

令和3年12月22日（水）  
令和3年度 第2回  
大阪府河川構造物等審議会

参考資料5

---

---

安治川(此花西部臨海地区)  
護岸及び堤防の安全性について(補足資料)

---

---

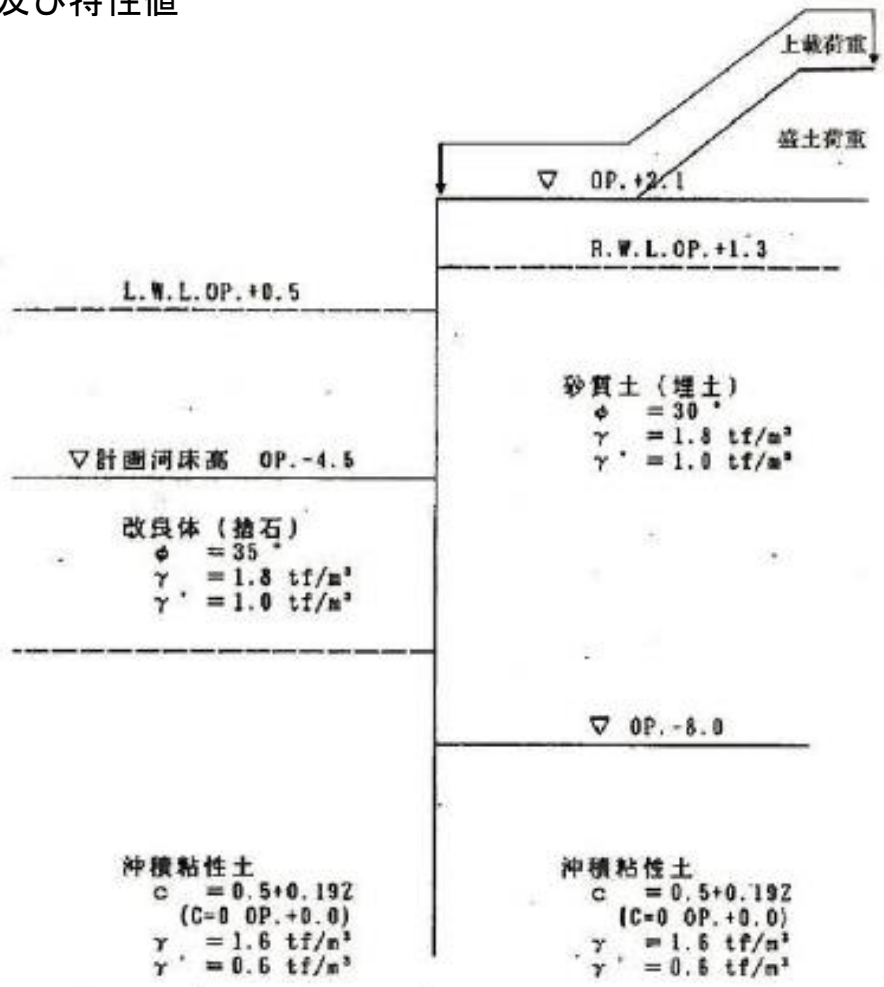
# 鋼管矢板護岸の設計概要 (設計条件・設計手法・結果)

