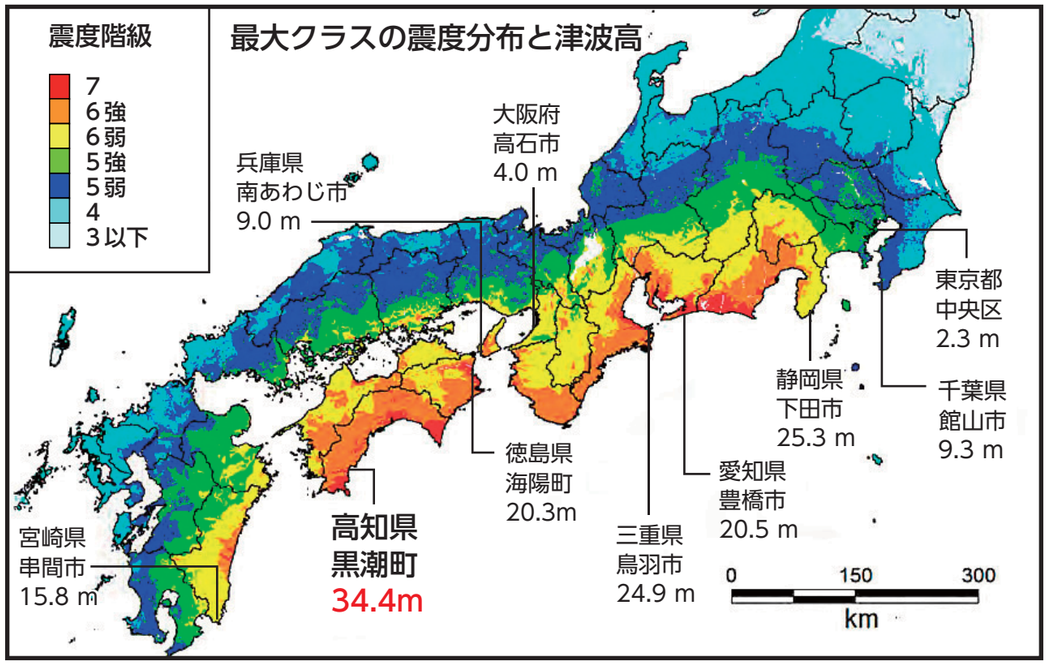
首都直下地震・自然災害

GIKEN

想定された20XX年の現実

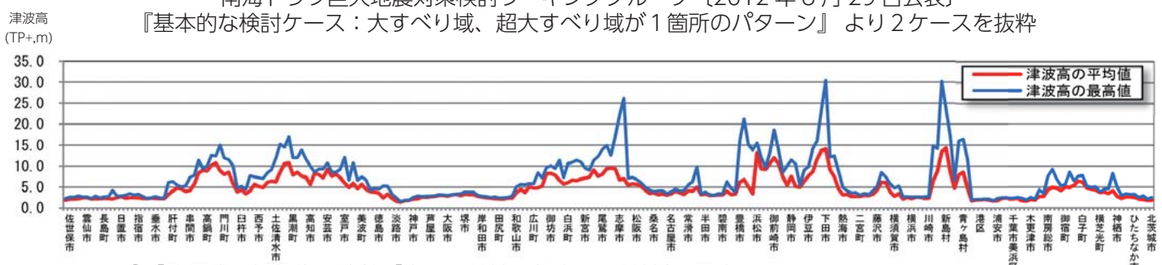
南海トラフ巨大地震の震度分布

南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ最終報告〔2013年5月28日公表〕
『震度の最大値の分布図（強震波形４ケースと経験的手法の震度の最大値の分布）』

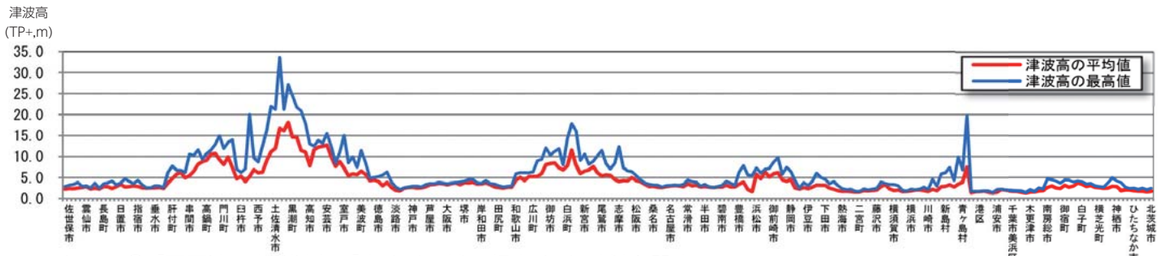


南海トラフ巨大地震による各市町村の津波高

南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ〔2012年8月29日公表〕
『基本的な検討ケース：大すべり域、超大すべり域が１箇所のパターン』 より２ケースを抜粋



ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域＋超大すべり域」を設定



ケース⑤「四国沖～九州沖」に「大すべり域＋超大すべり域」を設定

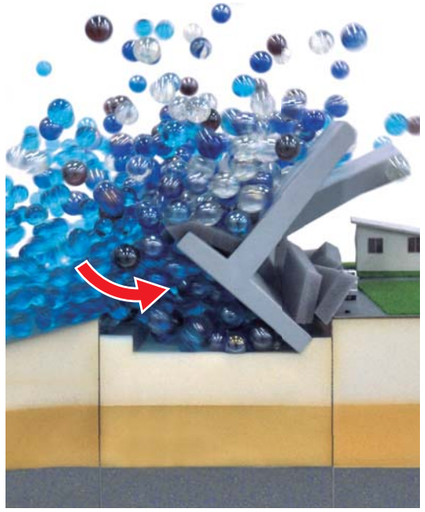
国土強靭化

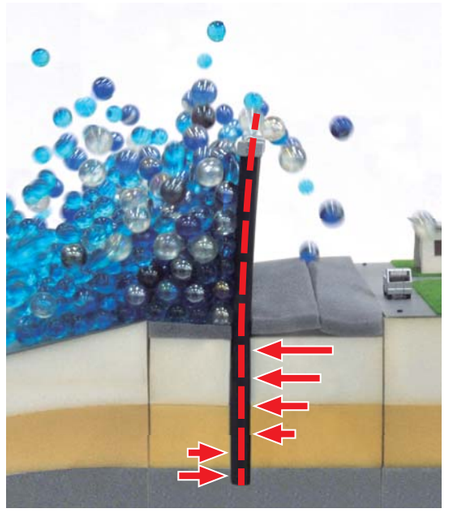
インプラント構造

大地震・津波の被災を繰り返してはならない！

「構造革命」から始める防災・減災対策

脆弱なフーチング構造から、強靭な**インプラント構造**へ





〔 対策工法提案集 〕

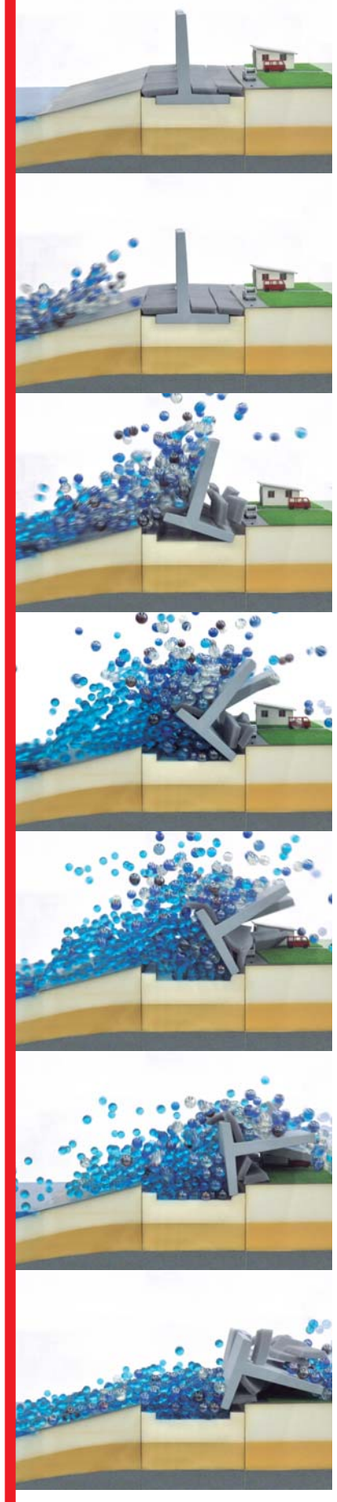
- ■ 地震・津波に粘り強い構造
- ■ 地震・津波対策の堤防補強
- ■ 海岸・河川の地震・津波対策
- ■ 地球に根を張る新・防潮堤
- ■ 津波時の緊急避難装置
- ■ 既設構造物の液状化対策
- ■ 臨海施設の地震対策
- ■ 埠頭岸壁の耐震補強と増深
- ■ 道路・鉄道の耐震補強
- ■ 橋梁の耐震補強・架け替え
- ■ ため池堤防の地震対策
- ■ 地すべり・斜面崩壊防止

