

グラウンドアンカーを用いた 耐震強化岸壁

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・護岸の補強工法

株式会社 エスイー

1. 工法の概要

(1) 工法の概要

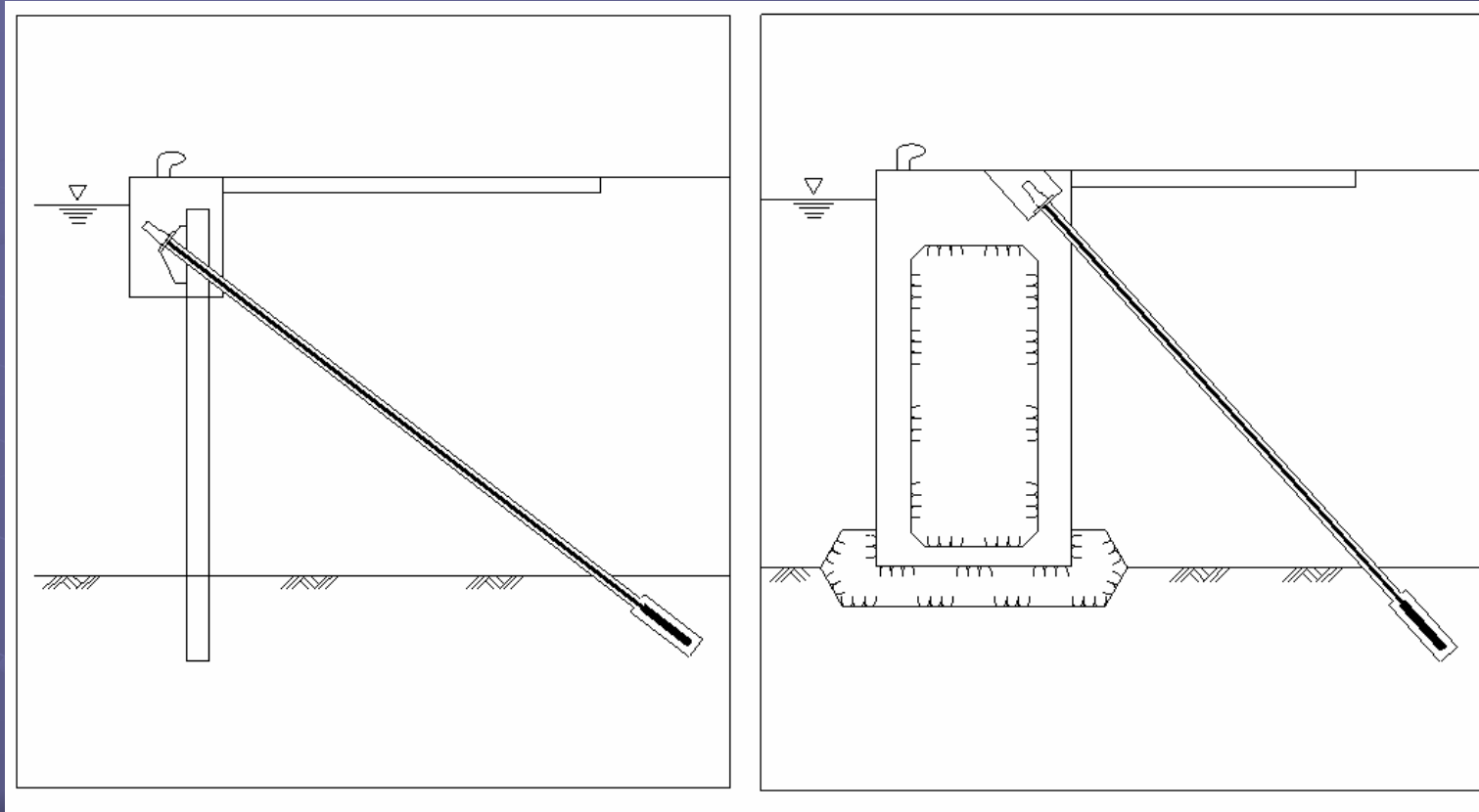
【従来の主たる工法】

- 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、プレストレス力を付与する事により、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)工法のイメージ(斜めアンカー)



- ・ 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) 本工法の特徴

- 重力式岸壁(ケーソン、L型擁壁)の場合は、地震時の滑動を抑制できる。また、鋼矢板式岸壁の場合は変位を抑制できる。
- 施工時の占有面積はおよそ100m²程度と小さく、さらに任意の場所に設置できるため、港湾の施設を供用しながら施工できる。
- 地震時の繰返し荷重や衝撃荷重下においても補強効果が維持できる。
- 港湾での使用に耐えられる防食性能を有する。
- 除荷が可能で、地震時に作用した外力の影響を排除して復旧できる。

