

岸壁・護岸耐震補強アンカー工法

摩擦圧縮型・ナット定着方式グラウンドアン
カーを用いた岸壁・護岸の耐震補強工法

株式会社 エスイー

1. 開発の趣旨と開発目標

2009年5月(財)沿岸技術研究センターの評価取得

(1) 開発の趣旨

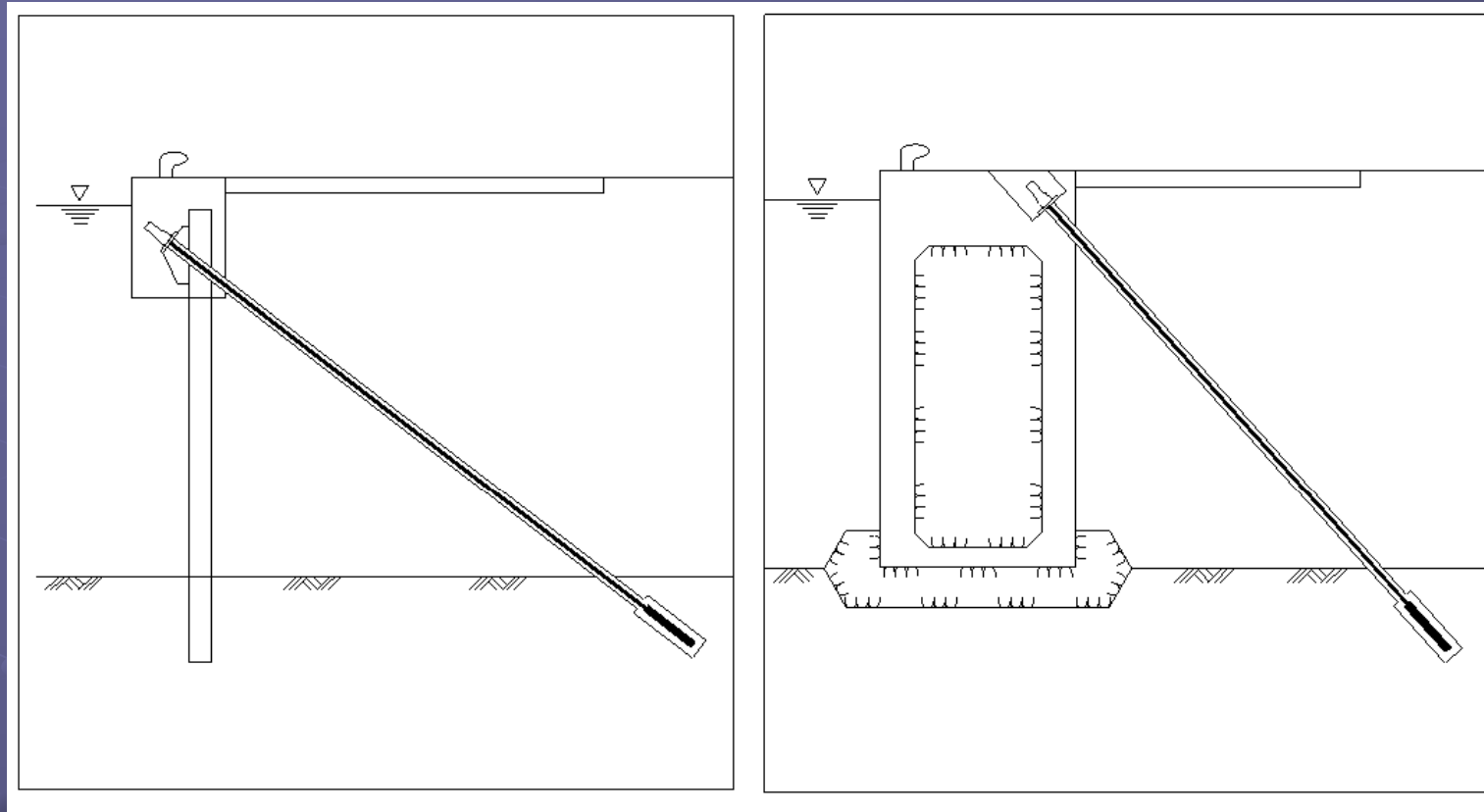
【従来の主たる工法】

- 耐震補強は、軽量土への置き換えや地盤改良、腹付けによる自重増大等により対応していた。

【本工法】

- 完全二重防食のアンカー材を用いて、その引張力により、耐震補強を行う。
- 工事中の占有面積が小さく、施設を供用しながら耐震補強を実施できて、工期も短縮できる。

(2) 技術の概要



- ・ 構造物の頭部と地盤とを緊結し、プレストレスを与える。
- ・ 港湾施設での施工実績も豊富な、完全二重防食の引張材を用いる。
- ・ 環境負荷の小さい工法である。

(3) グラウンドアンカーの構造



(4) 開発目標

- 重力式岸壁(ケーソン)および矢板式岸壁の地震時変位量を抑制する機能を有すること
- 地震による衝撃荷重や繰返し荷重に対して、アンカー頭部のナット定着構造およびアンカー体の摩擦圧縮型の構造により、機能を維持できること
- 地震時に構造物や地盤の変位によってアンカーの緊張力が増減した場合でも、アンカー頭部のナットを回転させることにより初期の緊張力に戻せること
- アンカー材全長を防錆油とポリエチレン被覆による二重防食構造とすることにより、港湾・沿岸環境において確実な防食機能を確保できること