GIKEN

地震・津波に粘り強い構造

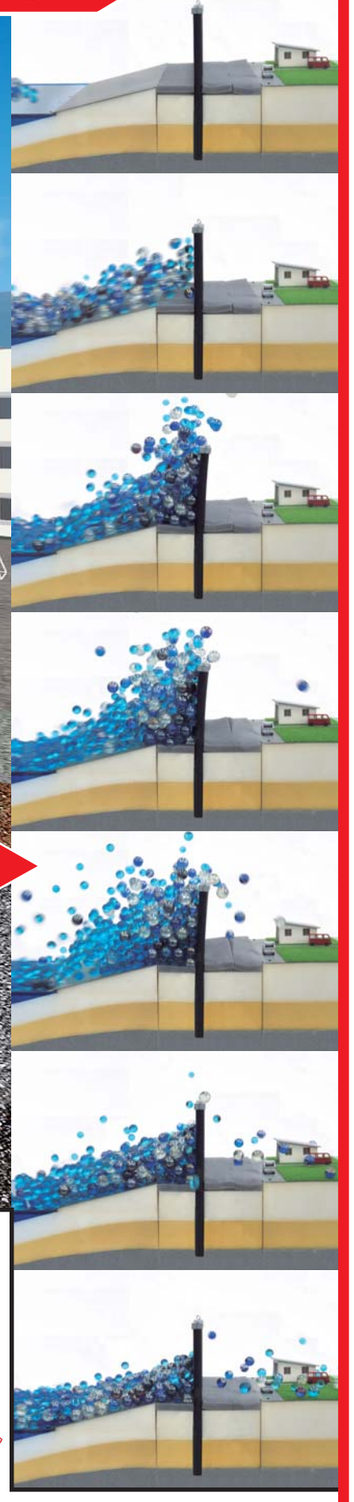
インプラント構造

従来式堤防の脆弱性
（フーチング構造）



地球に根を張り一体化した **強靭なインプラント構造**

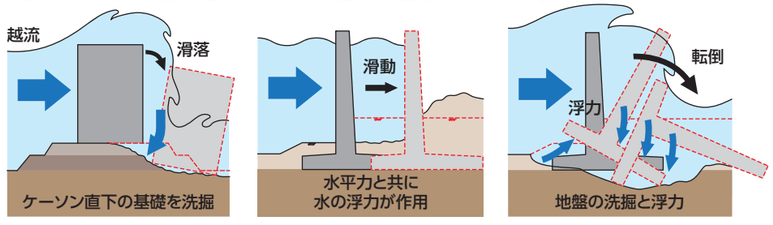
躯体部と基礎部が一体となった許容構造部材を地盤に挿し込むインプラント構造は、外力を受けても地球が支えてくれ、転倒や滑動することなく、その場に耐え留まる。



従来式堤防（土堤）の機能イメージ

「地震・津波」vs「土堤」
＝「ライオン」vs「牛さん」
戦う前から勝負あり!!

土堤（被覆式傾斜堤）はもちろん、コンクリート製のケーソンや逆Ｔ式擁壁でも、地表や浅い地盤に置くだけの形式は、強い地震動や津波の応力に耐えられない。

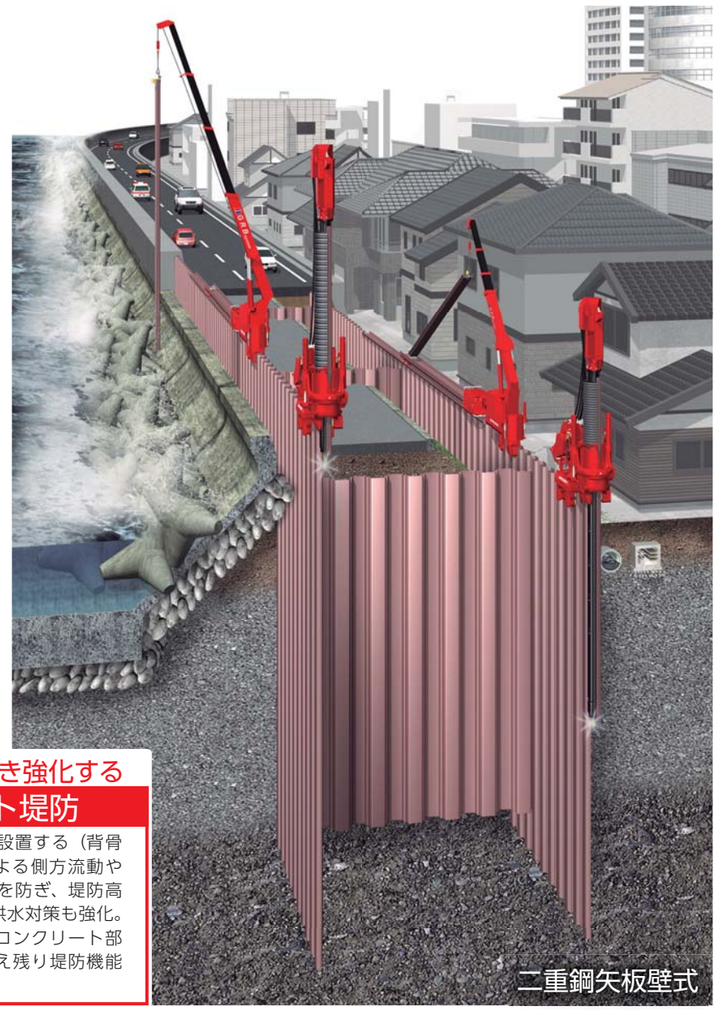


地震・津波対策の堤防補強

堤体に〝背骨〟を貫き強化する

インプラント堤防

堤体に剛性の高い鋼杭を設置する（背骨を貫く）ことで、地震による側方流動や地盤沈降による堤防決壊を防ぎ、堤防高の嵩上げによって高潮・洪水対策も強化。地震・津波で堤防前面のコンクリート部が損壊しても、鋼杭は耐え残り堤防機能を保持し続ける。



インプラント構造

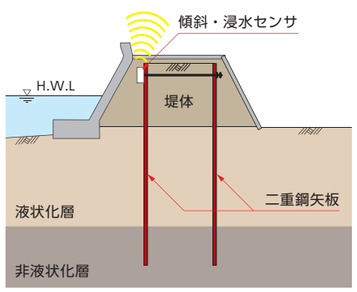
〔堤防機能〕＋〔経済効果〕
嵩上げした杭天端に観光道路を敷設

■ インプラント堤防　５つの防災機能

（既存堤防を二重鋼矢板で補強：高知県 / 高知大学 / ㈱技研製作所で効果を共同研究）

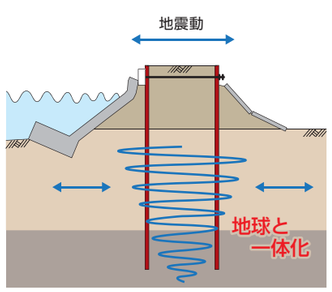
平常時 ／ 地震発生時 ／ 津波襲来時 ／ 被災後（復旧時）

① 変位遠隔監視



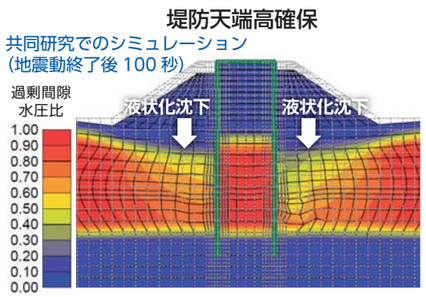
センサで堤体の状態を常に把握
杭に設置した傾斜・浸水センサが発信するデータを対策本部等に集約。平常時から台風、豪雨、地震時まで、常に堤体の状態を遠隔監視する。

② 耐・地震動



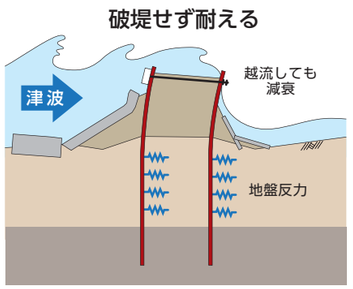
地球と一体化した堤体
非液状化層まで根入れした杭により、地震動で法面が崩壊しても、地盤と一体化した堤体は堤防としての健全性を保つ。

③ 耐・液状化



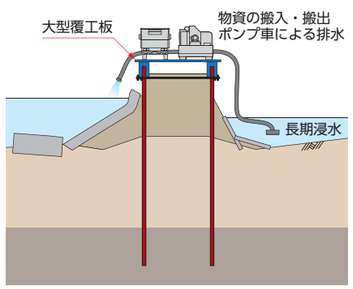
「拘束地盤免震」で沈下を抑止
二重鋼矢板壁で拘束された地盤は、液状化（赤い部分）しても側方流動が抑えられ、沈下を最小限に止めて津波に対する堤防天端高を確保する。二重壁の外側は大きく地盤沈下している。