(4) グラウンドアンカーの構造



(5)防食性能

①タイブル・ポリエチレンの経年変化試験

試験方法

供試体を16年間海岸地帯の土中に埋設試験を実施した。

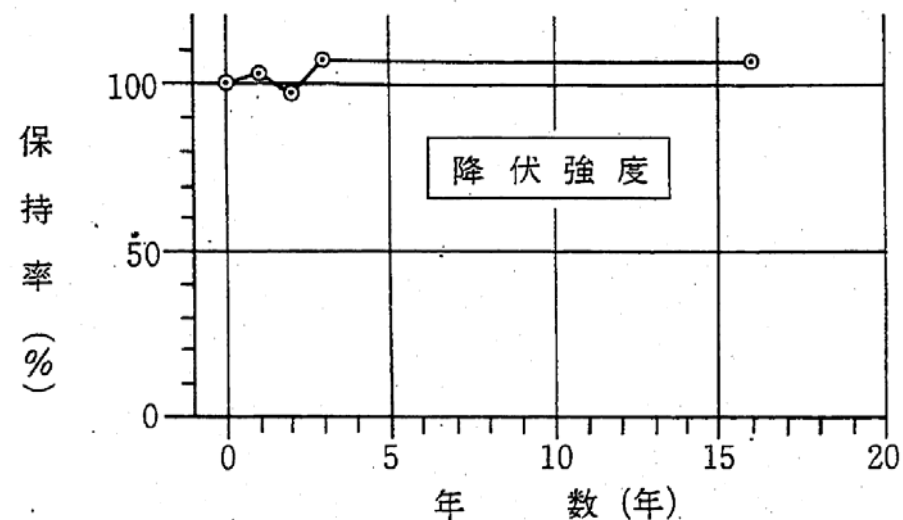
結果

港湾地域での耐久性に問題はなかった

単位 (tf)

項 目		引 張 荷 重	降 伏 点 荷 重
F100Tの規格値		95.0	83.3
供 試 体	No. 1	98.5	93.4
	No. 2	99.5	90.5
	No. 3	97.3	90.0

表.4.7 16年経過後の引張試験結果



②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



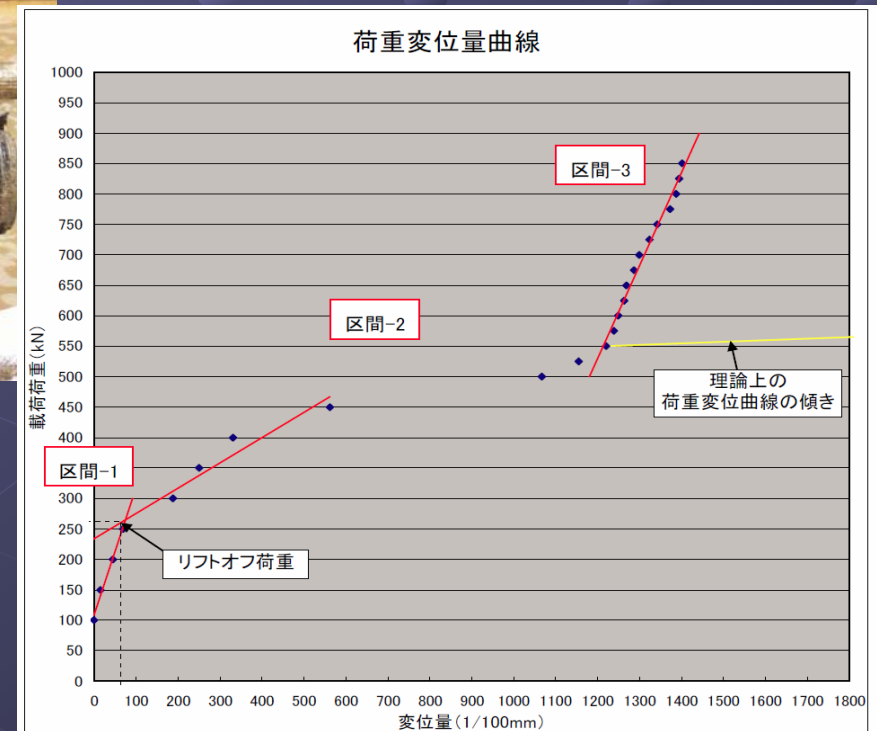
ナット

マンション



腐食無し

控え側



(6) 設計方法

① ケーソン(設計の考え方)

● 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(設計の考え方)

- 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。

2. 工法の特徴の確認

(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)

