

巨大地震および津波遡上に対する海岸堤防・防潮堤のソリューション技術

Solution Technology of Coastal Dike and Tide Barrier against Large Earthquake and Tsunami Run Up

乙志和孝* Kazutaka OTSUSHI	黒澤辰昭 Tatsuaki KUROSAWA	藤原覚太 Kakuta FUJIWARA	戸田和秀 Kazuhide TODA
吉原健郎 Kenroh YOSHIHARA	奥田洋一 Yohichi OKUDA	西部和生 Kazuo NISHIBE	黒崎和保 Kazuyasu KUROSAKI

抄 録

新日鉄住金(株)は、今後到来が予測される南海トラフ等の巨大地震・津波への備え、および進行中の東北震災復興への対応として、海岸保全施設である海岸堤防、防潮堤の補強、更新に関する研究開発とソリューション技術提案を推進している。靱性、強度に優れる鋼矢板を用いた耐震・耐津波海岸堤防補強の研究開発と具体的な提案事例と、震災復興で課題となっている建設資材、人手不足に対応し、かつ鋼管杭基礎を適用することで地震、津波に対するねばり強さが期待できる直立式プレキャスト防潮堤構造について報告した。

Abstract

Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation researches and develops solution technology related to the reinforcement and renovation of coastal protection facilities, such as coastal dikes and tide barriers, as the countermeasure against large earthquake and tsunami such as Nankai Trough Earthquake, which is concerned to occur in the near future. This paper reported the research and proposal case about the reinforcement of coastal dikes against earthquake and tsunami using steel sheet-piles which are excellent in toughness and strength. And then, this paper reported that upright precast type tide barriers, which can be constructed even in lack of material and labor, and expected high tenacity against disasters with steel pipe pile foundation, was put on the market.

1. 緒 言

将来的に発生確率の高い南海トラフ地震等の巨大地震への備えとして、海岸保全施設には地震と津波の複合的な災害に対応可能な構造安定性が求められている。また、東北での震災復興に目を向けると、建設資材・人手不足が顕著であり、省力化構造ニーズが高まっている。著者らは、揺れによる地盤の液状化や津波に対応可能な粘り強い海岸堤防、防潮堤の具体例として、靱性、強度に優れる鋼矢板、鋼管杭を活用した構造およびプレキャストコンクリート部材との組合せによる省力化等のソリューション技術開発を進めている^{例えば1,2)}。これにより、地震時の堤体変状・損傷を抑制し、かつ地震後の津波に対しても崩壊せず堤内地の被害抑制も可能な構造を短工期で構築できる。

本論では、巨大地震や津波といった最新の技術事象に対

する鋼矢板、鋼管杭を用いた補強・更新技術のうち、二重鋼矢板壁による海岸堤防補強、および直立式プレキャスト防潮堤について、これらの技術開発と全国防災事業および東北震災復興での適用事例について紹介する。

2. 二重鋼矢板壁による海岸堤防補強

2.1 東日本大震災時の被災・無被災事例

写真1は東日本大震災での海岸堤防の被災状況であり、津波により壊滅的な被害を受けている。一方で、写真2に示すように、岩手県内で仮締切り用途として供用されていた二重鋼矢板壁構造に関して、天端高さを遥かに超える想定津波高さ9mの津波被害を津波直交方向に受けた場合であっても機能を維持し、倒壊せずに残存していたことが報告されている³⁾。津波による中詰土の流出や鋼矢板前面地盤の洗掘が見られるものの鋼矢板や頭部を接続するタイ材

* 建材事業部 建材開発技術部 土基礎建材技術第二室 主幹 博士(工学) 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

は健全な状態を保持していた。

著者らは、巨大地震および津波に対する二重鋼矢板壁のねばり強さに着目し、図1に示す海岸堤防補強法を確立するため、以下に示す技術課題に取り組んだ。

2.2 技術課題の抽出

2.2.1 巨大地震を対象とした変形照査手法の確立

海岸／河川堤防の耐震性照査を目的に地震時の堤体変形量を予測する手法は存在するものの、南海トラフ地震をはじめ巨大地震を想定した二重鋼矢板堤防の補強効果は十分に検証されていなかった。そこで、振動台模型実験および動的有効応力解析による再現解析を行い、加速度振幅が大きく継続時間が長い巨大地震にも適用可能な変形照査手法の確立と、補強効果の定量的評価に取り組んだ。