④ 耐・津波



粘り強く耐え続ける堤体
津波応力に対し、地盤反力と杭の剛性が押し波・引き波に耐え続ける。破堤しないので、越波しても津波減衰効果と避難時間の確保を果たす。

⑤ 緊急輸送道路



壁体を緊急輸送道路に使用
センサで杭の健全性を確認後、復旧作業用の大型覆工板を鋼矢板壁の天端に設置し、物資の輸送や長期浸水した地域の排水作業などを行う。

海岸・河川の地震・津波対策

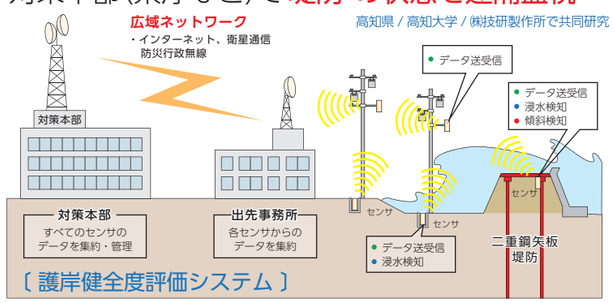
■ 国土交通省直轄「高知海岸」の堤防補強

南海トラフ巨大地震対策の海岸堤防改良工事で国土交通省が初採用

■ 防災先進県〔高知〕の取組み

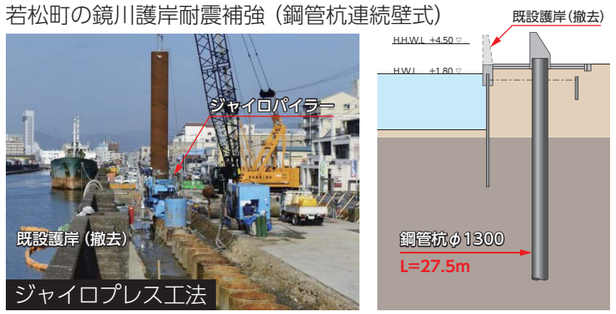
① 高知市を津波から守る最終防潮ラインの耐震補強

② 対策本部（県庁など）で堤防 の状態を遠隔監視



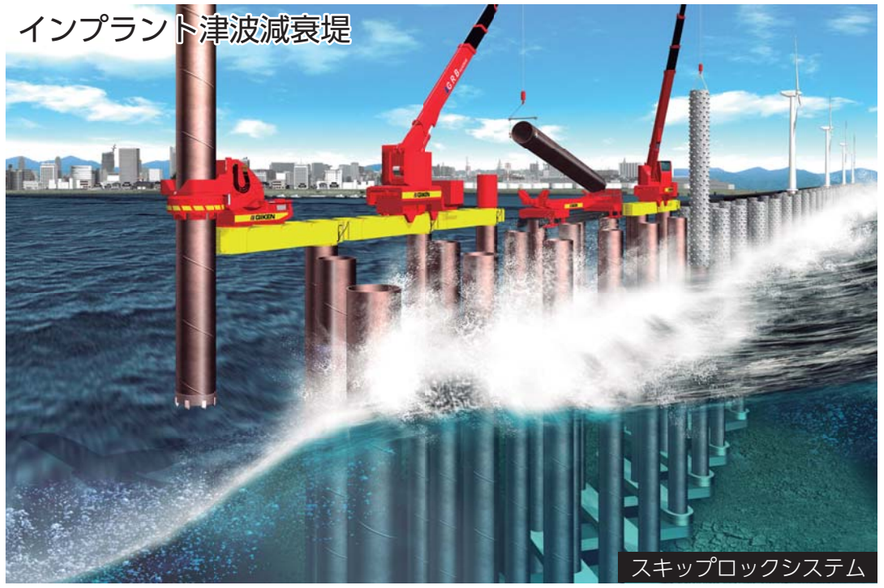
堤防のセンサネットワークが自動計測したデータを集約し、浸水区域図等を作成して、円滑な初動活動を支援する。浸水・傾斜データを対策本部に集約し、

若松町の鏡川護岸耐震補強（鋼管杭連続壁式）

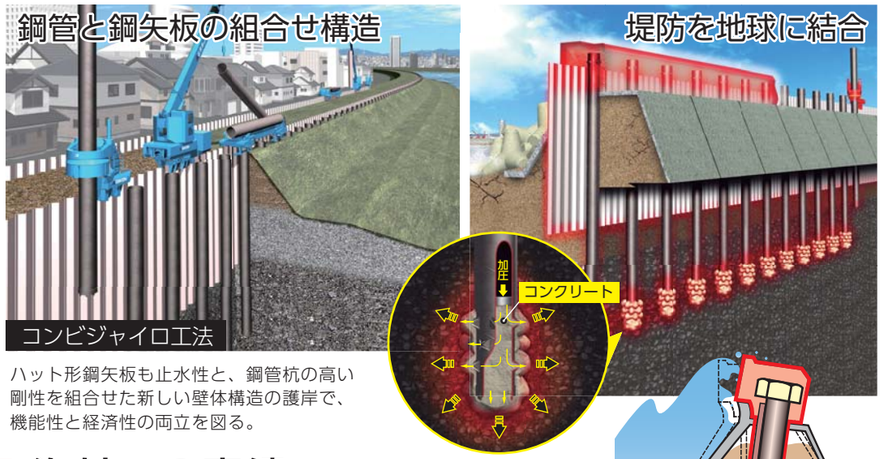


国分川・久万皮護岸耐震補強（二重鋼矢板壁式）

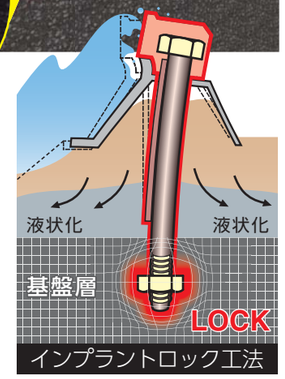
■ 粘り強い構造の応用技術



千鳥配置した強靭なインプラント群杭の流体抵抗により、津波の流速を下げて威力を減衰させる。



ハット形鋼矢板も止水性と、鋼管杭の高い剛性を組合せた新しい壁体構造の護岸で、機能性と経済性の両立を図る。



遮水壁と一体化した鋼管杭を基盤層まで圧入し、既存の構造物を地球に縫い付け定着させる。

■ 海外での実績

地球に根を張る新・防潮堤

インプラント構造

新構造と新素材の防潮堤

インプラントバリア

横方向に長大な堤防は、従来式だと強固にするほど堤体重量や設置面積が増し、地震による沈降・隆起で損壊したのち津波で押し流され、機能を失う。

新提案のインプラントバリアは、地球と一体化した強靭なインプラント支柱と遮断壁、新素材の津波防護壁を組合せた新構造で、景観を損ねず、省スペース・低コスト・急速施工を実現しつつ、粘り強く地震に耐え、しなやかに津波・高潮の波力を抑え込む“本来あるべき姿”の防潮堤（防潮壁）である。

緊急時
シャッター

津波防護壁
（高耐力ポリエステルベルト）

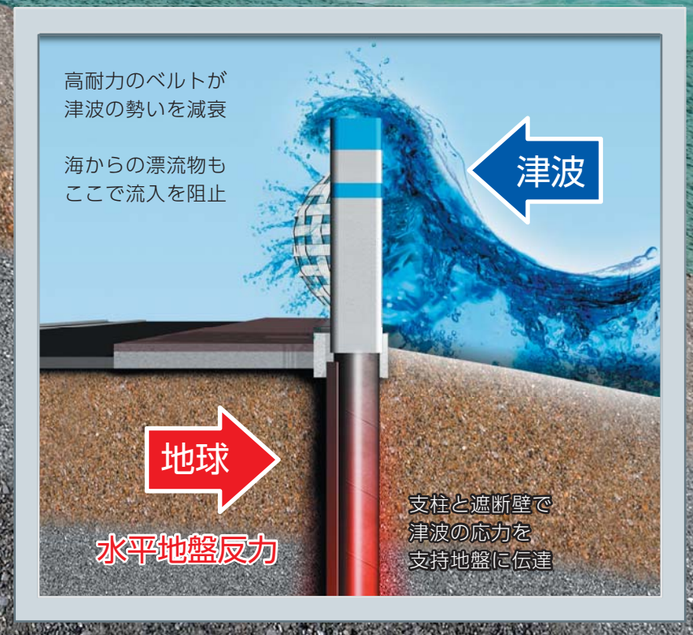
コンビジャイロ工法

遮断壁
（ハット形鋼矢板）

インプラント支柱
（ジャイロプレス鋼管杭）

〔 防潮堤を上回る機能 〕

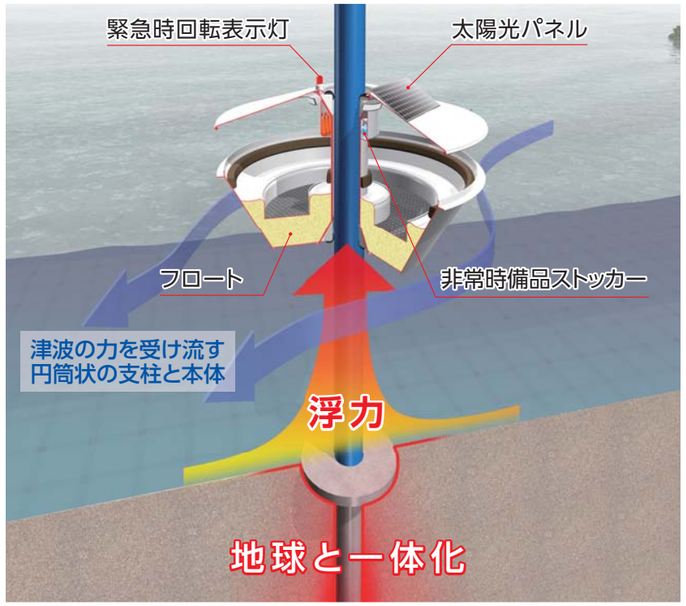
インプラント支柱と一体化した遮断壁は、津波の応力を面で受けて支持地盤に伝えるとともに、地盤を遮断して、液状化による側方流動や、浸食とそれに伴う土砂の流失などを防ぐ。