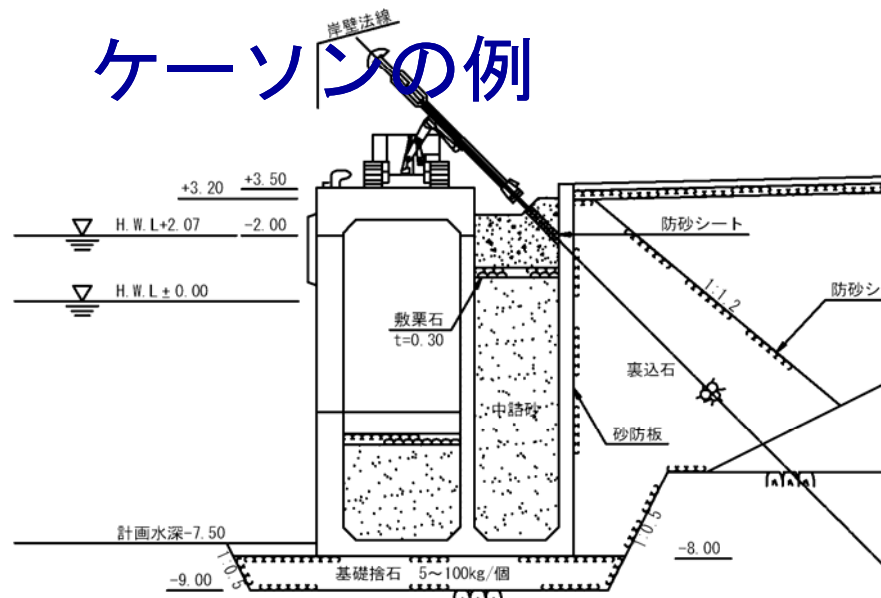
2. 技術の概要

(1) 特徴

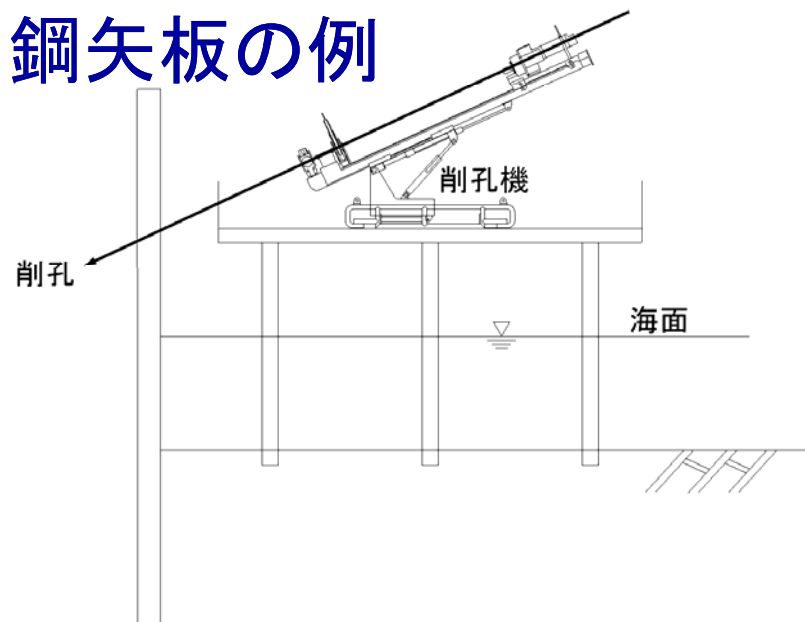
施設を供用しながら施工が可能

- アンカーの施工に必要な設備は、削孔機、動力設備、注入プラントだけである。
- 斜めに地中に向かって削孔するため、エプロンやその背後施設に施工の影響が及ぶことはない。
- その占有面積は、およそ100m²程度であり、施設の供用を妨げない任意の位置に配置できる。

ケーソンの例



鋼矢板の例



(2) 設計方法

① ケーソン

● 地震時の滑動抵抗力不足に対して

- ・アンカー力の水平成分が、土圧や残留水圧を減じる力として作用する。
- ・アンカー力の鉛直成分が、自重等と同様に底面の摩擦力を増加させる力として作用する。

$$F_s \leq \frac{f(W + P_V - P_B + T'_{1V})}{(P_H + P_w + P_{d_w} + P_F - T'_{1H})}$$

● 地震時の転倒抵抗力不足に対して

- ・アンカー力の水平成分が、土圧や残留水圧等による転倒モーメントを減じるモーメントとして作用する
- ・アンカー力の鉛直成分が、自重等と同様に転倒に抵抗するモーメントのひとつとして作用する。

$$F_s \leq \frac{aW - bP_B + cP_V + jT'_{2V}}{(dP_H + eP_w + hP_{d_w} + iP_F - mT'_{2H})}$$

②鋼矢板

- 控え矢板式係船岸のタイ材の設計と同様に、アンカー取付け位置を決めて、その取付点反力を算定する。
- 取付点反力は、港湾基準のタイ材の場合と同様に、仮想ばり法によって算定する。

3. 開発目標の確認

(1) 地震時の岸壁の変位抑制効果

① 重力式構造物(ケーソン)

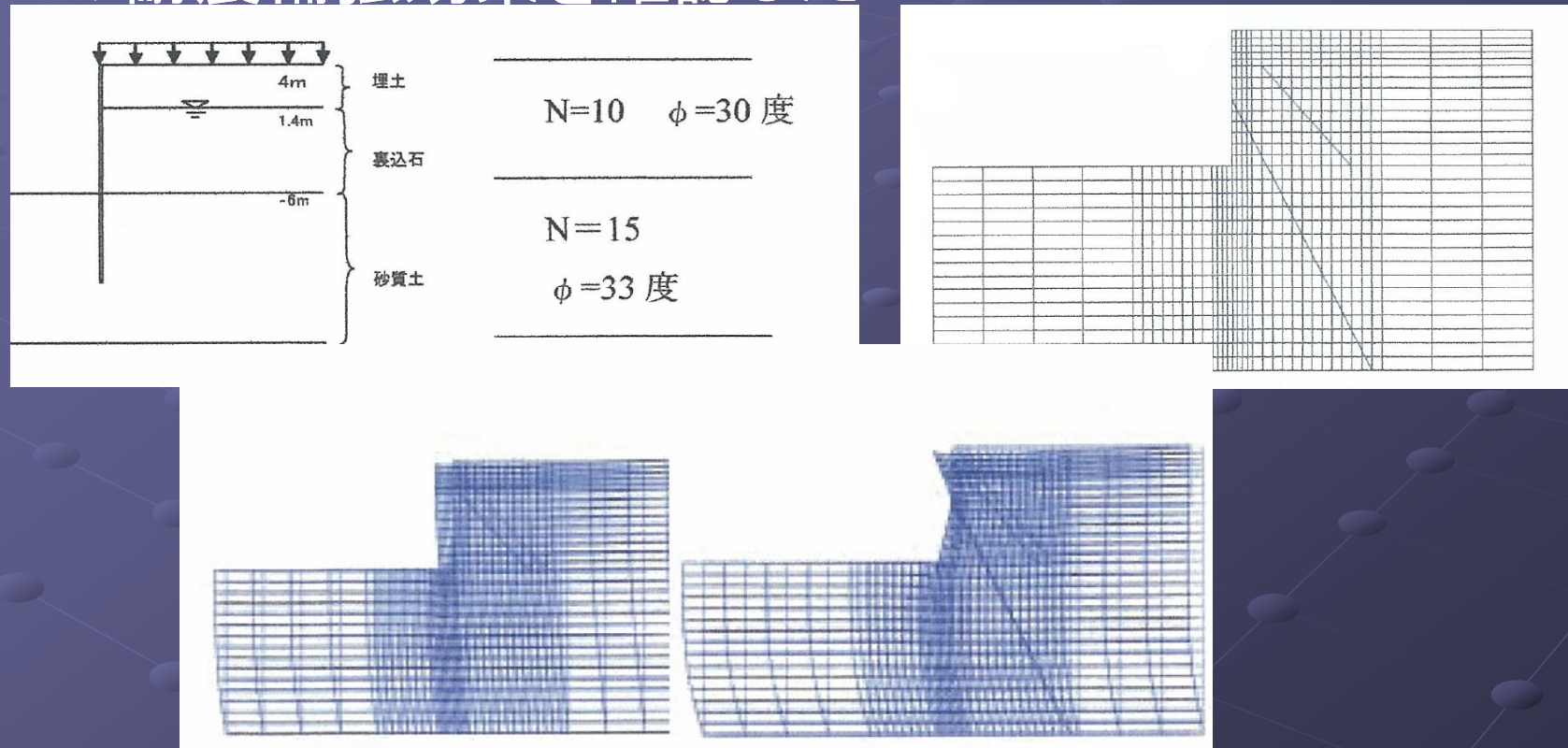
- 「宮崎港(西地区)岸壁(-7.5m)改良工事」設計時のFLIPの解析により、レベル2地震動作用時の残留変位は、5cm以下であることが確認されている。

使用波形	変形位置	変形量 (cm)	一般部	防衝工部	可動橋部
八戸波	ケーソン天端	水平方向	0 < 4.4 < 30	0 < 5.0 < 30	0 < 4.2 < 30
		鉛直方向	0 < 0.8 < 30	0 < 1.0 < 30	0 < 0.8 < 30
	エブロン部	鉛直方向	0 < 2.0 < 30	0 < 2.3 < 30	0 < 4.8 < 30