写真1 海岸堤防の被災事例

Suffer example of coastal dykes

出典：東北地方整備局ホームページ (<http://www.thr.mlit.go.jp/>)



写真2 鋼矢板2重壁の津波被災例

Tsunami suffer example of double steel sheet pile walls

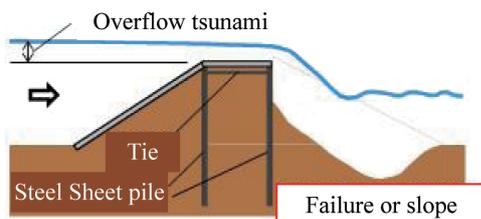


図1 越流津波に対する堤防補強
Reinforcement for coastal dykes against overflow

2.2.2 越流津波に対する構造安定性の評価

構造設計時には、想定される津波波力は水圧分布として堤体に作用させることが一般的であるが、越流津波下における二重鋼矢板堤防の構造挙動については未評価であった。そこで、越流津波を対象とした水理模型実験を行い、構造挙動の検証と補強効果の可視化を行った。

2.2.3 地震、津波の連続した複合災害に対する評価

既往の研究により、地震や津波、高潮等の個別の災害に対する本構造の有効性は示されてきたが、地域によっては地震被害が生じた上に時間を置かずに津波が来襲することが想定され、実構造物の総合的な防災・減災性能の評価には複合的な災害についても考慮する必要がある。そこで、地震から津波までの一連の複合災害に対する本構造の補強効果（粘り強さ）について数値解析により評価した。

3. 研究開発

3.1 巨大地震を対象とした構造解析評価技術の確立⁴⁾

3.1.1 振動台模型実験

(1) 実験条件

解析手法構築のための補強構造の変形挙動に関する計測データの取得を目的に、幾何縮尺 $\lambda=1/25$ とした振動台模型実験(1G)を実施した。実験条件を表1、図2に示す。巨大地震への対応を見据え、入力地震波には東日本大震災(K-NET 釜石)で観測された波形(図3)を基に、継続時間を調節したものを用いた。

(2) 実験結果

実験後の堤防の変形状態を写真3に示す。加振に伴い地盤が液状化した場合においても、矢板で締め切られた内部の堤体、地盤は変形、沈下が抑制された。また、非液状化層に根入れしているため矢板自体はほとんど沈下せずに天

表1 堤体高さ、地盤層厚と対策工
Size of levee, ground and countermeasure

	Coastal dykes height	Liquefiable layer	Unliquefiable layer	Countermeasure
Prototype	7.5m	8m	5m	Hat-type steel sheet pile 900 (25H)
Test model	300mm	320mm (Dr=45%)	200mm (Dr=90%)	Steel plate (t=3.2mm)

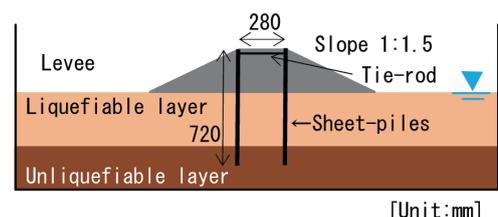


図2 模型断面
Cross section of test model

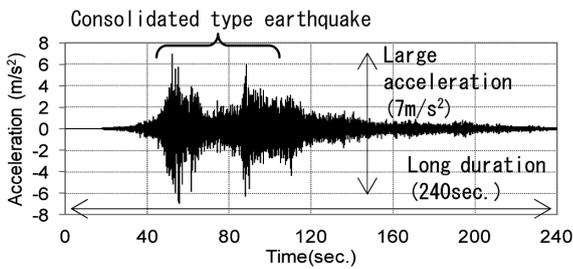


図3 東北地方太平洋沖地震 (K-NET 釜石)
2011 Tohoku Region Pacific Coast Earthquake
(K-NET Kamaishi)

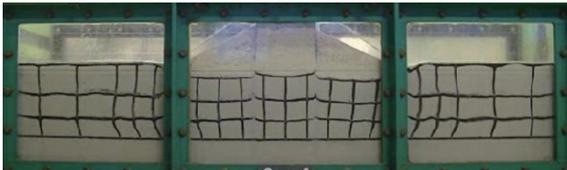


写真3 堤体の変形状態 (実験結果)
Levee deformation in model test

端高さは保持された。

3.1.2 再現解析

次に、振動台模型実験で得られた結果を基に、液状化問題で豊富な実績を有する2次元動的有効応力解析コード (LIQCA2D12) を用いた再現解析を行い、本解析手法の適用性を評価した。

