

# 港湾における護岸等の耐震性調査・ 耐震改良のためのガイドライン

参考資料

平成 30 年 6 月

## 目 次

参考資料-1： PDC の補足説明と概算費用と期間	1
1.1. 補足説明	1
1.1.1. 動的貫入装置	1
1.1.2. PDC 試験装置	2
1.1.3. 試験方法	4
1.1.4. 結果の整理	5
1.2. 調査実施間隔	9
1.3. 概算費用と期間	10
参考資料-2： 共有地盤情報の利用例とチャート式の診断事例	12
2.1. 共有地盤情報からの柱状図の入手例	12
2.1.1. 地盤情報データベースからの柱状図の入手	12
2.2. チャート式へのデータ入力と判定結果の一例	19
2.3. その他の構造形式の検討結果の例	32
参考資料-3： 港湾の施設の技術上の基準を定める省令・告示	35
参考資料-4： 被災程度と変形量等の関係の考え方	42
参考資料-5： 護岸等が変位した場合の航路等への影響評価の考え方	44
5.1. 重力式における凹凸変位量と最大はらみ出し量の関係	44
5.2. 矢板式における裏込土砂流出の考え方	45
5.3. 裏込土砂流出量の想定	47
5.4. 危険物が流出した場合の詳細検討	48
参考資料-6： 事前に耐震改良を行うことのメリットの算出例	49
参考資料-7： 地震・津波による護岸等の被災事例	52
参考資料-8： 耐震改良工法の概要	79

参考資料-1 : PDC の補足説明と概算費用と期間

1.1. 補足説明

1.1.1. 動的貫入装置

動的貫入装置には、ミニラム（小型動的コーン貫入試験機）を使用する。ミニラムは図 1-1 に示すように貫入装置、ロッドおよびコーン、引抜装置、コントロールユニットの4つの要素からなる。ミニラム各部の仕様を表 1-1 に示す。

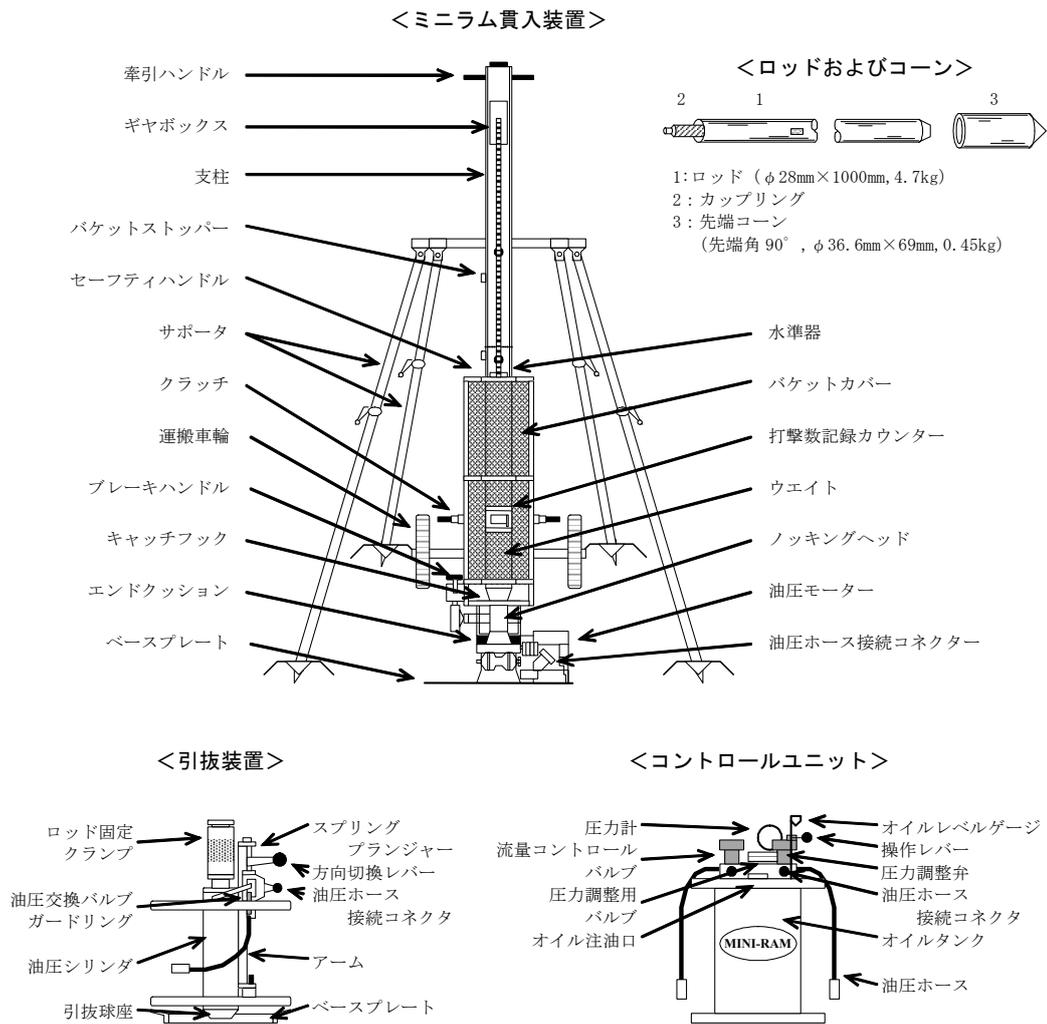


図 1-1 ミニラム（小型動的コーン貫入試験）機概要図<sup>1)</sup>

1) PDC 調査方法 (PDC コンソーシアム)

表 1-1 ミニラム（小型動的コーン貫入試験機）仕様一覧表<sup>1)</sup>

試験機各部	寸法・その他	重量
自動貫入装置	50×84×250cm	135kg
ハンマー	φ16×19cm	30kg
落下高	35cm	—
ポンプユニット	36×59×43cm	44kg
コントロールユニット	作動油 15 リットル	42kg
引抜き装置	φ50×64cm	49kg
ロッド	φ28mm×1m	4.7kg
先端コーン	φ36.6mm×69mm	0.45kg

### 1.1.2. PDC 試験装置

貫入装置に設置（追加）する PDC の主な試験装置は、間隙水圧計、変位計、トリガーおよびデータ収録装置である。

#### 間隙水圧計

先端コーンの外形および寸法は、ミニラム（小型動的コーン貫入試験）と同一である。

間隙水圧計の圧力センサは、先端コーンに内蔵されている。圧力センサは、米国の MEGGITT 社製（旧 Endevco 社）の半導体ゲージ型圧カトランスデューサ（8530B）を用いている。圧力センサの測定レンジは、0～1,380 kPa（測定感度 0.217±0.725 mV/kPa）と 0～3,450 kPa（測定感度 0.087±0.029 mV/kPa）の 2 タイプである。両圧力センサとも、9,800 m/s<sup>2</sup>（1,000 G）の耐振動性能と 196,000 m/s<sup>2</sup>（20,000 G）の耐衝撃性能を有する小型で堅牢・高感度なセンサである。

#### (1) 変位計

変位計は、動的貫入時の瞬時の貫入量・リバウンド量を計測するために、地表面地盤を不動点とする磁歪リニア変位センサを用いている。

磁歪リニア変位センサは、Wiedemann 効果による磁歪現象を応用したセンサである。剛なセンサプローブ（磁歪線）に非接触で移動するマグネットを配置することにより磁歪線上にねじり歪を発生させて、そのねじり歪の伝播時間でマグネットの位置を計測する方式である。高速となる打撃貫入速度に対し、高精度・高応答を可能としたセンサである。

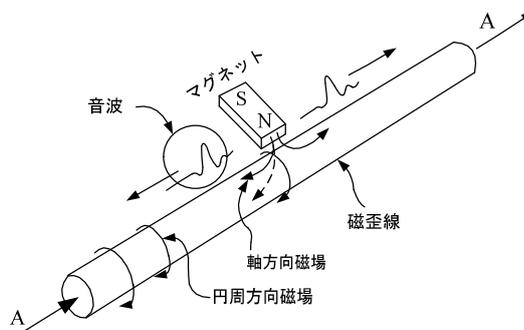


図 1-2 磁歪リニアセンサの概念図<sup>1)</sup>

## (2) トリガー

重錘を一定高さより自由落下させてノッキング・ヘッドを打撃するタイミング（貫入開始時間）をデータ収録装置に知らせるトリガーには、近接センサを用いている。

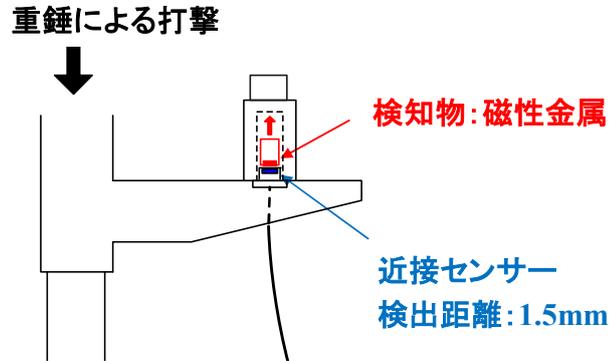


図 1-3 トリガーの概念図<sup>1)</sup>



写真 1-1 トリガーの設置状況<sup>1)</sup>

## (3) データ収録装置

データ収録装置は、圧力センサーの応答電圧、変位計の応答電圧値の 2 成分のアナログ値を入力し、A/D 変換の後に校正値を用いて物理量に換算して 1 打撃毎に先端コーン位置での間隙水圧応答と貫入深度のデジタル値を記録する。1 回の打撃で記録されるデジタルデータは、サンプリング周期  $100 \mu\text{sec}$  (10 kHz)、プレトリガー 10 msec (100 データ/CH) を含む 0.2 秒間 (2,000 データ/CH) である。

### 1.1.3. 試験方法

ミニラムを用いた PDC では、30kg の重錘を 35cm の高さから自由落下させ、20cm 貫入するのに要する打撃回数  $N_{dm}$  を測定する。また、打撃貫入時に地盤内で発生する間隙水圧応答と貫入量を 1 打撃毎に測定し、データ収録装置に自動収録される。

作業の手順は以下に示す。

- ①調査地点にミニラムの貫入装置を垂直に立て、サポートで固定する。
- ②貫入装置とコントロールユニットを油圧ホースで接続する。
- ③変位計とトリガーを貫入装置にセットし、それぞれをデータ収録装置と接続する。
- ④先端コーンを専用ロッドに取り付けるとともに、所定貫入深度+1m分のロッド内に信号ケーブルをとおし、データ収録装置に接続する。
- ⑤先端コーン部内を脱気した後、間隙水圧計の作動状況を確認する。
- ⑥専用脱気コーン+捨てコーンを取り付け、先端コーン部を仕上げる。
- ⑦データ収録装置に記録媒体 (SD カード) を挿入する。
- ⑧間隙水圧計の検定値をデータ収録装置に入力する (検定値の入力)。
- ⑨先端コーンを取り付けた 1 本目のロッドを貫入装置にセットし、コーン先端の深度をデータ収録装置に入力する (初期深度の入力)。
- ⑩データ収録装置のカウント数に「1」を、トルク値に「0」を入力する。
- ⑪貫入装置の打撃回数カウンターを「0」にする。
- ⑫コントロールユニットを操作し、ハンマー (30kg)、落下高 (35cm) による打撃を開始する。このとき 1 打撃毎の貫入量と過剰間隙水圧は、データロガーに自動収録される (写真 1-2)。
- ⑬20cm 貫入毎の打撃回数をデータシートに記録する。
- ⑭1mの貫入後 (1 本目は 80 cm)、コントロールユニットを操作して打撃を中断させ、トルクレンチを用いてロッドのトルクを測定する (写真 1-3)。
- ⑮ロッドを 1m分継ぎ足し、⑪～⑮を所定の深度に達するまで繰り返し行う。
- ⑯所定貫入深度までの試験が終了したら、変位計、データロガー、トリガーをセットする。
- ⑰貫入装置を移動し、引抜装置とコントロールユニットを用いてロッドの引抜きを行う。

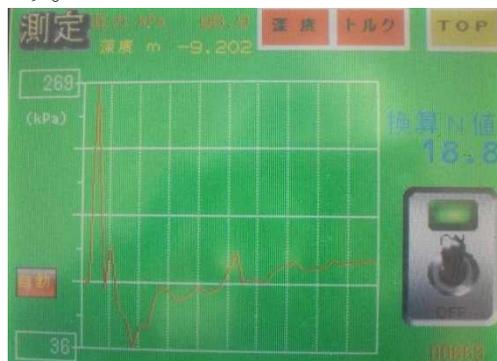


写真 1-2 間隙水圧測定状況<sup>1)</sup>



写真 1-3 トルク測定状況<sup>1)</sup>

#### 1.1.4. 結果の整理

##### (1) $N_d$ 値 (推定 $N$ 値)

動的貫入試験機の貫入力は、一般に式 (1-1) で定義されている。

$$R_d = \frac{MgH}{A} \times \frac{N}{D'} \quad (1-1)$$

ここに、 $R_d$  : 貫入力  
 $M$  : ハンマー重量  
 $H$  : 落下高さ  
 $A$  : 先端コーンの断面積  
 $g$  : 重力加速度  
 $D'$  : 所定の貫入深度間隔  
 $N$  : 所定の  $D'$  に達する打撃回数

ミニラム (小型動的コーン貫入試験) は、20 cm 貫入に要する打撃回数 ( $N_{dm}$  値) が標準貫入試験の 2 倍となるように設計されており、打撃回数  $N_m$  と各深度でのロッドを回転させるのに必要なトルク  $M_r$  を測定することによって、標準貫入試験の  $N$  値を式 (1-2) または式 (1-3) で求めることができる。

$$\text{砂質土地盤の場合} \quad N_d = \frac{1}{2} N_{dm} \quad (1-2)$$

$$\text{粘性土地盤の場合} \quad N_d = \frac{1}{2} N_{dm} - 0.16 M_r \quad (1-3)$$

ここに、 $N_d$  : 貫入抵抗  $N_d$  値 ( $\approx N$  値)  
 $N_{dm}$  : ミニラムの 20cm 貫入に要する打撃回数  
 $M_r$  : 回転トルク (N・m)

PDCでは、1打撃毎に貫入量 $d$ を測定していることから、式 (1-4) を用いることで、1打撃毎に20cm貫入に要する打撃回数 ( $N_{dm}$  値) を求めることができる。

$$N_{dm} = \frac{20}{d} \quad (1-4)$$

$N_{dm}$  : ミニラムの 20cm 貫入に要する打撃回数  
 $d$  : 1 打撃当たりの貫入量 (cm)

PDCでは、土質に関わらず周面摩擦力の影響を補正した $N_d$ 値を採用し、式 (1-3) に式 (1-4) を代入した式 (1-5) より、1打撃毎に $N_d$ 値を算出している。

$$N_d = \frac{1}{2} \cdot \frac{20}{d} - 0.16 M_r = \frac{10}{d} - 0.16 M_r \quad (1-5)$$

※ただし、 $N_d \leq 0$  の場合、 $N_d = 0$  とする。

ここに、 $N_d$  : 貫入抵抗  $N_d$  値 ( $\approx N$  値)  
 $d$  : 1 打撃当たりの貫入量 (cm)  
 $M_r$  : 回転トルク (N・m)

## (2) 細粒分含有率 $F_c$

打撃貫入時に発生する過剰間隙水圧の消散は、地盤（土質）の透水係数  $k$  に依存する。砂質土層と粘性土層で測定された過剰間隙水圧  $\Delta u$  の時刻歴波形の一例を図 1-4 に示す。同図のとおり、細粒分の多い地盤（粘性土層）は、細粒分の少ない地盤（砂質土層）に比べて累積する間隙水圧  $u_R$  が大きくなる。図 1-5 には累積する間隙水圧  $u_R$  の概念図を示す。

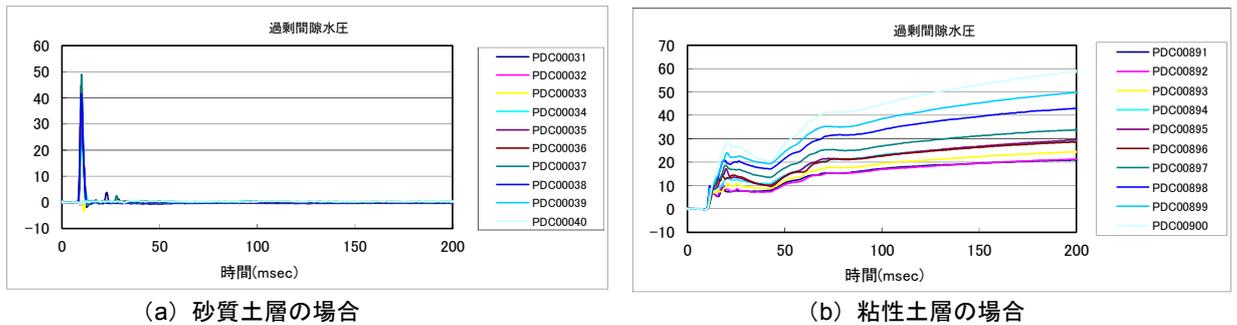


図 1-4 過剰間隙水圧  $\Delta u$  の時刻歴波形記録の一例<sup>1)</sup>

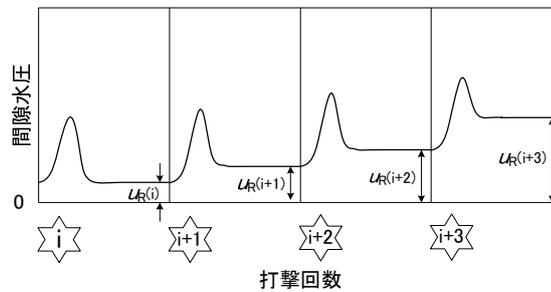


図 1-5 累積する残留間隙水圧  $u_R$  の概念図<sup>1)</sup>

PDC で得られた累積する間隙水圧  $u_R$  を有効上載圧  $\sigma_v'$  で除した累積間隙水圧比  $u_R/\sigma_v'$  と、室内土質試験（粒度試験）による細粒分含有率  $F_c$  の関係図（経験図）を図 1-6 に示す。同図より、両者の相関性は高く、式 (1-6) の近似式が成り立つことが確認されている。なお、累積間隙水圧比  $u_R/\sigma_v'$  の算定には、190msec~200msec の累積する間隙水圧の平均値を用いている。PDC では、式 (1-6) を用いて累積間隙水圧比  $u_R/\sigma_v'$  より細粒分含有率  $F_c$  を推定する。

$$F_c = 20 \cdot u_R / \sigma_v' + 15 \quad (1-6)$$

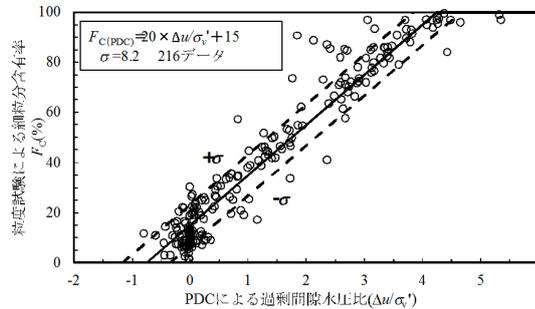


図 1-6 累積間隙水圧比 ( $u_R/\sigma_v'$ ) と細粒分含有率  $F_c$  の関係<sup>2)</sup>

2) 藤井紀之, 東畑郁生, 規矩大義, 澤田俊一, 吉澤大造: 間隙水圧測定を伴う動的貫入試験法—その 16 過剰間隙水圧に着目した  $F_c$  の推定—, 第 48 回地盤工学研究発表会 pp.355-.

### (3) 地下水位 GWL

PDC では、地下水位を累積する間隙水圧  $u_R$  の深度分布から推定する。図 1-7 に示すように累積する間隙水圧  $u_R$  は、地下水位以浅では負の値を示し、地下水位以深では正の値を示す。よって、累積される残留間隙水圧  $u_R$  が負から正に転ずる深度が地下水位となる。その他に、ロッド回収後の貫入孔を利用した水位計による地下水の確認も行う。

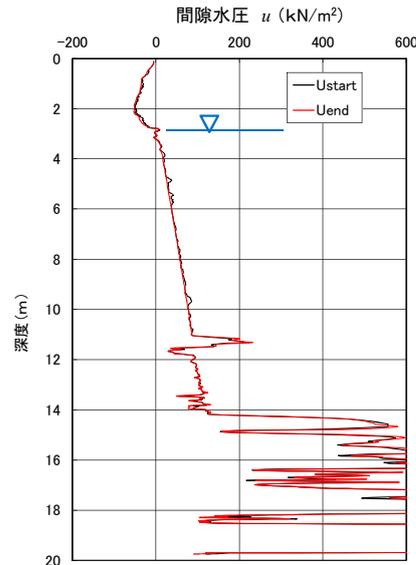


図 1-7 累積間隙水圧の深度分布 <sup>1)</sup>

### (4) 液状化判定

PDC の液状化判定手順を図 1-8 に示す。液状化判定には、単位体積重量  $\gamma_t$ 、 $N$  値、細粒分含有率  $F_c$  および地下水位 GWL と塑性指数  $I_p$  が必要となる。 $N$  値、細粒分含有率  $F_c$  および地下水位 GWL は PDC で得られる。単位体積重量  $\gamma_t$  は PDC では評価できないことから、仮定により計算を行い、細粒分含有率  $F_c$  を算出した時点で最初に仮定した単位体積重量  $\gamma_t$  の妥当性を確認する。そして、必要に応じて単位体積重量  $\gamma_t$  を修正し、一連の計算を再度行う。塑性指数  $I_p$  は液状化判定の対象層を設定する際に用いるが、PDC では塑性指数  $I_p$  を評価することができない。PDC の液状化判定では、液状化判定の対象層の決定は、細粒分含有率  $F_c$  のみで行っている。すなわち、細粒分含有率  $F_c$  が 50%未満の土層を液状化判定の対象層としている。

単位体積重量  $\gamma_t$ 、 $N$  値、細粒分含有率  $F_c$  および地下水位 GWL が求めれば各種構造物の設計指針・基準等に示された液状化判定が可能となる。

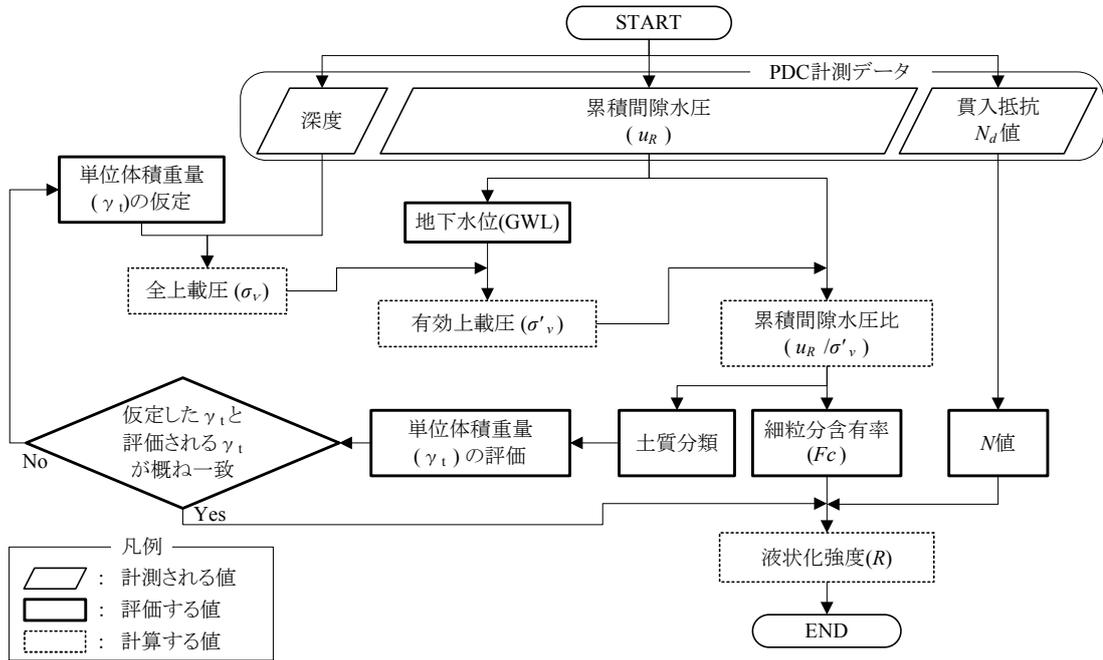


図 1-8 PDC による液状化判定手順<sup>1)</sup>

## 1.2. 調査実施間隔

PDC はサウンディングに分類され、港湾の施設の技術上の基準・同解説では、地盤の成層状態により、**図 1-9** に示す調査地点間隔の目安が記載されている。**図 1-9** を参考に、簡易的な耐震診断に必要な地盤定数を得るための土質調査の実施間隔（案）を**図 1-10** に示す。ボーリング調査は、PDC によって得られる貫入抵抗と細粒分含有率より土層構成を設定するために必要であり、最少でも 500m に 1 本と設定した。PDC の実施は、成層状態が水平方向にも鉛直方向にも比較的均質な場合は 250m 間隔とし、成層状態が複雑な場合は 50m 間隔とする。

		法線方向		法線直角方向			
		配置間隔		配置間隔		法線からの距離（最大）	
		ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング
概略調査	広範囲の地域	300~500	100~300	50	25	50~100	
	小範囲の地域	50~100	20~50				
	精密調査	50~100	20~50	20~30	10~15		

①成層状態が水平方向にも鉛直方向にも比較的均質な場合 (単位：m)

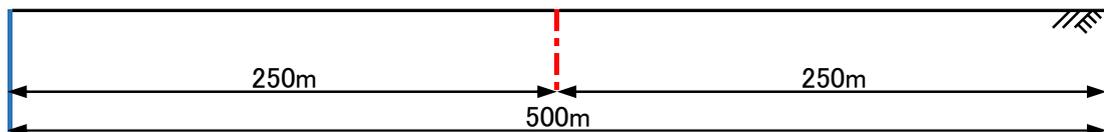
		法線方向		法線直角方向			
		配置間隔		配置間隔		法線からの距離（最大）	
		ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング	ボーリング	サウンディング
概略調査		50以下	15~20	20~30	10~15	50~100	
精密調査		10~30	5~10	10~20	5~10		

②成層状態が複雑な場合 (単位：m)

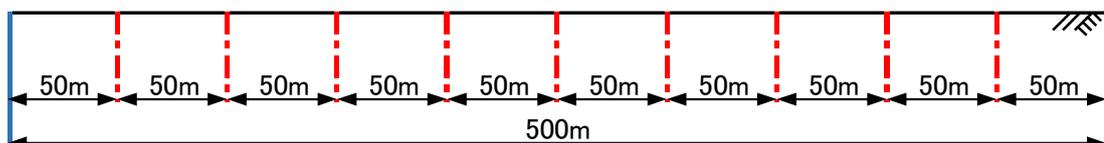
注) サウンディングにはボーリング孔を必要とするものと、必要としないものがある。  
 表中のサウンディングはボーリング孔を必要としないもののみを対象とする。  
 ボーリング孔を必要とするサウンディングはボーリングの欄を適用する。