(1)地震時の岸壁の変位抑制効果

②鋼矢板式岸壁

解析によって、グラウンドアンカーによる鋼矢板岸壁の耐震補強効果を確認した



矢板頭部の残留変位が、25.6cmから13.0cmへと変位量が減少

出展: グラウンドアンカー工法による鋼矢板式護岸の耐震補強効果

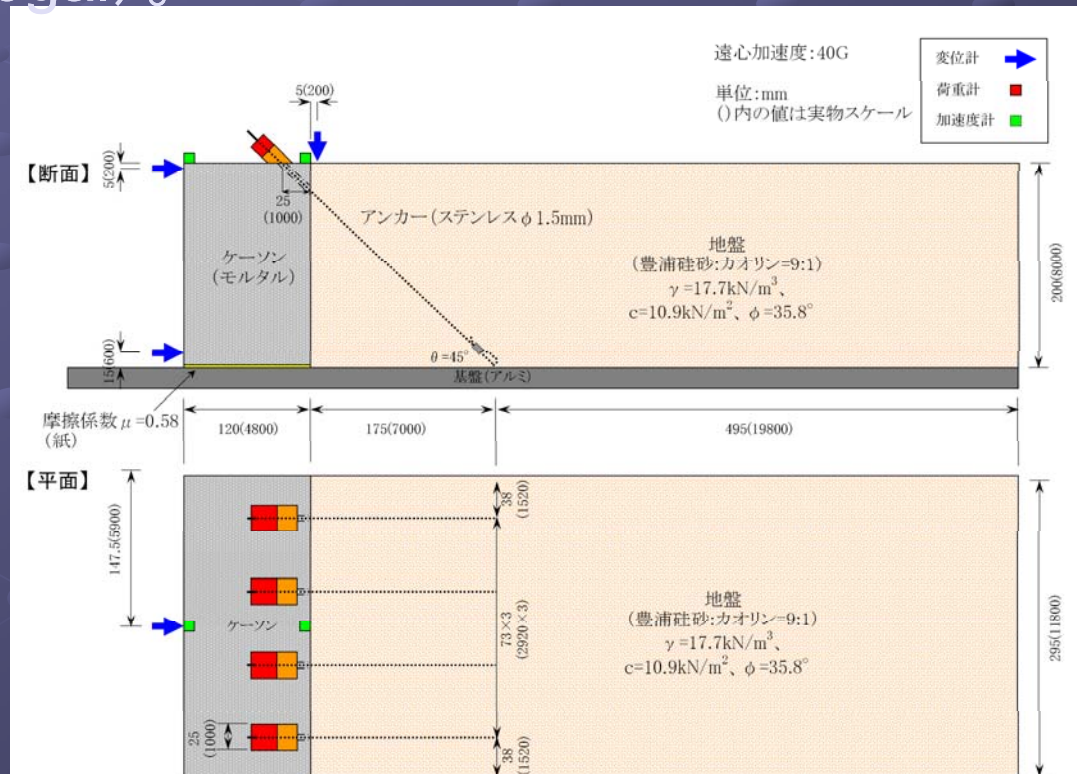
土木学会地震工学論文集 Vol: 29巻 年: 2007年 頁: 1313-1318頁 著者(和): 神立 佳広, 清宮 理

(1)地震時の岸壁の変位抑制効果

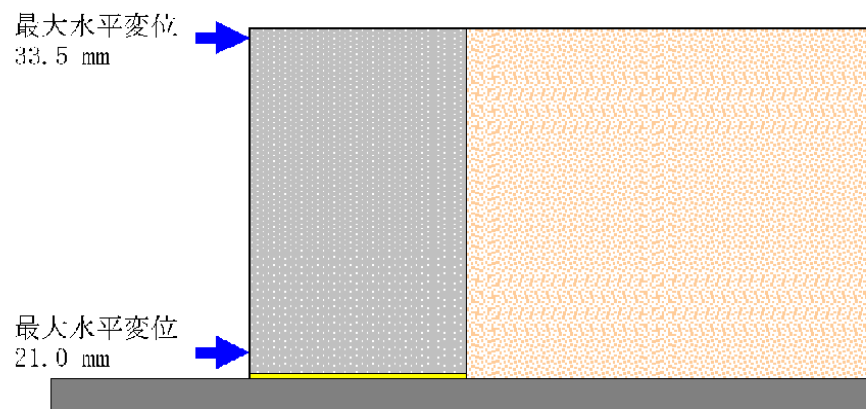
③遠心模型実験

試験概要

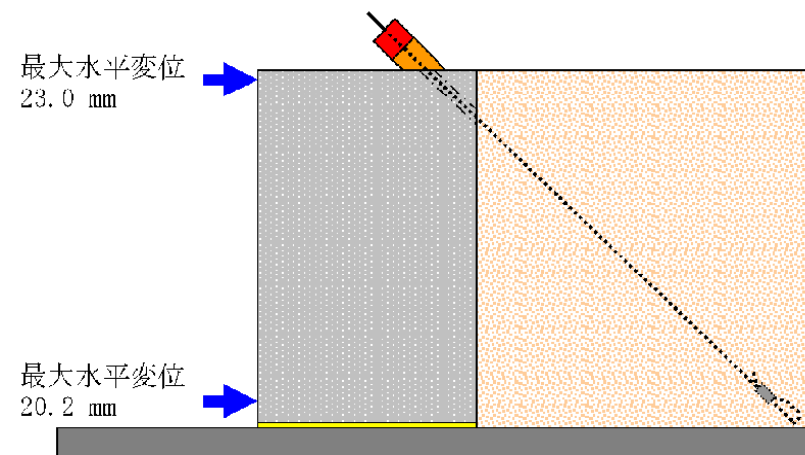
- ・アンカーによる耐震補強を行った宮崎港のケーソンをモデルとした
- ・遠心載荷実験は40G場で行った。
- ・入力加速度は、宮崎港のFLIP解析時における最大値を採用した(地盤面で470gal)。



試験概要



(a) アンカー無しの場合の最大水平変位



(b) アンカー有り（157kN）の場合の最大水平変位

- ・初期緊張力157kNのケースでは、「アンカーなし」のケースと比べて、ケーソンとエプロン部の残留変位を低く抑えることができる。
- ・具体的には、「初期緊張力31kN」のケースと比べて、ケーソンの水平残留変位は54% (33.5mm→23mm) に低減できる。