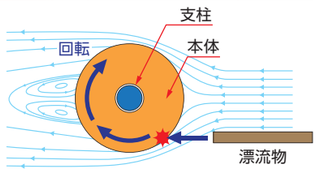
津波時の緊急避難装置

■ 迅速・円滑・安全な津波避難を実現

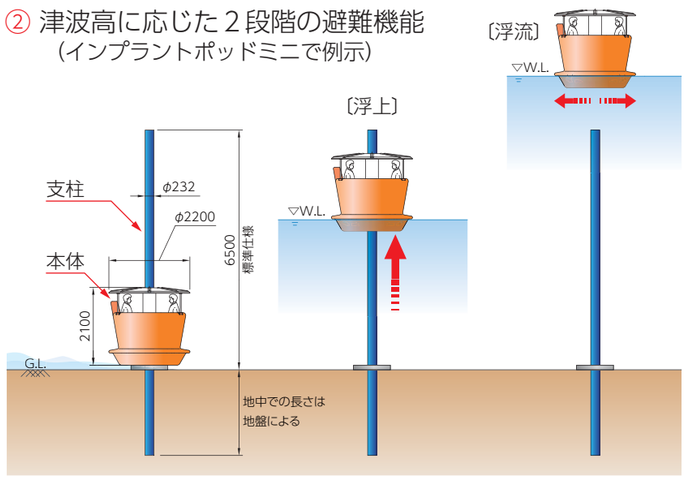
① 東日本大震災の被害から発想したインプラントポッド



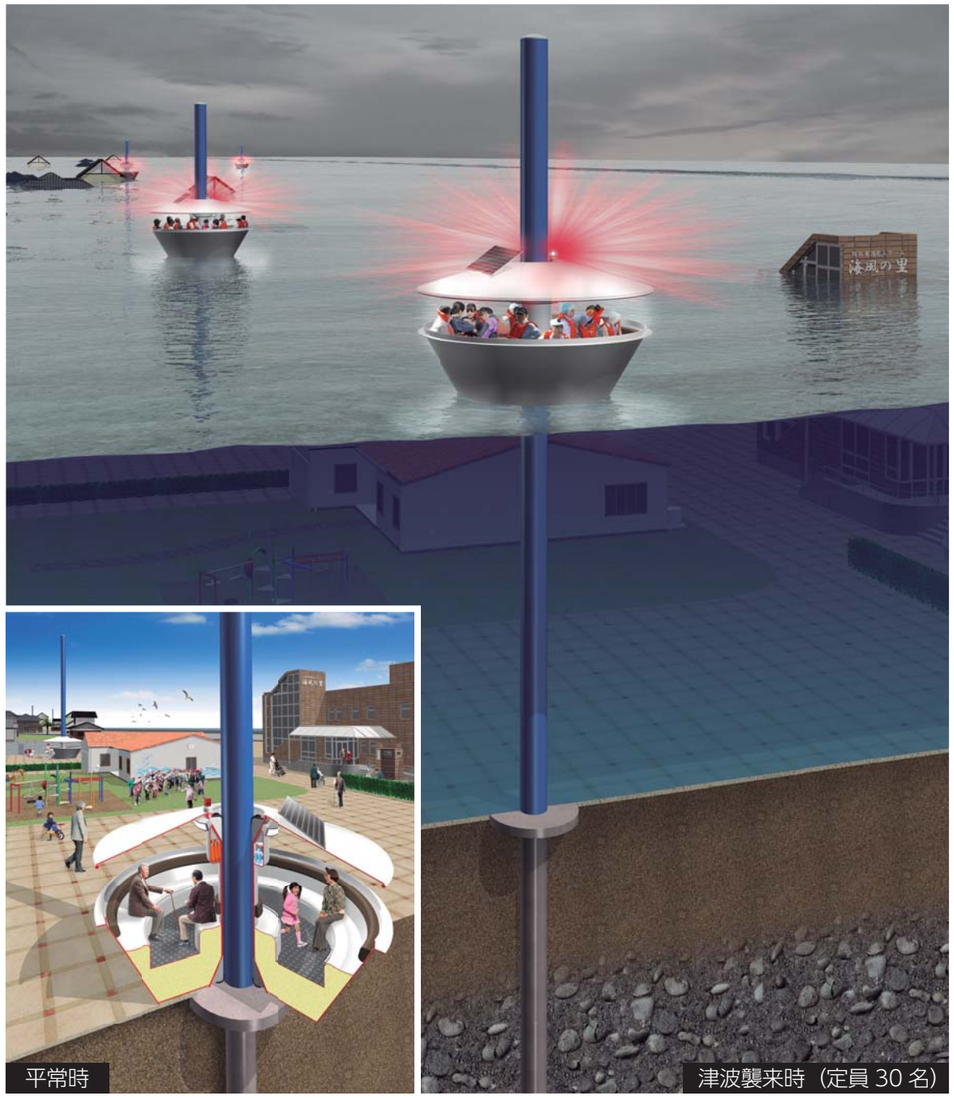
東日本大震災で残った、根入れが深く津波を受け流す一本柱と、沈まずに浮いたまま流される船舶から発想し、地球と一体化した強靭なインプラント構造の支柱と、津波を受けて浮上する避難所（本体）を組合せた、インプラントポッドを開発した。



② 津波高に応じた２段階の避難機能
（インプラントポッドミニで例示）



インプラントポッドは、津波高が支柱より低い場合、本体を浮上させて津波の力を受け流す。万が一、津波高が支柱を超えた場合は、支柱から抜け出て単独の避難ボートとして浮流する。



定位置で浮上するインプラントポッド

（インプラント式「支柱」＋フロート式「避難所」）

■ インプラントポッドの 画期的な〔７大特長〕

（１）強靭性：地震・津波に粘り強く耐 えるインプラント支柱で固定
（２）設置性：省スペース・プレハブ化 によりどこにでも設置が容易
（介護施設や幼稚園 など、個別施設のすぐ近くに設置すると効果的）
（３）迅速性：近隣の設置位置まで行き、乗り込むだけで避難が完了
（４）省力性：山や階段を上る必要がな く、災害時要救護者でも安心
（５）安全性：支柱を軸に回転する本体 が漂流物などを受け流し安全
（６）救助性：定位置で浮上するため、 場所の特定ができ救助が確実
（太陽光による回転 表示灯で位置を知らせ、水が引くと地上に戻る）
（７）汎用性：平常時は地域や家庭の憩 いの共有スペースとして活用
（タワー式等と異な り、地上に設置してあるため日常使いが可能）

インプラント構造

■ 小型化で自主防災を促進

① 定員５名のインプラントポッドミニ

小型化によって省スペース設置が可能。特に、高齢者や病人など災害時要救護者を抱える施設や民家では、すぐ避難できるよう２階に設置するなど、万全の自主防災を促進できる。

② 強靭なポリエチレン製の本体

変形しても破壊されにくいポリエチレン製の本体には、EPS発泡体が内包されており、浮力を担保している。

既設構造物の液状化対策

インプラント構造

インプラント連続壁による拘束地盤免震

(地盤の側方流動を抑え、構造物の不等沈下や変位を抑制)

■ 屋外貯蔵タンク

■ 直接基礎の建設物

■ 鉄道・道路の盛土

■ 沈砂池・沈殿池

■ 地下埋設物

未対策の地下埋設物は液状化により浮き上がる。(右の写真)