出典: 安治川護岸補強技術検討委員会資料より

## ◆鋼管矢板護岸の設計(平成4年3月)

設計条件等	設計手法・項目	結果
<ul style="list-style-type: none"> <li>・西大阪治水事務所の設計指針に準拠</li> <li>・上載荷重: 常時1.0tf/m<sup>2</sup>地震時0.5tf/m<sup>2</sup></li> <li>・将来の盛土荷重を考慮 (緩傾面形状とスーパー堤防形状で検討)</li> <li>・設計水平震度: 気中0.2 水中0.4</li> <li>・設計水位 HWL OP+2.1m LWL OP+0.5m RWL OP+1.3m</li> <li>・土質定数 砂質土: 設計基準に準拠<math>\Phi = \sqrt{(12 \times N) + 20}</math> 粘性土: 土質試験による: <math>C = 0.5 + 0.19Z</math> (<math>Z = 0, OP \pm 0.0m</math>) No.3-1~No.3-8を使用 改良土: 設計基準に準拠<math>\Phi = 35^\circ</math> 変形係数: <math>E = 22 \text{kgf/cm}^2</math> (孔内水平載荷試験及び一軸圧縮試験)</li> <li>・水平地盤反力係数: <math>k = k_0 \cdot y^{-1/2}</math> 及び <math>k_0 = \alpha \cdot E_0 \cdot D^{-3/4}</math> (旧道示より)</li> <li>・チャン式の根入長: <math>L = 3/\beta</math> (<math>EI \leq 10^{12}</math>) <math>L = 2.5/\beta</math> (<math>EI &gt; 10^{12}</math>)</li> <li>・許容変位量: 常時5.0cm、地震時20.0cm</li> </ul>	<p>鋼管の設計</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・チャンの式(根入長、応力度、変位)</li> <li>・フレーム解析(応力度、変位)</li> <li>・チャン式とフレーム解析の結果の大きい方で断面決定</li> <li>・主働、受働土圧の釣合位置に仮想海底面を設定</li> <li>・前面捨石層の施工により仮想海底面を上昇させた</li> <li>・鋼管矢板の支持力の検討</li> <li>・前面捨石の検討(捨石層幅の決定)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リブ付鋼管(<math>\Phi 1200, t = 12\text{mm}</math>) (常時) <math>\sigma_s = 340 &lt; \sigma_a = 1400</math>: OK <math>\delta_s = 4.2 &lt; \delta_a = 5.0</math>: OK</li> <li>(地震時) <math>\sigma_s = 1400 &lt; \sigma_a = 2100</math>: OK <math>\delta_s = 19.8 &lt; \delta_a = 20.0</math>: OK</li> <li>・鋼管(<math>\Phi 1200, t = 12\text{mm}</math>) (常時) <math>\sigma_s = 559 &lt; \sigma_a = 1400</math>: OK</li> <li>(地震時) <math>\sigma_s = 1980 &lt; \sigma_a = 2100</math>: OK</li> <li>・杭の支持力 <math>R = 39.7 &lt; R_a = 120.4</math>: OK <math>\sigma</math> (kg/cm<sup>2</sup>) <math>\delta</math> (cm) <math>R</math> (tf/本)</li> <li>・必要捨石厚: 2.6cm</li> <li>・必要捨石長: 9.5m</li> </ul>