堤体の変形状態とともに過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_{v0}$ コンター (加振後 80 秒) を図4に示す。模型実験と同様に地盤は液状化に至るものの、矢板による沈下抑制効果が発揮されている。また、堤体天端地盤の鉛直変位の時刻歴を、無対策時の結果とともに図5に示す。矢板の有無に関わらず、加速度振幅が大きくなる15秒付近から沈下が生じた。加速度振幅が再び大きくなる25秒付近に着目すると、無対策に比べて対策時の堤体天端地盤の沈下増幅は抑制される。その後も地震動は継続し、無対策ではさらに変形が進み最終沈下量は約95mmとなったが、対策時には沈下はあまり進行せず無対策に比べて最終沈下量は42mmと半分以下であった。図6に矢板の残留変形状態を示す。地盤の変形に伴い矢板堤外側に撓む鋼矢板の挙動が精度よく再現できている。

地盤が液状化した状態で地震動が作用することで、無対策の堤防では被災程度が大きく進行するものの、二重鋼矢板構造ではこのような地震動に対しても高い変形・沈下抑制効果を発揮すると考えられる。これら一連の評価を通じて、二重鋼矢板壁で補強された堤防の変形状態や対策効果に関する良好な再現性が示されたことから、加速度振幅が大きく継続時間が長い、かつ連動型といった巨大地震にも対応可能な変形予測手法の確立に至った。

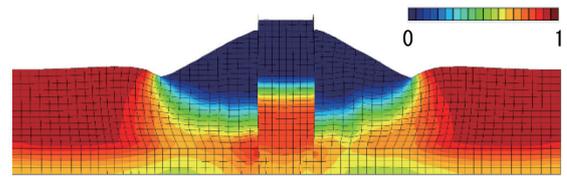


図4 堤体の変形状態と過剰間隙水圧比 (解析結果)
Levee deformation with excess pore water pressure ratio in analysis

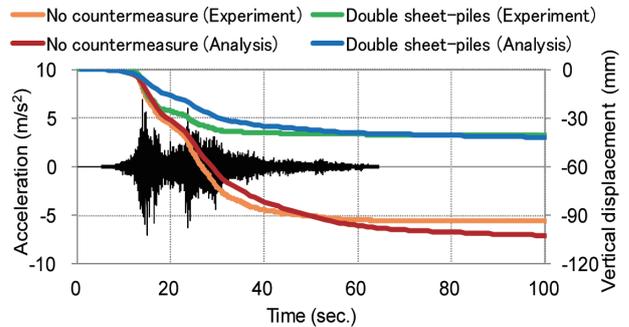


図5 堤体天端の鉛直変位時刻歴
Time histories of vertical displacement at top of levee

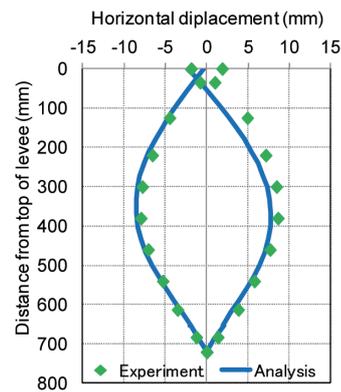


図6 矢板の残留変形状態
Bending deformation of sheet-piles

3.2 耐津波性能に関する水理実験的検証⁵⁾

(1) 実験条件

延長 450cm, 幅 15cm の水平勾配の開水路中に幾何縮尺 $\lambda=1/50$ の堤防模型を設置し、越流水深を調整した一定流量下で実験を行った (図7)。実験条件を表2に示す。本実験では、堤内側法面が完全に破壊される最も厳しい条件での二重鋼矢板構造の補強効果を検証するため、コンクリート等による堤体被覆はせずに実験を行った。また、近年の研究動向として、洗掘孔が越流津波のエネルギー吸収に寄与する可能性が指摘されており、津波減勢効果に関する基礎的検証を行った。