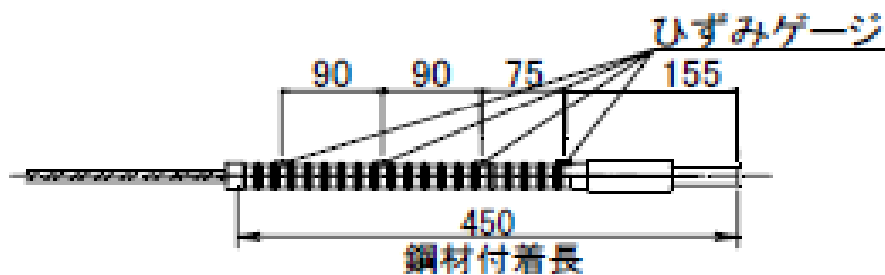
(2) 地震時のアンカー耐力と定着性能

①繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認

● 実験概要

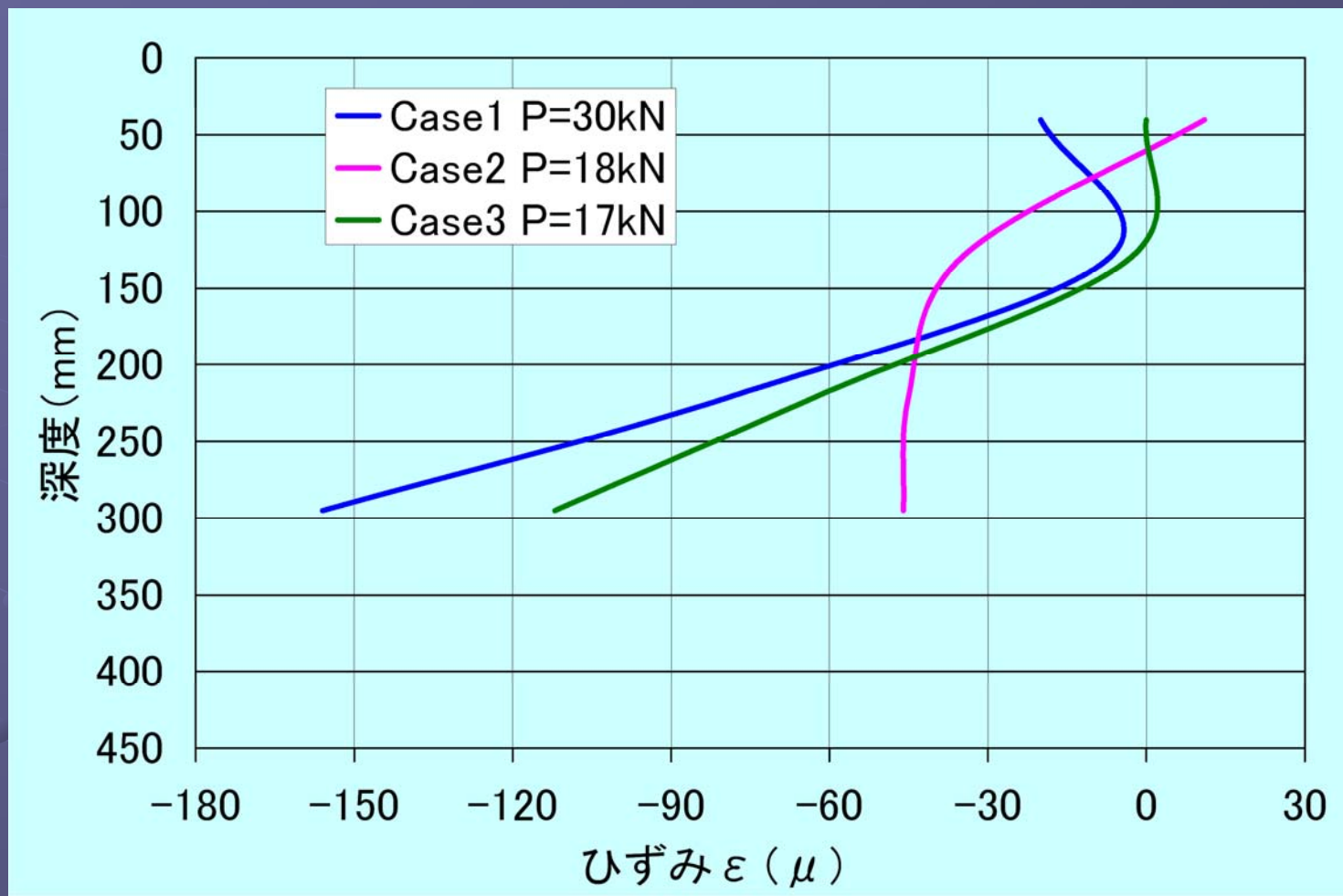
模型地盤は、53cm×53cm×47cmの鋼製土槽の中央に、φ5.5cmの円形型枠を設置して、その周囲にソイルセメントを打設する。

	模擬地盤内はケース 2 以降			セメントミルク		
1 体当り 配合	8 号珪砂	152.9(161.4)	kg	早強セメント	1362	g
	早強セメント	6.91(8.49)	kg	水道水	681	g
	水道水	67.92	kg			



①繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認

● 結果概要



圧縮型のひずみ分布

①繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認

● 試験後の供試体



圧縮型アンカー



引張型アンカー

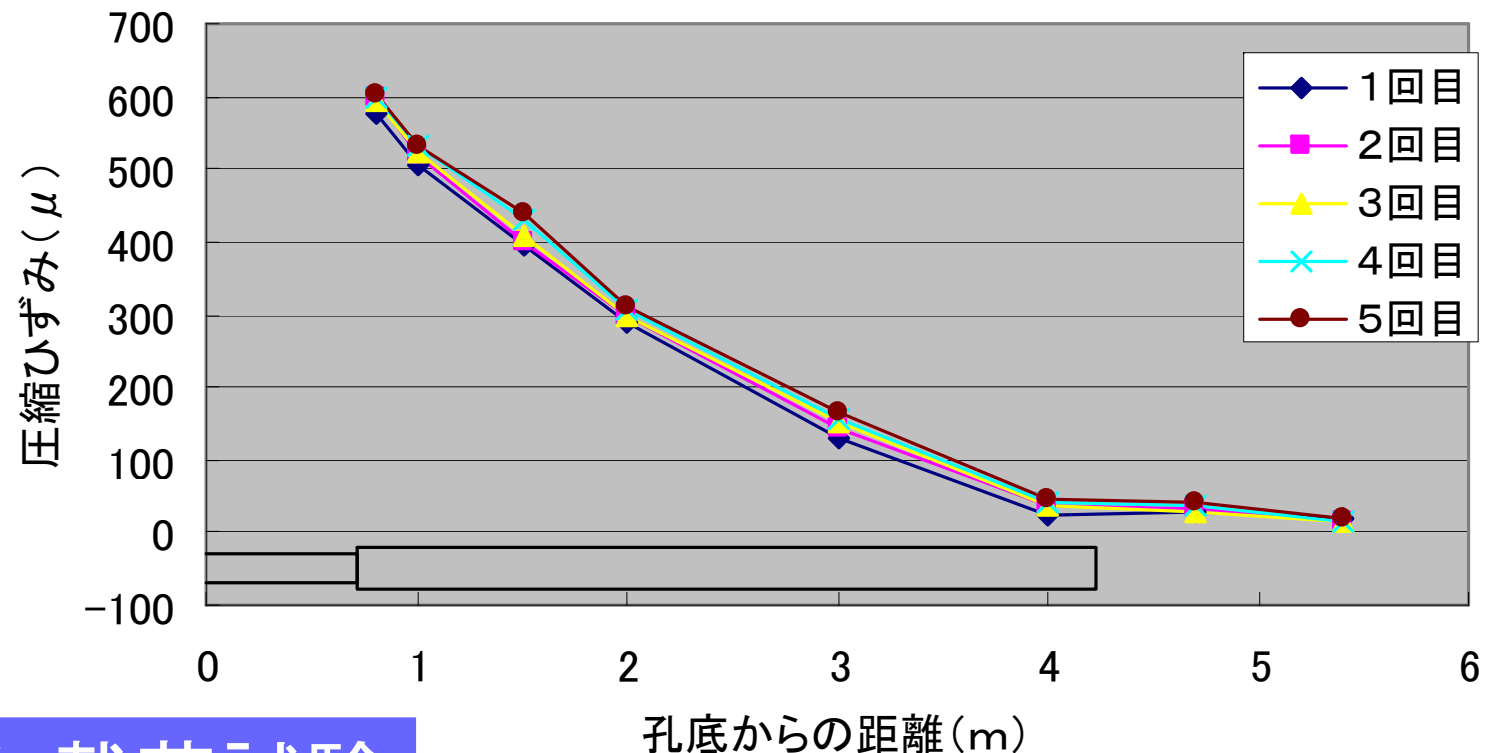
引張型のアンカー体には亀裂が生じているのに対して、
圧縮型のアンカー体には亀裂は生じていない

(2) 地震時のアンカー耐力と定着性能

② 繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認(現場実験)