◆設計に使用した土質定数及び特性値



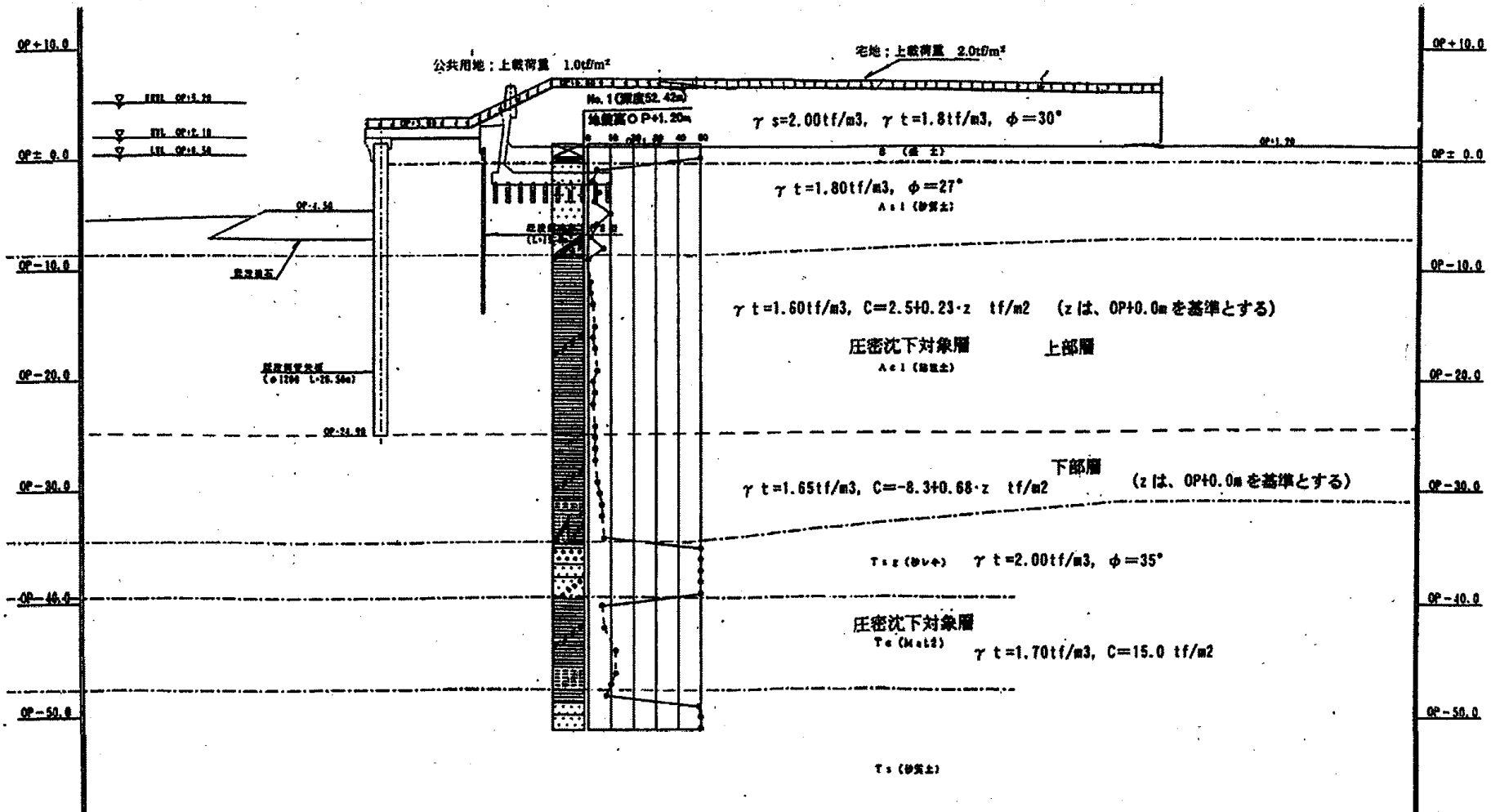
図：設計定数

## 【スーパー堤防設計における検討項目】

検討項目		計算手法等	設計条件等
圧密沈下計算		<ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元圧密沈下計算（最終圧密沈下量の計算）</li> <li>・圧密沈下時間の計算</li> <li>・300日後の残留沈下量の計算</li> </ul>	<p>【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・上載荷重：民地2.0tf/m<sup>2</sup>、公共地1.0tf/m<sup>2</sup></li> <li>・圧密沈下対象層：Ma-13(沖積)、Ma-12(洪積)</li> <li>・<b>供用開始時(盛土施工後300日)の残留沈下量を10cm以下とする。</b></li> </ul>
すべり破壊に対する安定性の検討	液状化の判定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・FL法による判定</li> </ul>	<p>【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9及び道路橋示方書・同解説】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設計震度：0.18(強震帯地域)</li> <li>・液状化対象層：Aus層、As1層</li> <li>・<b>FL値<math>\leq</math>1(液状化発生)</b></li> </ul>
	円弧すべりの計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平常時、高潮時、急低下時、液状化時における円弧すべり計算</li> </ul>	<p>【高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(案)H8.9】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・常時、地震時、液状化時で検討</li> <li>・上載荷重：民地2.0tf/m<sup>2</sup>、公共地1.0tf/m<sup>2</sup></li> <li>・設計震度：0.15(強震帯地域)</li> <li>・<b>円弧すべり安全率<math>&gt;</math>1.2</b></li> </ul>
既存構造物への影響		<ul style="list-style-type: none"> <li>・FEM弾性解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モデル化範囲：幅500m、深さOP-45.0m</li> <li>・上載荷重：民地2.0tf/m<sup>2</sup>、公共地1.0tf/m<sup>2</sup></li> <li>・<b>応力照査(許容応力度以内)</b></li> <li>・<b>変位照査(護岸水平変位10cm以下)</b></li> </ul>