(2) 実験結果

1) 補強堤体の耐津波性能について

実験時の堤体および矢板形状を図8に示す。無対策時には、越流開始直後から急速に堤体全体が浸食されほぼ完全に堤体が出したが、二重鋼矢板構造では越流開始後裏法

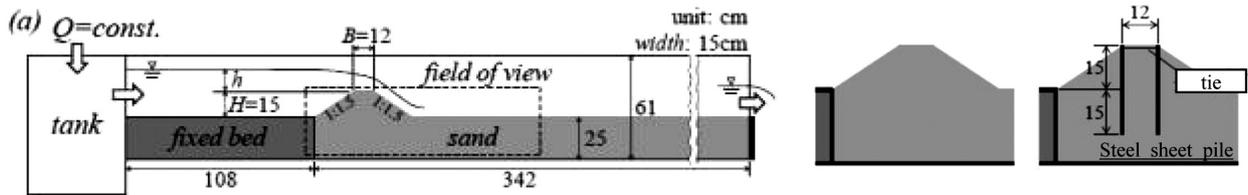


図7 水理実験模型
Hydraulic experiment model

表2 実験条件
Experimental conditions

	Coastal dykes			Countermeasure	Overflow time
	Height	Breadth	Slope gradient		
Prototype	7.5 m	6.0 m	1 : 1.5	Hat-type steel sheet pile 900 (25H)	10 min
Test model	15 cm	12 cm	1 : 1.5	Steel plate (t=1.6 mm)	85 sec

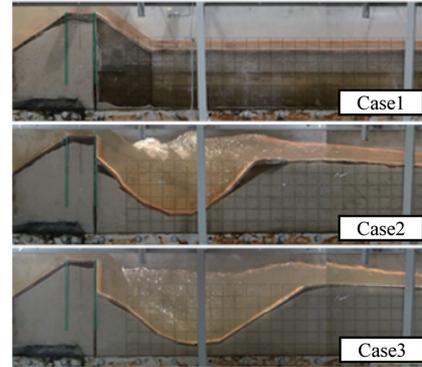
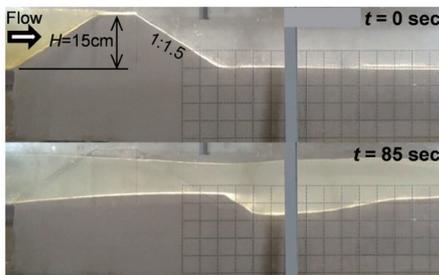
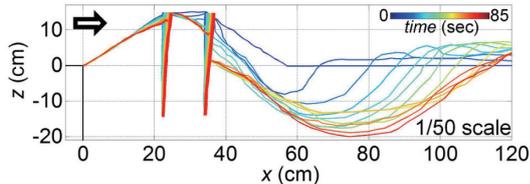
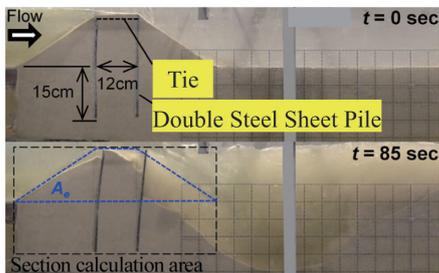


写真4 実験状況
Experiment conditions



-Case: without countermeasure-



-Case: with countermeasure-

図8 越流津波に対する堤防補強
Coastal dykes reinforcement against overflow tsunami

面の洗掘が進むとわずかに矢板壁に傾きを生じるものの、矢板背後の地盤高が基礎地盤高（図中 $z=0$ ）に近付いても倒壊には至らず天端高が確保された。実験終了時の二重壁構造の堤防高さの沈下量は 0.3 cm 程度（初期天端高の 2% 程度）であり、堤体高さの有意な低下は生じなかった。計測された矢板の曲げひずみは降伏ひずみ値よりも小さく、矢板の降伏には至らなかった。これより、二重鋼矢板による堤防補強により、堤内側地盤が洗掘される厳しい条件下

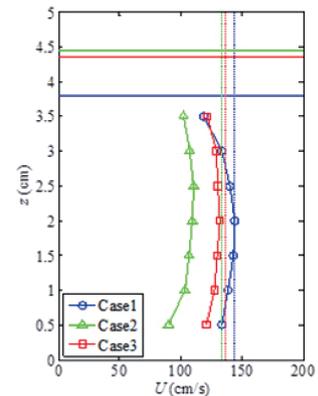


図9 流速深度分布
Distribution of velocity-depth

においても構造の倒壊には至らず、粘り強い構造として堤防機能が保持されることが確認できた。

2) 堤内地における津波減勢効果について

図8で得られた洗掘孔の形状データを基に固定床を用いた水路模型を新規に作製し、同一の越流水深となる流量を用いて実験を行った。実験状況を写真4に、下流側 200 cm （現地換算 100 m ）位置での平均水平流速の鉛直深度分布を図9に示す。洗掘孔を設けたケースでは越流後の洗掘孔形状により差異は生じるも、洗掘孔のないケースに比べて流速が低減される傾向が見られた。