図 1-9 土質調査地点間隔の目安<sup>3)</sup>

出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説



(1) 成層状態が水平方向にも鉛直方向にも比較的均質な場合



(2) 成層状態が複雑な場合

図 1-10 ボーリングと PDC の実施間隔（案）

—:ボーリング  
 - - -:PDC

3) 港湾の施設の技術上の基準・同解説 P. 291

### 1.3. 概算費用と期間

NETIS に登録されている従来工法との経済性、工程の比較を以下に示す。

活用効果の根拠			
基準とする数量	20	単位	m
	新技術	従来技術	向上の程度
経済性	488,760 円	3,370,000 円	85.5%
工程	3 日	14 日	78.57%

新技術の内訳						
項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
サウンディング 及び原位置試験	ピエゾドライ ブコーン	20	m	9,512 円	190,240 円	自社単価(特許料を含む)
運搬費	3tトラック、 2.9t 吊りユニ ック付き	1	台・日	20,000 円	20,000 円	建設物価と積算資料 (平成 22 年 11 月号) の平均値
旅費・交通費	ライトバン交 費	2	台・日	1,743 円	3,486 円	建設物価と積算資料 (平成 22 年 11 月号) の平均値
施工管理費	施工管理	1	式	1,270 円	1,270 円	直接費×0.007
一般調査業務 諸経費	諸経費	1	式	93,764 円	93,764 円	直接人件費×120%
解析費	液状化判定	1	式	65,400 円	65,400 円	
間接費	諸経費・技術 経費	1	式	114,600 円	114,600 円	(直接人件費+諸経 費)×30%

従来技術の内訳						
項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
機械ボーリング	φ66mm,砂質土	20	m	11,500 円	230,000 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
標準貫入試験	砂質土	20	m	7,450 円	149,000 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
室内土質試験	比重・粒度・含水・液塑性	20	試料	38,710 円	774,200 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
総合解析	資料整理とりまとめ・断面図作成	1	式	117,920 円	117,920 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
電子成果品作成費	電子成果品作成	1	式	20,330 円	20,330 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
運搬費	3tトラック、2.9t吊りユニット付き	1	台・日	23,079 円	23,079 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
準備費	準備・後片付け・調査孔閉塞	1	箇所	221,560 円	221,560 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
仮設費	平坦足場	1	箇所	52,500 円	52,500 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
旅費交通費	ライトバン・交通費	7	台・日	1,743 円	12,201 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
一般調査業務諸経費	諸経費	1	式	700,170 円	700,170 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
解析業務	液状化判定	1	式	372,840 円	372,840 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
間接費	諸経費・技術経費	1	式	687,160 円	687,160 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値
施工管理費	施工管理	1	式	9,040 円	9,040 円	建設物価と積算資料(平成22年11月号)の平均値

## 参考資料-2：共有地盤情報の利用例とチャート式の診断事例

### 2.1. 共有地盤情報からの柱状図の入手例

#### 2.1.1. 地盤情報データベースからの柱状図の入手

公開されている地盤情報データベースから柱状図を入手する方法を以下に記載する。ここでは、「Kunijiban」と「東京の地盤」を代表として取り上げる。

##### (1) Kunijiban

Kunijiban の HP (<http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/>) の画面中（**図 2-1** 参照）の「地理院地図版を利用する」を選択すると**図 2-2** に示すボーリング位置図が表示される。

**図 2-2** の表示したい地点のマーカを選択すると**図 2-3** に示すボーリングの概要が表示される。

**図 2-3** の柱状図の表示を選択すると**図 2-4** に示すボーリング柱状図を表示することができる。



**図 2-1** Kunijiban の HP 画面



図 2-2 ボーリング位置図 (KuniJiban)

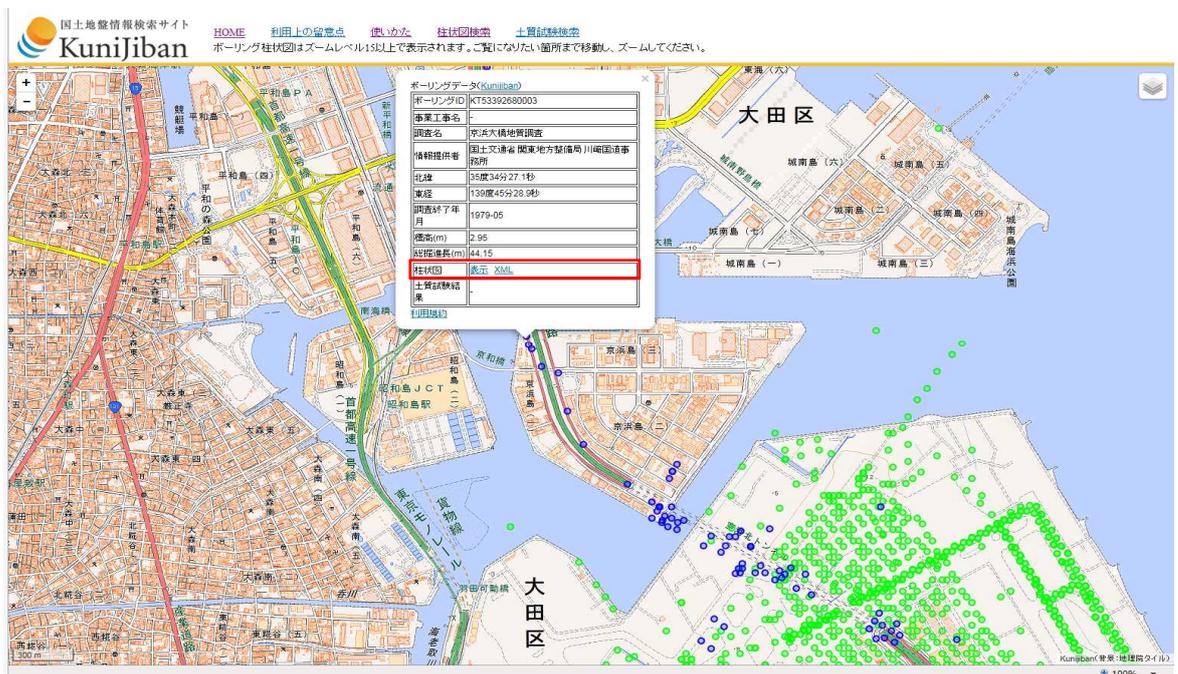


図 2-3 ボーリング選択画面 (KuniJiban)

ボーリング柱状図

調査名 京浜大橋地質調査

事業・工事名

ボーリング機

シートNo.

ボーリング名	調査位置	測定精度	北緯	33° 51' 27.888"
発注機関	国土交通省 関東地方整備局 川中島臨港開発	測定精度	東経	139° 43' 25.987"
調査業者名	土質コンサルタント株式会社	主任技師	ボーリング機	ボーリング機
ボーリング機	土質コンサルタント株式会社	ボーリング機	ボーリング機	ボーリング機
ボーリング機	土質コンサルタント株式会社	ボーリング機	ボーリング機	ボーリング機

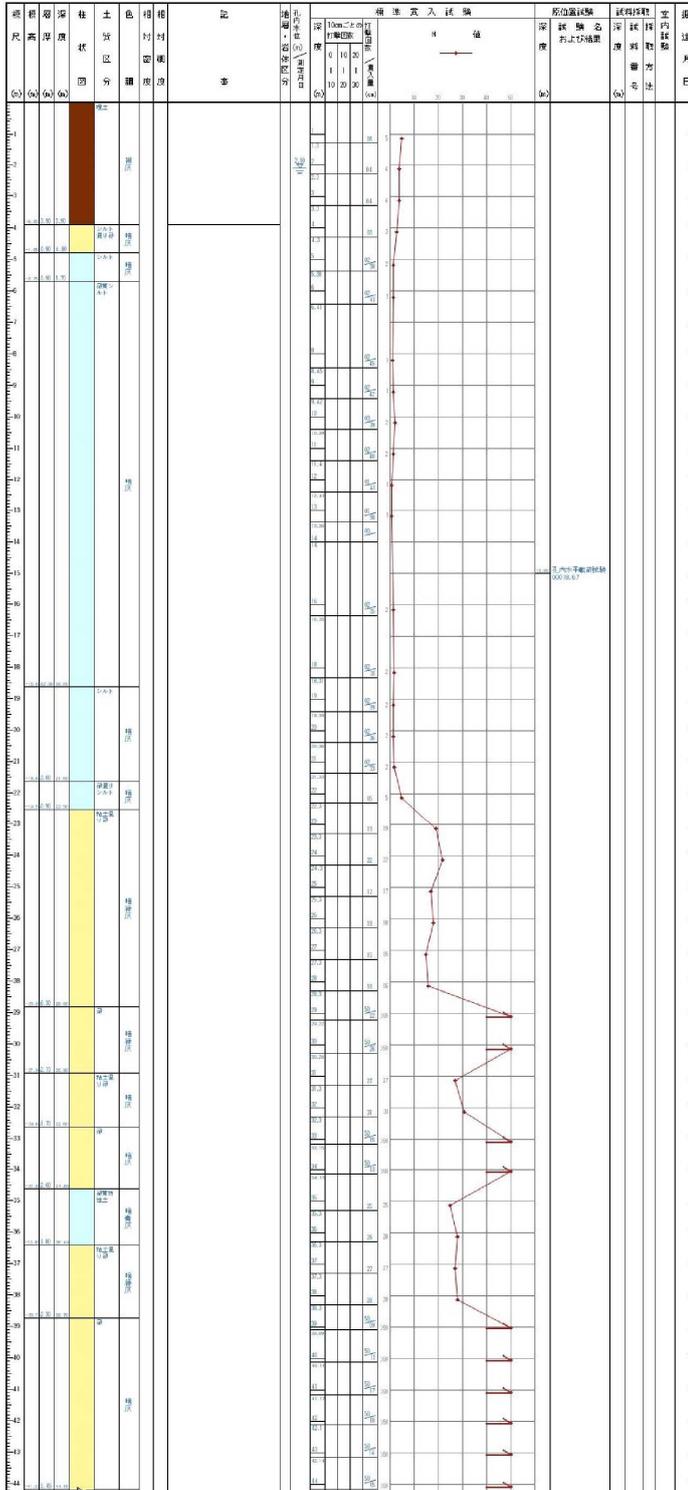


図 2-4 ボーリング柱状図 (Kunijiban)

## (2) 東京の地盤

東京の地盤の HP (<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/jigyo/tech/start/03-jyouhou/geo-web/00-index.html>) の画面中 (図 2-5 参照) の「次へ」を選択すると、図 2-6 に示す「利用上の注意」が表示され、承諾すると図 2-7 に示すボーリング位置図が表示される。表示したい地点のマーカを選択すると図 2-8 に示すボーリング番号が表示される。図 2-8 に示す柱状図の番号を選択すると図 2-9 に示すボーリング柱状図を表示することができる。

東京都建設局  
The Bureau of Construction

JIS X 8341-3:2010 等級AA適合 サイトマップ English 東京都

文字を大きくする 標準 大 カスタム検索

東京都土木技術支援・人材育成センター

トップページ  
センター概要  
技術支援  
調査開発  
情報公開  
東京の液状化予測 (平成24年度改訂版)  
東京の地盤 (GIS版)  
基準・水準点申請  
新技術情報  
行事案内  
リンク集

トップ > 建設事務所をさがす > 東京都土木技術支援・人材育成センター > 印刷する

東京の地盤 (GIS版)

(2014.05.01一部更新)

東京の地盤 (GIS版) は、都内で実施された地盤調査で得られた地質柱状図を表示したものです。北多摩・区部の東西地質断面図についても作成しております。ご興味がありましたらこちらをご覧ください。

柱状図提供のお願い

皆さんが実施した地質調査の報告書を、東京都土木技術支援・人材育成センターに提供していただける場合は、下記にご連絡ください。東京の地盤の解明のために活用させていただきます。

連絡先：東京都土木技術支援・人材育成センター  
Tel：03-5683-1533  
Mail：ml-jiban-shinsei(at)section.metro.tokyo.jp  
※送信時には(at)を@に変更してください。

次へ (利用上の注意事項)

ページトップへ戻る

東京都建設局  
〒163-8001  
東京都新宿区西新宿2-8-1 東京都庁第二本庁舎  
TEL.03-5320-5212

お問い合わせ サイトポリシー アクセシビリティ方針 個人情報保護方針

© 2015 bureau of construction TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT. All Rights Reserved.

図 2-5 東京の地盤の HP 画面

東京の地盤 (GIS版)

利用上の注意

「東京の地盤」を利用するにあたっては、以下のような事項に留意する必要があります。

1. 利用条件
  - このホームページの内容や掲載情報の全部または一部について、無断で改変を行うことはできません。
  - システムに表示されている個別のボーリング柱状図の経緯度（位置座標）は、秒単位（凡め）で地図上に表示しております。このため、調査位置と表示位置には差異が生じる場合があります。
  - システムに表示されている個別のボーリング柱状図の標高値は調査当時のものであり、現在の地盤高とは必ずしも一致しません（調査後の地盤改良（切・盛土等）や海水面増立など）。
  - システムに表示されている個別のボーリング柱状図等の地盤情報に著作権はないものですが、本システムから得られた地盤情報に対して、著作権を設定することは禁止します。なお、法令・条約、および公序良俗に反する利用は、いかなる方法・目的においても、これを禁止します。
  - ボーリング柱状図等の地盤情報を第三者に対して複製、複製、頒布、貸与及び販売する場合（電子的あるいはネットワークを介して行う場合も含む）は、本システムに表示されている地盤情報である旨出典を明記してください。
  - システムに表示されている地盤情報は、利用者の行う地質調査等の参考資料として活用することを前提としております。よって、所在地などの地盤状況の確認、土地・建物の取引並びに建築確認、開発許可申請等、個々の地盤・地質状態に関する情報が必要の場合は、必ず別途で調査を実施してください。（本システムに表示された地盤情報は、不動産取引や建築確認等の実行資料に用いることができません。）
  - システムを正常に動作させるためには、クッキーを受け入れる設定とし、JavaScriptを有効にする必要があります。
2. リンクについて
  - 当サイトへのリンクについては、特に手紙等をお送りませんが、リンク先を「東京の地盤」トップページ「<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/jigyotech/start/03-jyouchu/geo-web/00-index.html>」に設定してください。
  - この「利用上の注意事項」を表示させないリンクは、禁止します。
3. 免責事項
  - 東京都は、本システムの利用によって発生した直接又は間接の損失、損害等について、一切の責任を負いません。
4. その他
  - この利用条件に定めのない事項及び結果が生じた場合は、東京都土木技術支援・人材育成センターに問い合わせてください。なお、「建築物における劣化対策」に関する内容については、都市整備局市街地建築部建築指導課（03-5388-3363）に問合せください。
  - このシステムにおいて有償の地図を利用するに至り、以下の承認を受けました。  
この地図は、国土地理院長の承認を得て、販売発行の数値地図200000（地図画像）、数値地図50000（地図画像）及び数値地図25000（地図画像）を複製したものである。（承認番号 平25情使、第722号）  
この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、販売発行の数値地図200000（地図画像）、数値地図50000（地図画像）、数値地図25000（地図画像）及び地盤地図情報を使用した。（承認番号 平25情使、第696号）  
この地図は、国土地理院長の承認（平19第地製公第377号）を得て作成した東京都市地図（S-1+2,500）を複製（25都市基図第373号）して作成したものである。無断複製を禁ずる。

上記の条件を承諾した場合は、下記の承諾を押してください。

東京都建設局  
〒103-8001東京都中央区西新橋2-9-1 東京都庁第二本庁舎  
TEL:03-5320-9212

サイトポリシー アクセンシブリティージャ 個人情報保護方針

© 2015 bureau of construction TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT. All Rights Reserved.

図 2-6 「東京の地盤」の利用上の注意

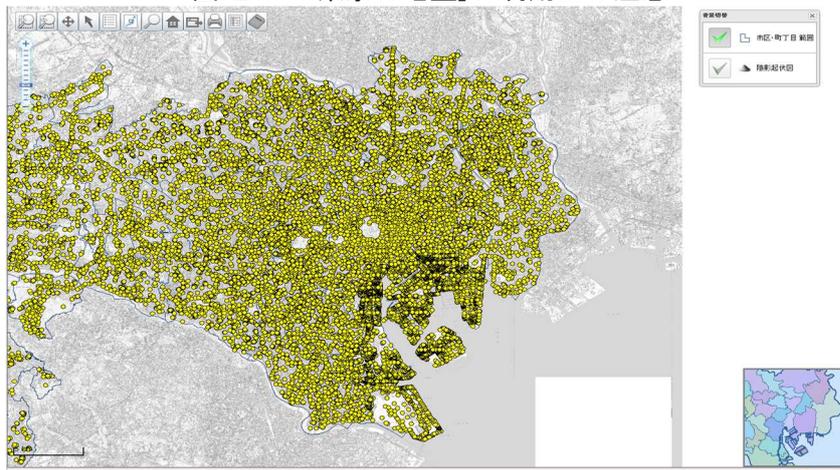


図 2-7 ボーリング位置図（東京の地盤）

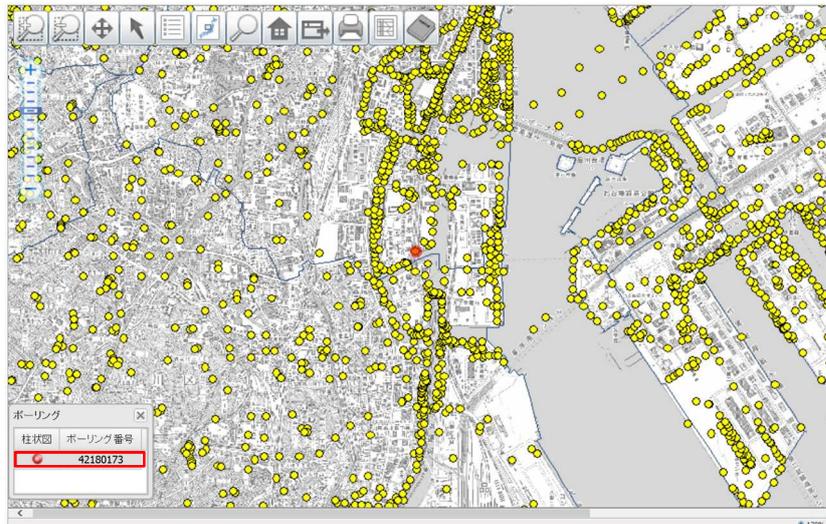


図 2-8 ボーリング選択画面（東京の地盤）

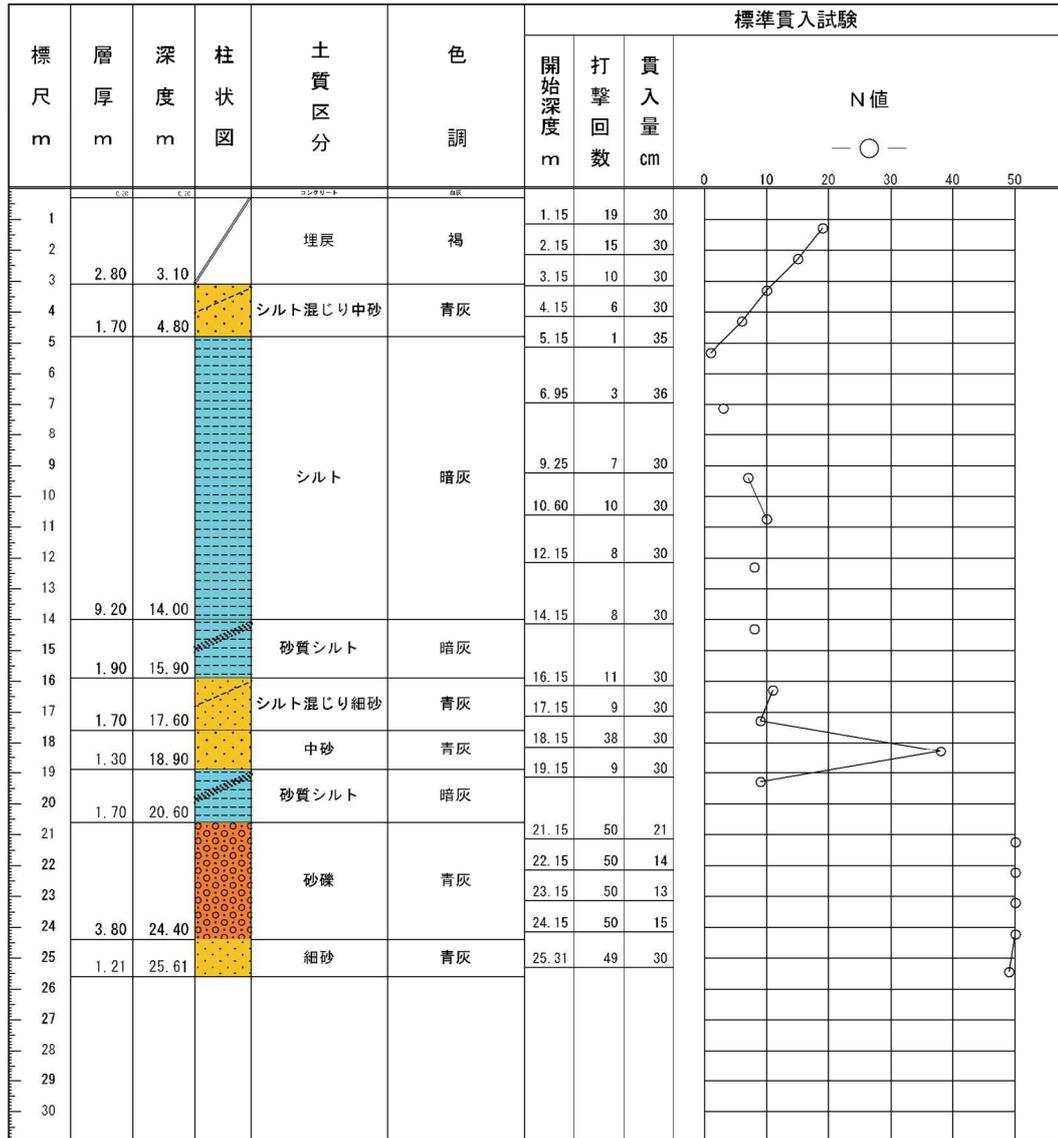
ボーリング番号 : 42180173

調査時期 : 1972年10月

表示座標 ※1 : 北緯=35度37分32秒 東経=139度45分1秒

孔口標高 : T.P. +4.20 m

孔内水位 : GL. -3.70 m



※1 表示座標は、調査地点のおおよその位置を示しています。

東京都 土木技術支援・人材育成センター

図 2-9 ボーリング柱状図 (東京の地盤)

### (3) 共有地盤情報を用いる際の留意点

国や自治体等の共有地盤情報は、チャート式耐震診断等への地盤情報の入力の際に利用できる可能性がある。しかし、これらのデータベースは主に公共事業の際に行ったボーリング調査結果をデータベース化しているものであるため、図 2-10 に示すように、データベースから入手可能な地盤情報は施設背後のものではないことに留意が必要である。特に、埋立地では、原地盤が傾斜していたり、埋立方法等により埋立地盤が均一に分布しているとは限らないため、施設最近傍等の適切な地盤情報（柱状図、 $N$ 値）を入手するが重要であり、場合によっては、施設最近傍の地盤データが比較的固い地盤のものである場合は、より軟らかい地盤データで感度分析をしてみる等の検証も必要である。また、データによっては、柱状図と $N$ 値双方が揃っていない場合もあるため、 $N$ 値に関しては、別の近傍のデータを参考に設定するといったことも必要となる。

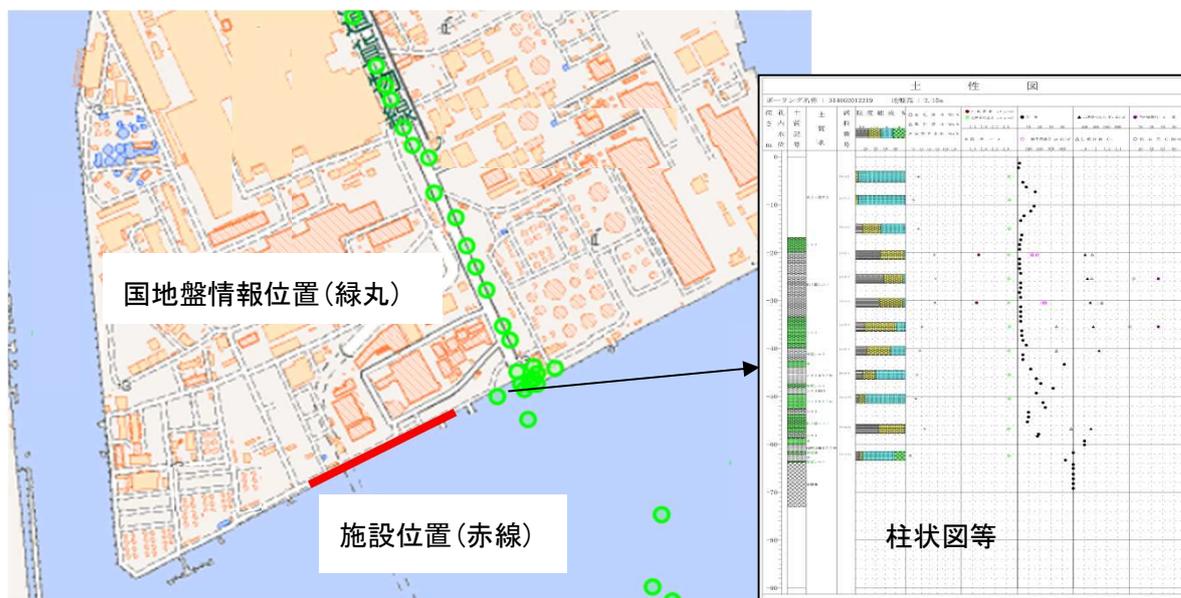


図 2-10 対象施設位置と共有地盤情報データベースの地盤位置のイメージ

## 2.2. チャート式へのデータ入力と判定結果の一例

以下に、チャート式耐震診断システムを用いた護岸の変形量の推定結果の一例を示す。

### (1) 資料収集・整理

#### 1) 標準断面図

堤体高、堤体幅を設定可能な「標準断面図」を収集する。

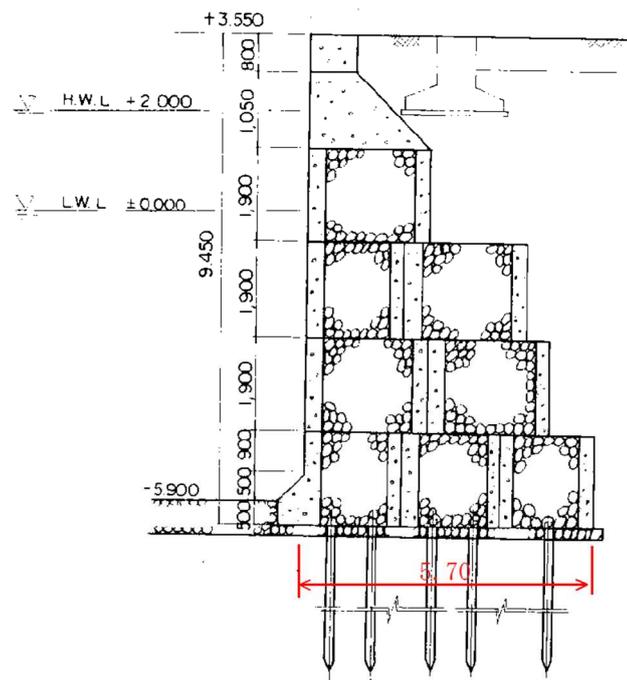


図 2-11 標準断面図 (例)