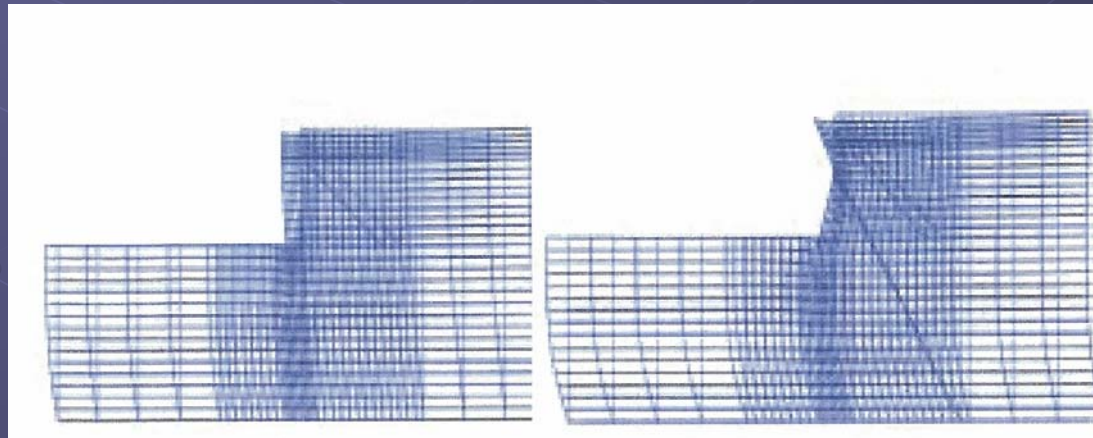
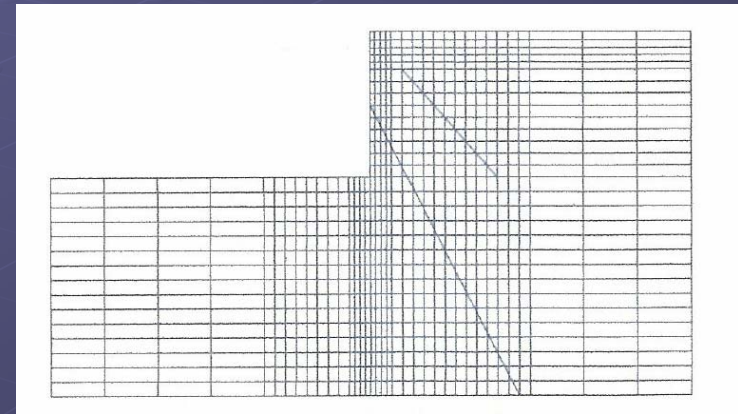
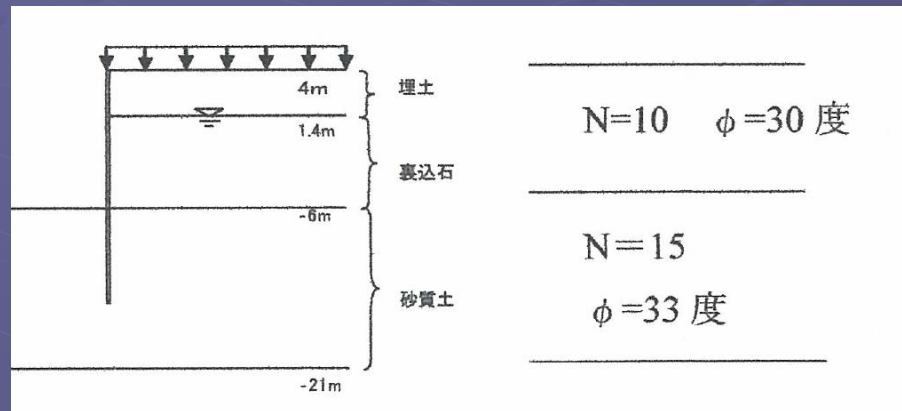
- FLIPの解析により、レベル2地震動作用時の残留変位は、5cm以下であることが確認されている。

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

(2) 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。

(2) 施設を供用しながら施工が可能



ケーソン



鋼矢板

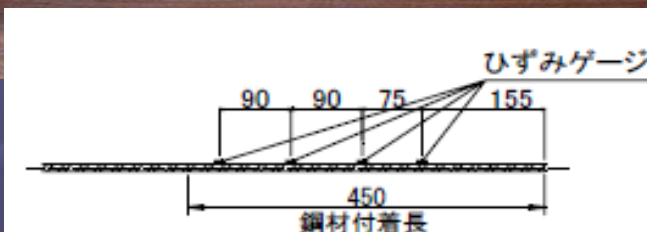
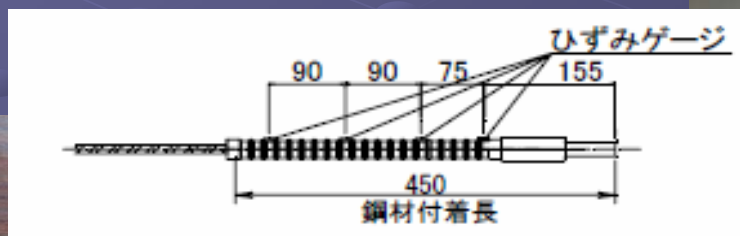
(3) 地震時のアンカー耐力と定着性能

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、 $\phi 5.5$ cm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。