これより、先述の二重鋼矢板構造による津波越流量の低減に加え、洗掘孔が堤内地の流速低減に寄与する可能性が示され、陸域への津波遡上流量の低減など耐津波機能に関する構造有用性が示されたと考えられる。

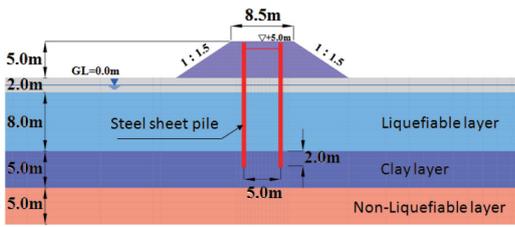


図 10 実大解析モデル
Analytical prototype model

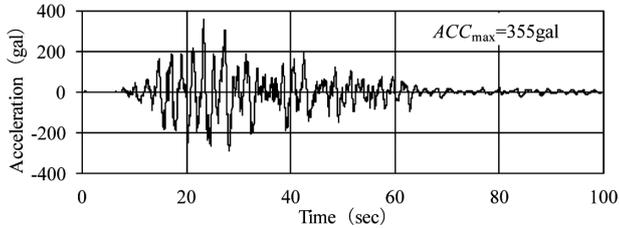


図 11 入力地震動
Input motion

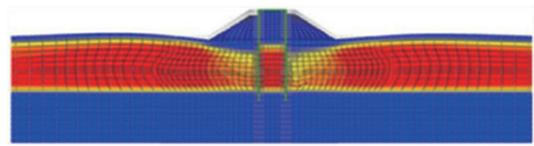


図 12 変形状態および $\Delta u/\sigma'_v$ コンター
Deformed configuration and excess pore water ratio counter

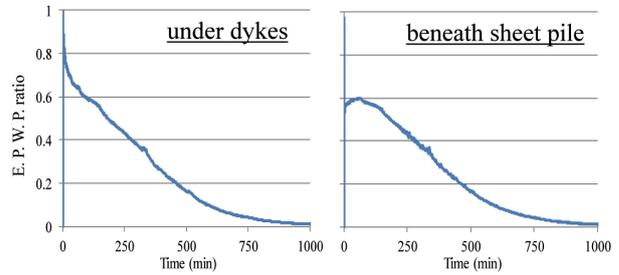


図 13 過剰間隙水圧時刻歴
Time history of excess pore water pressure ratio

3.3 地震、津波の連続した複合災害に対する性能評価⁶⁾

(1) 解析条件

検討対象構造を図 10 に示す。入力地震動は中央防災会議 (2003) で想定された 2 連動東南海・南海地震波形 (高知県モデル) を用いた (図 11)。解析評価手法として、地震時については 3.1 にて適用性を検証した解析コード (LIQCA2D13) を用い、地震終了後の過剰間隙水圧の消散過程までを評価した。次に、地盤の過剰間隙水圧が完全に消散する前に津波が到来することを想定し、地盤の有効応力が低下した状態に対して津波荷重を作用させるステップ解析 (Code: ALID) を実施した。

(2) 地震と水圧消散に関する解析結果

地震終了時の堤体変形と過剰間隙水圧比 $Ru (= \Delta u/\sigma'_v)$ の分布を図 12 に、過剰間隙水圧の時刻歴を図 13 に示す。締切り内地盤では地震終了後から水圧の消散が進み、地震終了 10 分後には $Ru=0.8$ 程度で、4 時間、8 時間経過後にはそれぞれ $Ru=0.4$ 、 0.2 以下とほぼ逸散した。矢板の撓みや構造の転倒、滑動に影響を及ぼす締切り外側の矢板近傍地盤に着目すると、地震終了時には $Ru=0.6$ 程度まで上昇し、その後の水圧消散により締切り内地盤と同程度の値を示した。地震終了直後であっても矢板周辺地盤には有効応力が残存しており、その後津波到来までに過剰間隙水圧が消散することで、水平方向に変形する鋼矢板壁の挙動に対して残存有効応力に応じた地盤反力が期待できると考えられる。