#### 2) 地盤データ

Kunijiban より施設近傍のボーリングデータを収集する。

孔口標高 T.P.+2.95m (例)

地下水位 T.P.+0.85m (例)

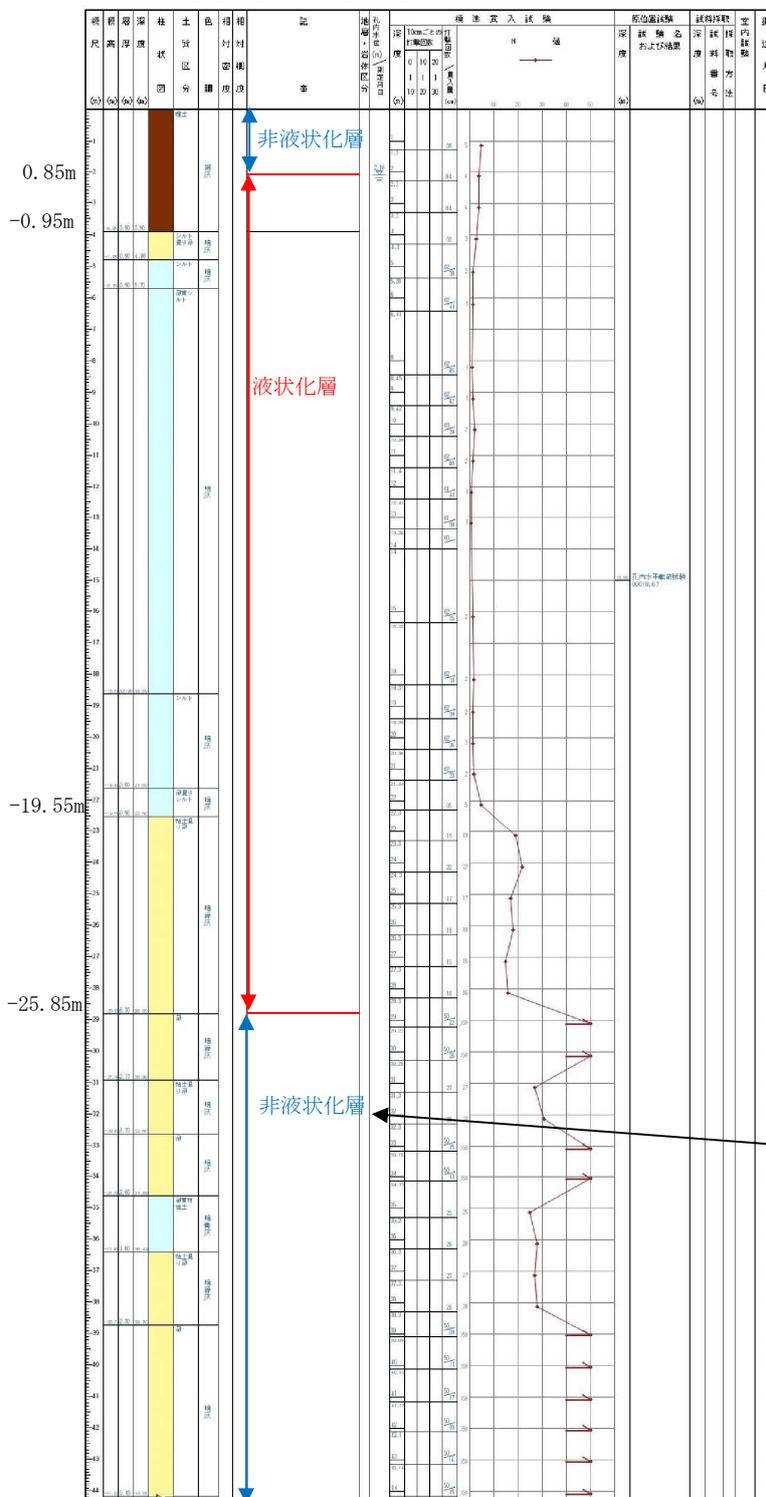
### ボーリング柱状図

調査名 京浜大橋地質調査

事業・工事名

ボーリング番号

ボーリング名	調査位置		調査位置	北緯	35° 41' 27.1888"
発注機関	国土交通省 関東地方整備局 川河国庫事務所		調査期間	1979-85	
調査業者名	土質コンサルタンツ株式会社	主任技師	現場主任	コア撮影者	ボーリング責任者
孔口の高	2.85 m	角	試錐	ローラー	
総掘進長	44.15 m	度	エンジン	ポンプ	



### 3) 地震動条件

施設が位置するゾーニングより、国土技術政策総合研究所 港湾施設研究室の HP より東京港①（9207）レベル 1 地震動のデジタルデータを入力する。

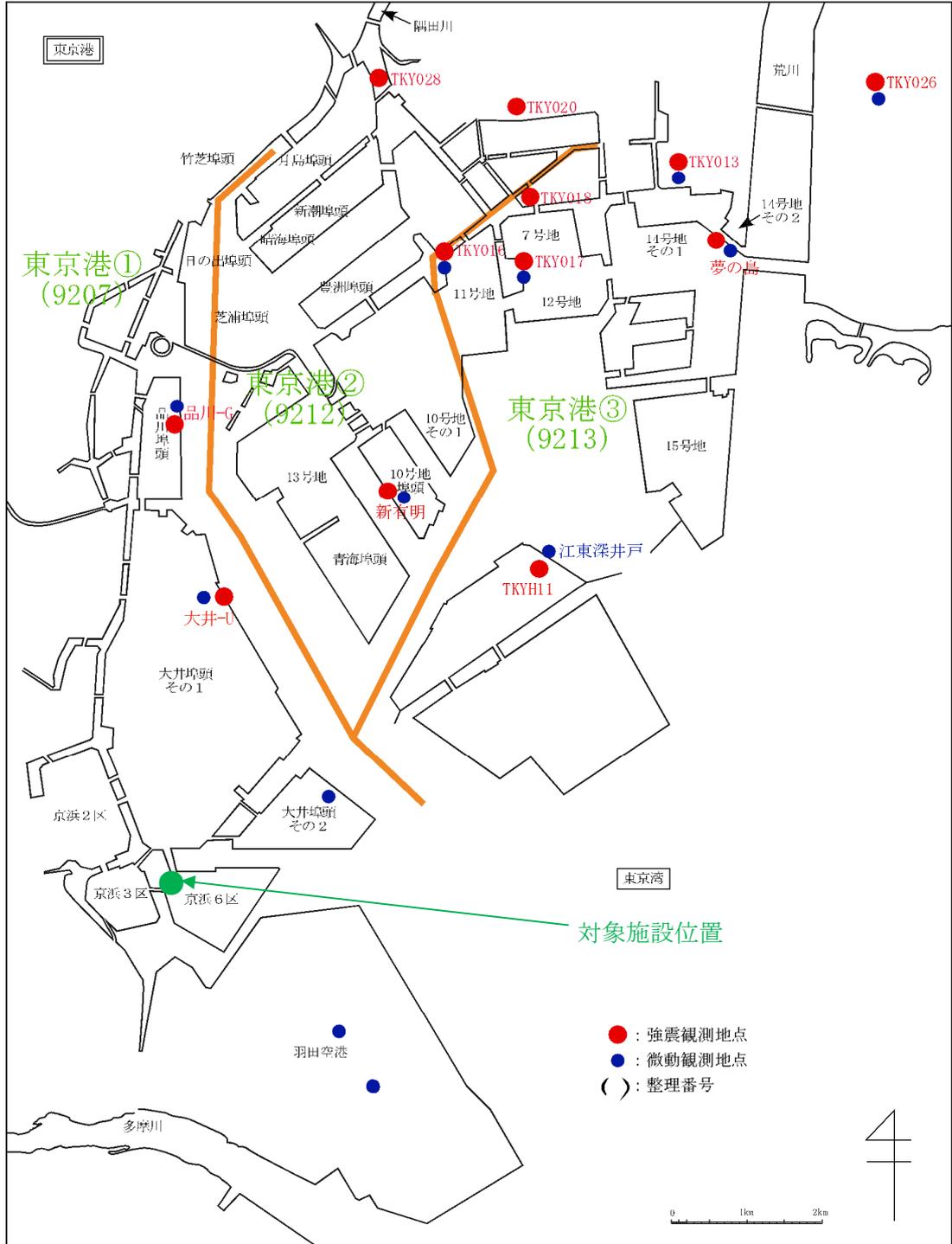


図 2-12 東京港のゾーニング（国総研 HP より）

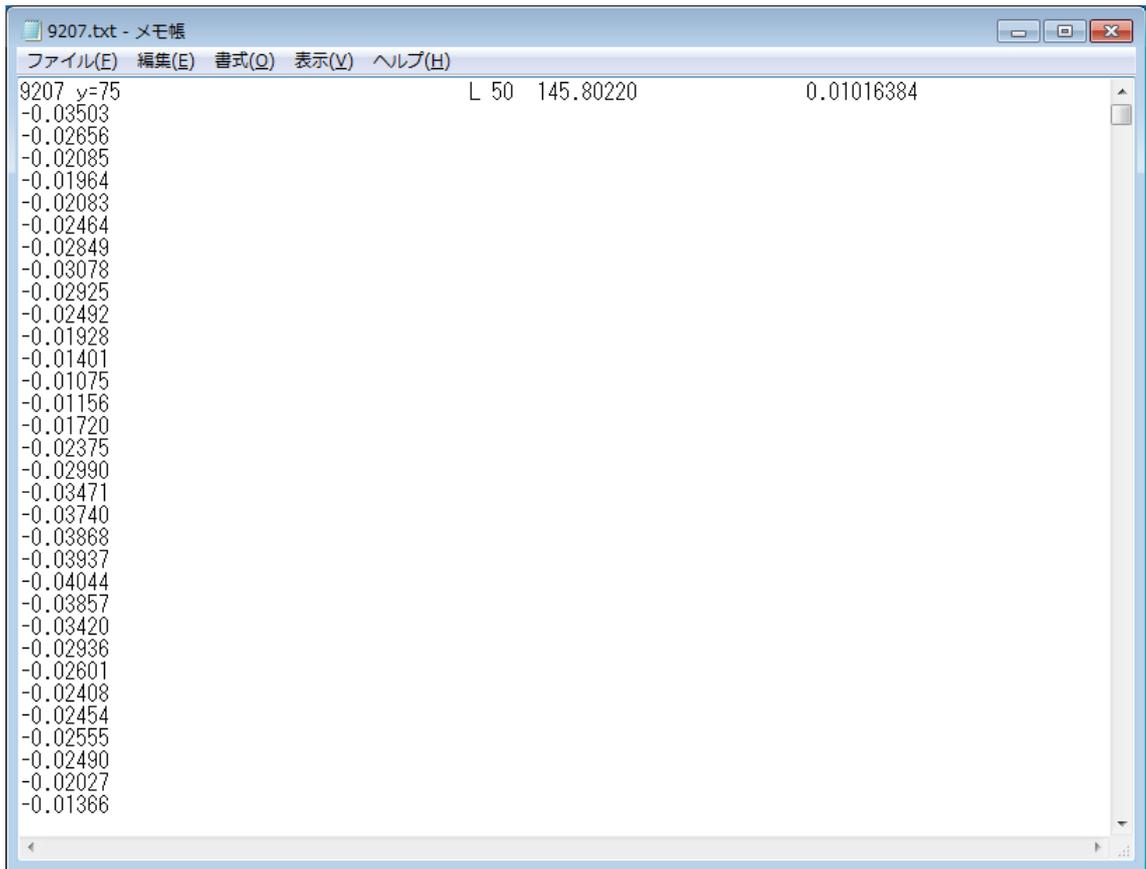


図 2-13 東京港① (9207) のレベル 1 地震動のデジタルデータ

(2) 評価シートへの入力

1) 施設名称等

耐震診断結果に関係しないが、施設情報の整理を目的として入力する。

:入力項目
:必須入力項目

施設名称:	○○港○○地区海岸		
整理番号:	○○海岸-002	管理者:	○○県
施設延長:	240m	建設時期:	1990年

付属図の有無:

断面図	有り
柱状図	有り
施設位置図	有り
ボーリング位置図	有り

付属データの有無:

地震動波形	有り
液状化判定資料	無し
FEMメッシュデータ	無し

図 2-14 施設情報の入力例

## 2) 施設情報

### ・等価 $N$ 値

直立型（重力式）のチャート式耐震診断システムは、背後地盤と基礎地盤の“等価  $N$  値”を個別に指定することが可能である。

補助システムである等価  $N$  値算定シートを用いて埋立層、置換砂層（基礎地盤）の等価  $N$  値を算定する。なお、等価  $N$  値算定シートでは、背後地盤、および基礎地盤部に複数の層がある場合は層厚による加重平均により等価  $N$  値を評価するシートとなっている。（次ページ参照）

$$N_{65} = \frac{\sum(N_{65i} \times H_i)}{\sum H_i}$$

$N_{65}$  : 耐震診断に用いる等価  $N$  値

$N_{65i}$  :  $i$  層の等価  $N$  値

$H_i$  :  $i$  層の層厚

算定の結果、背後地盤で等価  $N$  値=2.2、基礎地盤で等価  $N$  値=3.1 となるが、チャート式耐震診断システムでの入力値の適用範囲の下限値である等価  $N$  値=5 を背後地盤、基礎地盤双方に入力する。

チャート式耐震診断補助シート：等価N値の算定

対象施設名	〇〇港〇〇護岸
ボーリング名	KT53392680003
ボーリング位置	護岸直背後
調査年月日	1979年5月1日
構造形式	直立型(重力式)
孔口標高 D. L(T. P)	2.95 m
地下水位 D. L(T. P)	0.85 m

平均等価N値	2.2	液状化対象層A(背後地盤(埋立層)の液状化対象層)
	3.1	液状化対象層B(基礎地盤(置換砂)の液状化対象層)

土層	標高 D. L(T. P) (m)	湿潤重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	飽和重量 $\gamma_{sat}$ ( $\text{kN/m}^3$ )	各土層の 平均等価N値 $N_{65}$	
					上端
砂質土 非液状化対象層	2.95	0.85	18.0	20.0	7.1
砂質土 液状化対象層A	0.85	-0.95	18.0	20.0	4.8
砂質土 液状化対象層A	-0.95	-6.40	18.0	18.0	1.4
砂質土 液状化対象層B	-6.40	-19.55	18.0	18.0	0.4
砂質土 液状化対象層B	-19.55	-25.85	20.0	20.0	8.6

土層中心の 深度または 測定深度 G. L (m)	平均N値 または 実測N値 N	等価N値 $N_{65}$
1.15	5.0	7.1
2.15	4.0	5.1
3.15	4.0	4.6
4.15	3.0	3.2
5.19	2.0	2.0
6.21	1.0	0.8
8.23	1.0	0.5
9.21	1.0	0.3
10.20	2.0	1.0
11.20	2.0	0.9
12.21	1.0	0.0
13.19	1.0	0.0
16.18	2.0	0.2
18.16	2.0	0.0
19.20	2.0	0.0
20.18	2.0	0.0
21.17	2.0	0.0
22.15	5.0	1.5
23.15	19.0	10.2
24.15	22.0	11.6
25.15	17.0	8.2
26.15	18.0	8.5
27.15	15.0	6.5
28.15	16.0	6.8

(注意事項.1)  
同一土層であっても、地下水位の上下で土層は分けて下さい。

(注意事項.2)  
ボーリング調査時の土層構成で等価N値を算定して下さい。

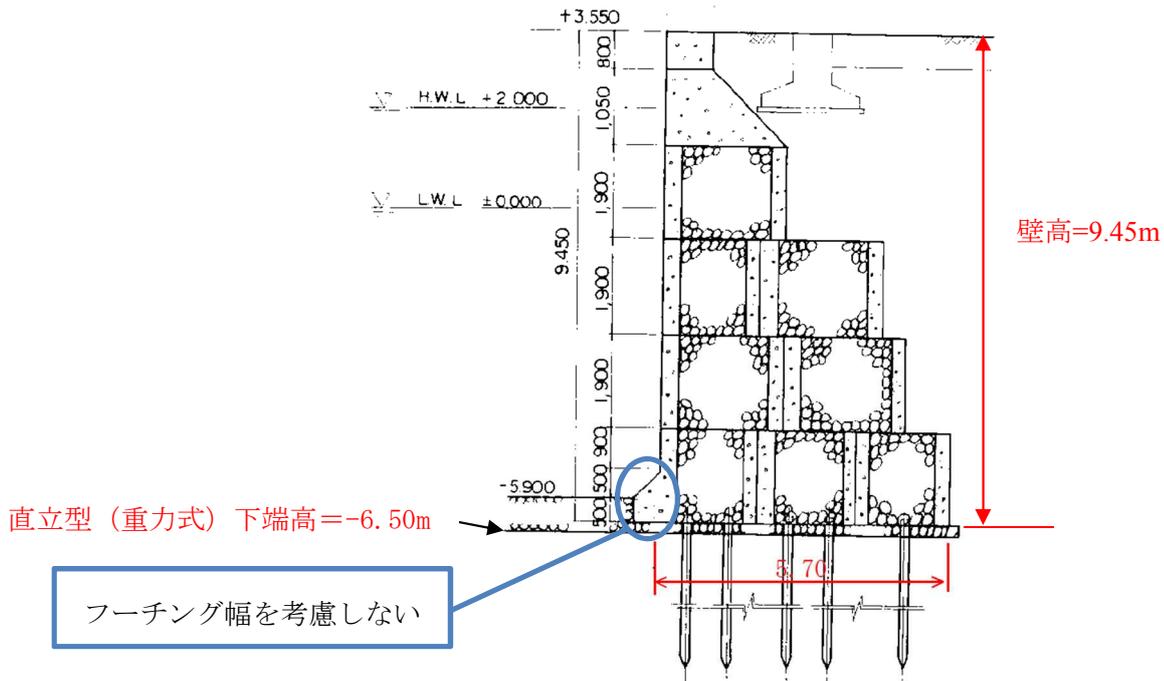
(注意事項.3)  
孔口標高は必ず入力して下さい。

図 2-15 等価 N 値算定例

・断面諸元

標準断面図より、壁高  $H$ 、堤体幅  $W$  を読み取る。基礎地盤の液状化層厚  $D_1$  は、ボーリング柱状図と標準断面図の底版下端標高より 19.35m (25.85-6.5) と設定する。

なお、チャート式耐震診断システムはフーチングを考慮せず作成されているため、安全側を考慮してフーチング幅を堤体幅として考慮しないこととする。



断面諸元	設定値 (m)
壁高 $H$	9.45
堤体幅 $W$	5.70
基礎地盤液状化層厚 $D_1$	19.35

・護岸形状による津波高さの補正值

護岸形状により津波高さが増減すると考えられるが、本検討では形状による津波高さの補正は実施しないため“補正值として1.0”を入力する。

・防潮施設の水際線からの位置

本検討では、水際線からの距離は 0.00m とする。

・施設情報の入力

整理した施設情報の入力例を以下に示す。

		値		備考
施設位置				国土地理院のHP(2万5千分1地図)等から設定。 (数字だけ入力)
天端標高	T.P	3.55	(m)	左記は、1990年の施工図面による値。
	D.L	3.55	(m)	
H.H.W.L	D.L	3.10	(m)	
H.W.L	D.L	2.00	(m)	
地表面標高	D.L	0.00	(m)	
直立型 (重力式)	高さ:H	9.45	(m)	3.0~20.0が概ね適用範囲
	幅:W	5.70	(m)	
	D1	19.35	(m)	
	W/H	0.60		自動計算(0.35~1.05が概ね適用範囲)
	D1/H	2.05		自動計算(0.00~1.95が概ね適用範囲)
	埋立土地盤の種別	砂地盤		(埋立土地盤の種別をプルダウンにより選択)
	基礎地盤の種別	砂地盤(置換砂等)		(基礎地盤の地盤の種別をプルダウンにより選択)
	基礎地盤の粘着力	0.00	(kN/m <sup>2</sup> )	
	埋立土の等価N値	5.00	—	5≤等価N値≤25 ただし、細粒分含有率による補正は実施しない値
	置換砂の等価N値	5.00	—	5≤等価N値≤25 ただし、細粒分含有率による補正は実施しない値
	護岸形状による津波高さの補正係数	1.00	—	1.0を使用
防潮施設の水際からの位置	0.00	(m)	防潮施設の水際からの距離	

3) 地震・津波に関する情報

・津波に関する情報

地震後の天端高と津波高を比較する際に津波高が必要であるが、本検討は、津波時でないため、入力を割愛する。

・地震に関する情報

対象地震は、レベル 1 地震動である。地震動の速度の PSI 値を補助シートである PSI 算定シートにより算定した。速度の PSI 値は  $22.42\text{cm/s}^{1/2}$  である。

PSI値の計算

波形データのフォルダ	C:\Users\¥Desktop¥9207knt	
波形データの名称	9207.txt	
波形の種類	1	1:加速度、2:速度
データ補正	1	1:倍率、2:最大値
倍率の場合	145.8022	この倍率を元データに
最大値の場合	200	この値を絶対値最大に
データ間隔(S)	0.01	
データ読み飛ばし行数	1	何行無視するか
1行のデータ数	1	
1データの文字数	10	
データの貼付	1	1:貼付、2:残さない

データの個数(個)	16384
速度のPSI値( $\text{cm/s}^{1/2}$ )	22.42
変位のPSI値( $\text{cm}\cdot\text{s}^{1/2}$ )	7.49

図 2-16 速度の PSI 値算定例

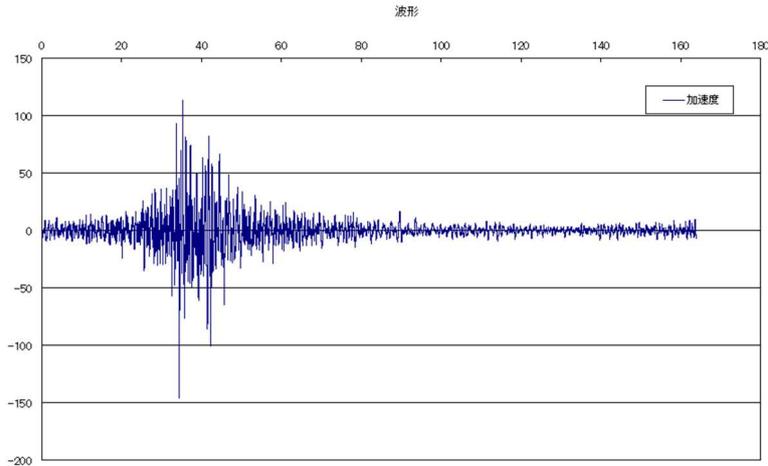


図 2-17 加速度波形

・地震・津波に関する情報の入力

整理した地震・津波に関する情報の入力例を以下に示す。

項目	値	備考
対象地震のシナリオ		
予測気象庁震度	—	中央防災会議等の公表値
津波高さ	I.P. (m) D.L. (m)	中央防災会議等の公表値
地殻隆起あるいは沈降量	(m)	隆起=正の値、沈降=負の値
地震動の種類		ブルダウンによる選択
検討対象港 湾・海岸名および地震動の 選択	機関 港湾 地区 地震動 方向	ブルダウンによる選択
データベース内の地震動 の有無		2. 「有り」の場合、以降入力の必要なし 2. 「無し」の場合、以下入力が必要
予測地震動の波形の有無		1. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「無い」 場合 2. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」 が時刻歴データが「無い」場合 3. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」 時刻歴データが「有り」場合
地震に関する情報 1. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「無い」場合		
耐震診断に用いる 地震波の種類	1=直下型 2=横湾型	
距離減衰式による予測最大 加速度(参考値)	マグニチュード -5 8.60 断層面距離 5 11205.42 (km)	気象庁マグニチュード(中央防災会議) 断層面への最近距離
距離減衰式による基礎最 大加速度(参考値)	0.00 (g×1)	港湾の施設の技術上の基準・同解説 (平成19年4月)の補正最大加速度
地震に関する情報 2. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」時刻歴データも「有り」場合		
耐震診断に用いる 地震波の種類	1=直下型 2=横湾型 3=加齢波(加齢型) 4=横湾波(加齢型) 5=東京湾(海溝型)	
予測地震動が有りの場合 の基礎最大加速度	400.00 (g×1)	予測地震動の加速度の絶対値(最大値)を取る。
地震に関する情報 3. サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」時刻歴データも「有り」場合		
予測地震動の速度のPSI	22.42 (cm/s <sup>1/2</sup> )	*「速度のPSI算定シート」が利用出来る。
地震動評価		
耐震診断に用いる速度のPSI	22.42 (cm/s <sup>1/2</sup> )	入力項目より、自動計算

波形有り  
波形取得

4) 対策工の制約条件

対策工の制約条件は、耐震診断結果に関係しないが、対策工を実施する際の参考となるように事前に整理することを目的に入力する。

項目	値	コメント
背後地に増築可能	可	
前面海域に増築可能	可	
背後から重機進入可能	可	
前面海域からの施工可能	可	
掘削が可能	不可	
周辺環境 (例：民家に隣接する。)	特になし	
備考_1		
備考_2		

注1) : 上記の記入内容は、耐震診断には直接関係ない項目であるが、対策工が必要となった場合に、対策工の立案に必要な項目である。

5) 評価シートによる判定結果

以降に、入力シートと結果シートを示す。

沿岸構造物のチャート式耐震診断システム入力シート:直立型(重力式)(1)

入力項目 必須入力項目

施設名称: ○○港○○地区海岸		
整理番号: ○○海岸-002	管理者: ○○県	
施設延長: 240m	建設時期: 1990年	

付属図の有無:

断面図	有り
柱状図	有り
施設位置図	有り
ボーリング位置図	有り

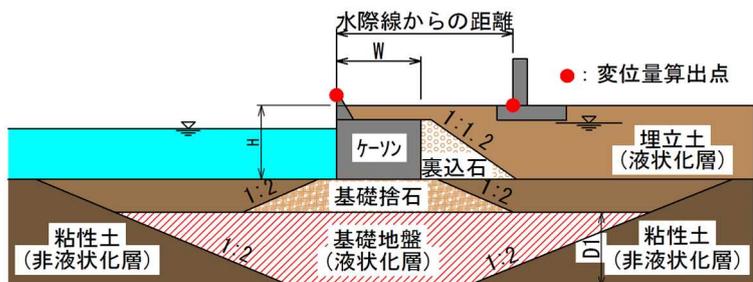
付属データの有無:

地震動波形	有り
液状化判定資料	無し
FEMメッシュデータ	無し

(1) 施設情報

施設分類: 直立型(重力式)

		値	備考
施設位置			国土地理院のHP(2万5千分1地図)等から設定。 (数字だけ入力)
天端標高	T.P	3.55 (m)	左記は、1990年の施工図面による値。
	D.L	3.55 (m)	
H.H.W.L	D.L	3.10 (m)	
H.W.L	D.L	2.00 (m)	
地表面標高	D.L	0.00 (m)	
直立型 (重力式)	高さ:H	9.45 (m)	3.0~20.0が概ね適用範囲
	幅:W	5.70 (m)	
	D1	19.35 (m)	
	W/H	0.60	自動計算(0.35~1.05が概ね適用範囲)
	D1/H	2.05	自動計算(0.00~1.95が概ね適用範囲)
	埋立土地盤の種別	砂地盤	(埋立土の地盤の種別をプルダウンにより選択)
	基礎地盤の種別	砂地盤(置換砂等)	(基礎地盤の地盤の種別をプルダウンにより選択)
	基礎地盤の粘着力	300.00 (kN/m <sup>2</sup> )	
	埋立土の等価N値	5.00	5≦等価N値≦25 ただし、細粒分含有率による補正は実施しない値
	置換砂の等価N値	5.00	5≦等価N値≦25 ただし、細粒分含有率による補正は実施しない値
護岸形状による津波高さの補正係数	1.00	1.0を使用	
防潮施設の水際からの位置	0.00 (m)	防潮施設の水際からの距離	



沿岸構造物のチャート式耐震診断システム入力シート：直立型（重力式）(2)

入力項目 必須入力項目

(2) 地震・津波に関する情報

津波高さの表示

項目	値	備考
対象地震のシナリオ		
予測気象庁震度	—	中央防災会議等の公表値
津波高さ	I.P. (m) D.L. (m)	中央防災会議等の公表値
地盤隆起あるいは沈降量	(m)	隆起=正の値、沈降=負の値
地震動の種類		ブルダウンによる選択
検討対象港 湾・海岸名および地震動の 選択	機関 港湾 地区 地震動 方向	ブルダウンによる選択
データベース内の地震動 の有無		2. 1.「有り」の場合、以降入力の必要なし 2.「無し」の場合、以下入力が必要
予測地震動の波形の有無		3. 1.サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「無い」 場合 2.サイト特性を考慮して合成した予測地震動は「有る」 が時刻歴データが「無い」場合 3.サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」 時刻歴データが「有る」場合

波形列7

波形取得

地震に関する情報			
1.サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「無い」場合			
耐震診断に用いる 地震波の種類		1-直下型 2-海溝型	
距離減衰式に よる予測震元	マグニチュード	-5	8.60
	断層面距離	5	1285.42 (km)
距離減衰式による基礎最 大加速度(参考値)		0.00	(cm)

地震に関する情報			
3.サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」時刻歴データも「有る」場合			
耐震診断に用いる 地震波の種類		1-直下型 2-海溝型 3-海南波(海溝型) 4-撫養港波(海溝型) 5-東京波(海溝型)	
予測地震動が有りの場合 の基礎最大加速度		400.00	(cm)

地震に関する情報			
3.サイト特性を考慮して合成した予測地震動が「有り」時刻歴データも「有る」場合			
予測地震動の速度のPSI		22.42	(cm/s <sup>1/2</sup> ) *「速度のPSI算定シート」が利用出来る。

地震動評価			
耐震診断に用いる速度のPSI		22.42	(cm/s <sup>1/2</sup> ) 入力項目より、自動計算

- 注1) :中央防災会議で用いられている断層モデルを用いる場合は、以下の数字を入力。  
 -1=東海地震、-2=東南海地震、-3=南海地震、-4=東海+東南海地震  
 -5=東南海+南海地震、-6=東海+東南海+南海地震  
 上記の数字を入力するとマグニチュードが自動で与えられ、かつ施設の位置情報(緯度経度)を入力していれば、自動で断層面距離を算定する。  
 各自で設定する場合は、マグニチュード、断層面距離をそれぞれ入力する。
- 注2) 2の海溝型を選んだ場合には、下記の3つの地震波のうち最も大きい変形量を算定。  
 海溝型地震波の3波は、以下の特性がある。  
 海南波：対象地震は、「東南海・南海地震」で、地盤が比較的軟らかい地点の波形(工学的基盤上)  
 撫養港波：対象地震は、「東南海・南海地震」で、地盤が比較的固い地点の波形(工学的基盤上)  
 東京波：対象地震は、「南関東地震」で、地盤が比較的軟らかい地点の波形(工学的基盤上)  
 なお、2~4の海溝型の波形はSMGAモデルにより作成された。
- 注3) 地震動の評価方法として精度が高い順番に①予測地震動から求めた速度のPSI、②予測地震動による基礎最大加速度、③距離減衰式による基礎最大加速度

(3) 対策工法の制約条件

項目		コメント
背後地に増築可能	可	
前面海域に増築可能	可	
背後から重機進入可能	可	
前面海域からの施工可能	可	
掘削が可能	不可	
周辺環境 (例：民家に隣接する。)	特になし	
備考.1		
備考.2		

注1) :上記の記入内容は、耐震診断には直接関係ない項目であるが、対策工が必要となった場合に、対策工の立案に必要な項目である。

沿岸構造物のチャート式耐震診断システムによる検討結果：直立型（重力式）

(1) 地震後の残留変位

入力項目	高さ:H	9.45	(m) (3.0~20.0が概ね適用範囲)	
	幅:W	5.70	(m)	
	D1	19.35	(m)	
	埋立層の等価N値	5.00	5 ≤ 等価N値 ≤ 25	
	置換砂の等価N値	5.00	5 ≤ 等価N値 ≤ 25	
	速度のPSI値	22.42	(cm/s <sup>1/2</sup> )	
	W/H	0.60	自動計算 (0.35~1.05が概ね適用範囲)	
	D1/H	2.05	自動計算 (0.00~1.95が概ね適用範囲)	
出力項目	標準タイプ	残留水平変位	1.62	(m)
		残留鉛直変位	0.50	(m)
	補正係数 (水平変位)	(1H)=W/H	1.14	
		(2H)=D1/H	1.35	
		(3H)=H	0.96	
		(4H)=置換砂・埋立層の等価N値	2.06	埋立土：砂地盤，基礎地盤：砂地盤(置換砂等)
		(5H)=地震動レベル(速度のPSI)	0.25	
	補正係数 (鉛直変位)	(1H)・(2H)・(3H)・(4H)・(5H)	0.76	
		(1V)=W/H	1.27	
		(2V)=D1/H	1.77	
		(3V)=H	0.94	
		(4V)=置換砂・埋立層の等価N値	1.92	埋立土：砂地盤，基礎地盤：砂地盤(置換砂等)
		(5V)=地震動レベル(速度のPSI)	0.25	
		(1V)・(2V)・(3V)・(4V)・(5V)	1.02	
		対象施設	残留水平変位	1.3
	1.3		(m) 水際からの距離を考慮したもの	
残留鉛直変位	0.6		(m) (参考) 51cm	
		0.6	(m) 水際からの距離を考慮したもの	

耐震診断結果

(2) 液状化・転倒に対する検討結果

液状化により変形が発生する可能性	低い
転倒する可能性	低い

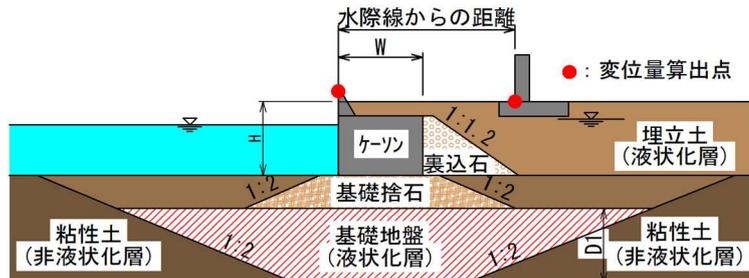
適用範囲外の値

入力値のチェック

(3) 余裕高さによる耐震性評価

①：天端標高	3.55	(m) (値は、D.L表示)
②：沈下量(残留変位)	0.60	(m) (正の値=沈下) 水際からの距離を考慮したもの
③：津波高さ	0.00	(m) (値は、D.L表示)
④：排水沈下量	0.00	(m) (正の値=沈下) 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量
⑤：地盤沈降量	0.00	(m) (正の値=沈下)
⑥：護岸形状による津波高さの補正係数	1.00	当面の間は、1.0
⑦：余裕高さ	2.95	(m) ⑦=①-②-③×⑥-④-⑤ 水際からの距離を考慮したもの

注1: 余裕高さが負の場合は、天端高よりも津波高が高い。



### 2.3. その他の構造形式の検討結果の例

チャート式耐震診断システムでは、地震時変形量、鋼材の発生応力が出力される。以下に、直立型（重力式）以外の代表的な構造形式{傾斜型護岸形式、自立式矢板}の計算結果の一例を示す。

沿岸構造物のチャート式耐震診断システムによる検討結果：傾斜型護岸形式			
(1) 地震後の残留変位			
入力項目	地盤高	7.00	(m) (2.0~10.0が概ね適用範囲)
	捨石厚	1.00	(m) (0.0~3.0が概ね適用範囲)
	勾配	3.00	(1:1.0~1:3が概ね適用範囲)
	基礎地盤厚(液状化対象層)	15.00	(0.0~25.0が概ね適用範囲)
	背後地盤の等価N値	10.00	5 ≤ 等価N値 ≤ 25
	基礎地盤の等価N値	15.00	5 ≤ 等価N値 ≤ 25 (ただし、背後地盤の等価N値より大きい値を入力)
	速度のPSI値	90.00	(cm/s <sup>1/2</sup> )
	標準タイプ	残留鉛直変位	0.14
出力項目 補正係数(鉛直変位)	(1H)=地盤高	1.02	
	(2H)=捨石厚	1.00	
	(3H)=勾配	1.17	
	(4H)=基礎地盤厚	1.51	
	(5H)=背後・基礎地盤の等価N値	1.31	
	(6H)=地震動レベル(速度のPSI)	3.09	
	(1H)・(2H)・(3H)・(4H)・(5H)・(6H)	7.33	
対象施設	残留鉛直変位	1.1	(m) (参考) 101cm
	残留鉛直変位	1.1	(m) 水際からの距離を考慮したもの
(2) 液状化に対する検討結果			
液状化により変形が発生する可能性		高い	■ : 適用範囲外の値
			入力値のチェック
(3) 余裕高さによる耐震性評価			
①：天端標高	4.58	(m) (値は、D.L表示)	
②：沈下量(残留変位)	1.10	(m) (正の値=沈下) 水際からの距離を考慮したもの	
③：津波高さ	2.23	(m) (値は、D.L表示)	
④：排水沈下量	0.19	(m) (正の値=沈下)	
⑤：地盤沈降量	0.22	(m) (正の値=沈下) 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量	
⑥：護岸形状による津波高さの補正係数	1.00	当面の間は、1.0	
⑦：余裕高さ	0.84	(m) ⑦=①-②-③×⑥-④-⑤ 水際からの距離を考慮したもの	
注1: 余裕高さが負の場合は、天端高よりも津波高が高い。			

沿岸構造物のチャート式耐震診断システムによる検討結果:自立矢板(1)

(1) 地震後の残留変位

入力項目	矢板天端標高 D.L.	1.60	(m)		
	矢板下端標高 D.L.	-8.50	(m)		
	設計震度	0.25	0.10~0.25が概ね適用範囲		
	裏込石の有無	無し			
	H: 壁高	3.50	(m)	3.0m~7.5mが概ね適用範囲	
	矢板壁の非液状化層への根入長: L	1.42	(m)		
	海底面からの液状化層厚: D1	7.86	(m)		
	L/H	0.41	-0.40~2.00が概ね適用範囲		
	D1/H	2.25	0.00~3.00が概ね適用範囲		
	液状化層の等価N値	15.00	5 ≤ 等価N値 ≤ 25		
速度のPSI値	90.00	(cm/s <sup>1/2</sup> )			
出力項目	標準タイプ	最大はらみ出し量	8.50	(m)	
		残留鉛直変位	0.02	(m)	
		矢板の曲率比	23.17	地震時最大値。 降伏時曲率に対する割合。	
	補正係数 (最大はらみ出し量)	(1H)=L/H	1.00		
		(2H)=D1/H	1.86		
		(3H)=裏込石	1.00		
		(4H)=壁高	0.37		
		(1H)・(2H)・(3H)・(4H)	0.69		
	補正係数 (矢板の曲率比)	(1H)=L/H	1.98		
		(2H)=D1/H	1.37		
		(3H)=裏込石	1.00		
		(4H)=壁高	0.43		
		(1H)・(2H)・(3H)・(4H)	1.17		
	対象施設	最大はらみ出し量	5.9	(m)	(参考) 584cm
		残留鉛直変位	0.1	(m)	(参考) 2cm
3.5			(m)	水際からの距離を考慮したもの (参考) 350cm	
	矢板の健全性(地震時最大値で評価)	全塑性応力に至る。		(参考) $\phi_{max}/\phi_y = 27.14$	

耐震診断結果

入力値のチェック

適用範囲外の値

沿岸構造物のチャート式耐震診断システムによる検討結果:自立矢板(2)

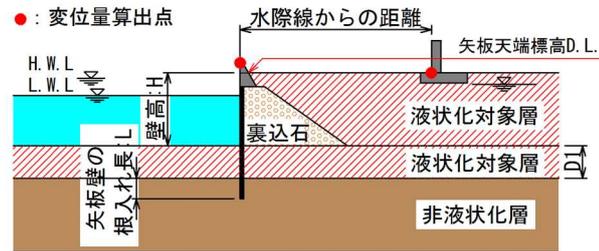
(2) 液状化に対する検討結果

液状化により変形が発生する可能性	高い
------------------	----

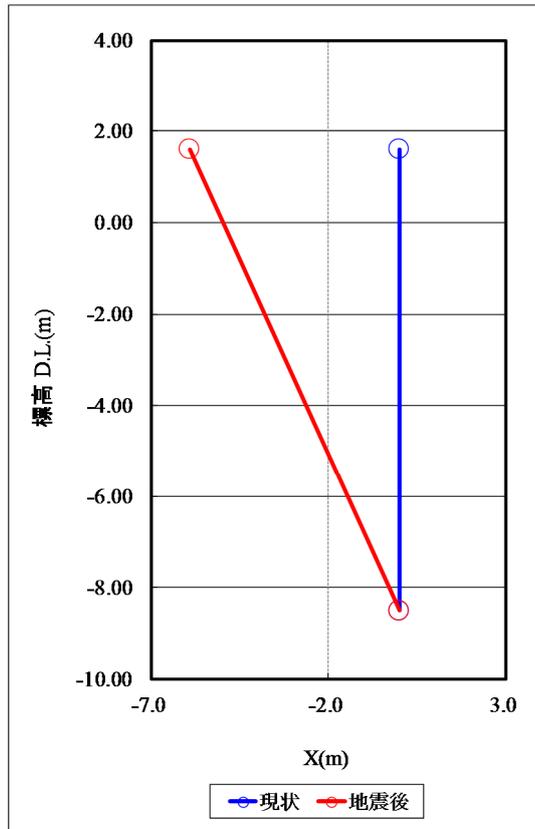
(3) 余裕高さによる耐震性評価

①: 天端標高	0.00	(m) (値は、D.L表示)
②: 沈下量(残留変位)	3.50	(m) (正の値=沈下)
③: 津波高さ	2.50	(m) (値は、D.L表示)
④: 排水沈下量	0.22	(m) (正の値=沈下) 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量
⑤: 地盤沈降量	0.00	(m) (正の値=沈下)
⑥: 護岸形状による津波高さの補正係数	1.00	当面の間は、1.0
⑦: 余裕高さ	-6.22	(m) ⑦=①-②-③×⑥-④-⑤

注1: 余裕高さが負の場合は、天端高よりも津波高が高い。



沿岸構造物のチャート式耐震診断システムによる検討結果:自立矢板(2)



地震後矢板形状

※) 正: 陸側、負: 海側

参考資料-3：港湾の施設の技術上の基準を定める省令・告示

(1) 護岸の技術基準

○港湾の施設の技術上の基準を定める省令（平成19年国土交通省令第15号）（抄）

（護岸の要求性能）

第二十条 第十六条の規定は、護岸の要求性能について準用する。

2 前項に規定するもののほか、次の各号に挙げる護岸の要求性能にあつては、それぞれ該各号に定めるものとする。

- 一 環境の保全を図る護岸の要求性能 該護岸の本来の機能を損なわず港湾の環境を保全できるよう、国土国土交通大臣が定める要件を満たしていること。
- 二 不特定かつ多数の者の利用に供する護岸の要求性能 当該護岸の利用者の安全を確保できるよう、国土国土交通大臣が定める要件を満たしていること。

（防潮堤の要求性能）

第十六条 防潮堤の要求性能は、その背後地の防護を図るものとして、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。

- 一 波浪及び高潮から当該防潮堤の背後地を防護できるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。
  - 二 自重、土圧、変動波浪、レベル地震動等の作用による損傷等が、当該防潮堤の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。
- 2 前項に規定するもののほか、当該防潮堤の被災に伴い、人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある防潮堤の要求性能にあつては、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。
- 一 設計津波又は偶発波浪から当該防潮堤の背後地を防護する必要がある防潮堤の要求性能にあつては、設計津波又は偶発波浪から当該防潮堤の背後地を防護できるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。
  - 二 設計津波、偶発波浪、レベル地震動等の作用による損傷等が、当該防潮堤の機能が損なわれた場合であっても、当該防潮堤の構造の安定に重大な影響を及ぼさないこと。ただし、当該防潮堤が置かれる自然状況、社会状況等により、更に性能を向上させる必要がある防潮堤の要求性能にあつては、当該作用による損傷等が、軽微な修復による当該防潮堤の機能の回復に影響を及ぼさないこと。
- 3 前二項に規定するもののほか、当該防潮堤の被災に伴い、人命、財産又は社会経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある防潮堤の要求性能にあつては、構造形式に応じて、当該防潮堤を設置する地点において設計津波を超える規模の強さを有する津波が発生した場合であっても、当該津波等の作用による損傷等が当該防潮堤の構造の安定に重大な影響を及ぼすのを可能な限り遅らせることができるものであることとする。

○港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示（平成19年国土交通省告示第395号）（抄）

（護岸の性能規定）

第四十三条 第三十九条の規定は、護岸の性能規定について準用する。

2 前項に規定するもののほか、次の各号に挙げる護岸の性能規定にあっては、それぞれ該当各号に定めるものとする。

一 環境の保全を図る護岸の性能規定 当該施設の本来の機能を損なわず、当該施設が置かれている自然状況等に応じて、港湾の環境を保全できるよう、所要の緒元を有すること。

二 不特定かつ多数の者の利用に供する護岸の性能規定 当該施設が置かれる自然状況、利用状況等に応じて、利用者の安全を確保できるよう、所要の諸元を有することとする。

（防潮堤の性能規定）

第三十九条 第四十九条から第五十二条までの構造の安定に係る規定（船舶の牽引及び接岸に関する規定を除く。）は、構造形式に応じて、防潮堤の性能規定について準用する。

2 前項に規定するもののほか、防潮堤の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

一 当該施設が置かれる自然状況等に応じて、越波を制御できるよう適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。

二 主たる作用が水圧である変動状態に対して、地盤の浸透破壊により安定性を損なう危険性が限界値以下であること。

三 パラペットを有する構造の場合にあっては、主たる作用が変動波浪及びレベル一地震動である変動状態に対して、パラペットの滑動及び転倒の生じる危険性が限界値以下であること。

3 前二項に規定するもののほか、当該施設の被災に伴い、人命、財産又は社会的経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある防潮堤の性能規定にあっては、次の各号に定めるものとする。

一 設計津波又は偶発波浪から背後地を防護する必要がある防潮堤にあっては、設計津波又は偶発波浪から背後地を防護するための所要の諸元を有すること。

二 主たる作用が設計津波、偶発波浪又はレベル二地震動である偶発状態に対して、要求性能に応じて、作用による損傷の程度が限界値以下であること。

（重力式係船岸の性能規定）

第四十九条 重力式係船岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

一 主たる作用が自重である永続状態に対して、地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。

二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベル一地震動である変動状態に

対して、壁体の滑動、転倒及び基礎地盤の支持力不足による破壊の生じる危険性が限界値以下であること。

(矢板式係船岸の性能規定)

第五十条 矢板式係船岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

- 一 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、矢板が構造の安定に必要な根入れ長を有し、かつ、矢板に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。
  - 二 主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動及び船舶の牽引である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。
    - イ 控え工を有する構造の場合にあっては、控え工が、構造形式に応じて、適切な位置に設置され、かつ、構造の安定性を損なう危険性が限界値以下であること。
    - ロ タイ材及び腹起しを有する構造の場合にあっては、タイ材及び腹起しに生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。
    - ハ 上部工を有する構造の場合にあっては、上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
  - 三 上部工を有する構造の場合にあっては、主たる作用が船舶の接岸である変動状態に対して、上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
  - 四 主たる作用が自重である永続状態に対して、矢板下端以下を通る地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。
- 2 前項に規定するもののほか、自立矢板式の性能規定にあっては、主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動並びに船舶の接岸及び牽引である変動状態に対して、矢板天端に生じる変形量の変形量の許容値を超える危険性が限界値以下であることとする。
- 3 第一項に規定するもののほか、二重矢板式の性能規定にあっては、次の各号に定めるものとする。
- 一 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、壁体の滑動の生じる危険性が限界値以下であること。
  - 二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、前面及び背面矢板の天端に生じる変形量の変形量の許容値を超える危険性が限界値以下であること。
  - 三 主たる作用が土圧である永続状態に対して、壁体のせん断変形により安定性を損なう危険性が限界値以下であること。

(棚式係船岸の性能規定)

第五十一条 棚式係船岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

- 一 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、矢板が構造の安定に必要な根入れ長を有し、かつ、矢板に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。
- 二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、壁体の滑動及び転倒の生じる危険性が限界値以下であること。
- 三 主たる作用が自重である永続状態に対して、次の基準を満たすこと。
  - イ 棚杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。
  - ロ 棚の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
- 四 主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動並びに船舶の接岸及び牽引である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。
  - イ 棚杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。
  - ロ 棚杭に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。
  - ハ 棚の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
- 五 主たる作用が自重である永続状態に対して、矢板下端以下を通る地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。

(セル式係船岸の性能規定)

第五十二条 セル式係船岸の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

- 一 主たる作用が土圧である永続状態に対して、次の基準を満たすこと。
  - イ 壁体のせん断変形により安定性を損なう危険性が限界値以下であること。
  - ロ セル式係船岸の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
- 二 主たる作用が土圧である永続状態及び主たる作用がレベルー地震動である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。
  - イ 壁体の滑動及び基礎地盤の支持力不足による破壊の生じる危険性が限界値以下であること。
  - ロ セル天端に生じる変形量が変形量の許容値を超える危険性が限界値以下であること。
- 三 主たる作用が自重である永続状態に対して、地盤のすべり破壊の生じる危険性が限界値以下であること。
- 四 セル式係船岸の上部工が、主たる作用が土圧である永続状態並びに主たる作用がレベルー地震動並びに船舶の接岸及び牽引である変動状態に対して次の基準を満たすこと。
  - イ 杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。
  - ロ 杭に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。

- ハ 部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。
- 2 前項に規定するもののほか、置きセル式の性能規定にあつては、主たる作用がレベル一地震動である変動状態に対して、転倒の生じる危険性が限界値以下であることとする。

## (2) 岸壁、物揚場、棧橋の技術基準

### ○港湾の施設の技術上の基準を定める省令（平成 19 年国土交通省令第 15 号）（抄）

（岸壁の要求性能）

第二十六条 岸壁の要求性能は、構造形式に応じて、次の各号に定めるものとする。

- 一 船舶の安全かつ円滑な係留、人の安全かつ円滑な乗降及び貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。
  - 二 自重、土圧、レベル一地震動、船舶の接岸及び牽引、載荷重等の作用による損傷等が、当該岸壁の機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。
- 2 前項に規定するもののほか、次の各号に挙げる岸壁の要求性能にあつては、それぞれ該当各号に定めるものとする。
- 一 環境の保全を図る岸壁の要求性能 該当岸壁の本来の機能を損なわず港湾の環境を保全できるよう、国土交通大臣が定める要件を満たしていること。
  - 二 耐震強化施設である岸壁の要求性能 レベル二地震動等の作用による損傷等が、軽微な修復によるレベル二地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能の回復に影響を及ぼさないこととする。ただし、当該岸壁が置かれている自然状況、社会状況等により、更に耐震性を向上させる必要がある岸壁の要求性能にあつては、レベル二地震動の作用後に当該岸壁に必要とされる機能を損なわず継続して使用することに影響を及ぼさないこと。

### ○港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示（平成 19 年国土交通省告示第 395 号）（抄）

（岸壁の性能規定）

第四十八条 岸壁に共通する性能規定は、次の各号に定めるものとする。

- 一 対象船舶の諸元に応じた所要の水深及び長さを有すること。
  - 二 潮位の影響、対象船舶の諸元及び岸壁の利用状況に応じた所要の天端高を有すること。
  - 三 利用状況に応じた所要の附帯設備を有すること。
- 2 前項に規定するもののほか、次の各号に挙げる岸壁の性能規定にあつては、それぞれ該当各号に定めるものとする。
- 一 環境の保全を図る岸壁の性能規定 当該施設の本来の機能を損なわず、当該施設が置かれている自然状況等に応じて、港湾の環境を保全できるよう、所要の緒元を有すること。

二 耐震強化施設である岸壁の性能規定 主たる作用がレベル二地震動である偶発状態に対して、要求性能に応じて、作用による損傷の程度が限界値以下であること。

(重力式係船岸の性能規定)