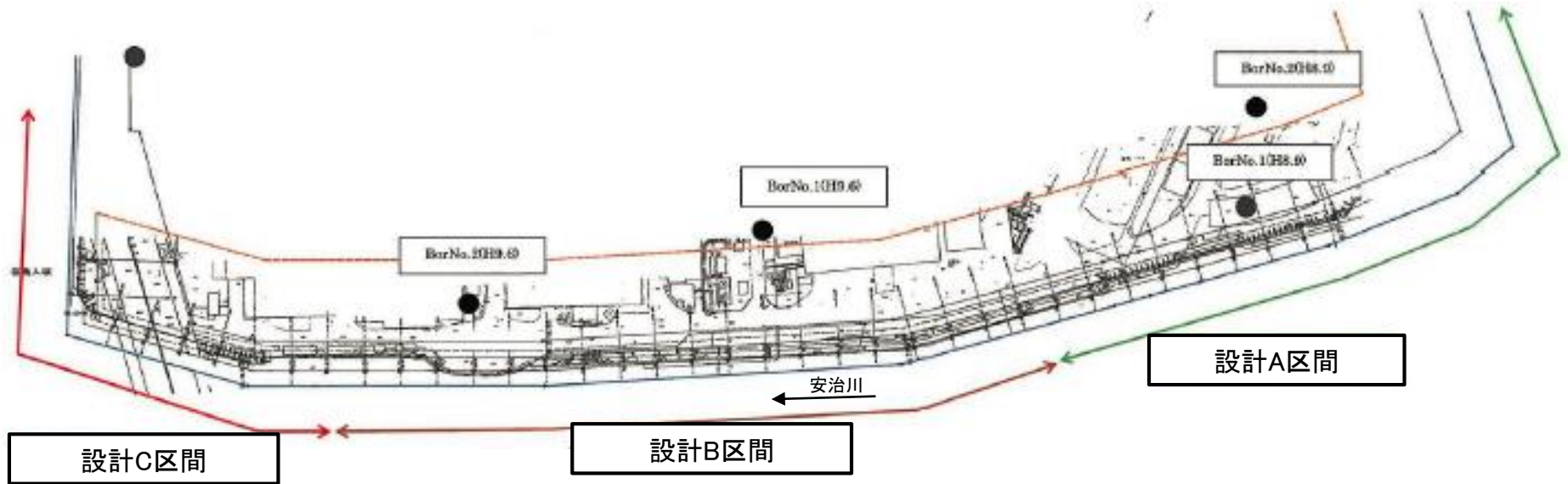
## ◆スーパー堤防の設計

### ●設計に使用した土質定数及び特性値



図：スーパー堤防設計A区間

【スーパー堤防の設計範囲図】



【設計検討結果概要(A・B・C区間)】

検討項目	結果	設計照査結果	
		対策前	対策後
圧密沈下		施工後300日の残留沈下量10cm超え ⇒ NG	ドレーン工法により、残留沈下量10cm以下 ⇒ OK
すべり破壊に対する安定性の検討		液状化判定(As1上層部) NG 円弧すべり(液状化時)安全率1.2下回る ⇒ NG	サンドコンパクションパイル工法により、安全率1.2以上 ⇒ OK
既設構造物への影響		FEM弾性解析の結果 鋼管矢板の天端変位量10cm以下 ⇒ OK 応力照査: 許容応力度内 ⇒ OK	

- ・ 圧密沈下予測には、基礎地盤の地盤変状を評価するため二次元FEM解析を用いる。
- ・ 安治川護岸補強技術検討委員会を踏襲し、粘性（クリープ効果）や、異方圧密の効果、二次圧密の効果等が考慮されている弾塑性解析（関口・太田モデル）を用いる。

	線形弾性	Duncan-Chang	弾完全塑性 (Mohr-Coulomb)	修正 Cam-Clay	関口・太田
入力パラメータの数	少	中	中	多	多
計算コスト	低	中	中	高	高
応力～ひずみ関係	直線	双曲線 (非線形弾性)	弾性域は直線	非線形 (弾塑性)	非線形 (弾塑性)
除荷・再載荷の表現	×	○	△	○	○
変形係数の拘束圧依存性	×	○	×	○	○
破壊挙動	×	△	○	○	○
ダイレイタンシー	×	×	○	△	△
圧密解析	×	×	×	○	○
異方性	×	×	×	×	○
クリープ挙動	×	×	×	×	○
初期応力や解析ステップの違いが最終結果へ与える影響	無	有	有	有	有

○：適， △：場合によっては適， ×：不適



## ●弾粘塑性モデル（関口・太田）

鋼管矢板護岸の変状解析は、地盤および各種構造物を有限要素モデルとしたFEM解析（解析コード；Dif-System Ver.4.5 デジタルソイル(株) 2004）により計算を行うこととする。