(3) 津波作用時の解析結果

次に、過剰間隙水圧が完全に消散するまでに津波が到来することを模擬するため、上述の解析結果を活用して地震発生から 10 分後に津波が来襲することを想定し、盛土直下地盤が $Ru=0.8$ の状態で津波波力を作用させる解析を

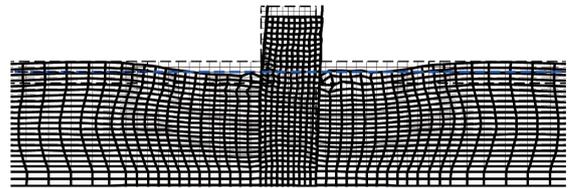


図 14 堤体変形状態
Deformed configuration of reinforced coastal dykes

行った。有効拘束圧が初期の 20% 程度残存する条件として液状化層の地盤剛性を評価し、津波荷重には津波高さ 5.5m と仮定した場合の谷本式⁷⁾による波圧を壁体に作用させた。なお、堤体法面については波力の衝撃や越流した波の洗掘により流動していると仮定し、矢板側方の盛土を除去した条件で津波波力 (押し波、引き波) を作用させた。押し波 (1 波目) 作用時の変形状態を図 14 に示す。押し波時にやや大きい変形が生じるが、2 波の津波の後でも鋼矢板で囲まれた盛土の変形は最小限に留まり、構造の倒壊には至らず堤頂部はほぼ平坦に保たれた。これは、矢板で囲まれた地盤のせん断抵抗と、矢板の剛性および強度が津波外力に対して抵抗したためと考えられる。

各津波作用ケースにおける矢板の応答曲げモーメント深度分布を図 15 に示す。矢板に生じる曲げモーメントについては、一部で矢板の降伏が見られるも全塑性には至らなかったことで急激な水平変形等は生じず、構造上の安定性が確保され堤防機能が維持された。

一連の数値解析結果から、二重鋼矢板構造を用いた堤防補強は、強い揺れと基礎地盤の液状化、および越流を伴うような津波外力の作用など複合的な災害を受ける場合であっても、堤体の天端高さが保持され倒壊には至らない“粘り強い”構造としての補強効果が確認された。

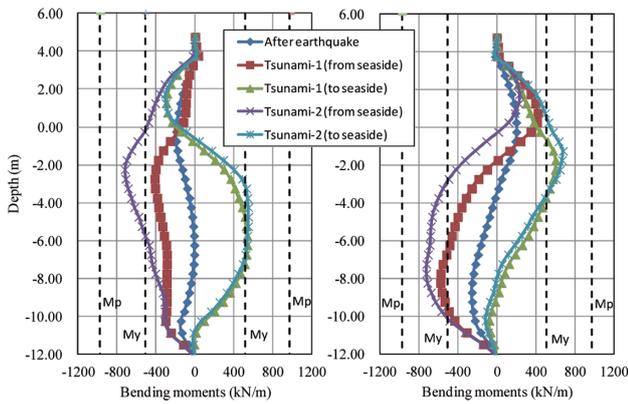


図 15 矢板応答曲げモーメント深度分布
Bending moments of sheet pile

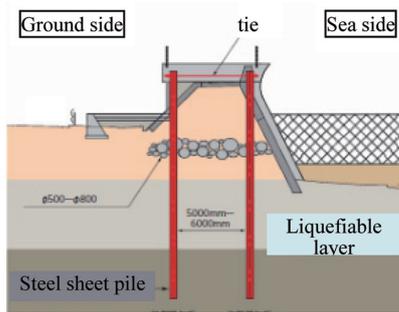


図 16 標準断面
Cross section



写真 5 施工状況
Construction condition

3.4 二重鋼矢板壁による堤防補強法の適用事例

海岸保全施設に係る南海トラフ地震対策の一つとして、特に防災・減災ニーズの高い東海・四国地区をはじめとする太平洋沿岸域で、耐震・耐津波機能を備えた本構造による海岸堤防補強の工事が進んでいる。

一例として、高知県高知市桂浜の西に位置する太平洋に面した仁ノ海岸での対策事例を図 16、写真 5 に示す。既設堤防は天端幅が 7.7m、高さは背後にある県道の路面から約 6m である。この堤防天端から深さ 7~10m の位置にある砂質土層が地震により液状化することで、堤体に沈下、変形等の損傷が生じて天端高さが確保されないことで、高潮や津波による堤内地の甚大な被害が懸念された。これらの対策として、二重鋼矢板構造による堤防補強が採用されるに至った。