- ・最大荷重は地震時設計荷重
- ・アンカーの引き抜けはない
- ・グラウトの破壊はない



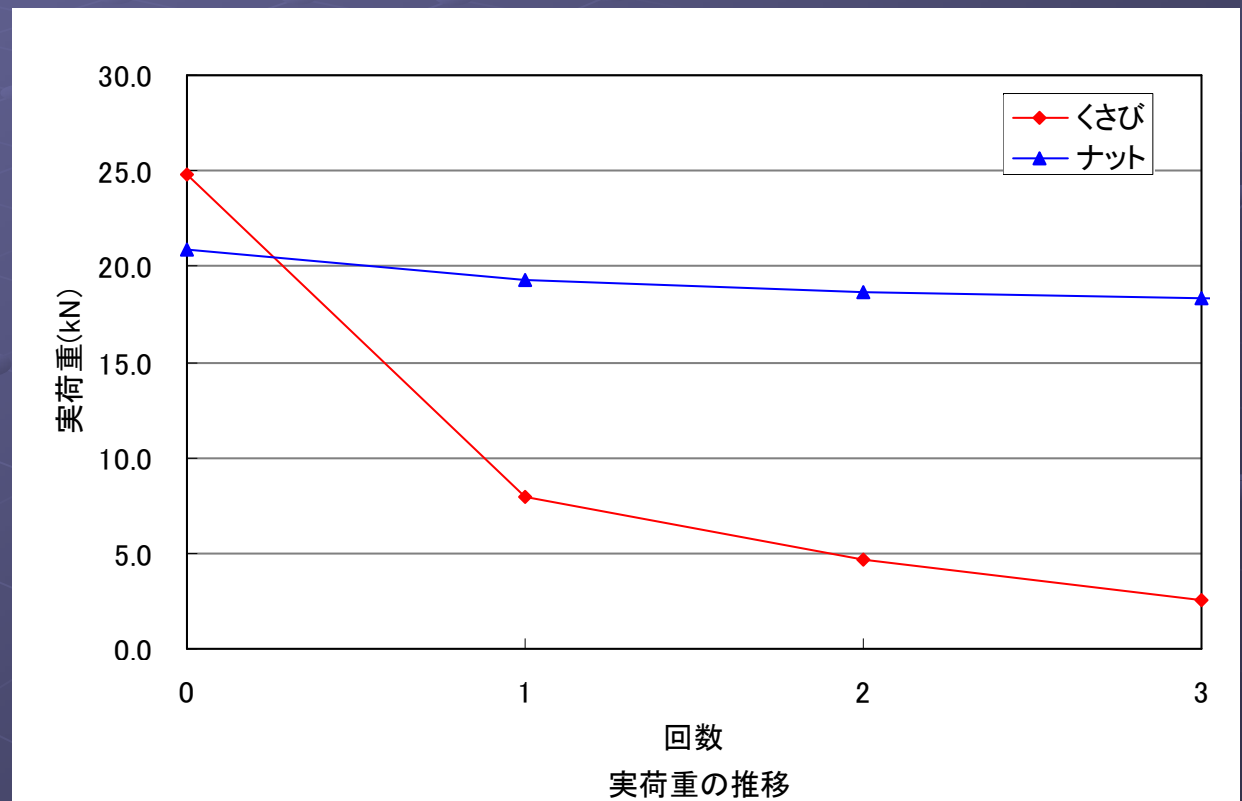
繰返し載荷試験

グラウトひずみ分布 (H6-4 繰返し載荷試験)

(2) 地震時のアンカー耐力と定着性能

③ 衝撃荷重作用時の頭部定着性能

● 室内実験



ぐさび定着方式では、荷重低下量が大きく、低下傾向が継続する

③衝撃荷重作用時の頭部定着性能

● 現場でのナットの効果(岩手・宮城内陸地震)



ナット定着方式では、アンカーおよび斜面に被害は見られない。

③衝撃荷重作用時の頭部定着性能

● 現場でのナットの効果(中越沖地震)

米山大橋



青海川駅近接斜面に崩壊が発生した。左手前は国道8号米山大橋

(3) 維持管理の容易さ

● 荷重調整が容易

- ・ナット定着であり、ボルトに相当する「マンション」のねじ長さが長いため、再緊張や緊張力緩和が容易である。
- ・供用中のケーソンの沈下による荷重低下や、鋼矢板の変位による荷重変動が生じて、適切な荷重に調整できる。

● 除荷が容易(荷重をゼロに戻す)

- ・ナット定着方式は、施工時の定着の際に余長を切断しないため、除荷が可能である。
- ・震災後の復旧時など、アンカー力を完全にゼロにしてから、再設置等の処置が可能である。



(4) 防食性能

① タイブルの経年変化試験

試験方法

タイブルF100Tを16年間海岸地帯の土中に埋設後、引張試験を実施した。

結果

3本の供試体とも強度の低下はなかった。

② ポリエチレンの経年変化試験

試験方法

ポリエチレンの供試体を港湾埋立地の土中に埋設後、引張試験を実施した。

結果

16年後においても劣化はなく、ポリエチレンは長期にわたり十分な防食性・止水性を有する。

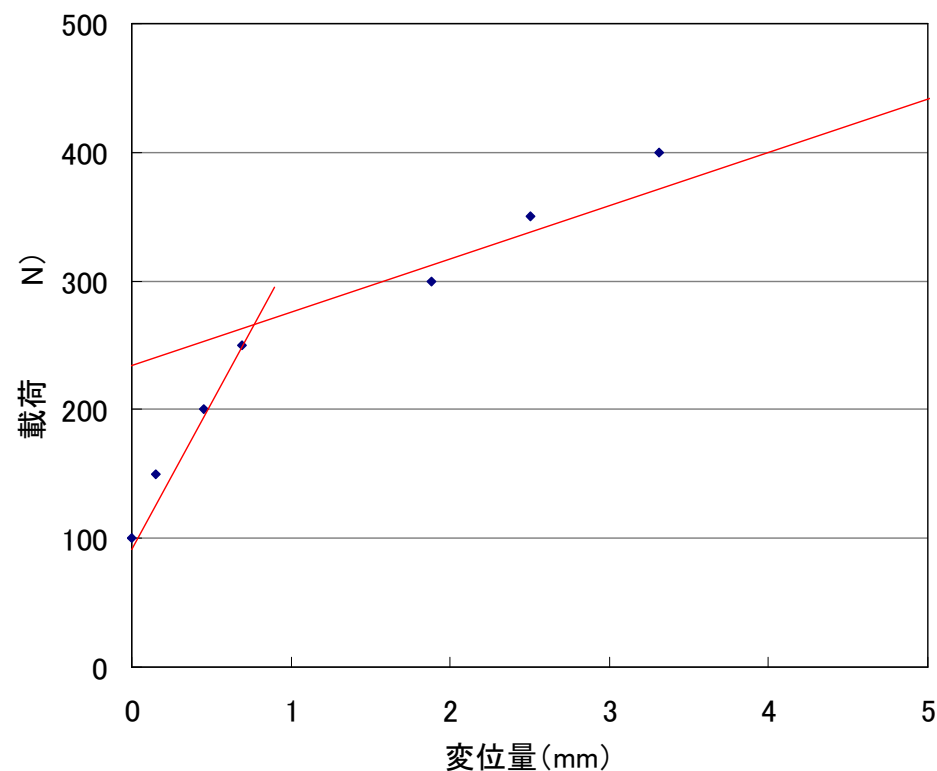
③現場引張り試験(25年経過後)

- 1982年に施工したタイブルの目視調査と現位置引張り試験を実施した
- 25年経過後でもマンションに腐食はなく、引張り試験結果においても引張り荷重の低下がなく、弾性的な性状を保持していることが確認された