東日本大震災では、拘束地盤免震を実施した地下埋設物に被害はなかった。

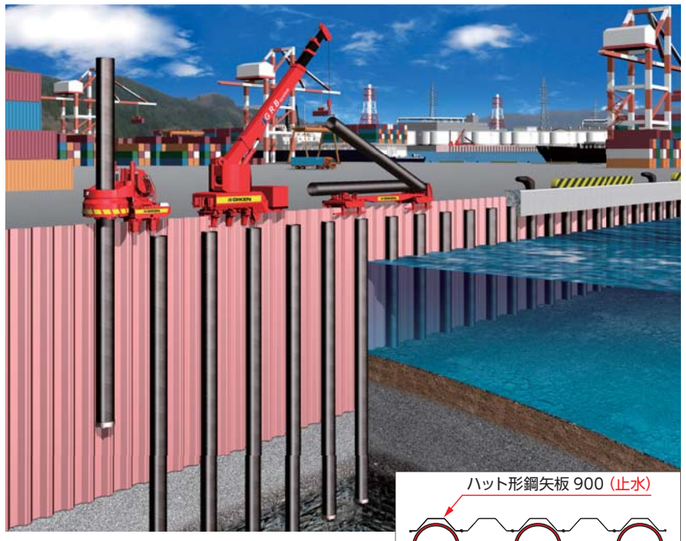
■ 岸壁・護岸

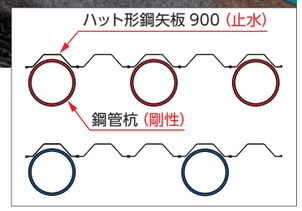
液状化した地盤は側方流動を起こし、護岸を崩壊させてしまう。

臨海施設の地震対策

■ 岸壁・護岸の耐震化

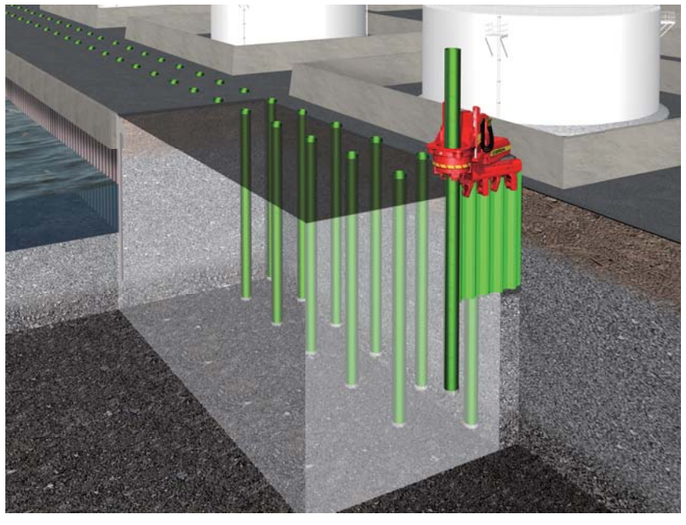
① 機能性と経済性を両立させる「コンビジャイロ護岸」



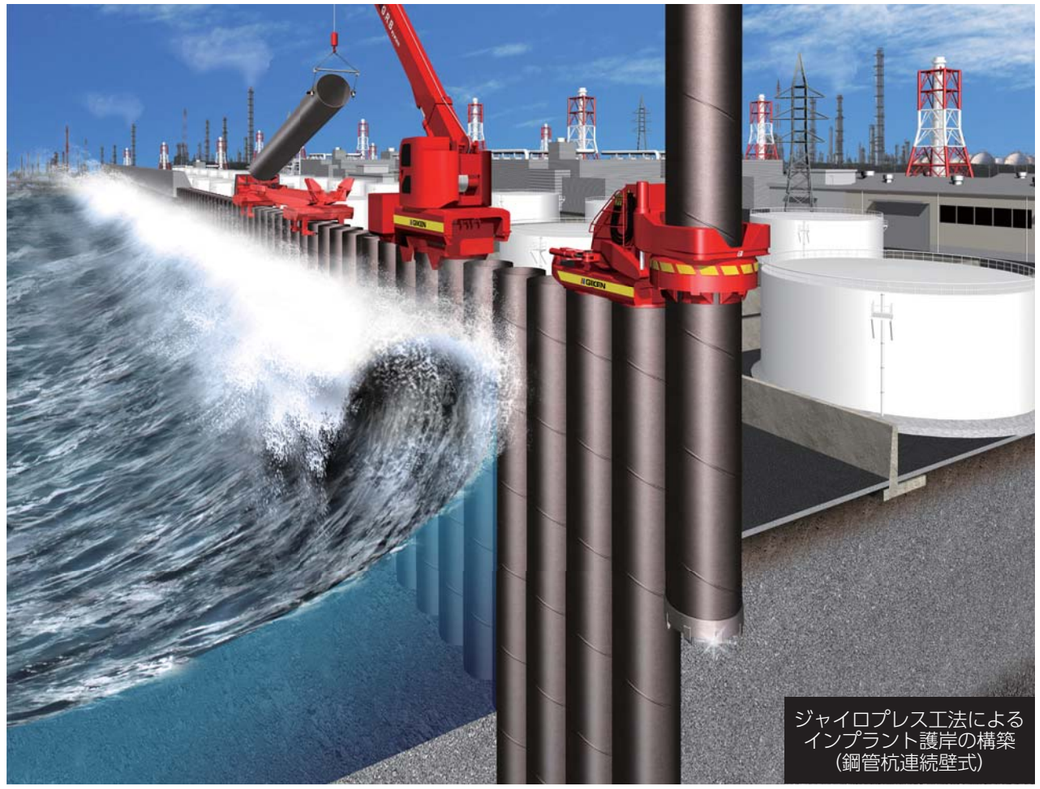


ハット形鋼矢板の止水性と、鋼管杭の高い剛性を組合せた新しい壁体構造の護岸。必要な剛性を任意に選択できるため、経済性に優れるインプラント護岸を構築できる。

② 地盤の側方流動を抑制する「インプラント抑制杭」



コンビナート内のタンクなどを守る防油堤の海側に、鋼管杭を千鳥配置に圧入する。これにより、地震時の液状化による側方流動を抑制し、タンクの水平変位量と沈下量を低減させ、タンクの海上への流出や配管の断裂による内容液の漏洩を防止する。



ジャイロプレス工法による
インプラント護岸の構築
（鋼管杭連続壁式）

コンビナートなど重要 施設を地震と津波から守る

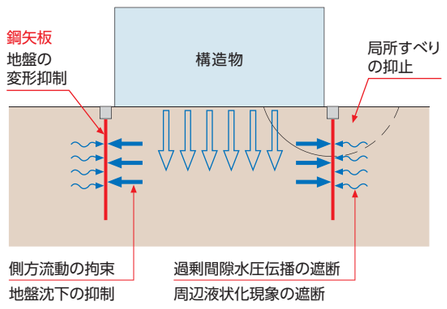
（強靭で粘り強いインプ ラント護岸と拘束地盤免震）

■ 屋外貯蔵タンクなど構 造物の耐震化

① 液状化を抑制する「拘束地盤免震」

鋼矢板リング工法

拘束地盤免震のメカニズム



拘束地盤免震とは、構造物の設置地盤を連続壁で囲い、上載圧の増加と側方流動の抑制によって、拘束した地盤全体で地震動の衝撃を緩和する免震技術である。液状化による不等沈下を抑え、上載構造物の変位や変形、配管の断裂による内容液の漏洩などを防止する。

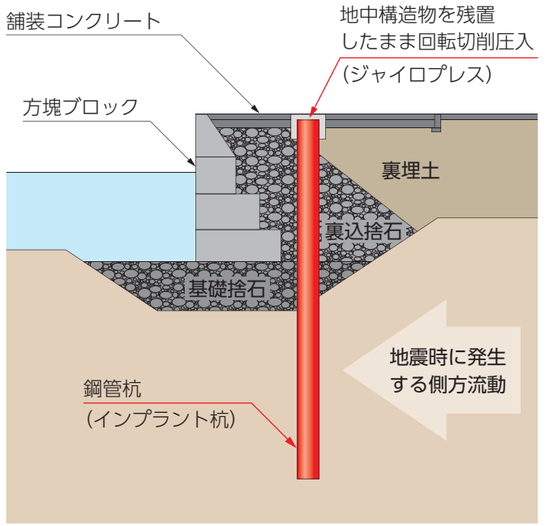
② 拘束地盤免震と「防油堤保護」を一体化

鋼矢板フェンス工法

既設の防油堤の前面に鋼矢板を圧入し、拘束地盤免震の効果を発揮するとともに、鋼矢板と防油堤を一体化して、地震や津波による防油堤の沈下や転倒を抑え、内容液の堤外への流出を防止する。

インプラント構造

■ 岸壁の地中障害物を貫通



先端ビット付きの鋼管杭を回転させながら圧入することで、既設構造物の鉄筋コンクリート基礎や裏込捨石などの地中障害物に対し、杭径の大きさで切削しながら貫通させていく。