写真 6 防潮堤の被災状況
Suffer example of tide barrier

出典：東北地方整備局ホームページ (<http://www.thr.mlit.go.jp/>)

4. 直立式プレキャスト防潮堤

4.1 東日本大震災復興への取組み

次に、直立式プレキャスト防潮堤に関する取組みについて述べる。東日本大震災により、東北地区太平洋沿岸域において多数の防潮堤が崩壊した(写真 6)。岩手、宮城、福島の被災 3 県では海岸堤防の復旧高さが大幅に見直され、宮城県牡鹿半島以北はリアス式海岸のため平地が少ないことから、建設用地が少なく済む直立式防潮堤が必要とされた。復旧工事の本格化に伴い、生コンクリート、骨材等の資材不足や鉄筋工、型枠工等の人手不足が顕著となり、現地での資材調達や作業を省力化した直立式プレキャスト防潮堤のニーズが高まっていた。

このような状況の中、プレキャストタイプの上部工と、巨大地震や津波に対して粘り強さが期待できる鋼管杭基礎を組み合わせた新日鐵住金グループとしてのプレキャスト防潮堤構造(表 3)を確立し、最適な構造、設計、施工に関するソリューション提案を推進した。現在、現地での資材・人手不足が深刻化する中で安定した品質かつ短工期施工が可能であるため採択事例が増加しており、以下にその適用事例を示す。

4.2 直立式プレキャスト防潮堤の適用事例

4.2.1 岩手県宮古藤原地区：逆 T 型プレキャスト防潮堤

宮古港藤原地区には、工業用地の背後に T.P.+8.5m の防潮堤が整備されていたが、津波により防潮堤 1190m のうち 50m 区間で倒壊したほか、津波越流により裏法が一部洗掘する被害が生じた。宮古港藤原地区については臨港道路の背後に T.P.+10.4m の防潮堤を新設することが決定し現在工事が行われている。宮古地区では生コンクリートの供給不足が顕著であり、現地での生コンクリート使用量が大幅に削減できるプレキャスト防潮堤が必要とされた。構造形式については地震・津波外力を 2 列の杭で支える構造で検討を進め、フーチングを鋼・コンクリート複合構造として経済性を追求した逆 T 型プレキャスト防潮堤が採用された(写真 7)。防潮堤を支持する鋼管杭の施工については、港湾区域内で周辺民家も無かったことから打撃工法が採用

表3 直立式プレキャスト防潮堤工法一覧
Menu of precast type tide barrier

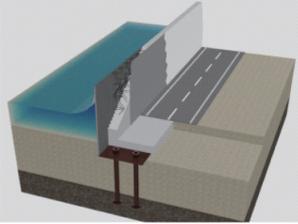
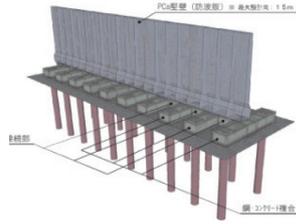
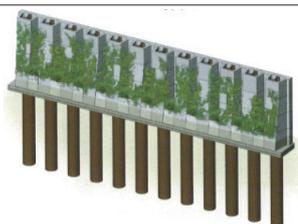
L型 (新日鉄住金エンジニアリング)	逆T型 (横河住金ブリッジ・ジオスター)
 <ul style="list-style-type: none"> 壁体に鋼殻構造を使用し、高強度な断面構成を実現 	 <ul style="list-style-type: none"> 壁体はプレキャスト構造、底板は鋼・コンクリート複合構造を採用
自立式 (共和コンクリート工業)	親杭横矢板式 (日鐵住金建材)
 <ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭とH形鋼を一体化し、壁体ブロックを外挿する1列杭構造 	 <ul style="list-style-type: none"> H形鋼の支柱の間に鋼製パネルを落し込んだ構造



写真7 逆T型プレキャスト防潮堤施工状況
Construction condition of reverse T type precast tide barrier