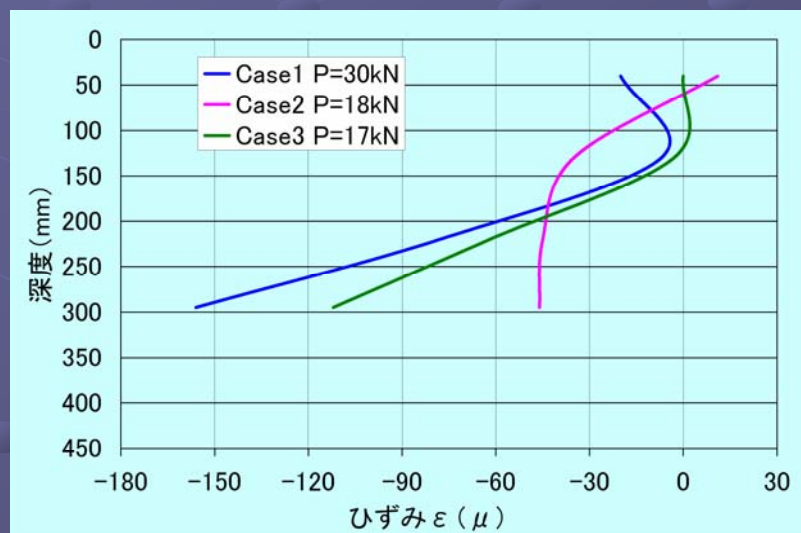
	模擬地盤内はケース 2 以降			セメントミルク		
1 体当り 配合	8 号珪砂	152.9(161.4)	kg	早強セメント	1362	g
	早強セメント	6.91(8.49)	kg	水道水	681	g
	水道水	67.92	kg			



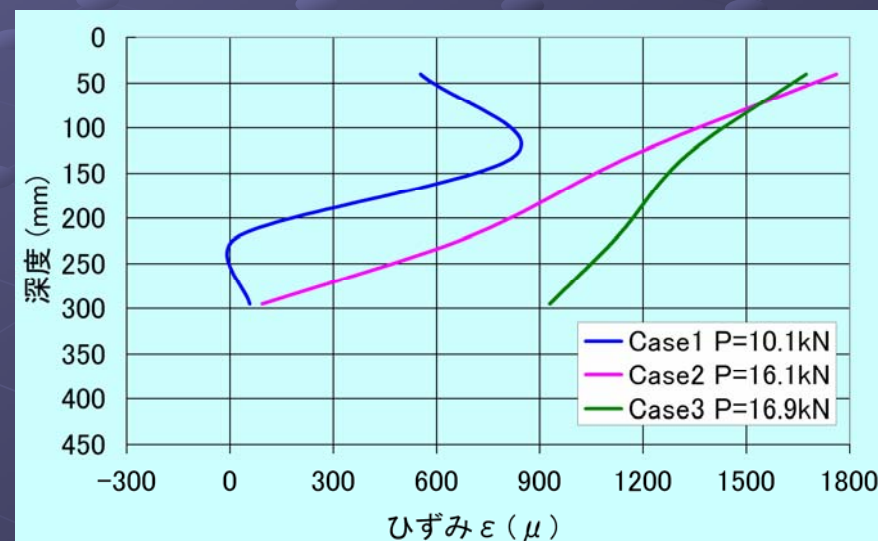
①繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認

● 結果概要

	載荷方法	想定地盤	地盤の一軸圧縮強度 (N/mm^2)		試験最大荷重 (kN)	
			圧縮型	引張型	圧縮型	引張型
Case1	単調載荷	土丹相当	1.09	1.53	36.26	16.06
Case2	単調載荷	砂質土 N 値 20~30	0.25	0.29	17.84	16.11
Case3	サイクル載荷	砂質土 N 値 20~30	0.26	0.23	17.82	16.91