埠頭岸壁の耐震補強と増深

インプラント構造

国際競争力を強化する高規格埠頭

インプラントロックバース

液状化地盤の側方流動

抑制

ジャイロプレス工法
地中障害物を残置したまま
鋼管杭を回転切削圧入

現・海底面

増深

新・海底面

自立式先行加圧岸壁

陸側に
反力が
伝播

加圧

- 既存埠頭へのアンカーやタイロッドが不要
- 荷役施設や積卸作業に影響を与えず施工

新・海底面

コンクリート

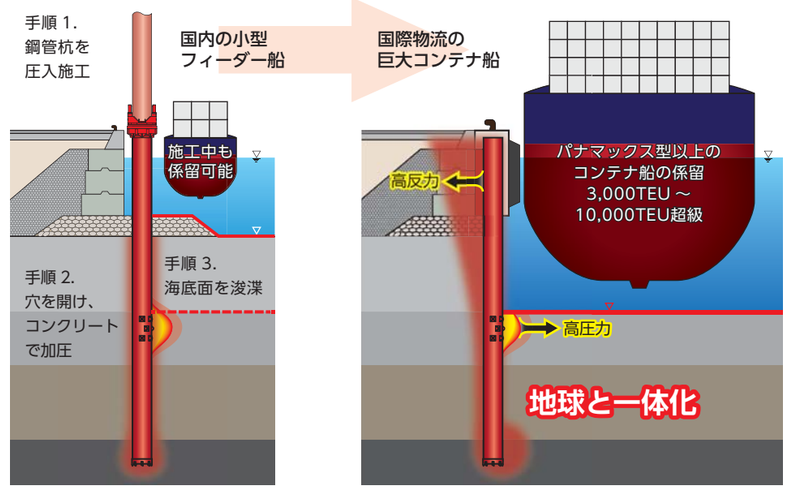
片面への
インプラント
ロック

海側の
地盤に
高い圧力

水平・垂直に強い支持力を発揮

国際中枢港へと岸壁を増深・耐震化

ハブ・ポート

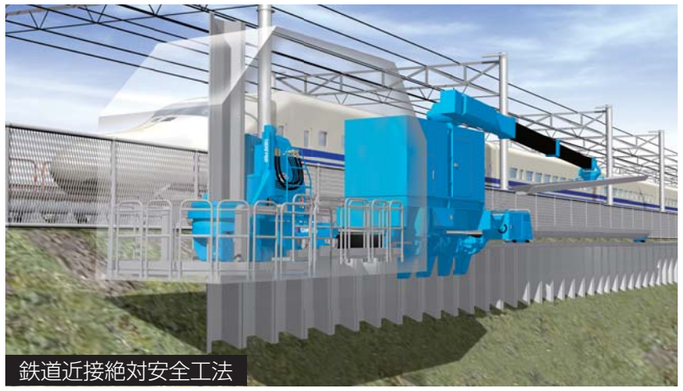


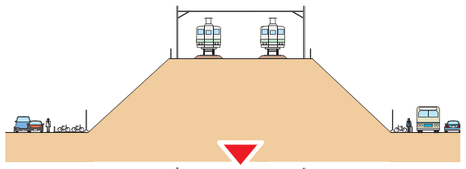
現状の港湾機能を維持しながら、国際物流の競争力を強化する大水深岸壁へと急速増深する。地中障害物を残置したまま、アンカー工等の不要な自立式先行加圧岸壁を構築することにより、施工中も船舶の係留や荷役が可能となった。完成後は高い耐震性と液状化地盤の側方流動抑制機能を発揮する。

道路・鉄道の耐震補強

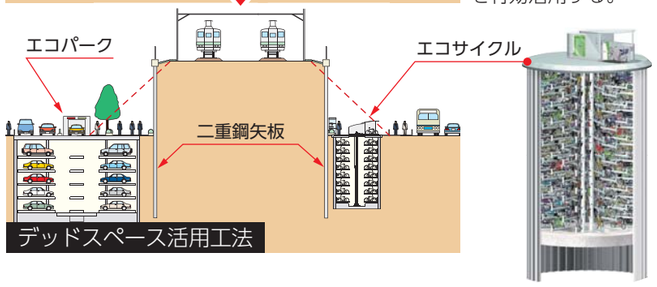
■ 盛土の耐震化と土地の有効活用

① 二重鋼矢板壁で盛土を耐震補強



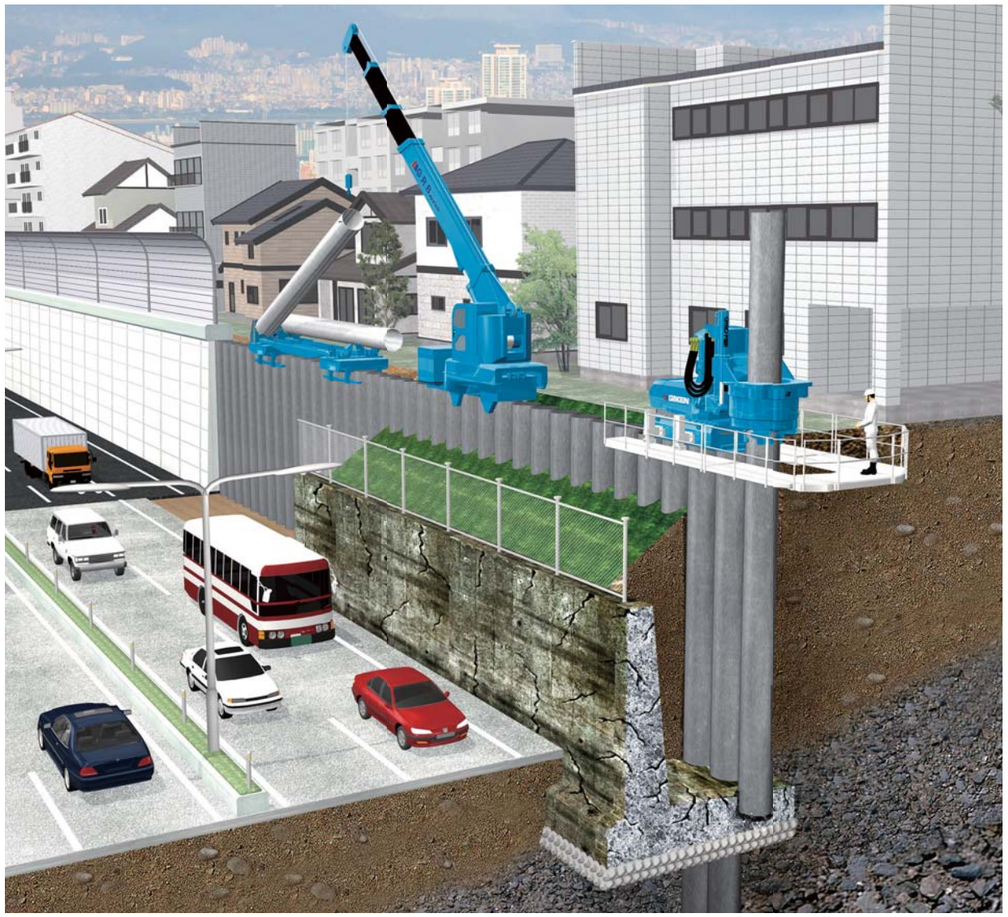


道路や鉄道を二重鋼矢板で補強し、地震動や液状化に強い構造とする。さらに法面だった場所へ駐車場や自転車道などを設置し、土地を有効活用する。



② 狭隘道を拡幅して高台への避難路を整備

地震・津波対策には耐震補強だけでなく、高台への避難道路の整備も重要。
インプラント擁壁によって狭隘道の拡幅と耐震化を図る。



強靭で粘り強いイン プラント擁壁で耐震化

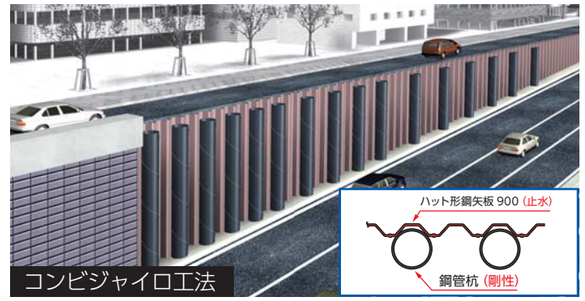
(既設構造物を残置した まま鋼管杭連続壁を構築)

■ 現況交通を阻害せず道路 擁壁を改修・機能強化

相模湾に面する幹線道路の擁壁の崩壊や基礎の老朽化が進んでいたため、現況交通を阻害することなく、既存の基礎を残置したまま機能強化を図るインプラント擁壁が採用された。