表に各要素の解析モデルの一覧、図に解析メッシュを示す。砂質系地盤は線形弾性モデルとし、粘性土地盤のモデル化については、地盤変形の非線形性に加え、粘性項を加えた弾・粘塑性モデル（関口・太田モデル）を採用することとした。なお、捨石層および埋土層については、材料の不均質性を考慮し、弾塑性モデル（Mohr-Coulombモデル）を用いることとした。

表) 解析モデル一覧

物 性 名	解析モデル	物 性 名	解析モデル
スーパー堤防盛土材 (SP-B)	線形弾性モデル	第1、2天満砂礫層 (Tsg1, Tsg2)	線形弾性モデル
盛土層 (B)	線形弾性モデル	洪積粘性土層 (Ma12)	弾・粘塑性モデル
沖積砂層 (Aus)	線形弾性モデル	捨石層 (S)、埋土層 (U)	弾塑性モデル
上部沖積粘性土層 (Amc)	弾・粘塑性モデル	鋼矢板護岸 (SP)	梁モデル
下部沖積粘性土層 (Alc)	弾・粘塑性モデル	鋼管矢板護岸 (SKY)	梁モデル

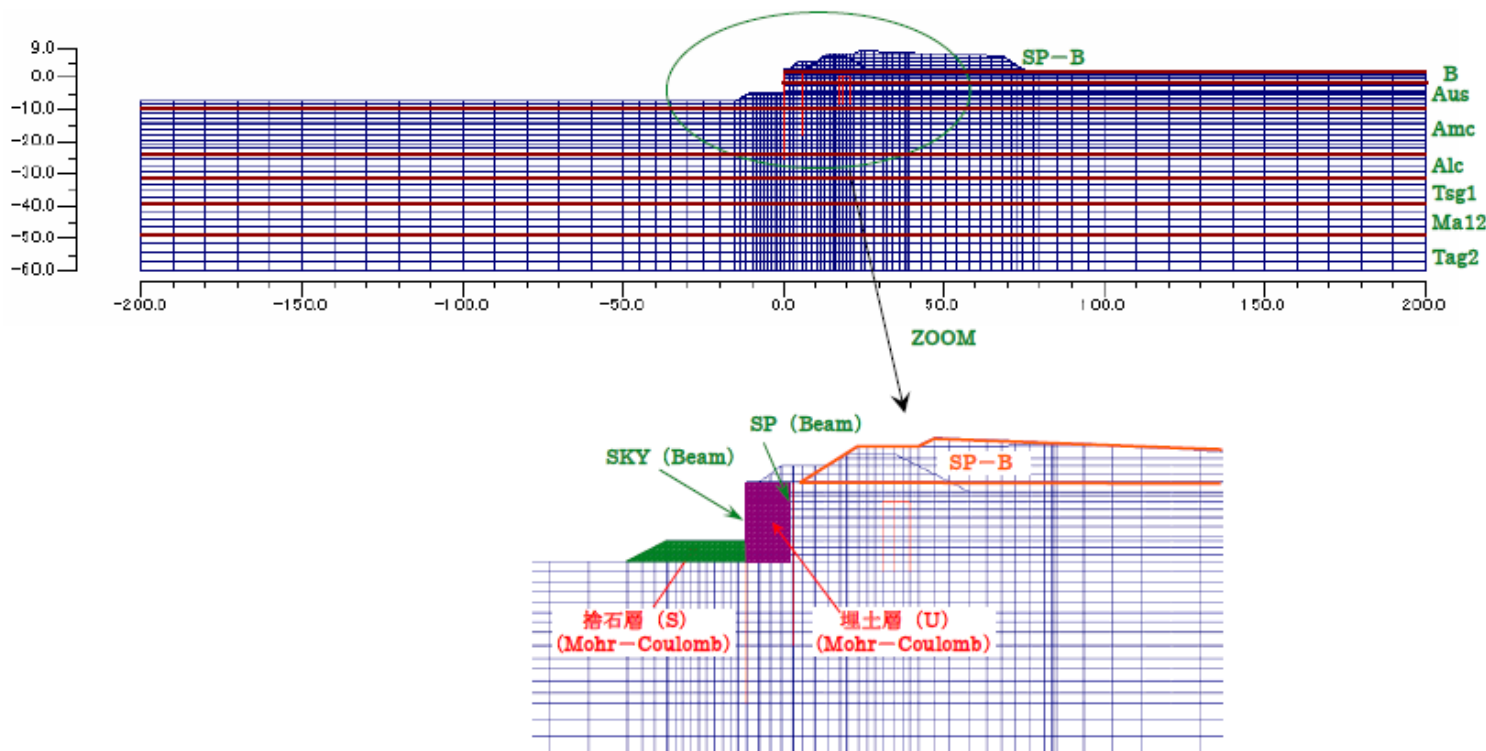


図) FEM解析メッシュ





## ●弾粘塑性モデル(関口・太田)

地盤変形解析に使用する弾粘塑性モデルの土質パラメータは、既往の土質調査結果等に基づき、下表のとおり設定する。

表) 弾粘塑性モデルに使用する地盤パラメータ一覧

No	パラメータ	記号	解析ソフトでの処理方法	一般的な決定方法	本解析での決定方法	備考
1	圧縮指数	$\lambda$	入力値	標準圧密試験より得られる $C_c$	$\lambda = 1/2.3C_c = 0.434C_c$	【補足-1】参照
2	膨潤指数	$\kappa$	入力値	①標準圧密試験より得られる $C_s$ ② $\kappa = 1/10 \cdot \lambda$ ③ $\Lambda = 1 - \kappa/\lambda$ より逆算	$\kappa = 1/2.3C_s = 0.434C_s$	【補足-1】参照
3	2次圧縮指数	$\alpha$	入力値	①長期(標準)圧密試験より得られる $\epsilon_v \sim \ln t$ 関係 ②既往の試験結果より得られる一般値	既往の試験結果より得られる一般値 $\lambda/\alpha = 20 \sim 30 \rightarrow 30$	—
4	限界状態指数	M	入力値	非排水せん断強度 ( $\phi'$ ) より算定 ①CU試験より得られる $\phi'$ ② $I_p$ との相関により得られる $\phi'$ ③既往の試験結果より得られる一般値	①CU試験より得られる $\phi'$	【補足-1】参照