圧縮型のひずみ分布



引張型のひずみ分布

引張型はCase3は先端までひずみが発生している。繰返し荷重による引張亀裂の進行で、アンカー材とグラウトの付着切れが生じている。

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

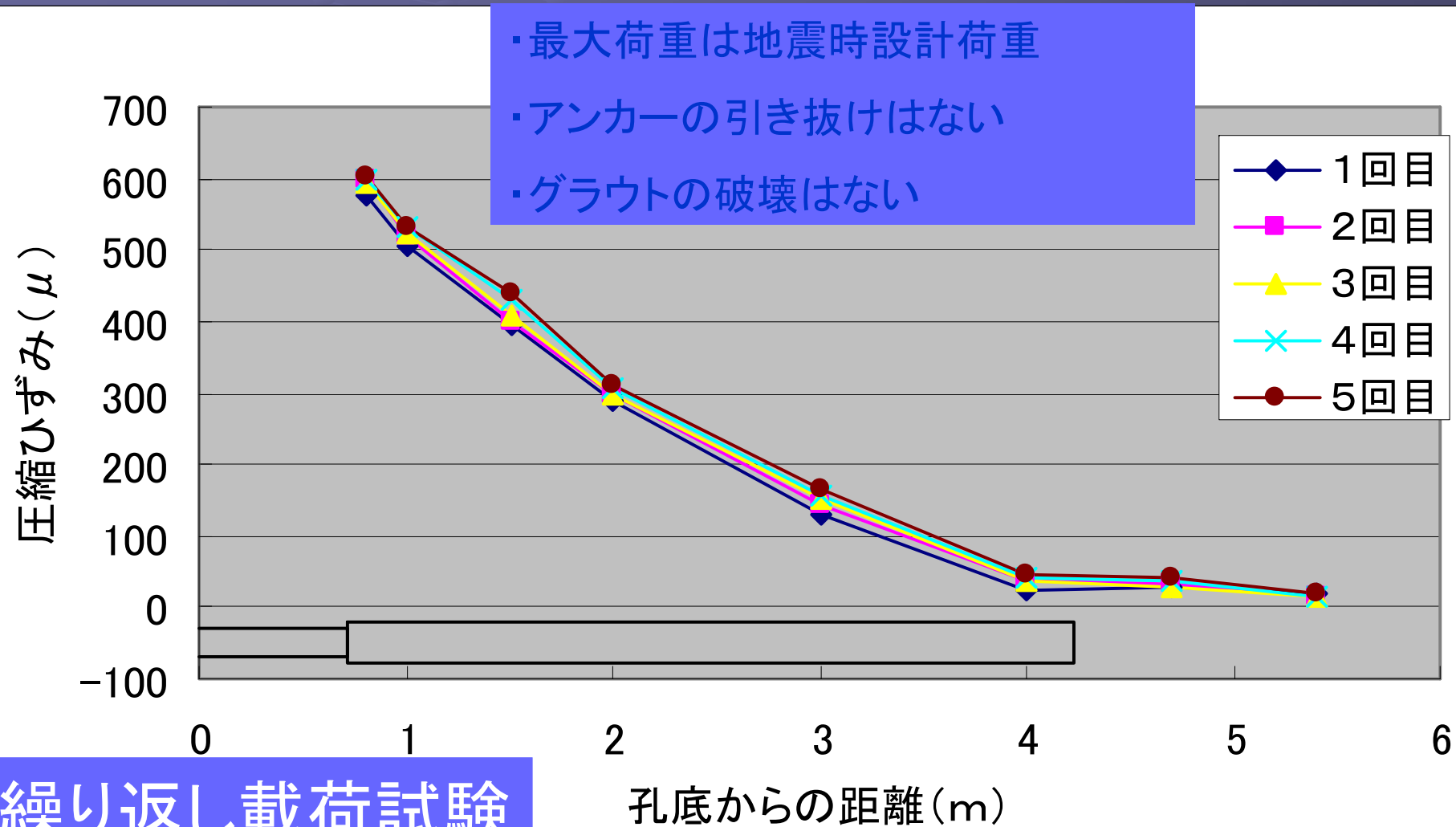
引張型のアンカー体には亀裂が生じているのに対して、
圧縮型のアンカー体には亀裂は生じていない

(3) 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)

- 現場において、実物大による繰返し荷重載荷実験により、以下を確認した。
 - ・ 地震時の設計荷重まで5回繰返し載荷した
 - ・ 繰返し荷重による引抜き荷重の低下はない

②繰返し荷重作用時のアンカー耐力の確認(現場実験)