前面側



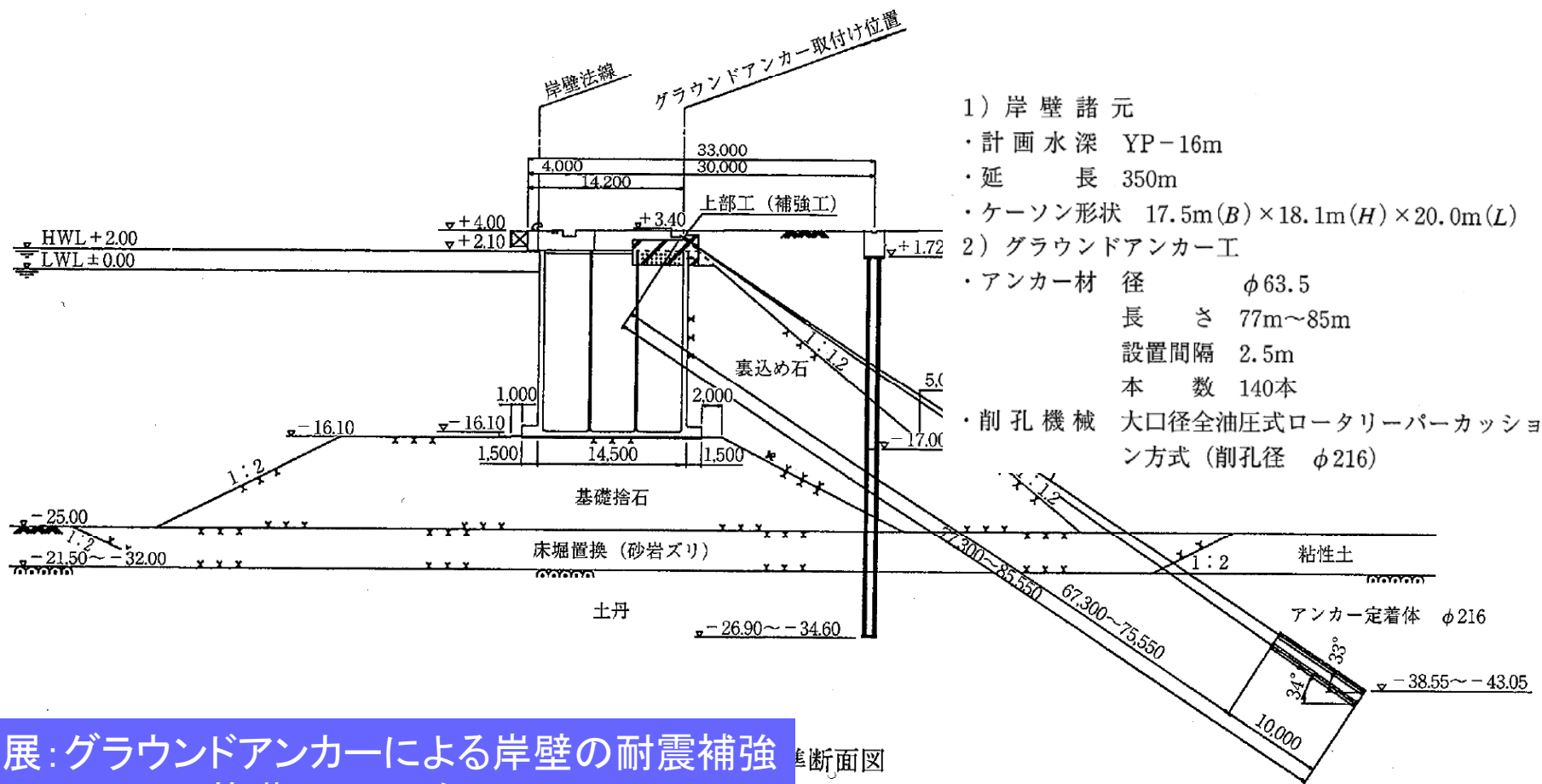
控え側



荷重変位量曲線

4. 施工例

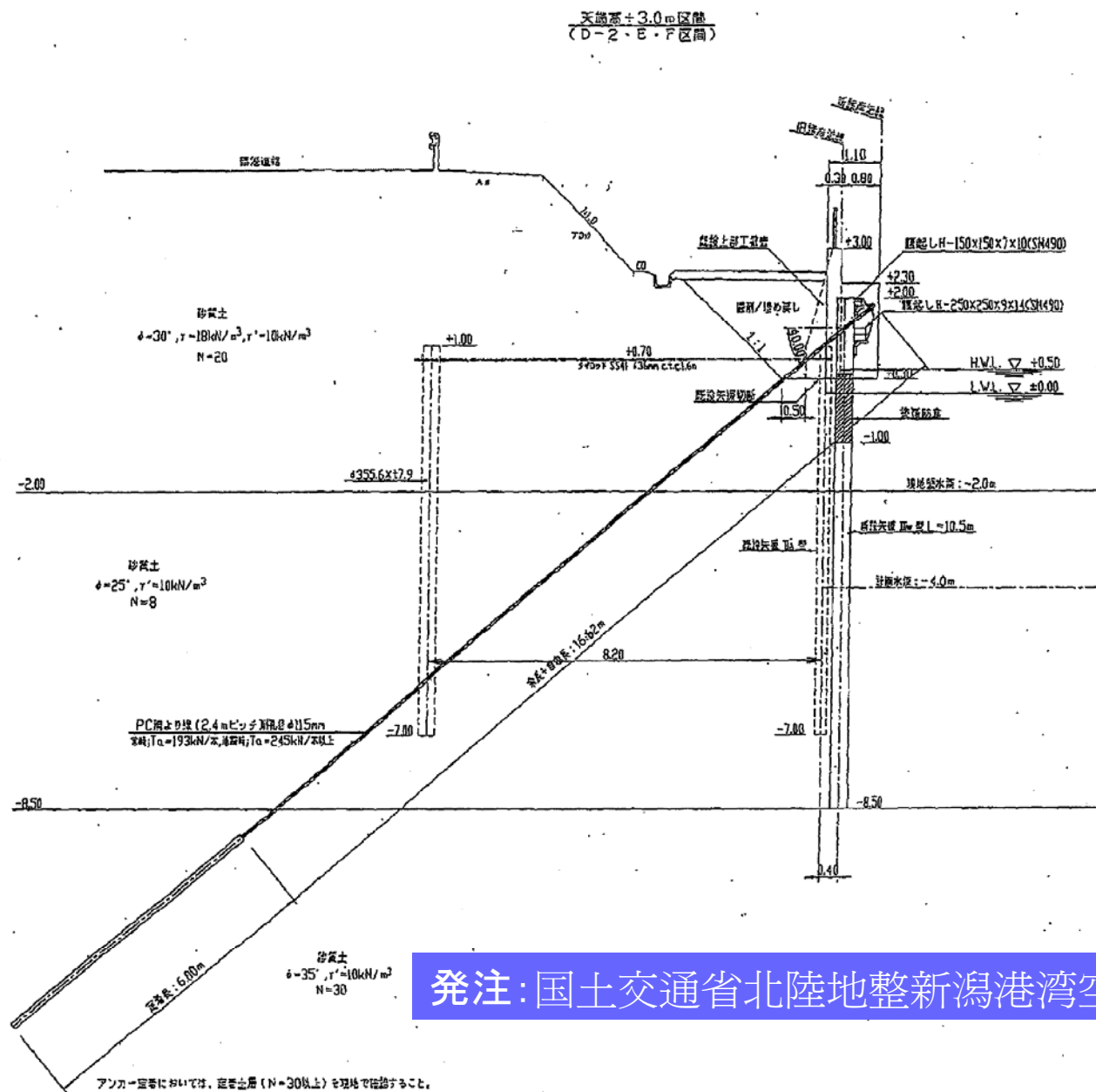
(1) 南本牧ふ頭耐震護岸補強工事



出展: グラウンドアンカーによる岸壁の耐震補強
基礎工, 2001年7月

設計震度を $K_h=0.20$ から 0.25 に引き上げるため、不足する滑動および転倒の抵抗力をアンカーによって補う。

(2) 金沢港



発注：国土交通省北陸地整新潟港湾空港整備事務所

(2) 金沢港

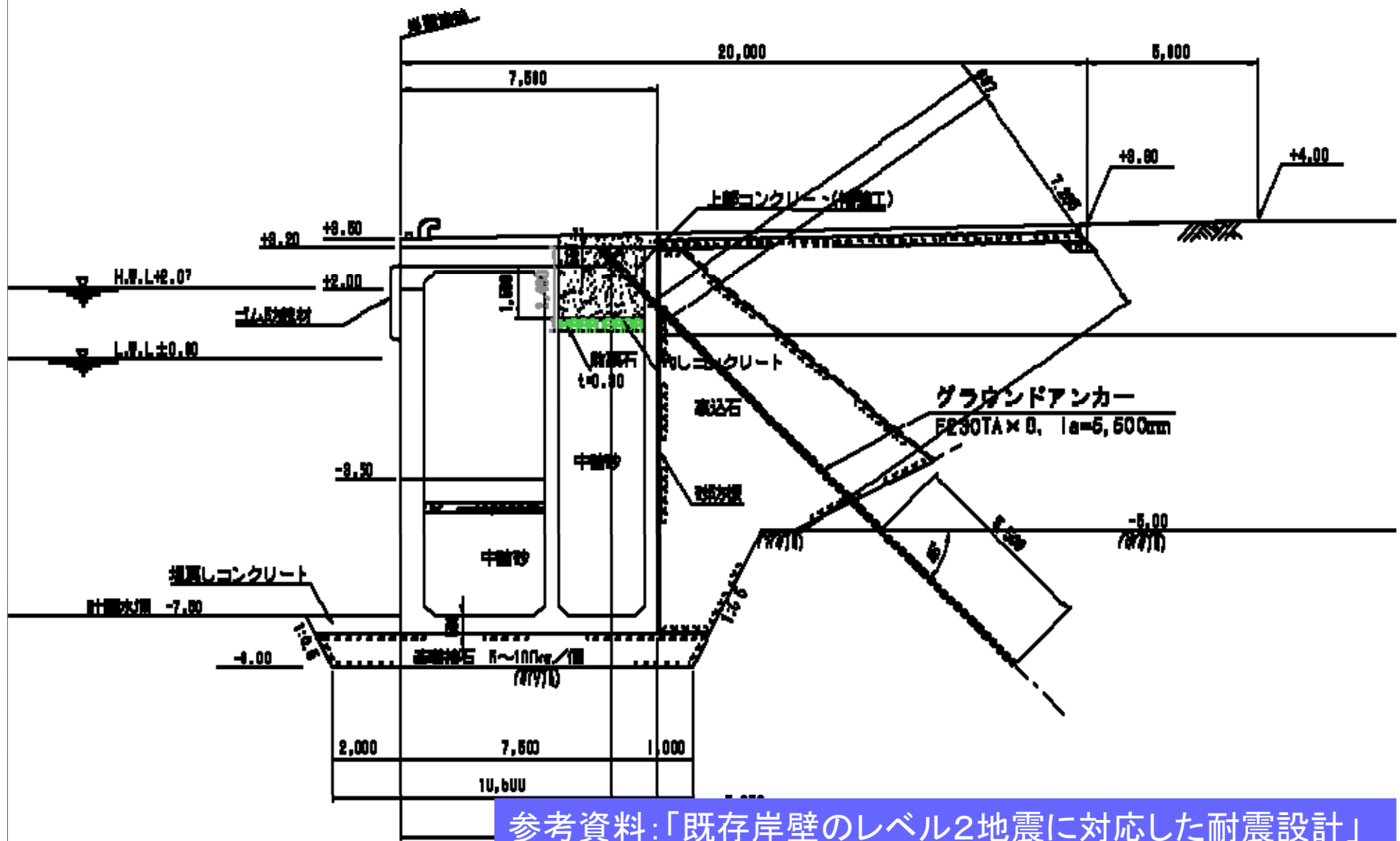