第四十九条 (略)

(矢板式係船岸の性能規定)

第五十条 (略)

(棚式係船岸の性能規定)

第五十一条 (略)

(セル式係船岸の性能規定)

第五十二条 (略)

(栈橋の性能規定)

第五十五条 第四十八条の規定は、栈橋の性能規定について準用する。

2 前項に規定するもののほか、栈橋の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

一 栈橋の渡版が次の基準を満たすこと。

イ 利用状況に応じて、荷役、乗降等を安全かつ円滑に行えるための所要の諸元を有すること。

ロ 栈橋の上部工に水平方向の荷重を伝達させないものであり、かつ、地震動等の作用により生じる栈橋部及び土留部の変形に対して落版しないこと。

二 主たる作用がレベル一地震動、船舶の接岸及び牽引並びに載荷重である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。

イ 上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。

ロ 杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。

ハ 杭に生じる応力度が降伏応力度を超える危険性が限界値以下であること。

三 主たる作用が変動波浪である変動状態に対して、次の基準を満たすこと。

イ 渡版に作用する揚圧力により渡版の安定性を損なう危険性が限界値以下であること。

ロ 上部工の部材の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。

ハ 杭に作用する軸方向力が地盤の破壊に基づく抵抗力を超える危険性が限界値以下であること。

四 補剛部材を有する構造の場合にあっては、主たる作用が変動波浪、レベル一地震動、

船舶の接岸及び牽引並びに載荷重である変動状態に対して、補剛部材及び格点部の健全性を損なう危険性が限界値以下であること。

- 3 第四十九条から第五十二条までの規定は、構造形式に応じて、栈橋の土留部の性能規定について準用する。

(物揚場の性能規定)

- 第五十七条 第四十八条から第五十二条まで又は第五十五条の規定は、構造形式に応じて、物揚場の性能規定について準用する。

#### 参考資料-4：被災程度と変形量等の関係の考え方

岸壁に対する被災程度の状況は、上部<sup>4)</sup>によって提案された。被災程度と変形量と結びつけたものとして、小泉ら<sup>5)</sup>のものがある。しかし、小泉らのものには、鋼材の応力状態を記載したものがなかった。

菅野ら<sup>6)</sup>は、変形量に加えて鋼材の応力状態と被災程度との関係を結びつけている。重力式、矢板式に対する被災程度と変形量の関係を表 4-1 に示す。表 4-1 に示されている重力式、矢板式の各被災程度に対応する残留変位の値は同じであり、被災程度Ⅳの法線変形率は10%以上となる。壁高10m（水深-6m程度）で1.0m以上変形すると被災程度Ⅳとなるので、比較的厳しい閾値となっている。これは、岸壁として性能（船舶の着岸）を確保する事も考慮されているためであると考えられる。

一方、地震時の変形率に関しては、「高圧ガス設備等耐震設計指針（2012）レベル2耐震性能評価 解説編」<sup>7)</sup>（以下、「高圧ガス指針」と略称）においてレベル2地震時に発生する変形率（天端の残留水平変位/壁高）の目安が表 4-5 に示す通り、重力式で30%、矢板式で75%と記載されている。

本ガイドラインでは、護岸の要求性能を勘案して、表 4-3 に示す上部<sup>4)</sup>の4段階の被災程度を表 4-4 に示す5段階に変更し、被災程度と変形量の関係は、「高圧ガス指針」<sup>7)</sup>の記載内容を考慮した表 4-5 に示す値とした。

表 4-1 被災程度と変形量等の関係<sup>6)</sup>

		被災程度Ⅰ		被災程度Ⅱ		被災程度Ⅲ		被災程度Ⅳ	
重力式	残留変位	法線変形率(d/H)	1.5%未満	1.5~5%	5~10%	10%以上			
		海側への残留傾斜角	3°未満	3~5°	5~8°	8°以上			
矢板式	残留変位	法線変形率(d/H)	1.5%未満	1.5~5%	5~10%	10%以上			
		海側への残留傾斜角	3°未満	3~5°	5~8°	8°以上			
	最大応答	矢板 タイロッド	弾性 弾性	塑性(許容塑性率内) 弾性	塑性(許容塑性率内) 塑性	塑性(許容塑性率内) 塑性	塑性 塑性		

d: 壁体天端の残留水平変位、H: 壁体の高さ(海底面から地表面までの高さ)

4) 上部達生:地震被害事例に基づく重力式および矢板式係船岸の被災変形量と被災額の推定, 港湾技研資料 No. 473, 1983.

5) 小泉哲也, 山本修司, 竹地晃一郎, 門脇陽治:被災した係留施設の残存耐力の評価手法の開発, 港湾技研資料 No. 912, 1998.

6) 菅野高弘, 野末康博, 塩崎禎郎, 小濱英司:地震による岸壁の被災・復旧工法・耐震補強工法, 港湾空港技術研究所資料 No. 1145, 2006.

7) 高圧ガス保安協会, 高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)レベル2耐震性能評価 解説編, 2012.

表 4-2 岸壁・護岸の地震時変形率<sup>7)</sup>

[表 10.2.2(2)] 護岸・岸壁の変形率

重力式		矢板式		
液状化の範囲	変形率(%)	液状化の範囲		変形率(%)
護岸背後のみ 液状化	15.0	護岸背後のみ 液状化	控工周辺は非液状化	20.0
			控工周辺も液状化	40.0
護岸背後及び基礎 地盤が液状化	30.0	護岸背後及び基礎地盤、控工周辺す べてが液状化		75.0

表 4-3 被災程度（上部<sup>4)</sup>）

被災程度	被災の状況
0	無被災
I	本体に異常はないが、付属構造物に破壊や変状が認められるもの
II	本体にかなり変状の起こったもの
III	形はとどめているが、構造物本体に破壊が起こったものと認められるもの
IV	全壊して形をとどめていないもの

表 4-4 被災程度（本ガイドライン）

被災程度	被災の状況
0	無被災
I	本体に異常はないが、付属構造物に破壊や変状が認められるもの
II	本体にかなり変状の起こったもの
III	形はとどめているが、構造物本体に破壊が起こったものと認められるもの
IV	大きな変形が発生し、岸壁としては機能しない。
V	全壊して形をとどめていないもの

注：赤字が本ガイドラインで追加した被災の状況

表 4-5 被災程度と変形量等の関係（本ガイドライン）

		被災程度 I	被災程度 II	被災程度 III	被災程度 IV	被災程度 V
重力式	法線変形率 (d/H)	1.5%未満	1.5~5%	5~10%	10~30%	30%以上
矢板式		1.5%未満	1.5~5%	5~10%	10~75%	75%以上

d: 壁体天端の残留水平変位、H: 壁体の高さ(海底面から地表面までの高さ)

参考資料-5：護岸等が変位した場合の航路等への影響評価の考え方

5.1. 重力式における凹凸変位量と最大はらみ出し量の関係

兵庫県南部地震での最大法線はらみ出し量と凹凸変位量の事例は、一井<sup>8)</sup>らによってまとめられている。ただし、この事例は、計画水深 12m 以浅の重力式岸壁のみを対象にまとめられていることに留意する必要がある。

ここで、凹凸変位量は、係船される船舶の長さに対応する範囲内の最大の凹凸量を示している（図 5-1 参照）。最大法線はらみ出し量と凹凸変位量の関係を図 5-2 に示す。この図より、重力式岸壁の凹凸変位量は、最大法線はらみ出し量のほぼ 1/2 以下となる。これらの結果は、係船される船舶の長さを 100m や 130m としてとりまとめたものであり、隣同士のケーソンでは凹凸変位量はさらに小さいと考えられる。

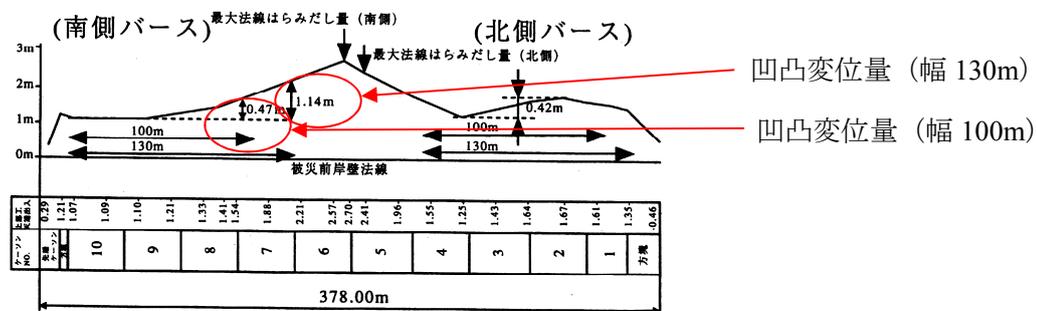


図 5-1 凹凸変位量定義<sup>8)</sup>

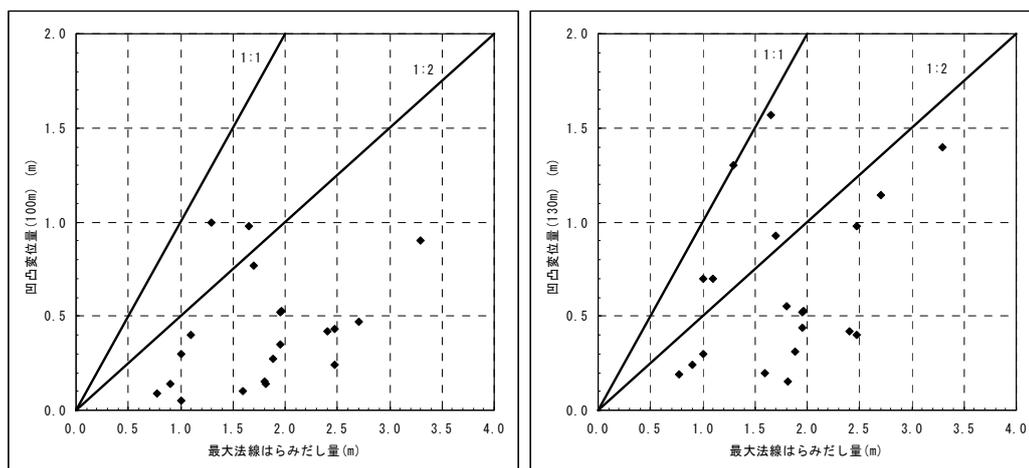
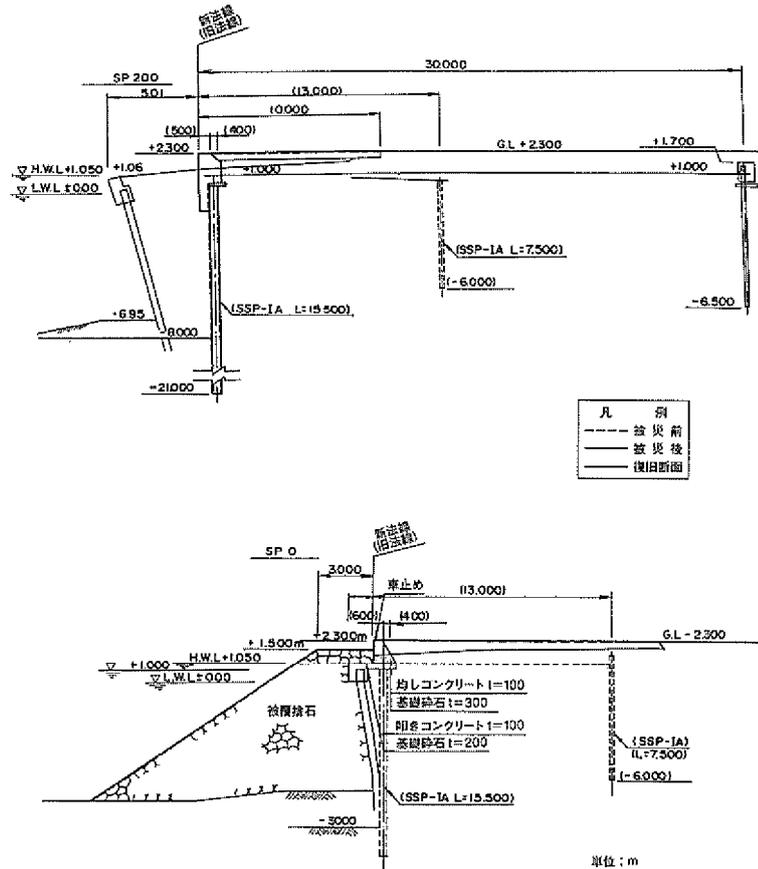


図 5-2 最大法線はらみ出し量と凹凸変位量<sup>8)</sup>に加筆

8) 一井康二, 高橋宏直, 中本隆, 赤倉康寛: 地震時における重力式岸壁の許容変形量の評価; 第 10 回日本地震工学シンポジウム, pp. 3241-3244, 1998.

## 5.2. 矢板式における裏込土砂流出の考え方

矢板式護岸（岸壁）で、地震時による被災で継ぎ手から裏込土砂が流出した事例はない。比較的大きく変形した北海道南西沖地震における函館港弁天地区の事例でも裏込土砂流出による吸い出しは発生していない（図 5-3 参照）。



図一3.2.6 第6岸壁被災・復旧断面（函館港、弁天地区）

図 5-3 函館港 弁天地区岸壁の被災状況と復旧断面<sup>9)</sup>

9) 稲富隆昌, 上部達生, 井合進, 風間基樹, 山崎浩之, 松永康男, 関口信一郎, 水野雄三, 藤本義則:1993年北海道西方沖地震による港湾施設被害報告, 港湾技研資料 No. 791, 1994.

一方、裏込土砂が流出した 1983 年日本海中部地震における秋田港大浜地区ふ頭の被災事例は、電気防食の陽極溶接の際にできた損傷が原因だと言われており、地震時の変形によるものではない（図 5-4 参照）。

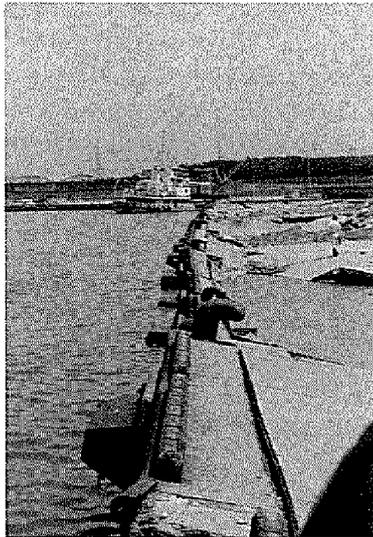


図-9 矢板式岸壁の被害  
(秋田港大浜埠頭, 1983年日本海中部地震)

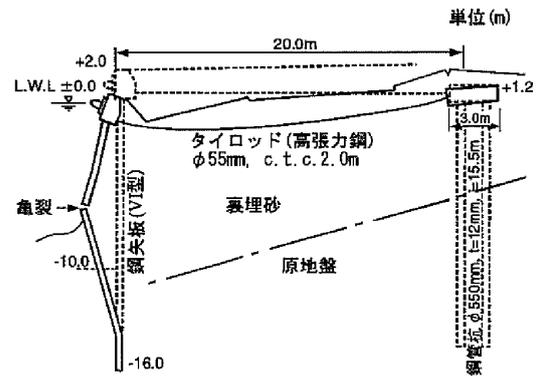


図-10 矢板式岸壁の断面  
(秋田港大浜埠頭, 1983年日本海中部地震)

図 5-4 秋田港 大浜ふ頭岸壁の被災状況と復旧断面<sup>10)</sup>

10) 井合進, 菅野高弘, 野津厚, 一井康二, 佐藤陽子, 小濱英司, 深澤清尊: 港湾構造物の耐震性能照査型設計体系について

### 5.3. 裏込土砂流出量の想定

#### (1) 重力式

重力式構造では、護岸等の崩壊時と隣接する護岸等との間で目地開きが発生した場合の流出高 ( $H_w$ ) は、壁体の高さの 1/2 とし、図 5-5 に示す様に、護岸法線で壁高の半分の厚さ、流動が生じなくなる地点で厚さ 0m の三角形の範囲の土量が流出すると想定する。また、護岸等の天端が H.W.L よりも沈下した時の流出高 ( $H_w$ ) は、護岸法線位置での L.W.L. と背後地盤の高低差とする。

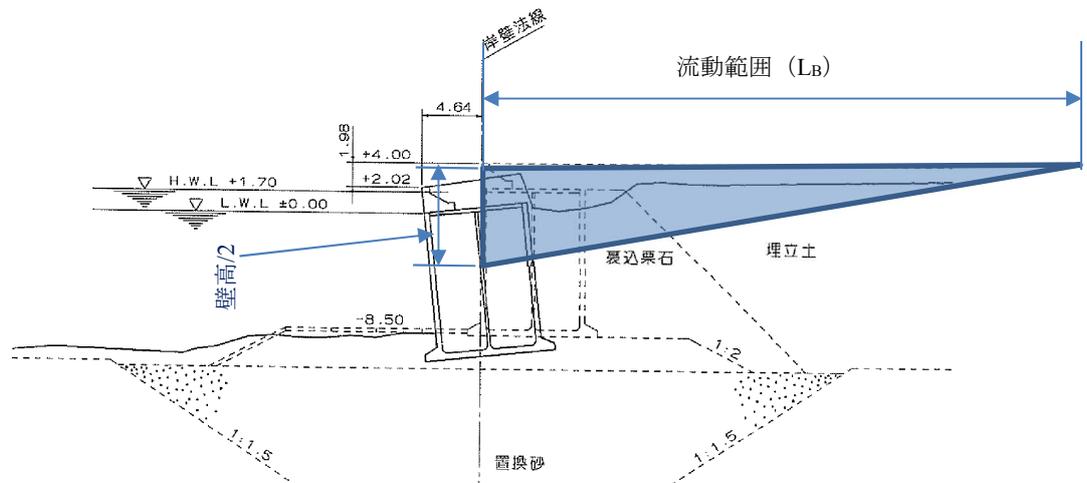


図 5-5 裏込土砂流出量の設定概要（重力式）

#### (2) 矢板式

矢板式構造では、継ぎ手からの裏込土砂流出被害は殆どないため、裏込土砂の流出は、矢板の崩壊（被災程度V）と矢板天端が H.W.L. まで沈下した際に発生するものとする。護岸等の崩壊時の流出高 ( $H_w$ ) は、重力式と同様に壁体の高さの 1/2 とし、護岸等の天端が H.W.L. よりも沈下した時の流出高 ( $H_w$ ) は、図 5-6 に示す様に、護岸法線で地震後の矢板天端と背後地盤高の高低差とし、流動が生じなくなる地点で厚さ 0m の三角形の範囲の土量が流出すると想定する。

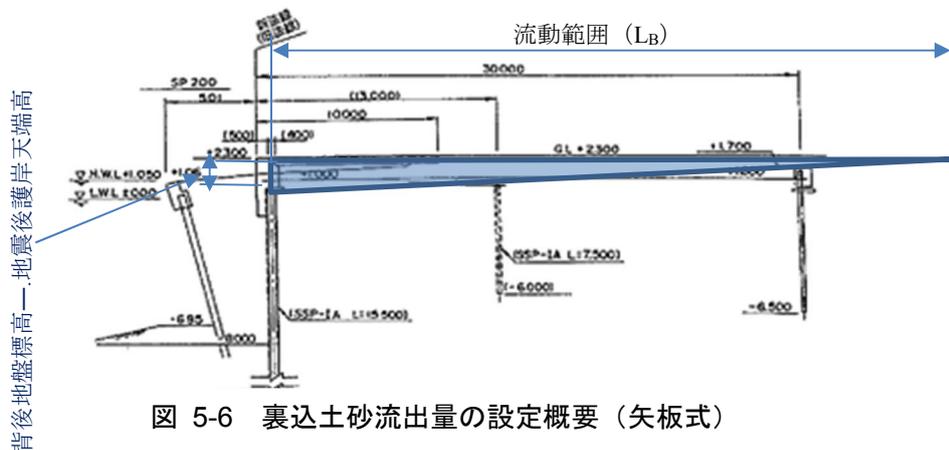


図 5-6 裏込土砂流出量の設定概要（矢板式）

#### 5.4. 危険物が流出した場合の詳細検討

現時点における危険物貯蔵施設の耐震性を踏まえると、施設本体が地震によって損傷することにより危険物が外部に流出するといった事態に至る可能性は低いと考えられるが、施設に近接する護岸等の変位による影響を受けて、施設やパイプラインが損傷する事態は想定されうる。こういう事態の想定や対処方法について詳細に検討する際に参考となる資料を以下に示す。

##### (1) 石油コンビナートの防災アセスメント指針（平成 25 年 3 月 消防庁特殊災害室）

ここでは、大規模災害への評価として、危険物タンクの災害を想定し、防油堤から海上へ流出する事態と防油堤火災からの延焼拡大について記載されている。

防油堤から海上へ流出する事態の評価手順として以下が示されている。

- ① 地震により破損し海上流出に至る可能性が考えられるタンク・タンクヤードの選定（想定地震動、技術基準、立地条件、地盤条件などを考慮）。
- ② 流出量の推定。
- ③ 排水溝を通過して海上に至るルートの確認。
- ④ ガードベースンの容量、常時のゲートの開閉状況、緊急時の閉止手段の確認。
- ⑤ 油種（1～3 石）に応じたオイルフェンス展張、流出油の回収、着火源管理などの緊急措置の確認。

また、防油堤火災からの延焼拡大についての評価手順は以下のように示されている。

- ① 地震により破損し大規模火災に至る可能性が考えられるタンク・タンクヤードの選定（想定地震動、技術基準、立地条件、地盤条件、単独災害の評価結果などを考慮）。
- ② 流出量、流出範囲、火災拡大範囲の推定。
- ③ 放射熱による影響の算定・評価（ただし防油堤内の火災に限られる）。
- ④ 周辺施設の冷却などの緊急措置の確認。周辺住民の安全確保対策の検討。

##### (2) 流出油拡散・漂流物予測モデルによるシミュレーション（石油連盟）

石油連盟では、以下が考慮できる流出油の拡散・漂流予測シミュレーションソフトを公開している（2018 年 3 月時点 <http://www.pcs.gr.jp/pajmodel/H20-ver7/>）。

- ① 潮汐流、河川流、吸送流などによる移送／漂流
- ② 拡がり
- ③ 蒸発
- ④ 海中への分散 海中への分散 海中への分散
- ⑤ 乳化（含水率変）
- ⑥ 海面下での挙動（漂流，拡散上昇等）

参考資料-6：事前に耐震改良を行うことのメリットの算出例

延長 100m の鋼矢板式護岸（図 6-1 参照）において、未対策のまま地震により被災し、その後、撤去・復旧を行った場合と事前に耐震改良を行った場合に必要となる護岸等にかかる工事費用及び期間を比較する。

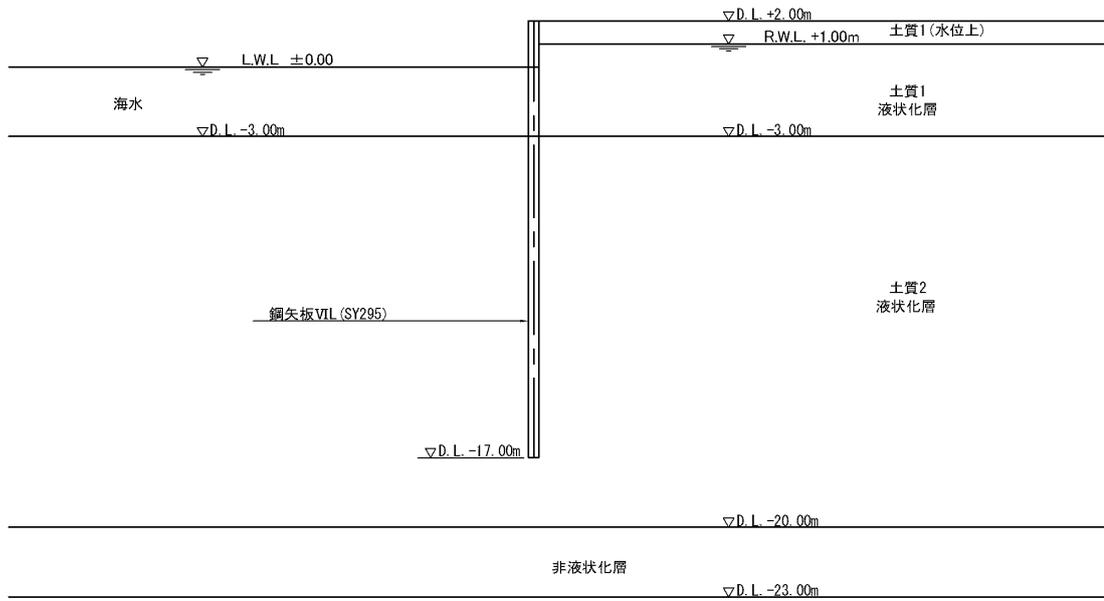


図 6-1 鋼矢板式護岸のモデル

未対策のまま地震により被災し、撤去・復旧を行う場合の費用及び期間は、国土技術政策総合研究所資料 No.836<sup>11)</sup>に基づいて試算した。図 6-2 に復旧工費と変形率の関係を示し、図 6-3 に復旧工期と変形率の関係を示す。未対策の場合と、対策を行った場合の地震応答解析結果を図 6-4 に示す。未対策の場合の変形率は 28.8%であり、ここでは矢板式の直線端の最大値を用いることとし、復旧工費=6,500 千円/m、復旧工期=600 日とする。一方、事前に耐震改良を行うための費用は 1,300 千円/m であり、工期は 190 日である。これを表にまとめて表 6-1 に示す。

以上より、事業の継続性及び護岸等の整備に必要な工事費・工事期間を考慮すると、事前に耐震改良を行う方が、結果的に事業者の負担は軽減される可能性がある。

11) 宮田正史, 竹信正寛, 野津厚, 渡部富博, 佐藤裕司：大規模地震時における港湾全体としての係留施設の被害程度の推定手法の提案, 国土技術政策総合研究所資料, No. 836, 2015. 3