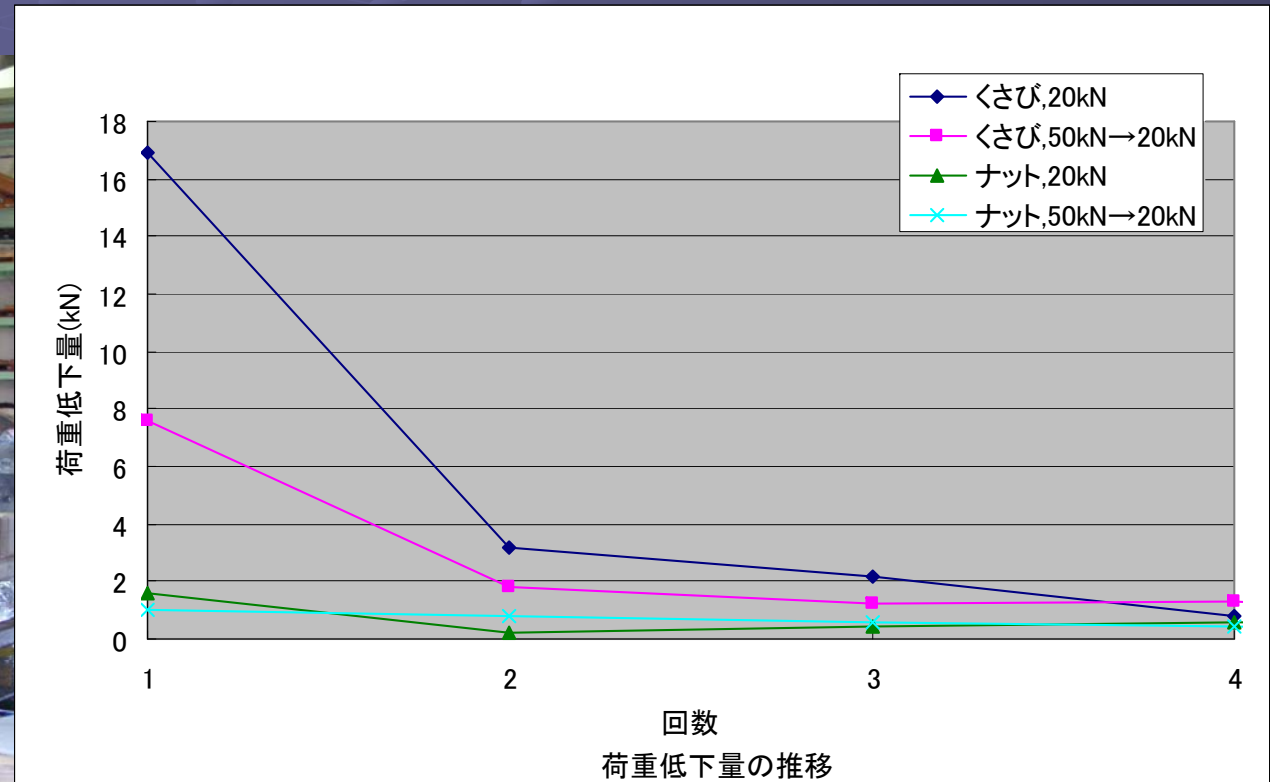
繰返し載荷試験

グラウトひずみ分布(H6-4繰返し載荷試験)

(3) 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



くさび定着方式では、荷重低下量が大きく、低下傾向が継続する

(4) 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ても、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。

3. 経済性・施工性

(1) 一般

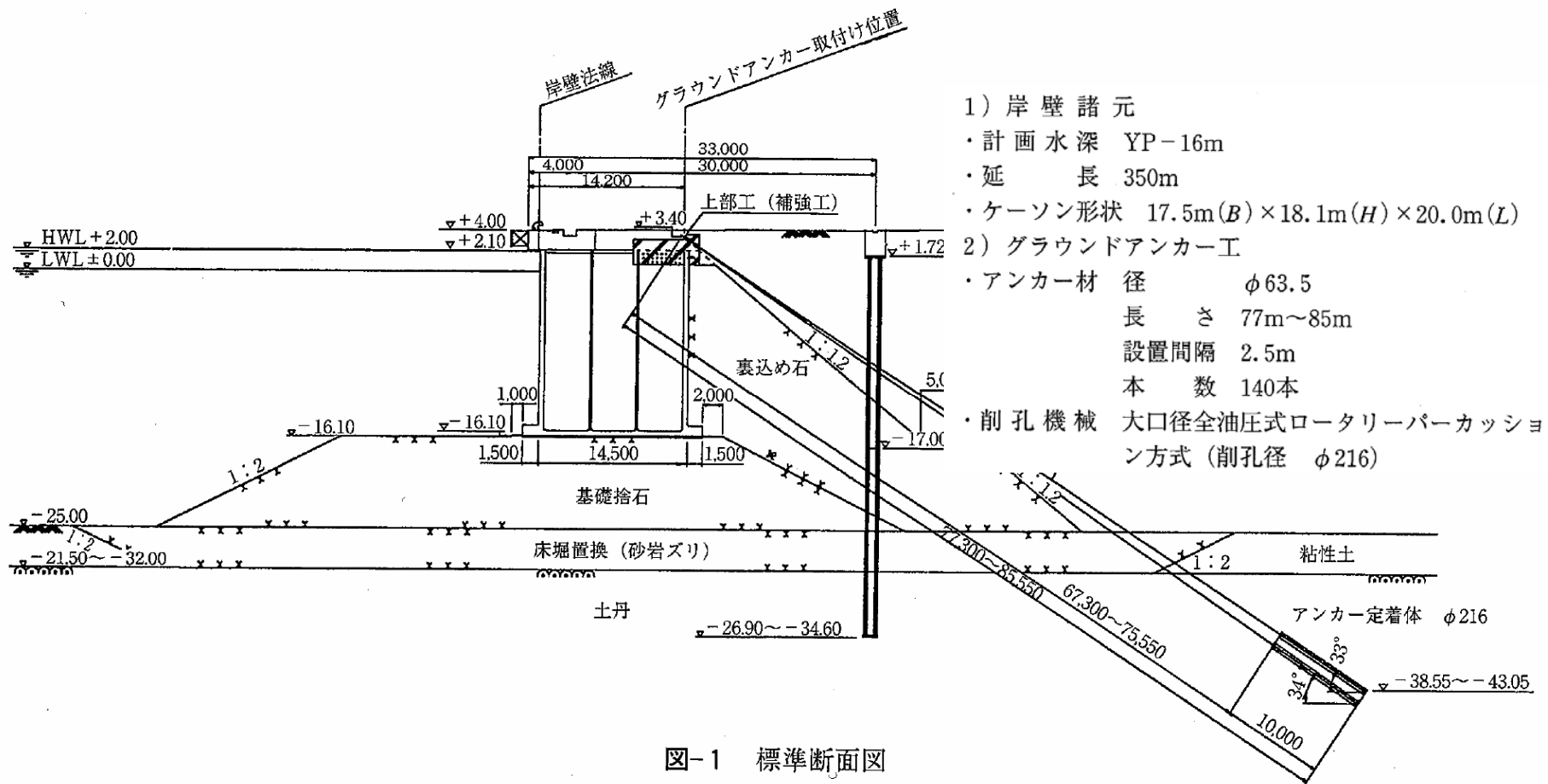
- アンカー工の直工費は、宮崎港の場合で1本100万円程度(単位施工延長あたり50万円/m)。
- 地盤改良や新設等に比べて大幅なコスト削減となる可能性がある
- 工期短縮や施設を供用しながらの施工が可能であることなど、施工性にもメリットがある