(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



発注: 国土交通省九州地方整備局
宮崎港湾・空港整備事務所

(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



参考資料:「既存岸壁のレベル2地震に対応した耐震設計」
下関港湾空港技術調査事務所,2006年

(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



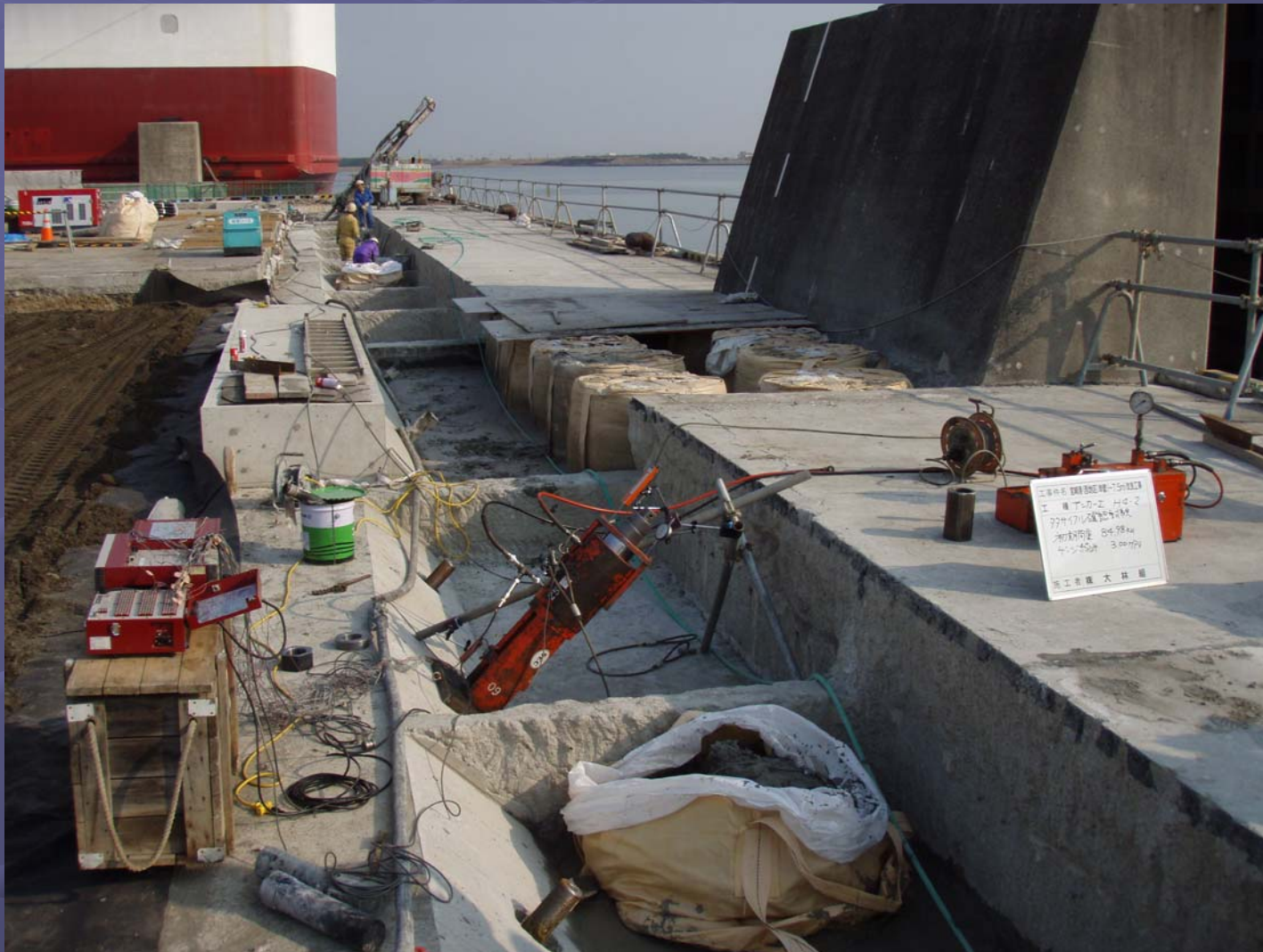
(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