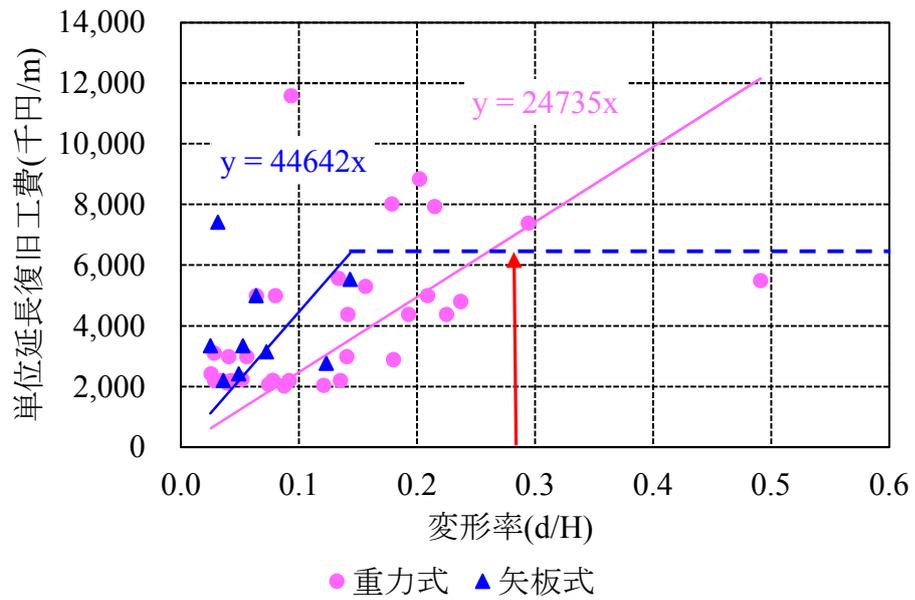


図 6-2 復旧工費（施設延長 1m あたり）と変形率の関係<sup>11)</sup>

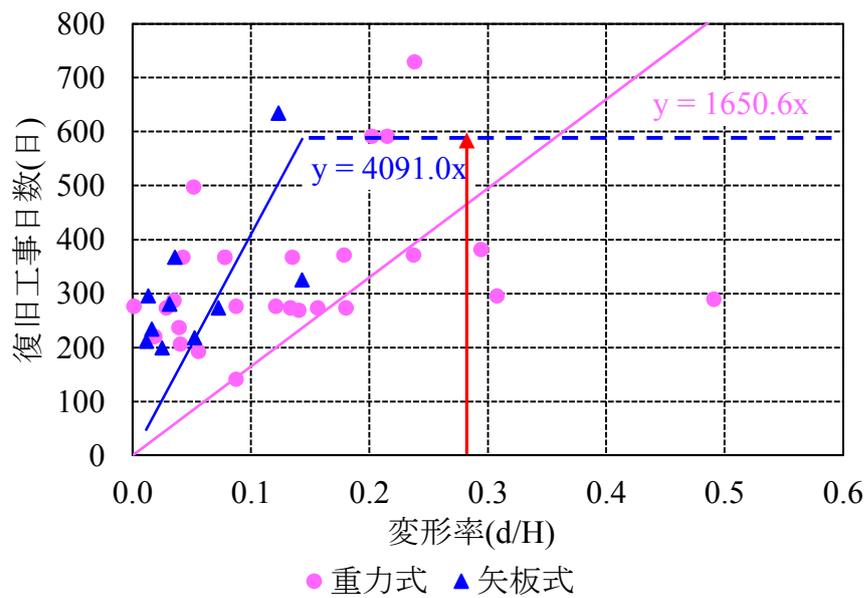


図 6-3 復旧工期と変形率の関係<sup>11)</sup>

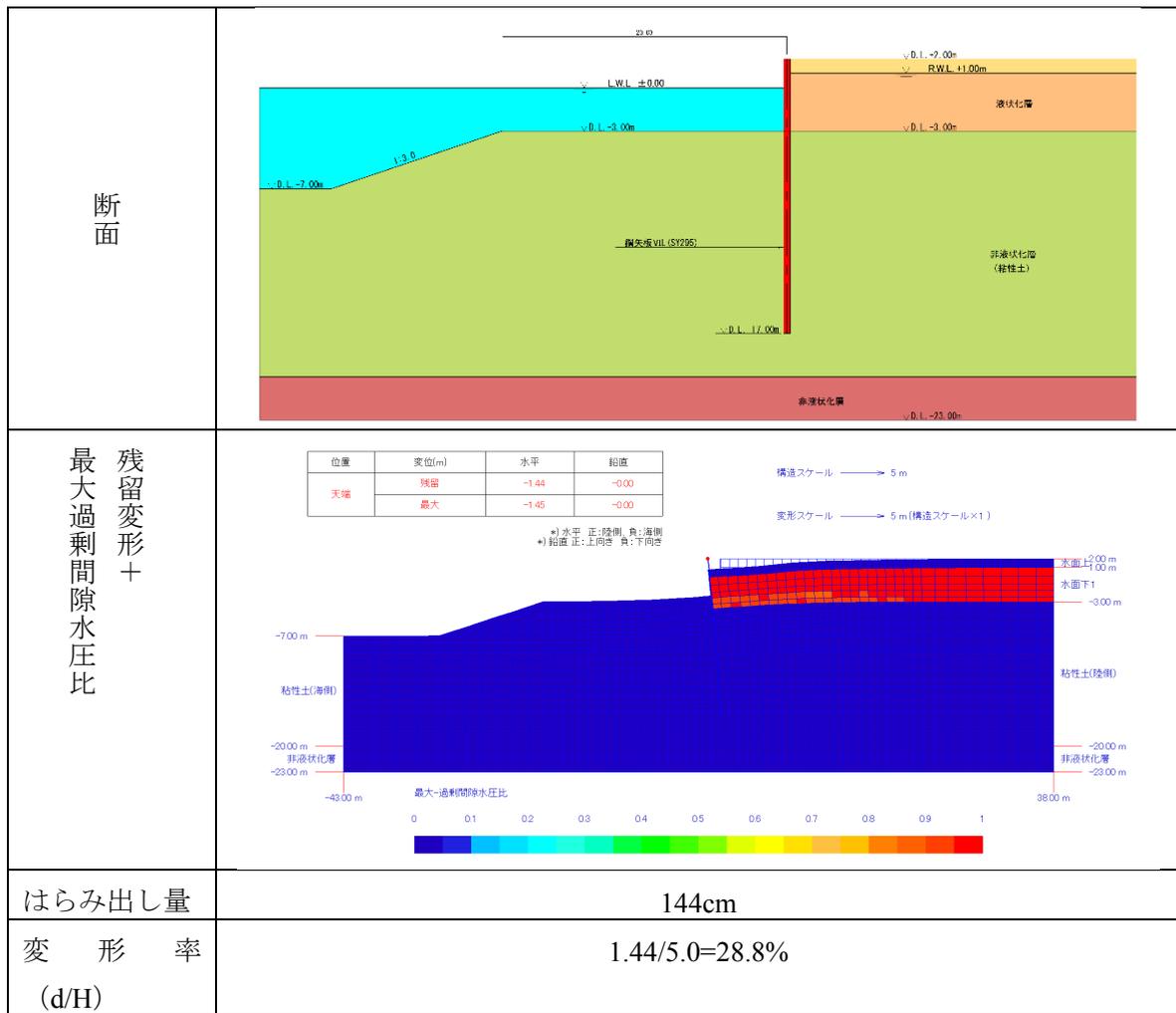


図 6-4 未対策の場合の地震応答解析結果

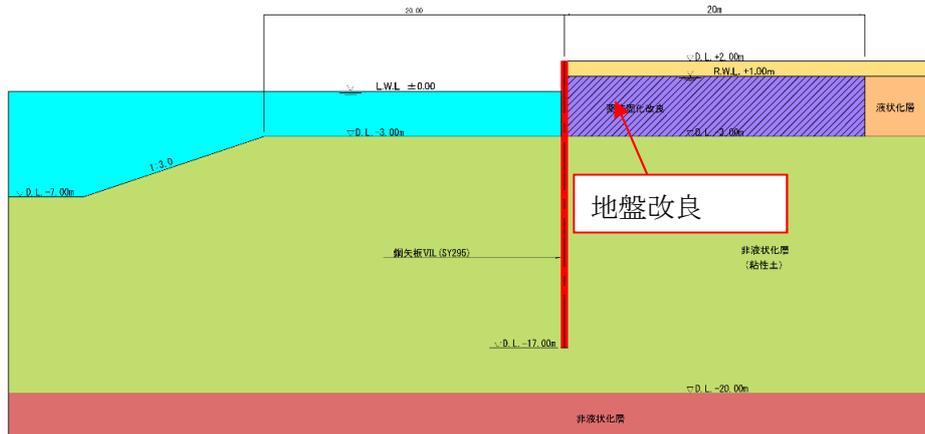


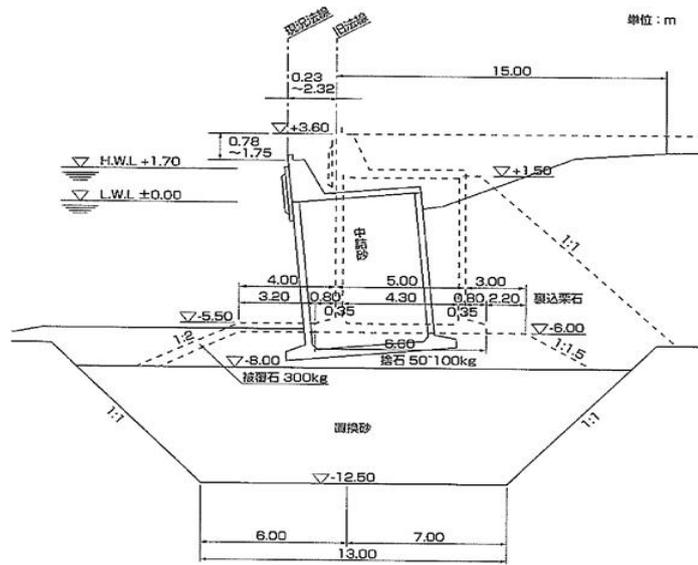
図 6-5 耐震改良後の護岸

表 6-1 工費及び工期の比較

被災程度	法線変形率	復旧工費(千円/m)	復旧工期(日)
I	1.5%未満	670 未満	61 未満
II	1.5%~5%	670 ~ 2,232	61 ~ 205
III	5%~10%	2,232 ~ 4,464	205 ~ 409
IV	10%~75%	4,464 ~ 6,500	409 ~ 600
V	75%以上	6,500 以上	600 以上
耐震改修の費用と工期(参考)		2,400	190

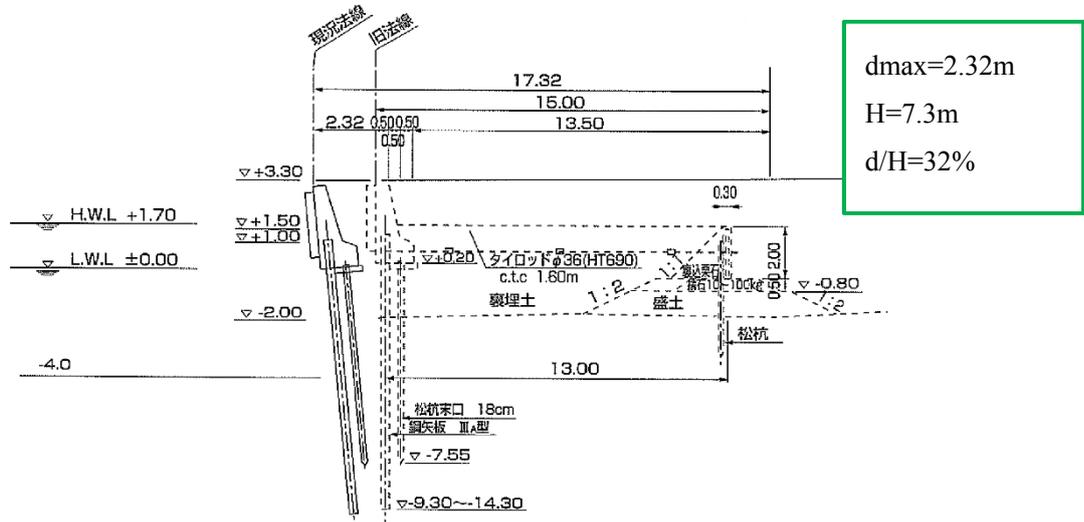
参考資料-7：地震・津波による護岸等の被災事例

発生年	地震名	施設	被災状況
1995	兵庫県南部地震	東部内貿ふ頭-5.5m岸壁2	ケーソン転倒



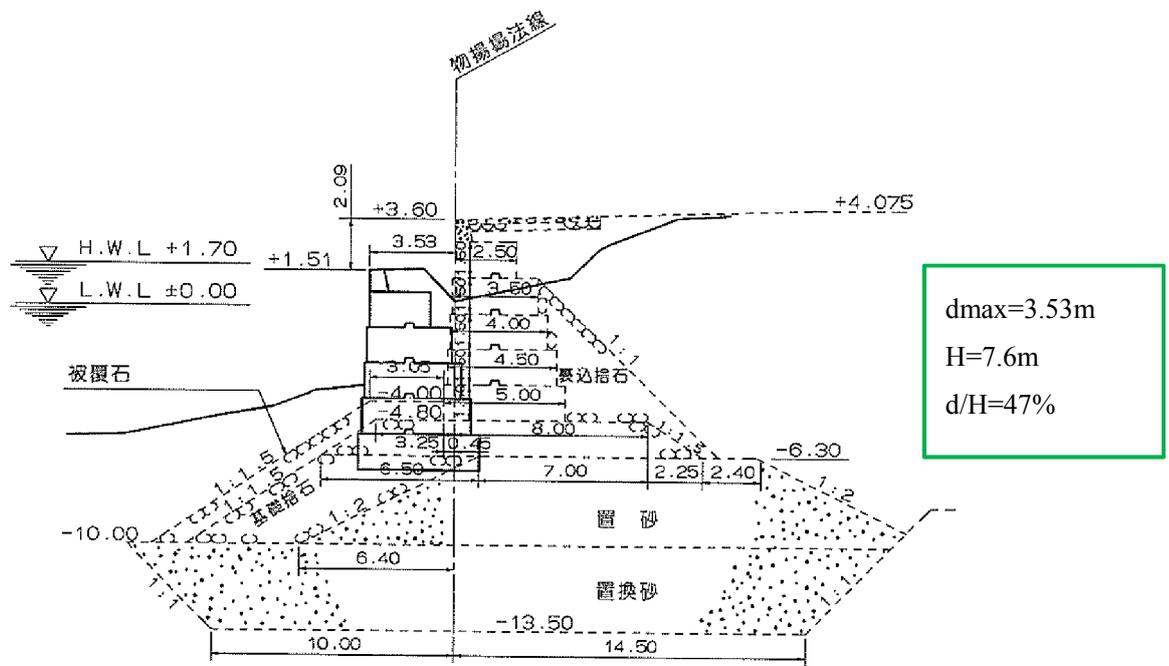
出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

発生年	地震名	施設	被災状況
1995	兵庫県南部地震	東部内貿心頭-4.0m物揚場7	矢板は傾斜、はらみだし



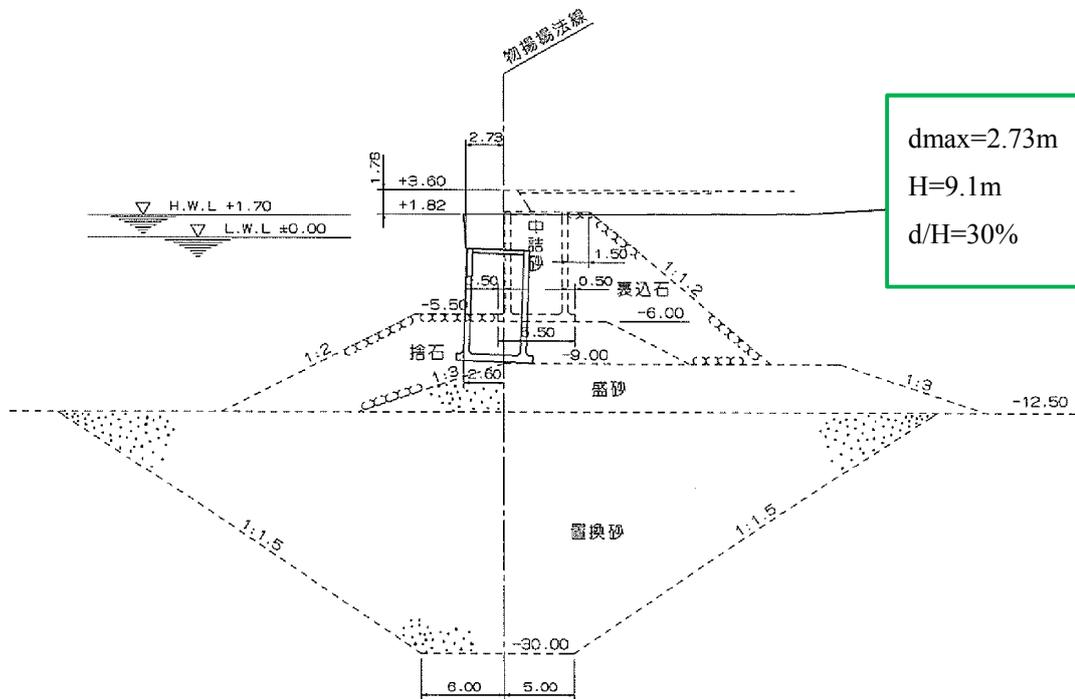
出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

発生年	地震名	施設	被災状況
1995	兵庫県南部地震	摩耶ふ頭-4m物揚場	護岸の倒壊による背後地盤の裏込土砂の流出



出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

発生年	地震名	施設	被災状況
1995	兵庫県南部地震	六甲アイランド -4m物揚場	接岸が困難な損傷

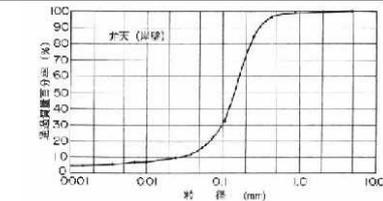
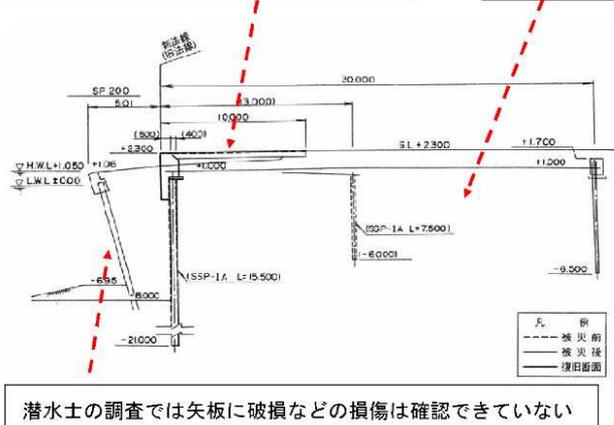


出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

発生年	地震名	施設	被災状況
1993	北海道南西沖地震	函館港 弁天地区	法線の変状

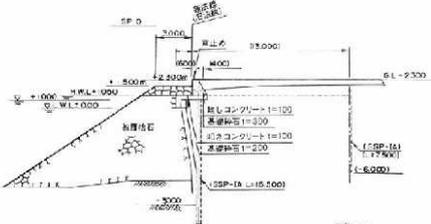
エプロン部岸壁背後5mの部分に大きな亀裂

背面土はN値10以下の砂～シルトからなる埋立て地盤



(b) 背面土・噴砂の粒度分布

潜水土の調査では矢板に破損などの損傷は確認できていない



(c) 復旧断面

(a) 被災断面



dmax=5.01m  
H=9.25m  
d/H=54%

出典) 港湾空港技術研究所資料No.1145 (2006)

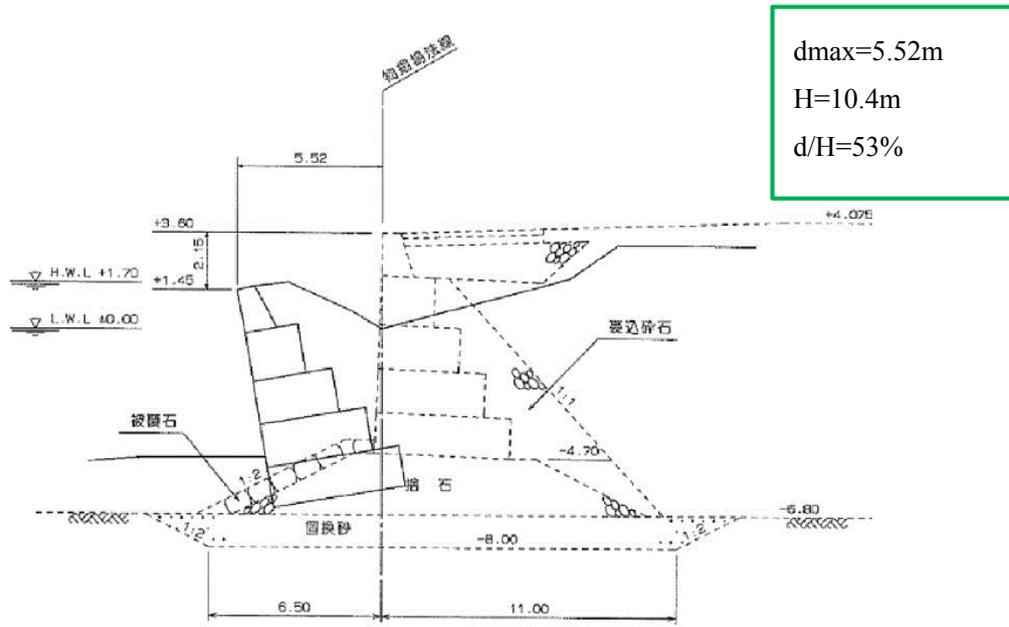


図-4.2.3.67 (a) 摩耶埠頭-4m物揚場その4, 5被災状況断面図 (A-A)

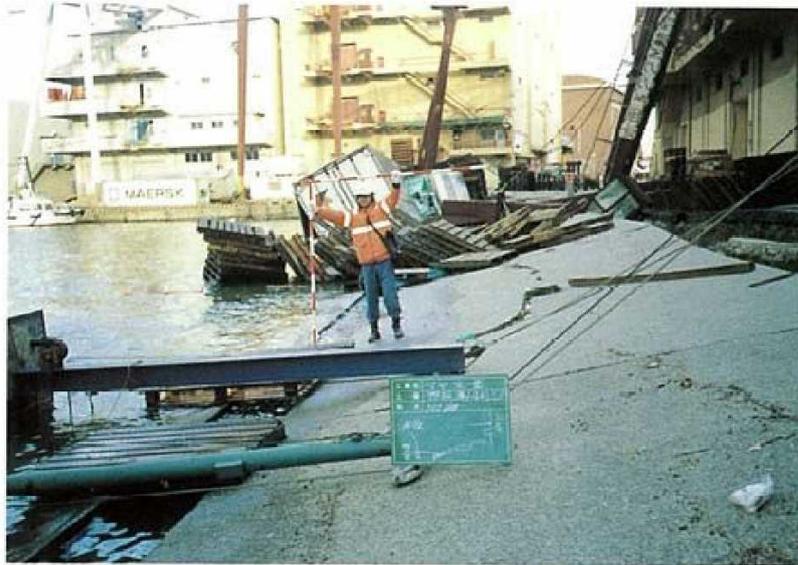
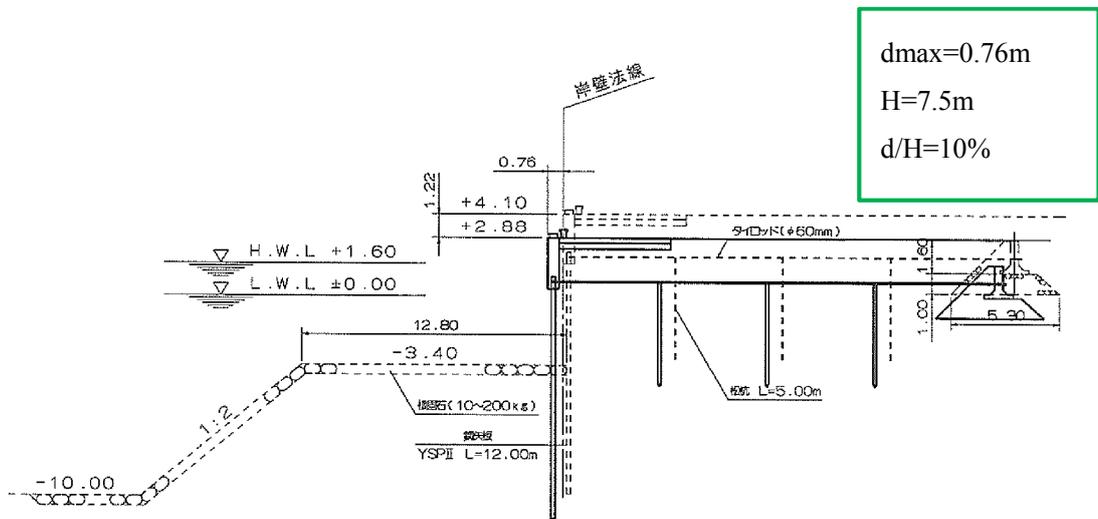


写真-4.2.3.18 摩耶埠頭-4m物揚場その4, その5

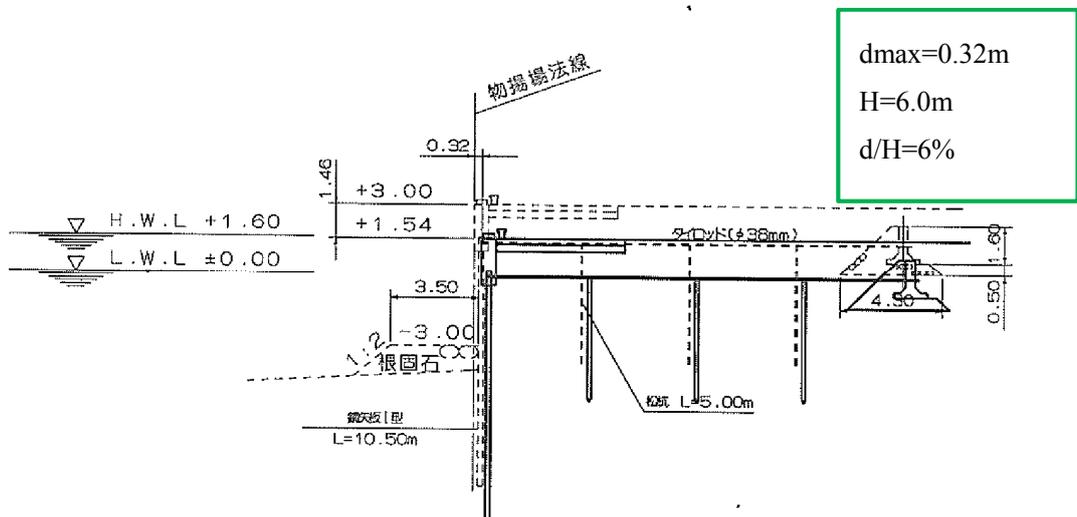
出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告