(2) 工法比較の例

番 号	工 法 名	概 要	施 工 範 囲	工 期	経 済 性
①	鋼管杭補強工法	堤体の安定に不足な水平力を、鋼管杭が負担することによって、堤体の安定を確保する工法	広い	やや長い	1.70
②	控え杭工法 (控え組杭)	堤体の安定に不足な水平力を、控え組杭にて負担させることにより、堤体の安定を確保する工法	広い	やや長い	1.61
③	控え杭工法 (控え直杭)	堤体の安定に不足な水平力を、控え直杭にて負担させることにより、堤体の安定を確保する工法	狭い	やや長い	1.41
④	斜めアンカー工法	堤体の安定に不足な水平力を、グラウンドアンカーのプレストレス力として導入することで、堤体の安定を確保する工法	狭い	短い	1.00

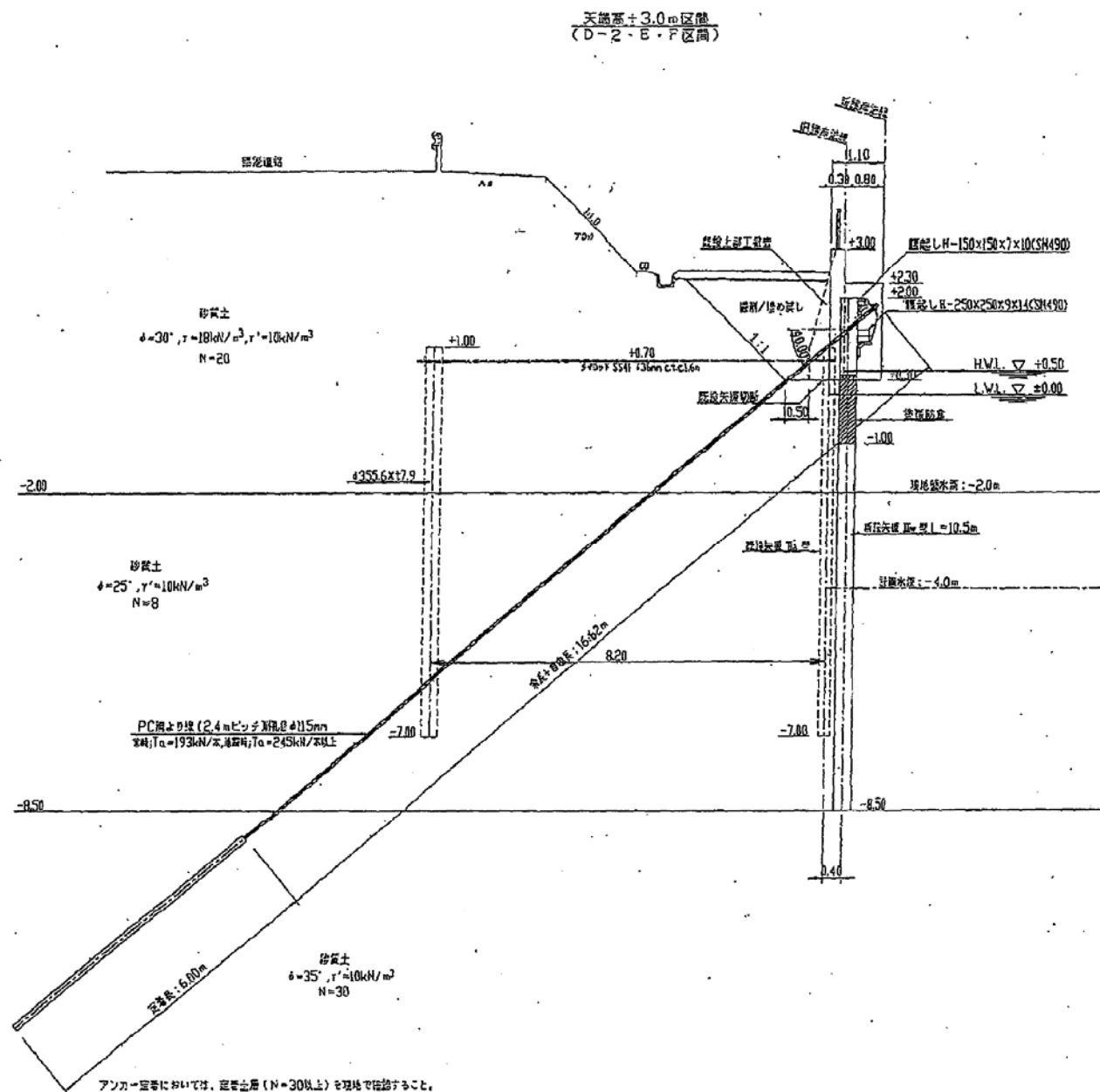
4. 施工例