インプラント構造

■ 強靭で経済的な新しい構造



連続するハット形鋼矢板と剛性の高い鋼管杭を組合わせた新しい壁体構造によって、機能性と経済性に優れる強靭な自立式擁壁を提供する。

■ 道路分野における他の適用例

① 地域唯一の生活幹線道路の土砂災害防止

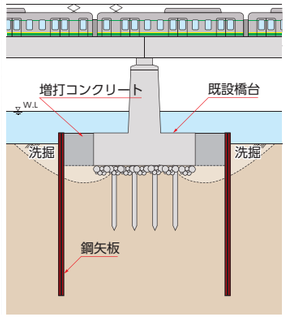
② 住宅密集地を通り抜ける高速道路の拡幅

橋梁の耐震補強・架け替え

■ 橋脚基部の耐震化と長寿命化修繕

① 現況交通を阻害することなく耐震・耐荷補強を実施

上部障害クリア工法（鋼矢板）



上部構造物を解体・撤去することなく、現況交通を維持したままで橋脚基部の耐震化や耐荷補強を行い、橋梁を再生・強化する。

② 鋼管杭や鋼管矢板で強靭な耐震井筒基礎を構築

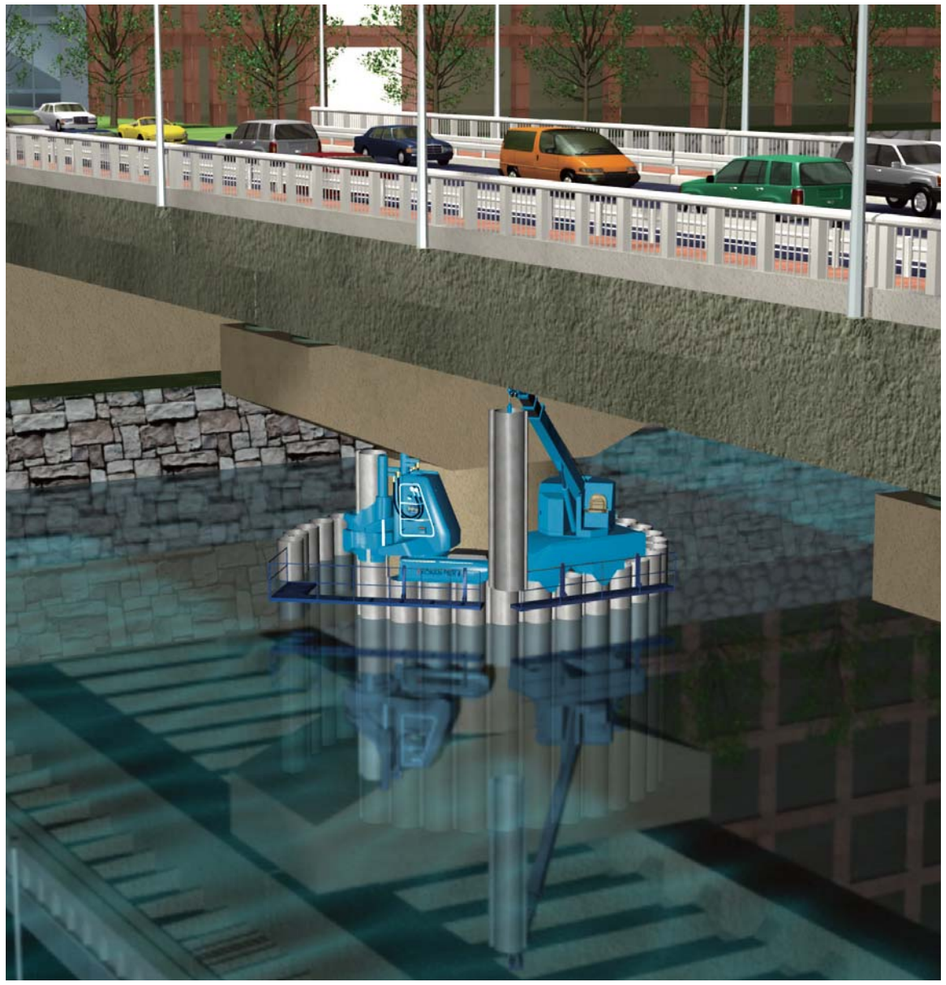
ジャイロプレス工法（鋼管杭）

北海道沙流群の平取橋

断面性能と曲げ剛性に優れる鋼管杭や鋼管矢板を用い、地震の水平荷重に強く、鉛直支持力も大きい耐震井筒基礎を構築する。

③ 超低空頭下における橋脚・橋台補強

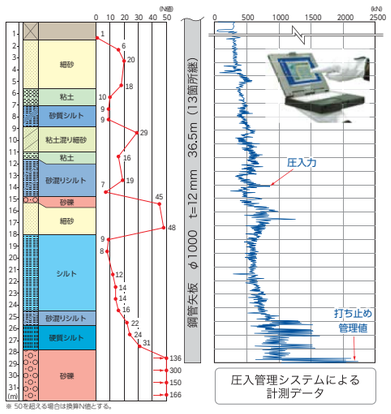
桁下空間が厳しく制約されても、超低空頭専用のクリアパイラーによって桁下最低 1m（鋼矢板の場合）あれば圧入施工できる。



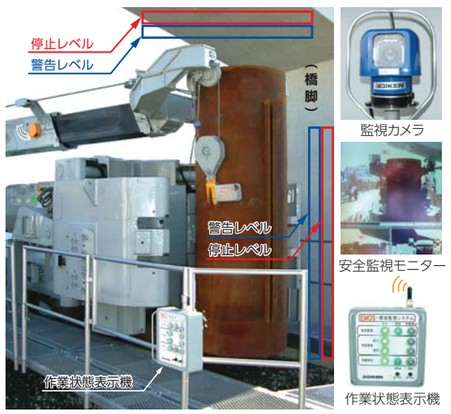
インプラント連続杭 で橋脚基部を耐震化

（大規模災害時における緊急 輸送路ネットワークの確保）

■ 科学的な圧入管理・環境 監視システム



圧入管理システムにより、杭の載荷状況をリアルタイムに把握できる。



監視カメラ

安全監視モニター

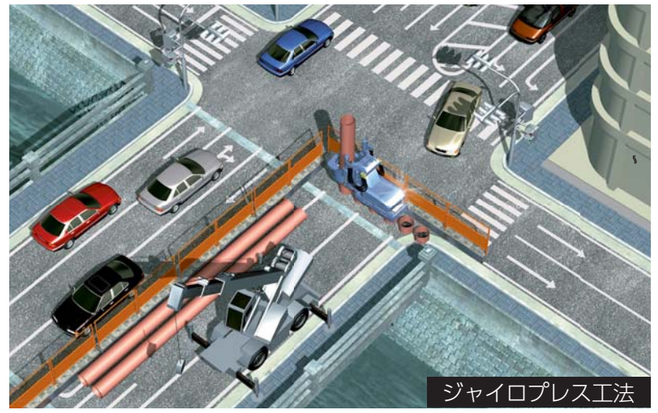
作業状態表示機

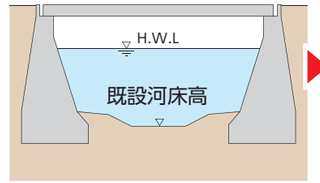
画像データ処理による機体の自動制御で、橋桁や橋脚への接触・損傷を未然に防ぐ。

インプラント構造

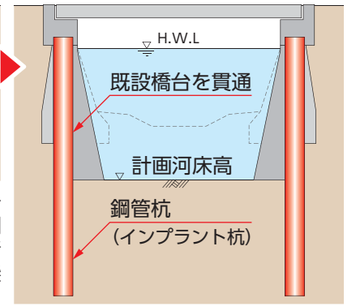
■ インプラント橋梁による架け替え

① 橋を通行させながら橋梁架け替えや河道改修を実施


ジャイロプレス工法



車線を片側ずつ閉鎖し、既設橋台を残置したまま鋼管杭を回転切削圧入して、橋台の改修・新設を行う。河積や交通を遮断せず、橋梁架け替えを完了する。



② 都市河川におけるインプラント橋梁

東京都中野区
妙正寺川に架かる新道橋

激特工事の妙正寺川河道改修において、鋼管杭連続壁の護岸と共に橋台の基礎を構築し、インプラント橋梁へと架け替えた。

ため池堤防の地震対策

■ 地震対策の緊急性

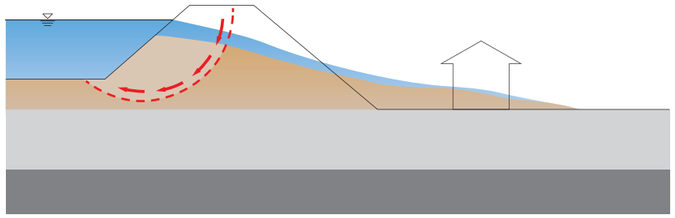
平成 7 年の阪神・淡路大震災で 1,200 箇所、平成 23 年の東日本大震災で 2,000 箇所のため池が被害を受けた。全国には約 21 万箇所のため池が存在している。