東海岸町 第1岸壁(-10m) 被災状況断面図(A-A)①

図-4.1.5 第1岸壁(-10m) ①標準断面図及び被災状況標準断面図

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告



東海岸町 物揚場(-3.0m) 被災状況断面図(B-B)②

図-4.1.7 物揚場(-3.0m) ②標準断面図及び被災状況標準断面図

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

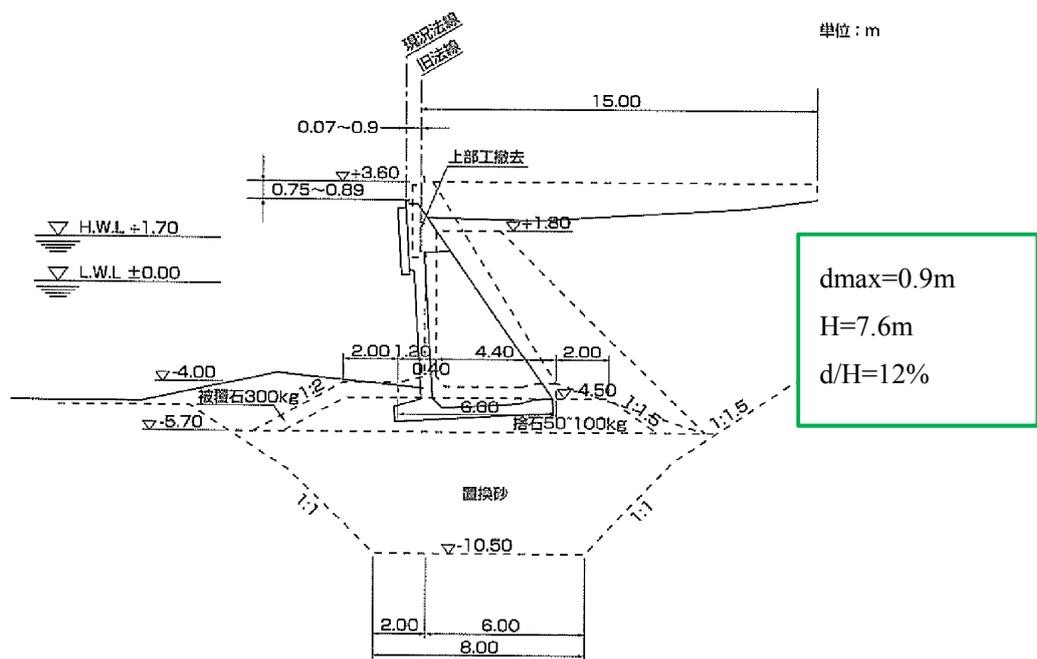


図-4.2.1.3 東部内貿埠頭物揚場-4.0m被災断面図 (施設番号①)



写真-4.2.1.1 東部内貿埠頭-4.0m物揚場 (施設番号①) 被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

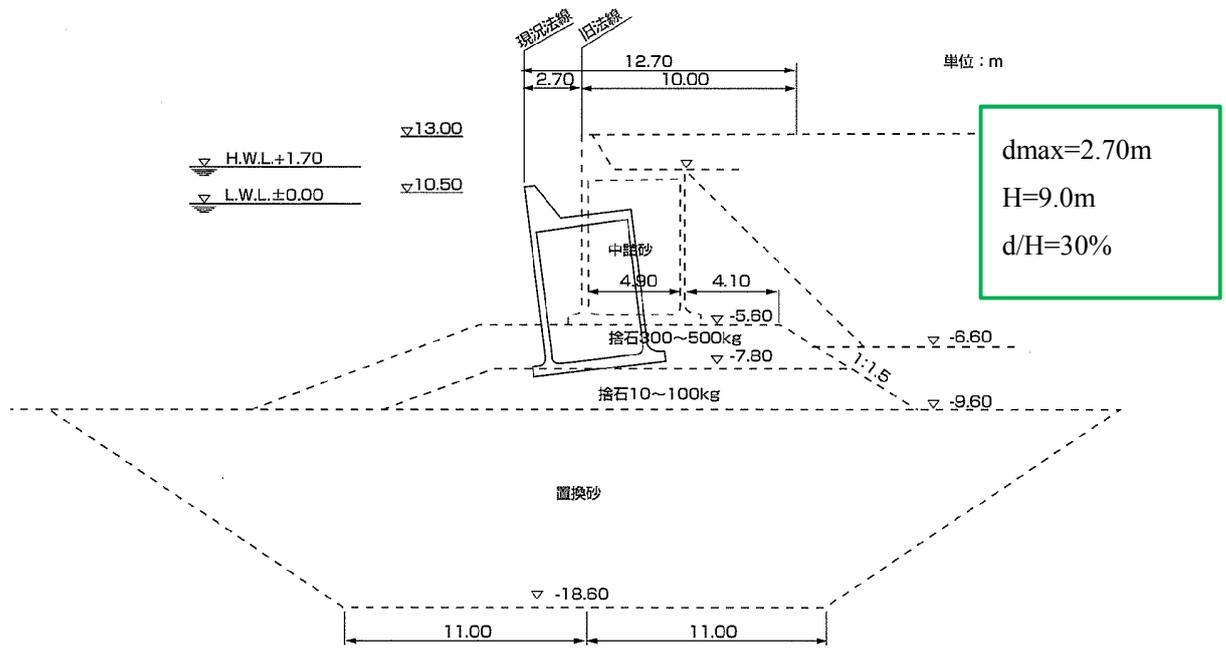


図-4.2.1.9 東部内貿埠頭-5.0m岸壁被災断面図 (施設番号④)

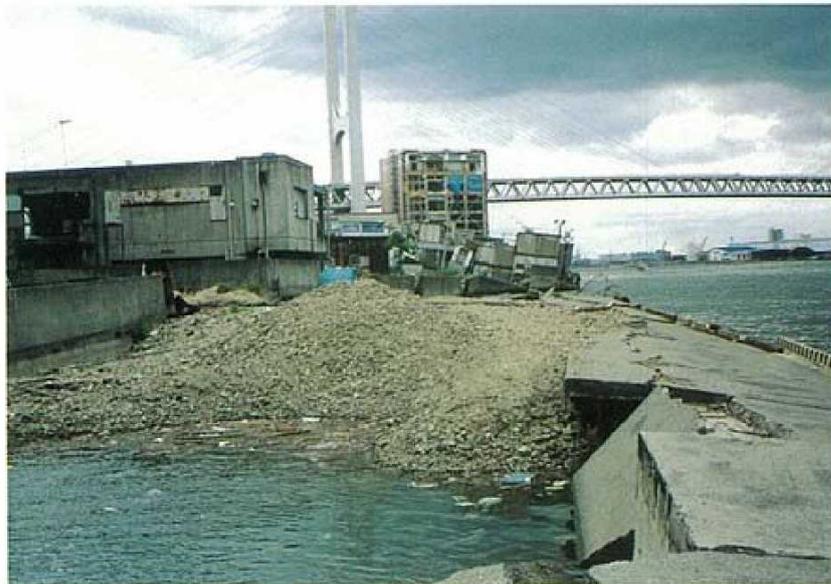


写真-4.2.1.4 東部内貿埠頭-5.0m岸壁 (施設番号④) 被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

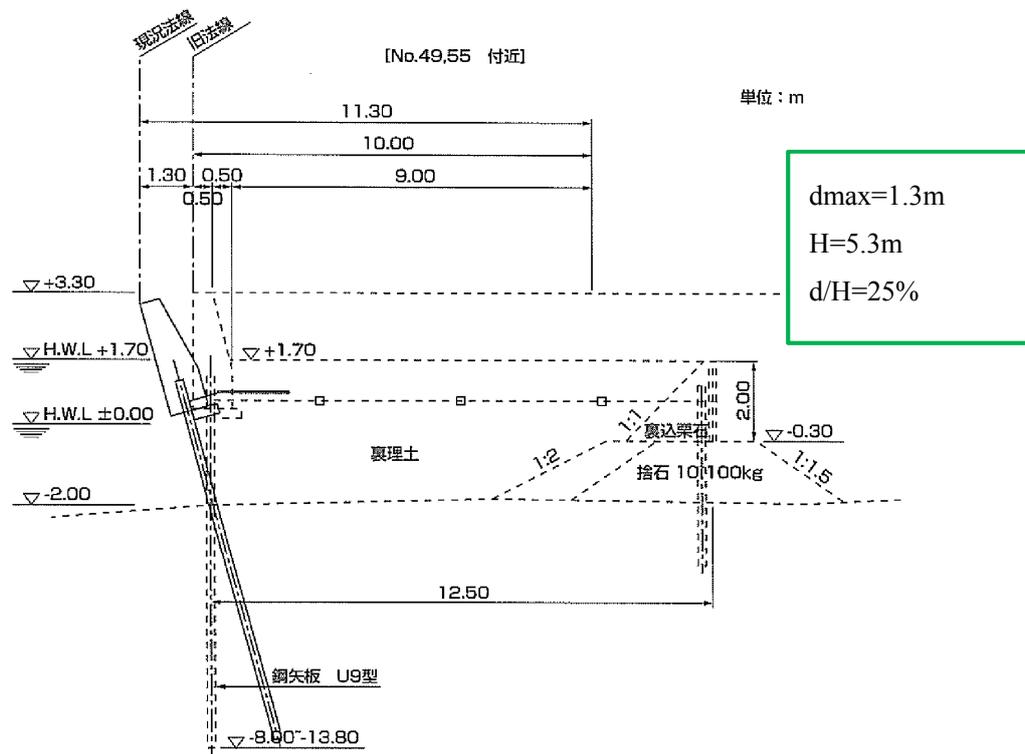


図-4.2.1.22 本庄港東部第4工区被災断面図(矢板岸壁) (施設番号⑩)



写真-4.2.1.10 本庄港東部第4港区岸壁(施設番号⑩)被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

(No.306.50付近) 単位：m

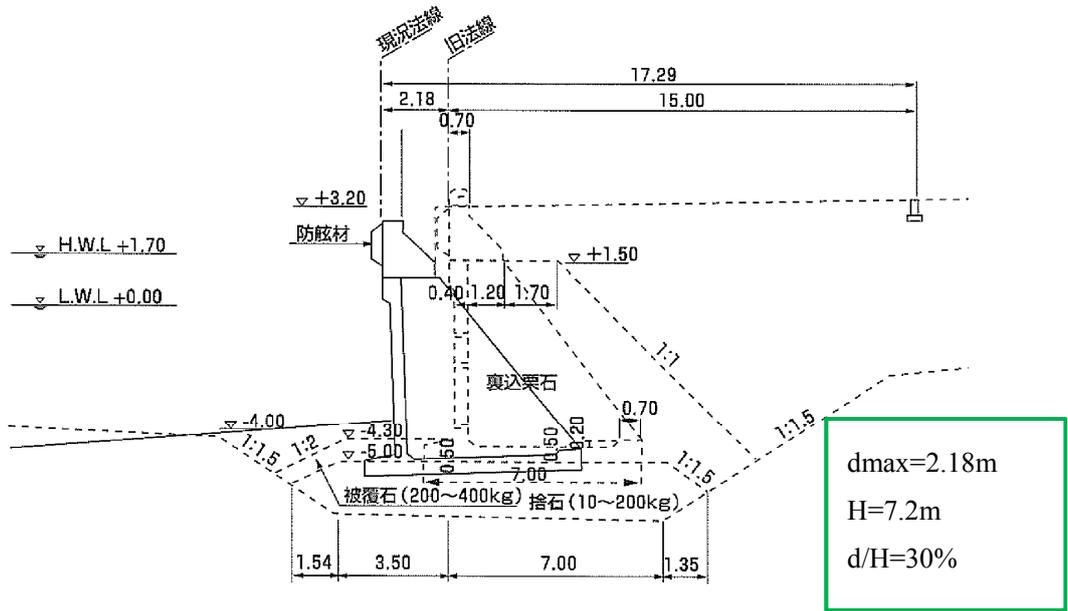


図-4.2.1.57 御影地区-4.0m物揚場被災断面図(L型ブロック) (施設番号㊸)

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

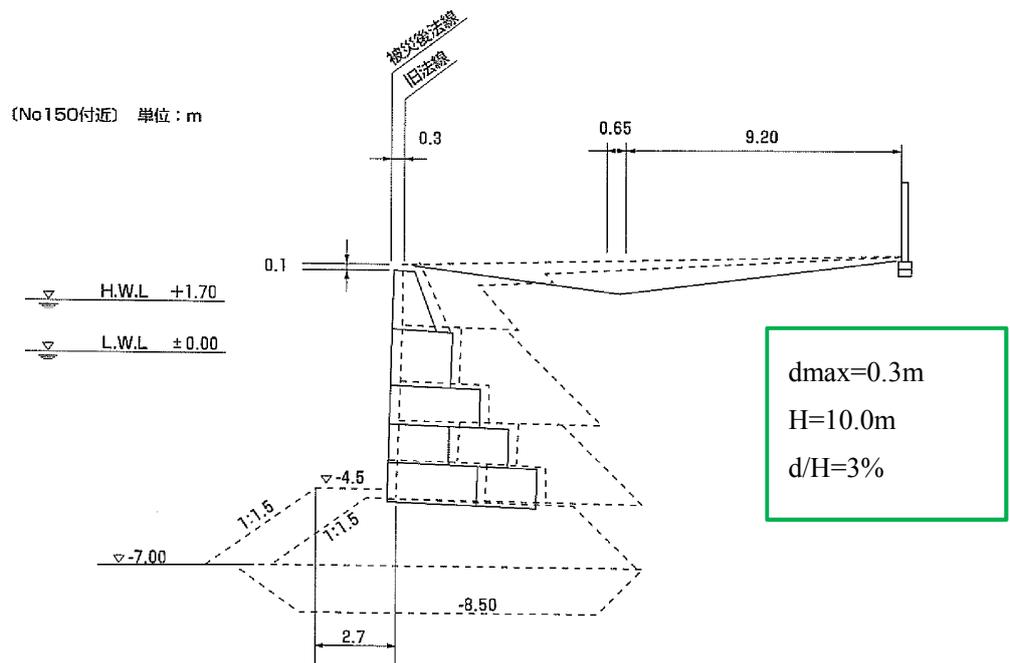


図-4.2.1.68 灘埠頭-4.5m岸壁被災断面図(施設番号㊟)



写真-4.2.1.31 灘埠頭-4.5m岸壁(施設番号㊟)被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

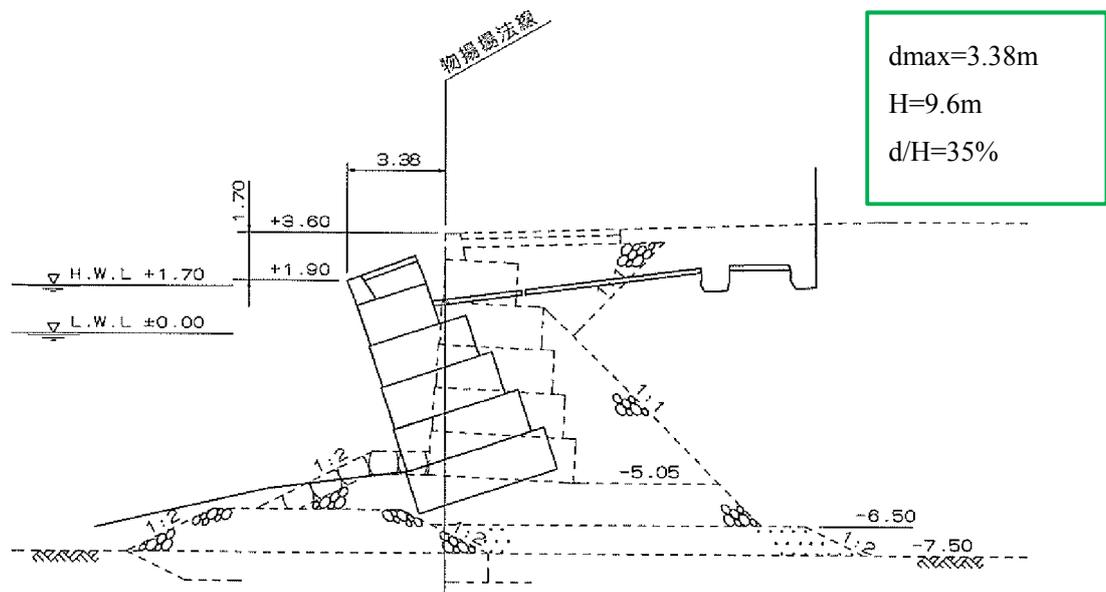


図-4.2.3.61 摩耶埠頭-4m物揚場その1被災状況断面図 (A-A)



写真-4.2.3.17 摩耶埠頭-4m物揚場その1

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

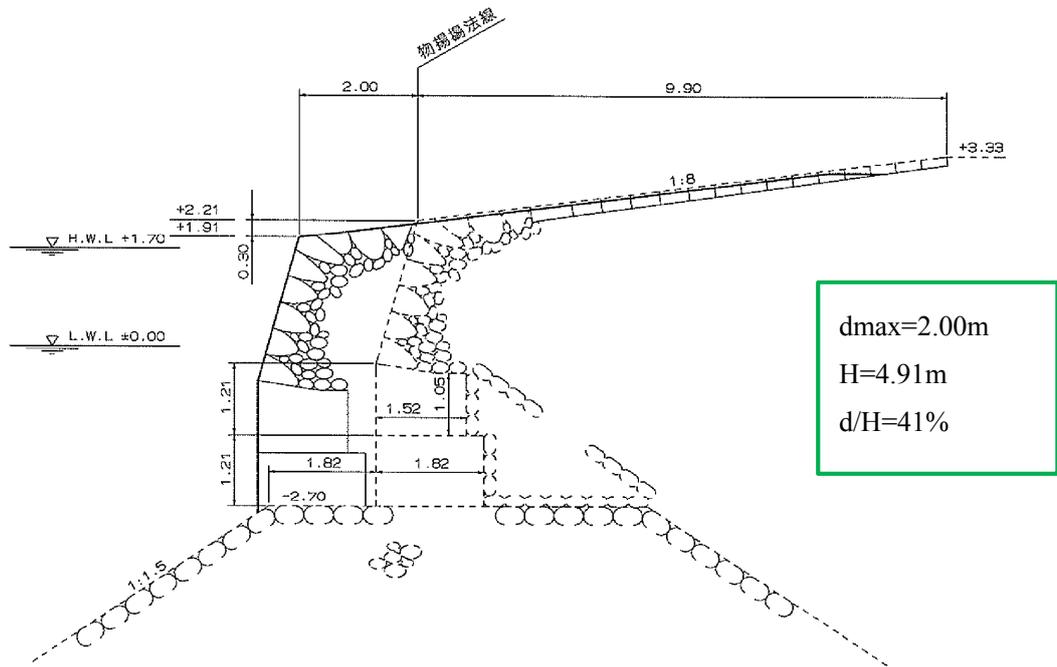


図-4.2.4.3 標準断面図, 被災状況断面図 (A-A) (新港西, ①第1突堤基部物揚場)

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

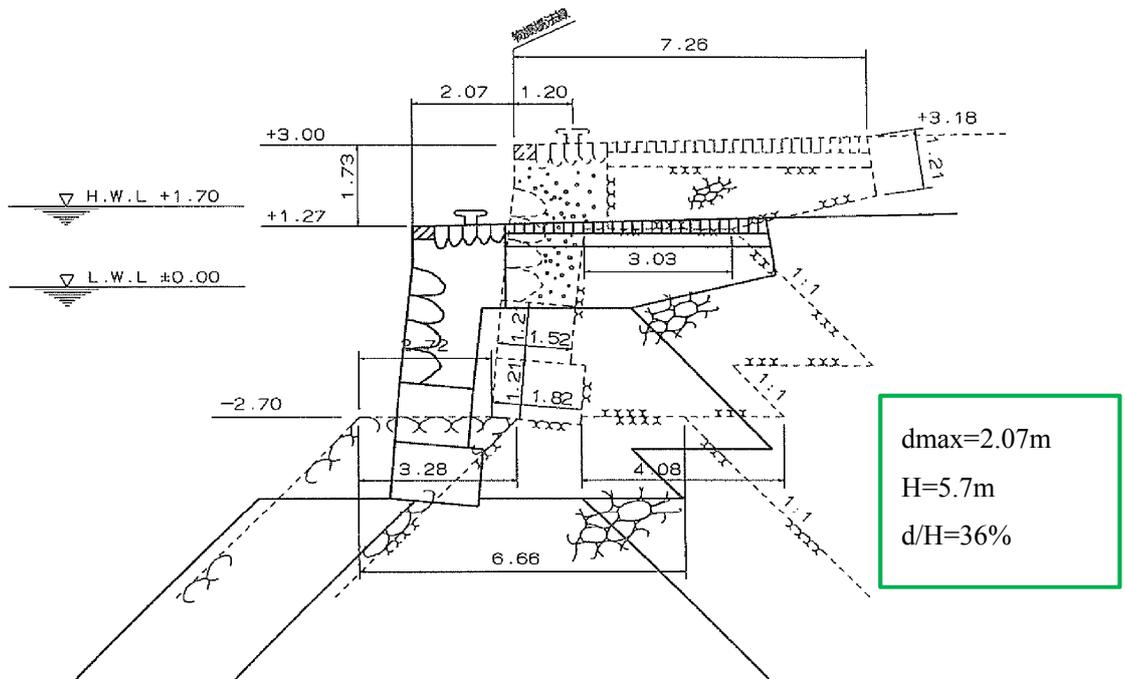


図-4.2.4.22 標準断面図, 被災状況断面図 (A-A) (新港西, ①1~2突堤間物揚場)

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

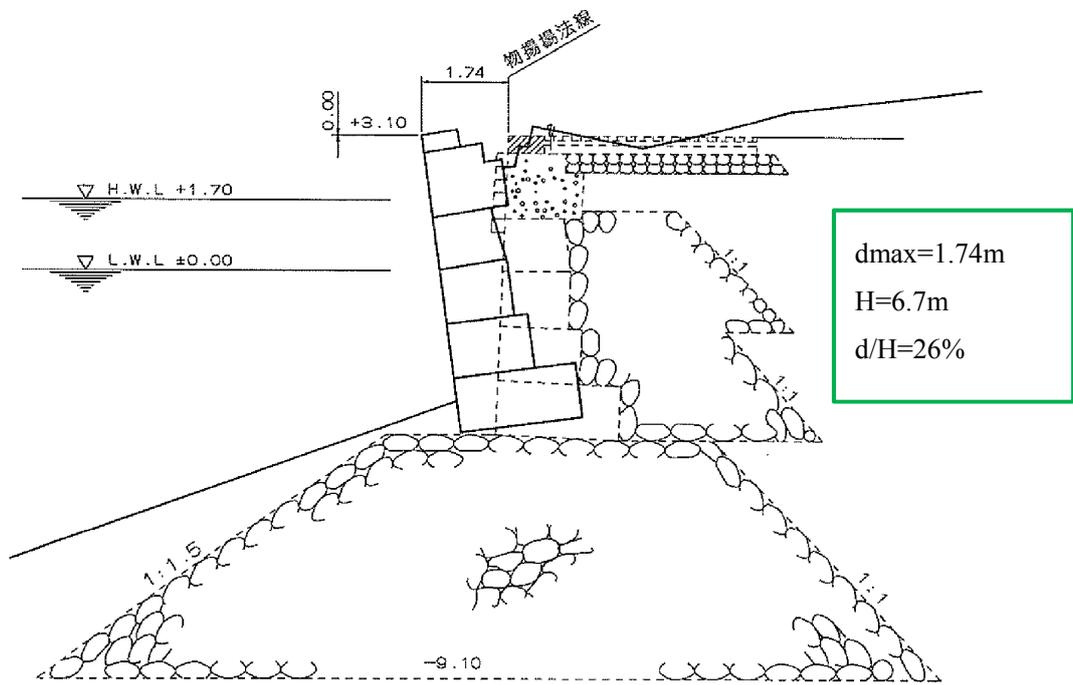


図-4.2.4.84 標準断面図, 被災状況断面図 (A-A) (新港東, ④5~6突堤間物揚場)



写真-4.2.4.12 新港東、④第5~6突堤間物揚場の被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

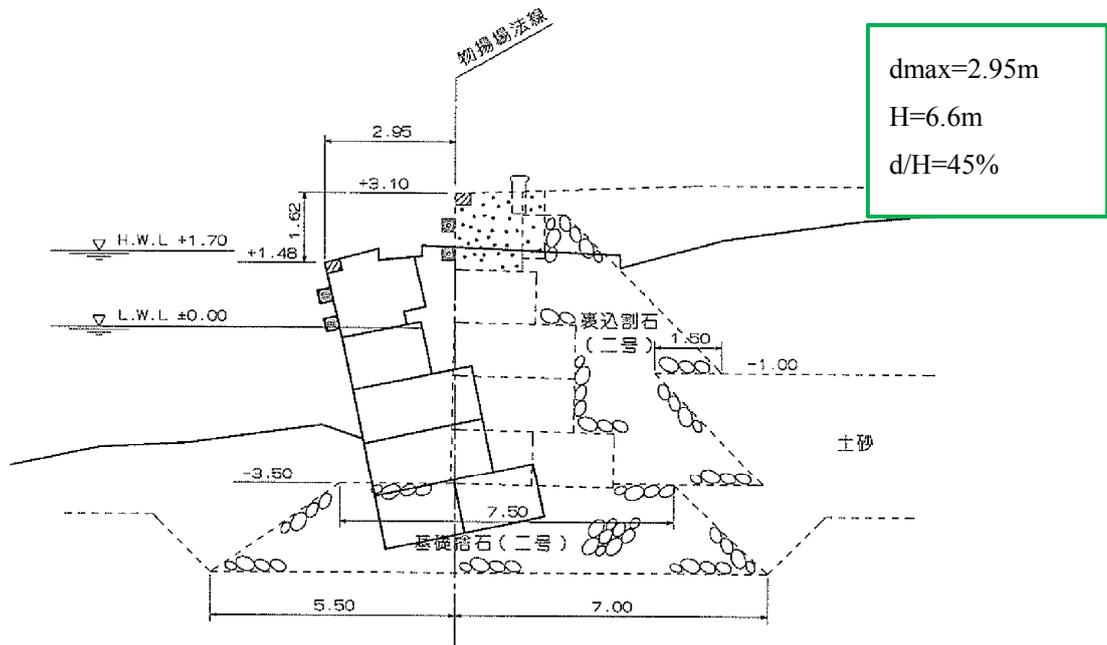
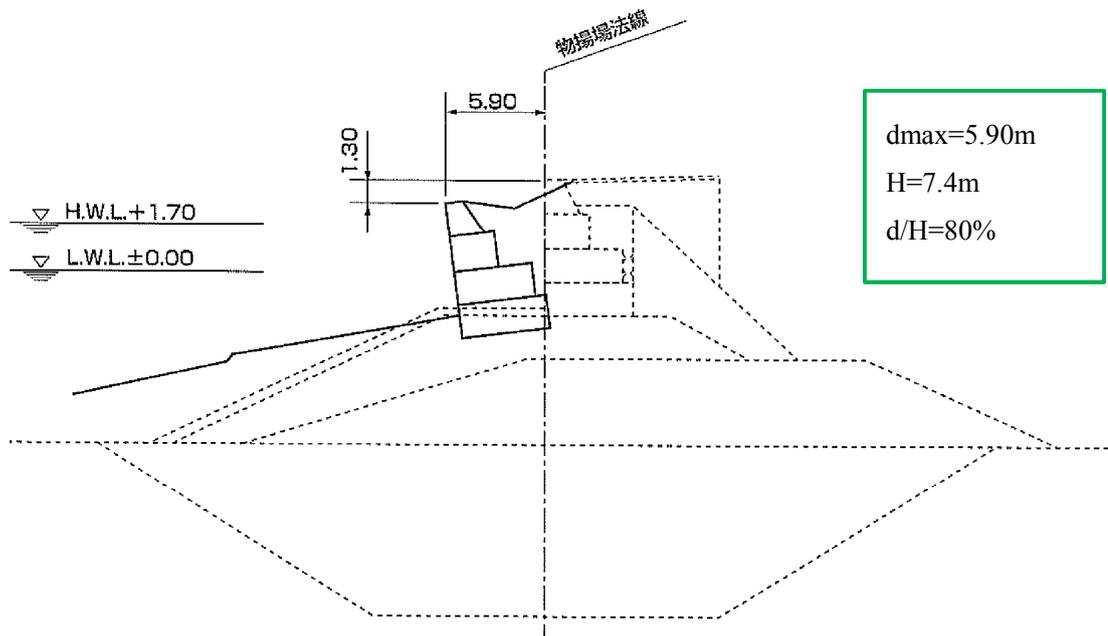