まとめ

- 開発目標について、以上の通り確認を行なった
- グラウンドアンカーによる構造物の耐震補強効果は、港湾構造物に対しても有効である
- グラウンドアンカーの中でも、耐震性を確保するためには、頭部はナット定着で、アンカー体定着部は圧縮型の構造が必須となる

参考

中部地整

伊勢湾高潮災害方策

レベル2地震動
天端算定作業 対策工法の検討へ

伊勢湾高潮災害低減方

策を整理した。今後はレベ

減方策検討委員会では、伊

するための分科会を設置す

況は、過去に行った点検調

は、伊勢湾台風級の来襲に

近畿地方整備局神戸港湾
事務所は、神戸港スパ中で
計画しているPC16、17バ
イスのマイナス16引化への
増深、並びに耐震改良事業
について、アースアンカー

工法で重方式ケーソンを地
震時にも安定化させること
を検討している。対象岸壁
は現在マイナス15引だが
これを16引に増深するほ

夫をこれまで検討してきて
いる。対象となる岸壁は供
用中であり、改良工事に伴
う周辺への影響をできるだ
け少なくする必要があるほ

点でアースアンカー工法を
有力と判断した。同改良事
業は今年度第4四半期の発
注見通しが上がっている。
神戸港スパ中の新たな計

を耐震改良することにして
おり、このうちPC16とP
C17については耐震改良に
合わせて増深も行う。耐震
岸壁とするためには、背後
の液状化対策としての地盤

改良のほか、ケーソンその
ものをより安定させること
が必要になる。特に前面を
増深するとケーソンが不安
定になるため、その安定強
化が必要になる。

神戸港スパ中

アースアンカー工法で対応

ボーアイ2期の耐震、増深

アースアンカー工法はケ

ーソンの上端から背後の土
中斜め方向にアンカー用の
剛孔を行い、その中にケー
ブルを入れて固縛する。大

規模地震が発生してもケー

ソンの前面への倒屈を防ぐ

ことができる。計画ではケ

ーソン1函につき、6箇所

のアンカーを打つことなど

を想定している。

耐震岸壁に改良(15号岸)

—— 今月地港審 ——

来年度から着工予定

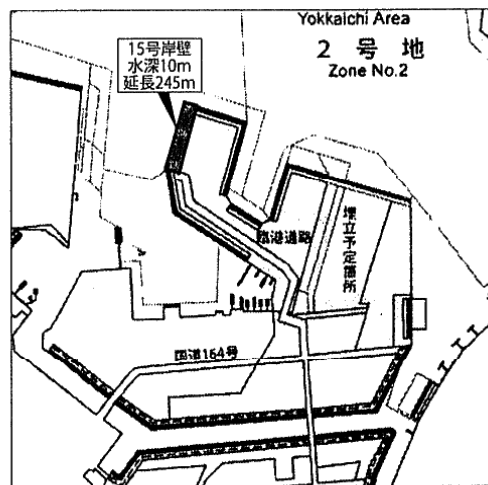
四日市港管理組合は、四日市港四日市地区に大規模地震対策施設を確保することとし、22年度より既設岸壁の耐震改良事業に着手する。今月29日に予定する四日市港港審議会において、港審計画の軽易変更を位置付けて対応する。グラウンドアンカーで岸壁本体を固定するほか、ふ頭の液状化対策などを行う。

対象岸壁は四日市地区にあるマイナス10㍑、延長24.5㍑を持った15号岸壁。

港審計画変更の背景と

して、四日市地区は市街地に近接し、震災時等における緊急物資輸送用の耐震強化岸壁の早期整備が求められている。四日市港では霞ヶ浦地区の23号岸壁（バルク岸壁）が耐震化されているが、四日市地区では整備されていない。同地区の岸壁を耐震化することで、緊急時における生活物資等輸送の安全性が高まる。

対象岸壁ではエプロンの一部や背後に立地する倉庫の基礎地盤などについて、既に液状化対策が進められているが、岸壁



四日市港の耐震改良（15号岸壁）

本体の耐震改良に取り組むのはこれから。

港審計画の変更後、来年度予算で事業化する予定。改良工法は既設の鋼

矢板岸壁をコンクリートで補強するほか、グラウンドアンカーを打設して岸壁本体の前屈を防ぐ工法を採用する見込み。

ためのポケットを整備する。約7万立方㍑規模の容量にする方針。今年度から今年秋まで同ポケットを整備するために必要な起重機船の進入水深確保

ス12㍑航路浚渫は直轄事業分として平成18年度まで実施したが、富士川からの流下土砂による漂砂により、航路部の埋没が恒常的にあり、再び埋没

同工事の実施に向けて中部地整では今月19日付で▽田子の浦港航路泊地（マイナス12㍑）保全対策工事を入札公告している。静岡県が整備済み

ドアンカーの設置等による土留め工事を行い、漂砂を溜めるポケットを作る。今年度から実施するこれらの工事では現地に投入してある50㍑級のテト

三重県土整備部は尾鷲港林町地区のマイナス5・5㍑岸壁延長1000㍑の耐震改良事業に今年

既設構造物をくり貫く

控えアンカー鋼管矢板式岸壁の施工

長崎港(松ヶ枝地区)岸壁(マイナス12m)改良工事

堀勇一郎(国交省九州地方整備局 長崎港湾・空港整備事務所長)
石崎 誠(若築建設株) 長崎営業所長

長崎港松ヶ枝岸壁において、10万総トン級の大型旅客船が利用できる岸壁施設への機能アップを図るため、隣接岸壁の改良、増深による岸壁延伸・改良工事を実施した。改良工事では、狭隘な施工スペースや環境面(騒音・振動)などの厳しい制約条件を踏まえ、既設構造物の撤去を行わない工法(先行掘削による砂置換、鋼管矢板圧入およびグラウンドアンカー工)を採用した。

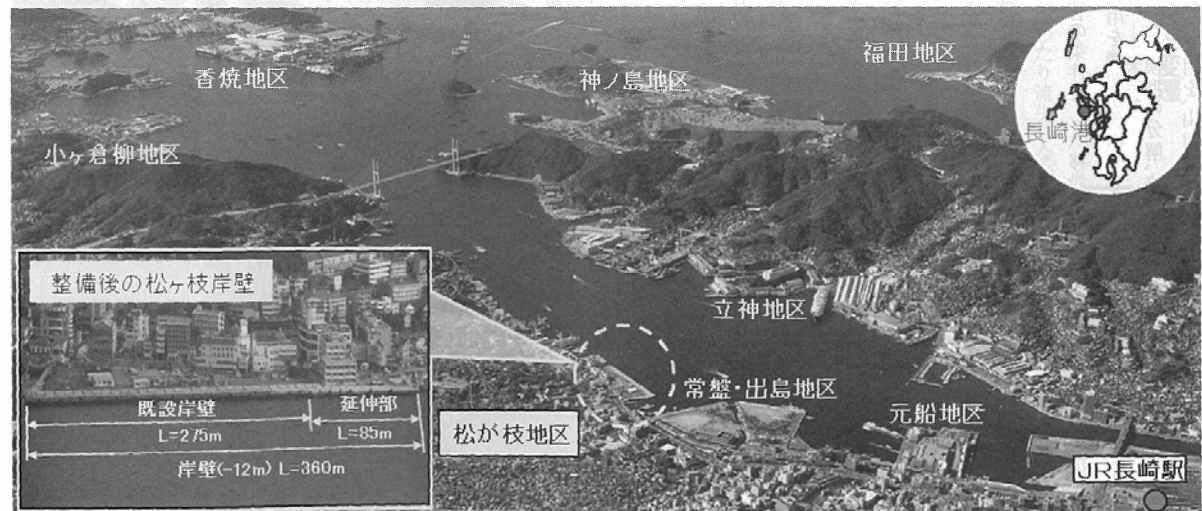


図1 松ヶ枝岸壁(位置図・完成後)