今後発生する南海トラフ巨大地震や首都直下地震などに対し、早急な防災対策が求められる。

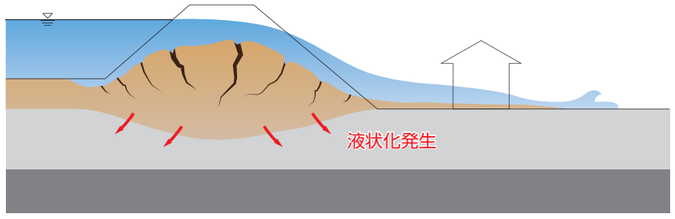
農林水産省選定『ため池百選』より「千人塚城ヶ池」

■ 地震による堤防決壊

すべり破壊

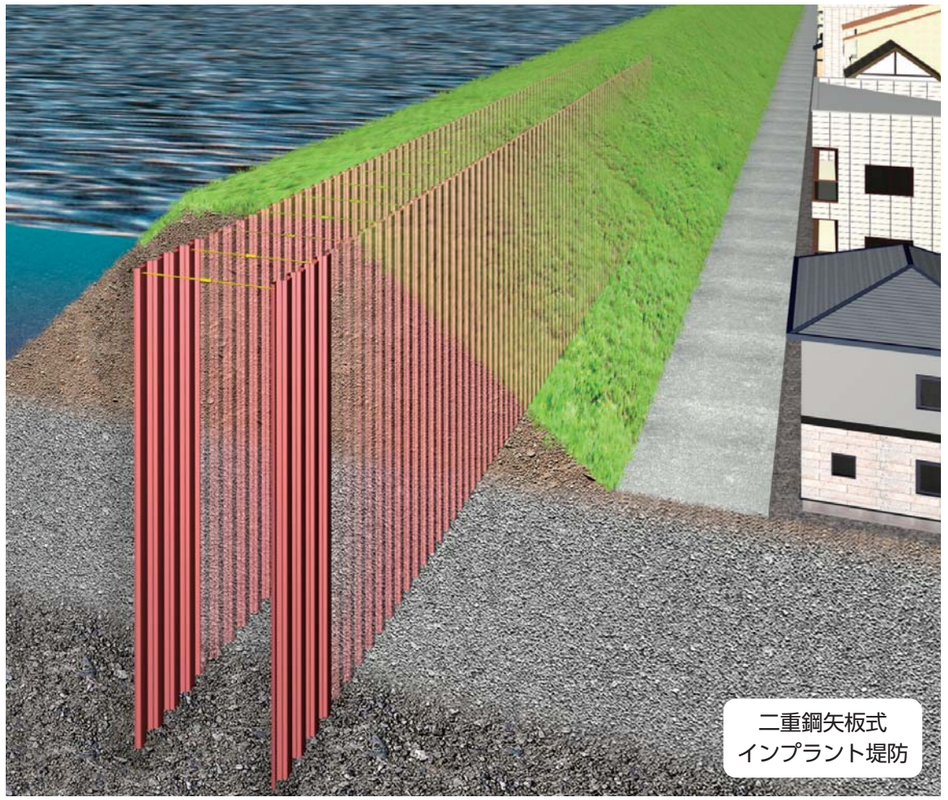


液状化による沈下



■ ため池堤防の決壊例

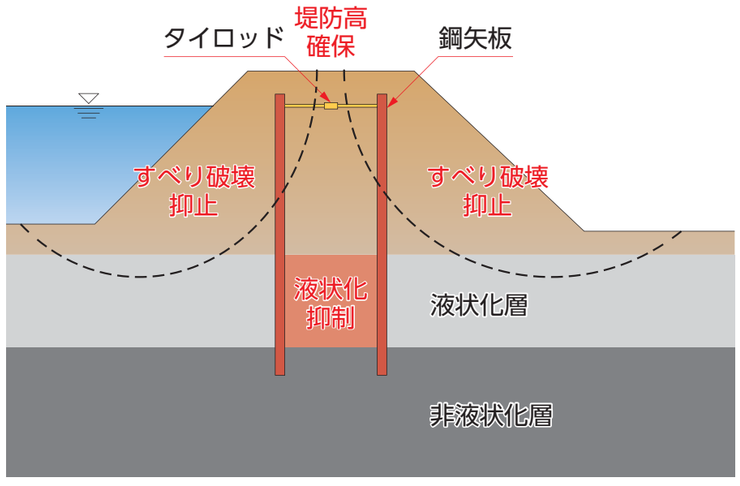
【出典】農林水産省（maff.go.jp）、老朽ため池あれこれ（rotame.exblog.jp）、東日本大震災写真保存プロジェクト（archive.shinsai.yahoo.co.jp）他



堤体に背骨を通しイン プラント堤防へと補強

対策工の基本方針は、巨大地震 によって堤体が損傷・変形しても、貯水の流出による堤体下流域の 二次災害を防止すること。

対策工Ⅰ 「液状化抑制＋す べり破壊抑止」対策



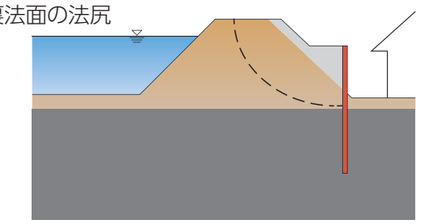
二重鋼矢板壁によって地盤を締切ることで、液状化を抑制し、貯水の流出を防止して堤防両側のすべり破壊を抑止すると共にの機能を保持する。

インプラント構造

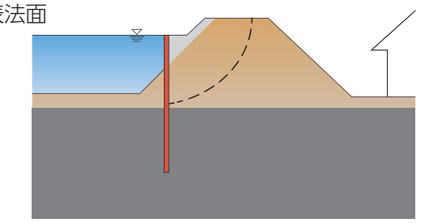
対策工Ⅱ 「すべり破壊抑止」対策

堤防のすべり破壊を抑止し、堤防高を確保して貯水の流出を防止する。
すべり破壊面などを考慮し、抗材の施工位置を決定する（3 例図示）。

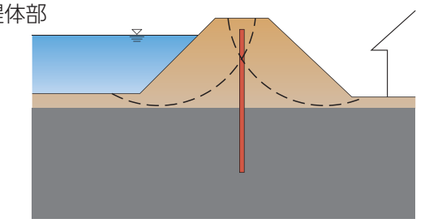
1. 裏法面の法尻



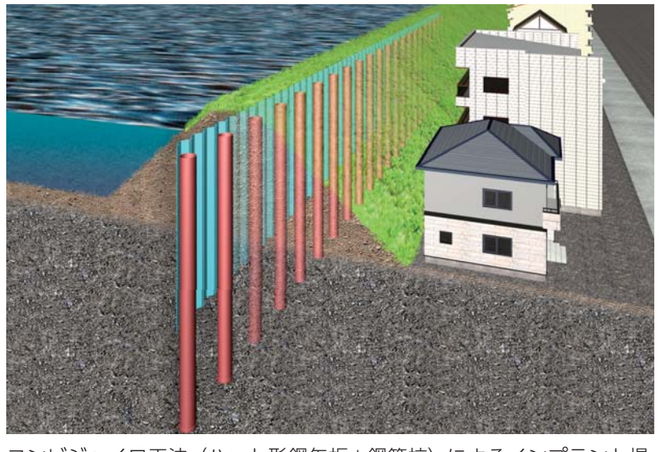
2. 表法面



3. 堤体部



使用抗材：鋼矢板、鋼管抗、ハット形鋼矢板＋鋼管抗
施工技術：鋼矢板圧入工法、ノンステージングシステム、ジャイロプレス工法、コンビジャイロ工法



コンビジャイロ工法（ハット形鋼矢板＋鋼管抗）によるインプラント堤防は、機能性と経済性に優れている。

地すべり・斜面崩壊防止

インプラント構造

インプラント地すべり抑止工法

周辺環境への負荷を最小限に
強靭な抑止杭を急速施工

ジャイロプレス工法
(スキップロックシステム)

コンビジャイロ工法

硬質地盤クリア工法

■ 地すべりを事前に防止

日本各地で頻発する記録的な集中豪雨や、強い地震動などで発生する地すべりを、インプラント構造の強靭な抑止杭によって事前に防止する。

■ 効果的な抑止杭の設計

安定地盤まで根入れした杭を間隔を空けて設置し、降雨で急激に増加する地下水を通しながら、連続壁で移動土塊による地すべり発生を抑える。

■ 環境負荷を抑え急速施工

杭の上を自走する圧入システム機器により、住民生活や周辺環境への負荷を最小限にしながら、予期できない災害発生に備えて急速施工する。

国土強靭化
National Resilience

株式会社 技研製作所

工法革命 インプラント構造で世界の建設を変える

工法事業部 工法推進課【新工法提案・工法設計・積算・コンサルティング】
〒135-0063 東京都江東区有明1丁目3番28号 …… TEL 03-3528-1633
E-mail koho@giken.com FAX 03-3527-6055

東京本社 ／ 〒135-0063 東京都江東区有明1丁目3番28号 …… TEL 03-3528-1630 FAX 03-5530-7061
高知本社 ／ 〒781-5195 高知県高知市布師田3948番地1 …… TEL 088-846-2933 FAX 088-846-2939

事業拠点 東京、高知、仙台、大阪、兵庫、福岡、イギリス、ドイツ、オランダ、アメリカ、シンガポール、中国（上海、香港）
研究開発 テクニカルセンター、実証試験場（7箇所） 情報発信 IPC国際圧入センター（東京、仙台、大阪、福岡）

© 2015 GIKEN LTD. All Rights Reserved.

Ver 1.0JA01 / 31 Jan 2015

www.giken.com