図-4.2.4.124 標準断面図，被災状況断面図 (A-A) (新港東、㊸旧貯木場北側物揚場)



写真-4.2.4.25 新港東、㊸旧貯木場北側物揚場の被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告



ポートアイランド-4m物揚場その1 (西) 被災状況断面図 ⑥

図-4.2.5.98 ポートアイランド-4m物揚場その1 (西) 標準断面図及び被災状況断面図

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

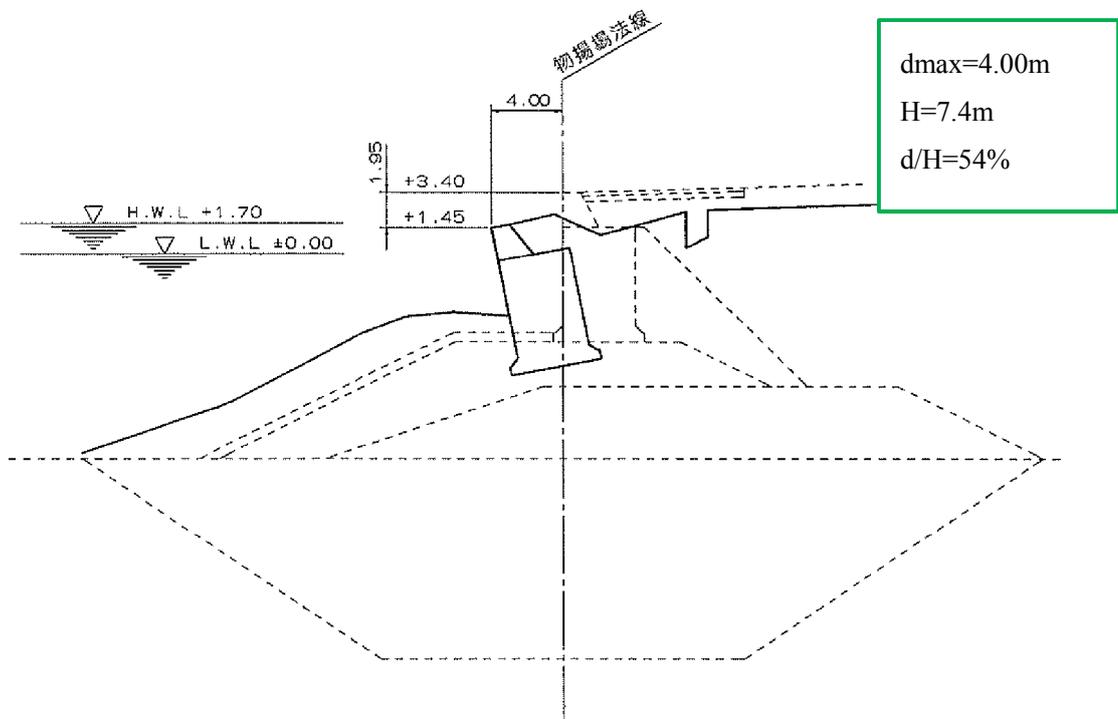


図-4.2.5.101 物揚場その1 (南) (-4m) ⑦標準断面図及び被災状況断面図

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

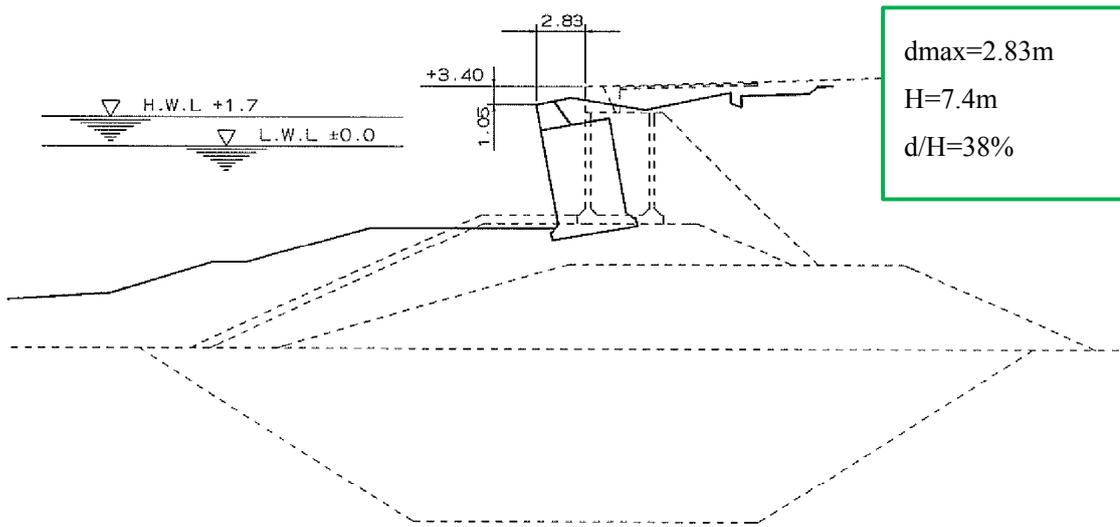


図-4.2.5.124 物揚場その3 (-4m) ⑩標準断面図及び被災状況断面図

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

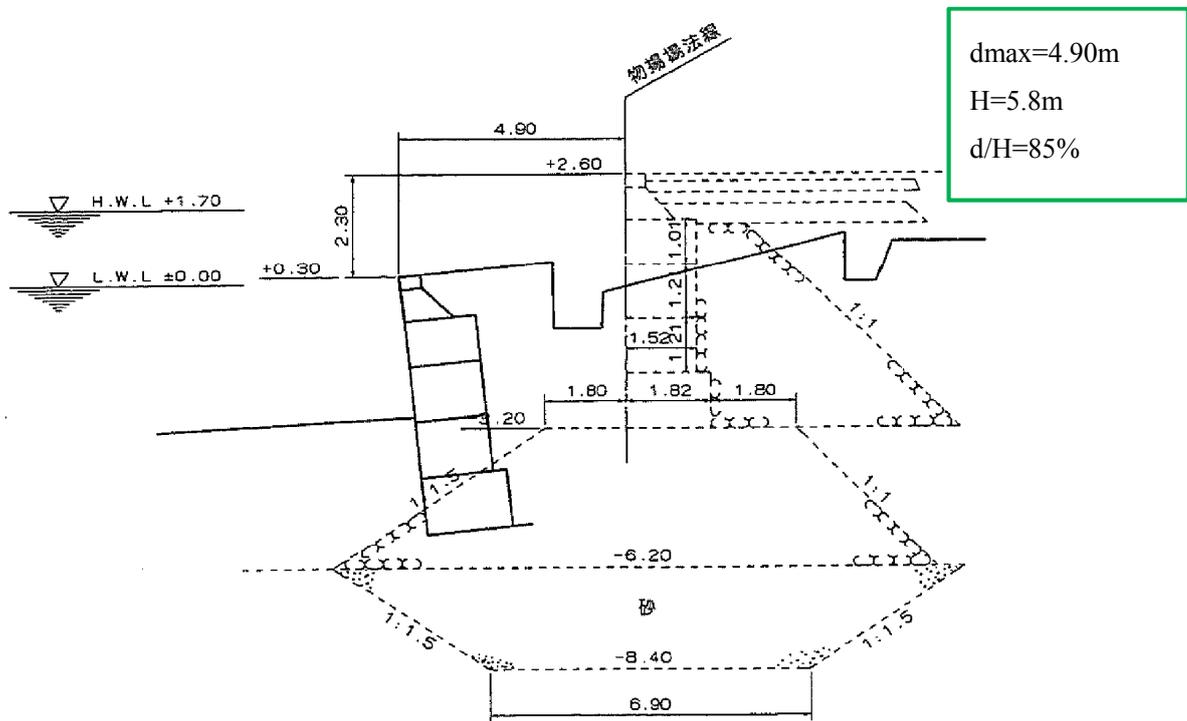


図-4.2.6.12 神戸港中突堤地区メリケン波止場東物揚場 (-2.7m) 被災状況断面図

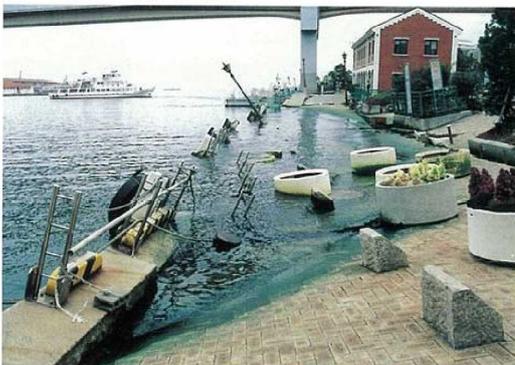


写真-4.2.6.5 神戸港中突堤メリケン波止場東物揚場 (-2.7m) 被災状況

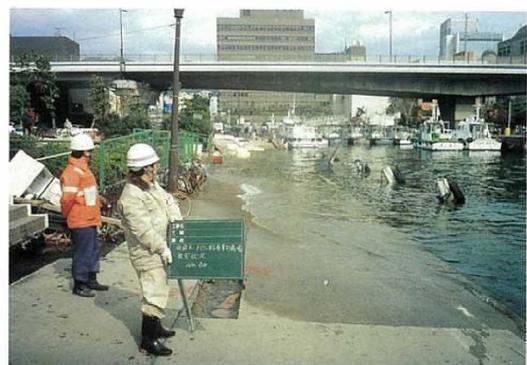


写真-4.2.6.6 神戸港中突堤メリケン波止場東物揚場 (-2.7m) 被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

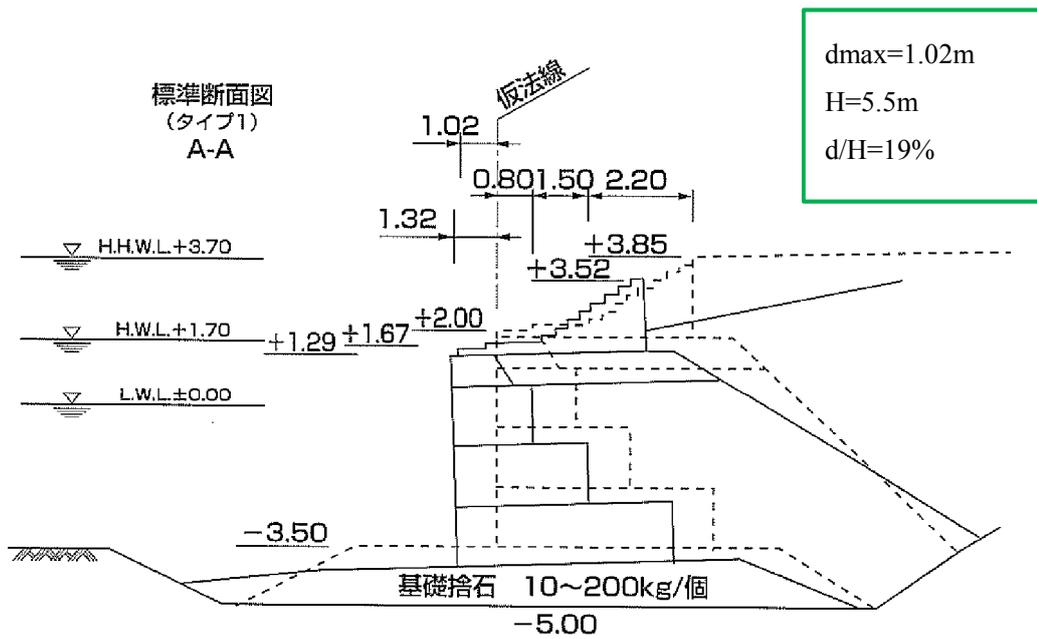


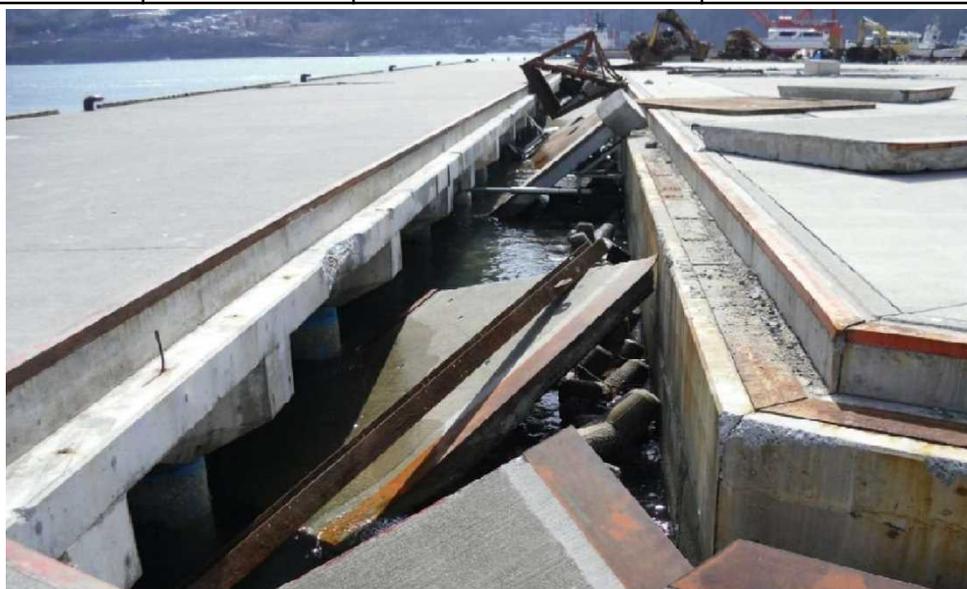
図-4.2.8.92 須磨港護岸(2)標準断面図及び被災状況断面図(タイプ1)



写真-4.2.8.48 須磨港護岸②(施設番号②)被災状況

出典) 港湾技研資料 No.857 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震	久慈港 諏訪下地区	渡版の落下



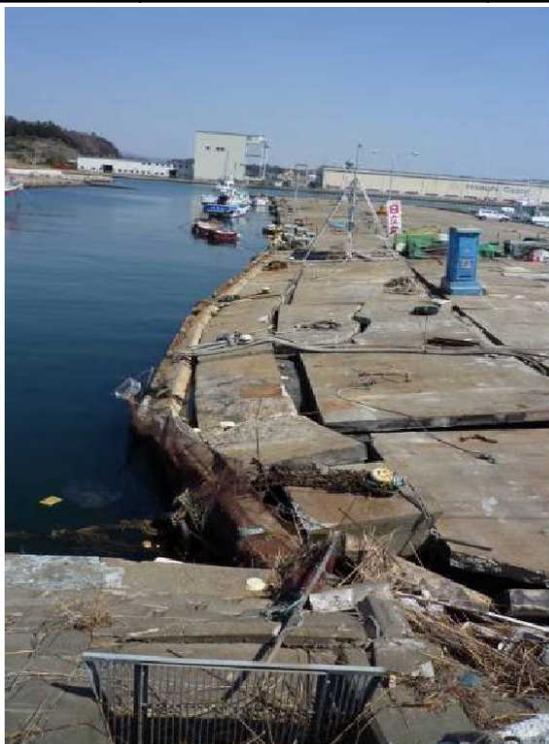
出典) 東日本大震災による各港湾の被災状況写真集 ( (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震	茨城港 常陸那珂港区 臨港道路5号線	液状化による損壊



出典) 東日本大震災による各港湾の被災状況写真集 ( (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震	茨城港(日立港区) 岸壁	はらみ出し



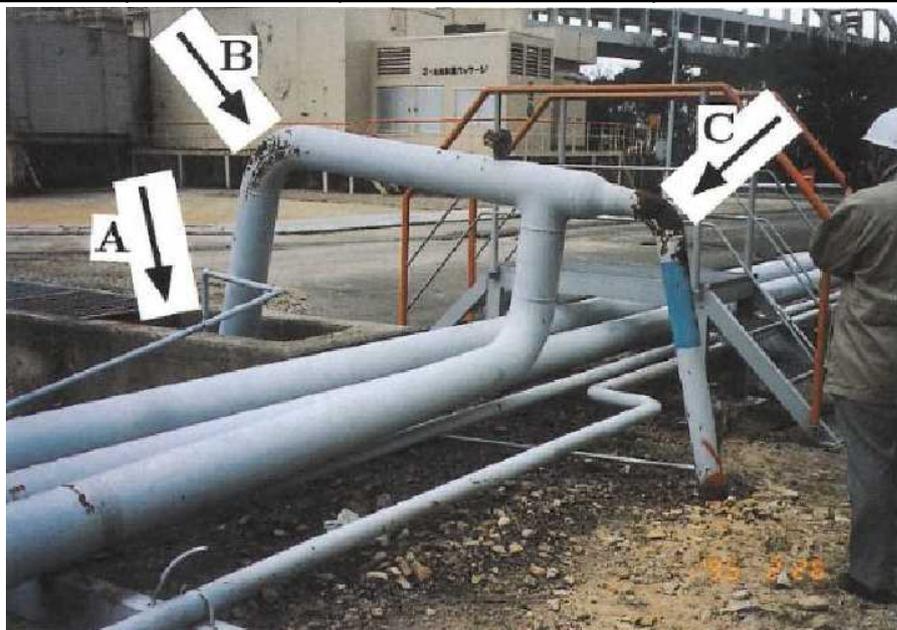
出典) 国土技術政策総合研究所被害調査団報告

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震	小名浜港 大剣ふ頭地区 2・3号岸壁(-10m)	荷役機械の損壊



出典) 東日本大震災による各港湾の被災状況写真集  
((国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所)

発生年	地震名	施設	被災状況
1993	兵庫県南部地震		地盤の液状化による配管の損傷



出典) 臨海部コンビナート施設の地震リスクマネジメントガイドライン (2016.3)

発生年	地震名	施設	被災状況
1993	兵庫県南部地震		側方流動による地下埋設管の損傷



出典) 臨海部コンビナート施設の地震リスクマネジメントガイドライン (2016.3)

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震		液状化により傾斜した防油堤



出典) 千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会  
耐震対策分科会検討結果報告書 H23.10

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震		防油堤の目地部



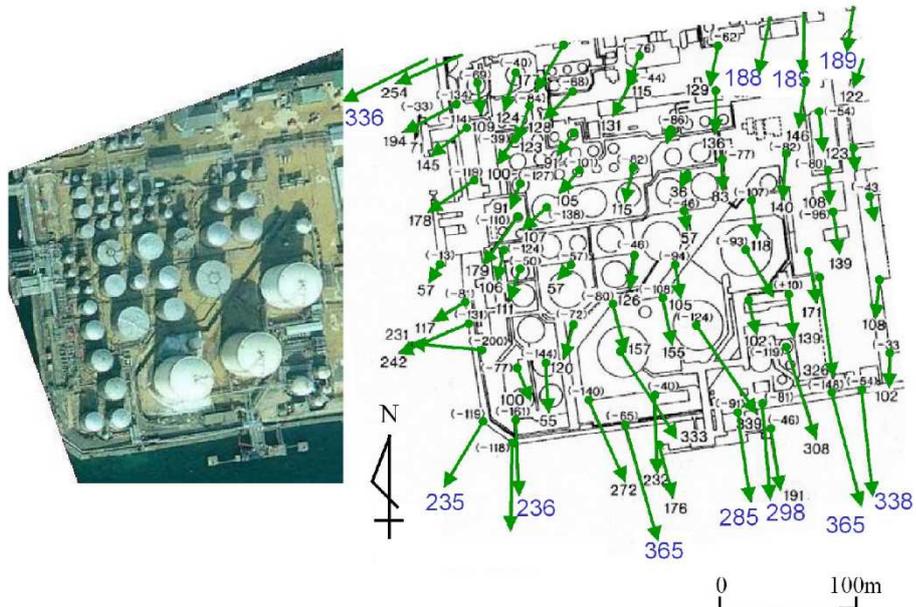
出典) 千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会  
耐震対策分科会検討結果報告書 H23.10

発生年	地震名	施設	被災状況
2011	東北地方太平洋沖地震		防油堤の目地部の止水ゴム破断



出典) 千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会  
耐震対策分科会検討結果報告書 H23.10

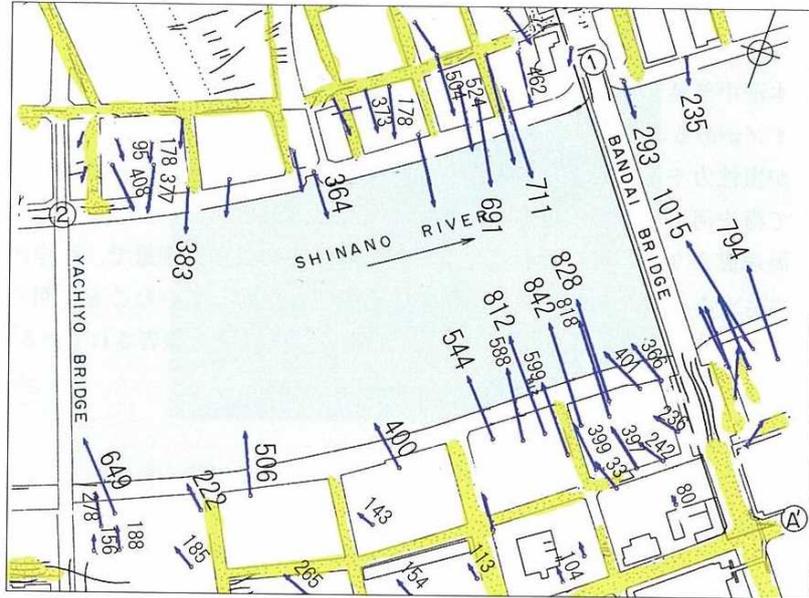
発生年	地震名	施設	被災状況
1993	兵庫県南部地震	神戸市 深江浜	側方流動



(a)埋立地の航空写真(地震発生2日後) (b)側方流動による地盤変位 (単位:cm)

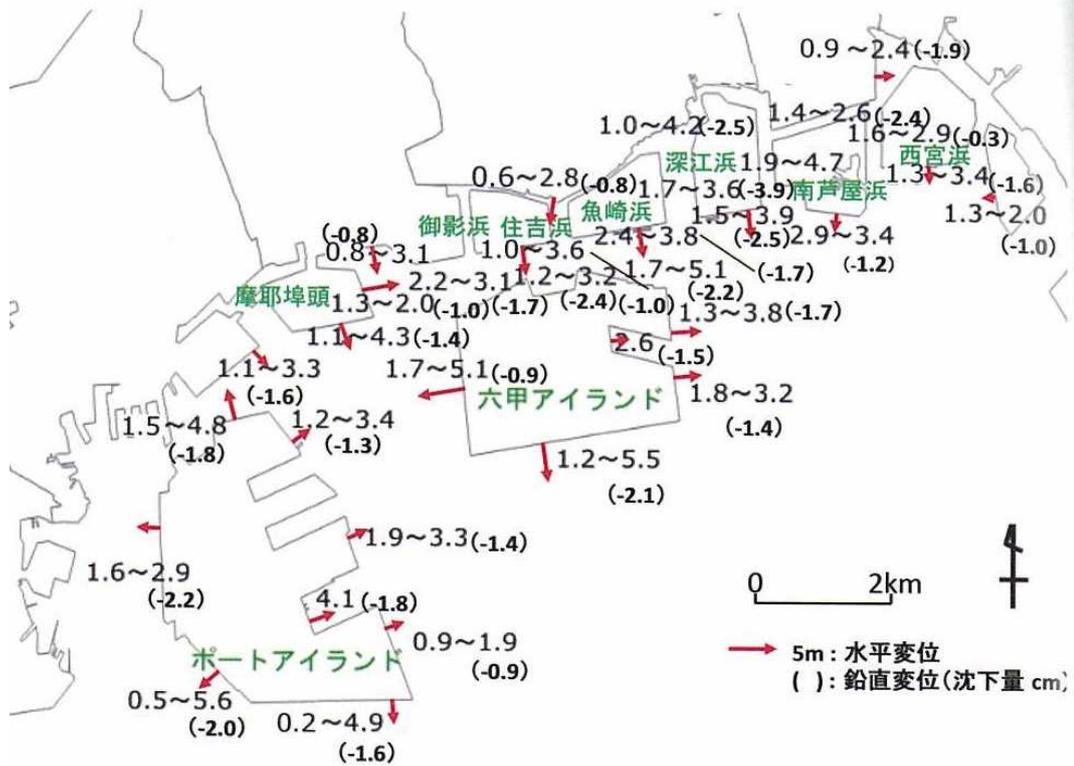
出典) 液状化地盤の側方流動予測とライフライン被害予測システムの開発 (1995.1)

発生年	地震名	施設	被災状況
1964	新潟地震	信濃川沿岸	側方流動



出典) 臨海産業施設のリスク 地震・津波・液状化・油の海上流出 (2017.6)

発生年	地震名	施設	被災状況
1995	兵庫県南部地震	阪神地区埋立地	側方流動



出典) 臨海産業施設のリスク 地震・津波・液状化・油の海上流出 (2017.6)

発生年	地震名	施設	被災状況
2005.3.20	福岡県西方沖地震(M7.0)	埋立中の仮締切護岸	土砂の流出



撮影年月日:平成17年4月1日