された。

4.2.2 岩手県釜石港大平地区：自立式プレキャスト防潮堤

釜石港海岸大平地区には、1965年頃にT.P.+4.0mの防潮堤が整備されていたが、東日本大震災による広域地盤沈下で約1m沈降したほか、津波によって各所で倒壊するなど甚大な被害を受けた。釜石湾については、L1津波に対応するため一律T.P.+6.1mの堤防高さで復旧工事が行われている。大平地区には防潮堤背後にオイルターミナルや工業団地の事務所が近接しているため、防潮堤断面を最小限に抑える必要があり、フーチングが不要で1列杭にも対応可能な自立式プレキャスト防潮堤が採用された(写真8)。防潮堤を支持する鋼管杭の施工については、現場が狭隘であり、かつN値50以上の固い層も点在することから、杭



写真8 自立式プレキャスト防潮堤施工状況
Construction condition of cantilevered type precast tide barrier

先端にビットを取付けて回転圧入するジャイロプレス工法[®]が採用された。

本現場では800mm径の鋼管杭を杭芯2.0m間隔で打設する構造となっており、写真8に示すような専用のスキップブロックアタッチメントを用いることで一定の杭間離隔を保持した連続施工を可能とした。

5. 結 言

新日鉄住金(株)では、今後到来が予測される南海トラフ等の巨大地震・津波への備えとして、海岸保全施設である海岸堤防、防潮堤の補強、更新に関する研究開発およびソリューション技術提案を推進し、多くの工事で鋼材を活用した各種構造・技術が活用されている。今後も国土強靱化に係る防災・減災事業および震災復興をはじめとするインフラストラクチャ整備において、鋼材を有効に活用し効果的かつ合理的な施設更新・補強に繋がる技術開発および提案を進め社会に貢献していく所存である。

謝 辞

巨大地震時を対象とした変形照査手法の確立においては岐阜大学 八嶋厚教授、沢田和秀教授に、津波越流に対する水理実験では東北大学 田中仁教授、三戸部佑太助教に、地震、津波の連続する複合災害に対する評価については高知大学 原忠教授に共同研究を通じてご指導を賜りましたこと、ここに感謝の意を表します。また、(株)技研製作所、(株)CPC、ジオスター(株)、(株)横河住金ブリッジ、共和コンクリート工業(株)の関係皆様におきましては、各種課題解決に多大なるご助力を頂きましたこと、深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 乙志和孝, 古関潤一 ほか: 鋼矢板を用いた堤防の補強に関

- する実験的研究. 地盤工学ジャーナル. 6 (1), 1-14 (2011)
- 2) 乙志和孝, 吉原健郎 ほか: 鋼矢板を用いた盛土構造物の減災技術に関する実験的研究. 南海地震シンポジウム, Vol.7, 2013, p. 51-58
 - 3) 戸田和秀 ほか: 二重鋼矢板壁の津波作用時における構造評価. 地盤工学会特別シンポジウム—東日本大震災を乗り越えて—. 2014
 - 4) 藤原覚太, 沢田和秀, 八嶋厚 ほか: 巨大地震下における海岸堤防の鋼矢板補強策に関する実験的研究. 地盤工学会特別シンポジウム—東日本大震災を乗り越えて—. 2014, p. 417-423
 - 5) 三戸部佑太, 乙志和孝, 黒澤辰昭, 田中仁 ほか: 津波越流に対する鋼矢板壁構造の堤防補強効果に関する実験的検討. 土木学会論文集 B2 (海洋工学), 70 (2), 1976-1980 (2014)
 - 6) 乙志和孝, 原忠 ほか: 地盤剛性回復を考慮した鋼矢板補強堤防の動的有効応力解析. 日本地震工学会第 10 回年次大会, 2013, p. 299-300
 - 7) (社)日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2007



乙志和孝 Kazutaka OTSUSHI
 建材事業部 建材開発技術部
 土木基礎建材技術第二室 主幹 博士(工学)
 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



黒澤辰昭 Tatsuaki KUROSAWA
 東北支店 建材室 主幹



藤原覚太 Kakuta FUJIWARA
 鉄鋼研究所 鋼構造研究部



戸田和秀 Kazuhide TODA
 建材事業部 建材開発技術部
 土木基礎建材技術第二室
 (公益財団法人鉄道総合技術研究所出向中)



吉原健郎 Kenroh YOSHIHARA
 大阪支社 建材開発技術室 主幹



奥田洋一 Yohichi OKUDA
 四国支店 主幹



西部和生 Kazuo NISHIBE
 名古屋支店 厚板・建材室 主幹



黒崎和保 Kazuyasu KUROSAKI
 名古屋支店 厚板・建材室 主幹
 博士(工学)