(1) 南本牧ふ頭耐震護岸補強工事



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



(2) 金沢港



(3) 宮崎港 岸壁耐震補強アンカー



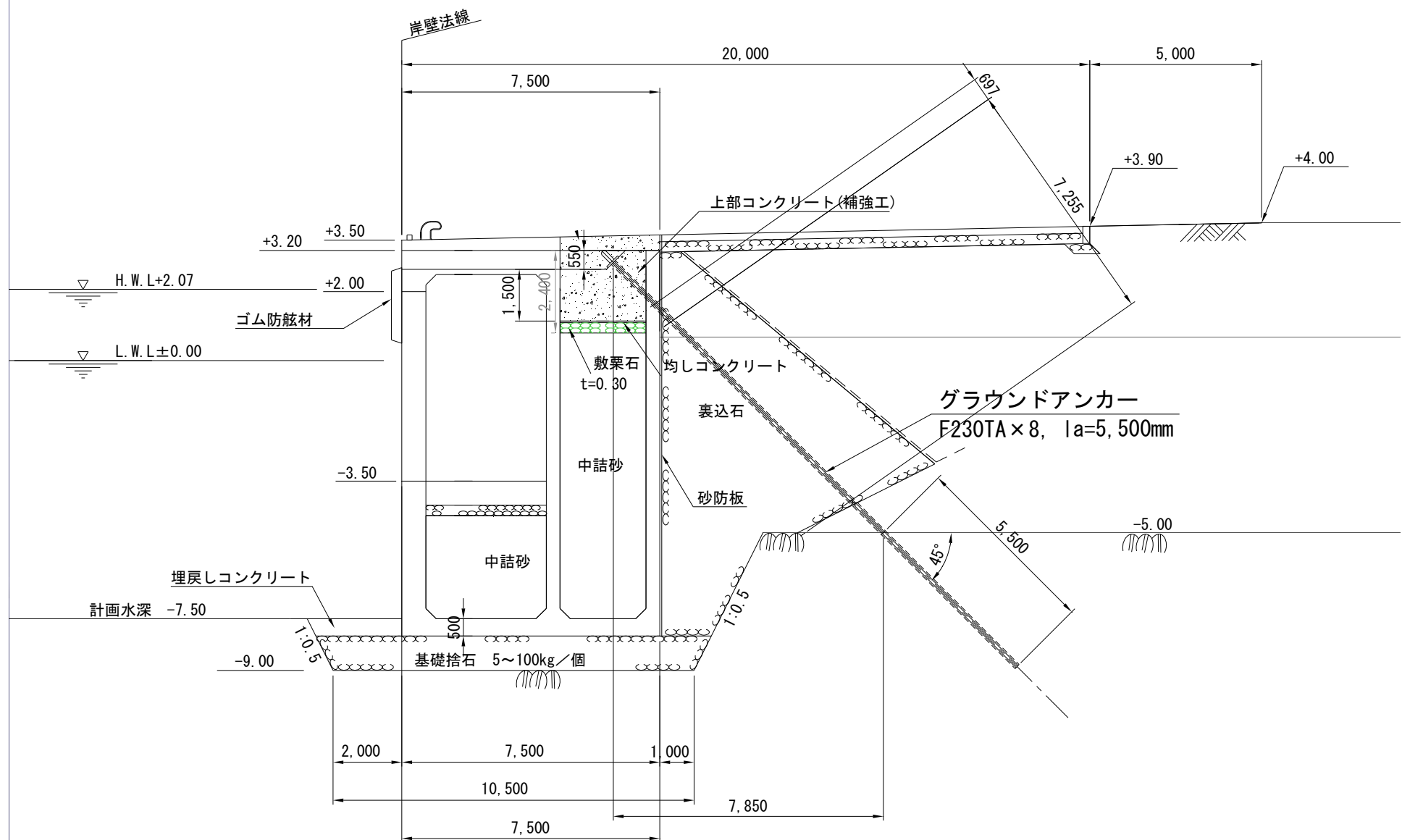
工事名: 宮崎港(西地区)岸壁(-7.5m)改良工事

発注者: 国土交通省九州地方整備局 宮崎港湾・空港整備事務所

施工: 株式会社大林組

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



まとめ

- 本工法について、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、アンカー一体定着部は圧縮型の構造が必須となる