5	不可逆比	$\Lambda$	内部計算	① $\Lambda = 1 - \frac{\kappa}{\lambda}$ ② $\Lambda = \frac{M}{1.75}$ ←Karube (1975)	① $\Lambda = 1 - \frac{\kappa}{\lambda}$ により設定	—
6	ダイレイタンス係数	D	入力値	$D = \frac{\lambda \cdot \Lambda}{M(1+e_0)}$ ←Ohta (1971)	←同左	—
7	ポアソン比	$\nu$	入力値	$\nu = \frac{K_0}{1+K_0}$	←同左	—
8	圧密降伏応力	$P_y$	入力値	標準圧密試験より決定	OCRにより評価	【補足-1】参照
9	静止土圧係数	$K_0$	入力値	①三軸 $K_0$ -圧密試験より決定 ② $K_0 = 1 - \sin \phi'$ ←Jaky (1944)	$K_0 = 1 - \sin \phi'$	—
10	過圧密比に依存する静止土圧係数	$K_{oc}$	内部計算	OCR~ $K_0$ の実験的研究事例より設定	$K_{oc} = K_0(OCR)^{0.54 \exp(-I_p/122)}$ ←Alpen (1967)	—
11	初期間隙比	$e_0$	入力値	標準圧密試験より決定	圧密降伏時の $e$ 値	【補足-1】参照
12	初期単位体積重量	$\gamma_0$	入力値	湿潤密度試験により決定	←同左	【補足-1】参照
13	初期体積ひずみ速度	$V_0$	入力値	$V_0 = \alpha/t_c$ により決定されるが、一般的には $V_0 = 1 \times 10^{-6}$ とする	←同左	—
14	透水性変化指数	$\lambda_k$	内部計算	①標準圧密試験より得られる $e \sim \ln k$ 関係 ②見かけの体積弾性係数より算定	見かけの体積弾性係数より算定	【補足-2】参照
15	鉛直方向の初期透水係数	$k_{xo}$	入力値	標準圧密試験より決定	圧密降伏時の透水係数	【補足-1】参照
16	水平方向の初期透水係数	$k_{yo}$	入力値	一般に鉛直方向の初期透水係数に同値	←同左	—
17	バーチカルドレーン改良部のモデル化	$k'$	内部計算	改良ゾーンの透水係数を修正することにより改良効果を表現する	Terzaghiの一次元圧密理論値とBarronの近似解との対比により、透水係数を修正	【補足-3】参照

●主要入力パラメータ決定方法のフローおよび設定値一覧

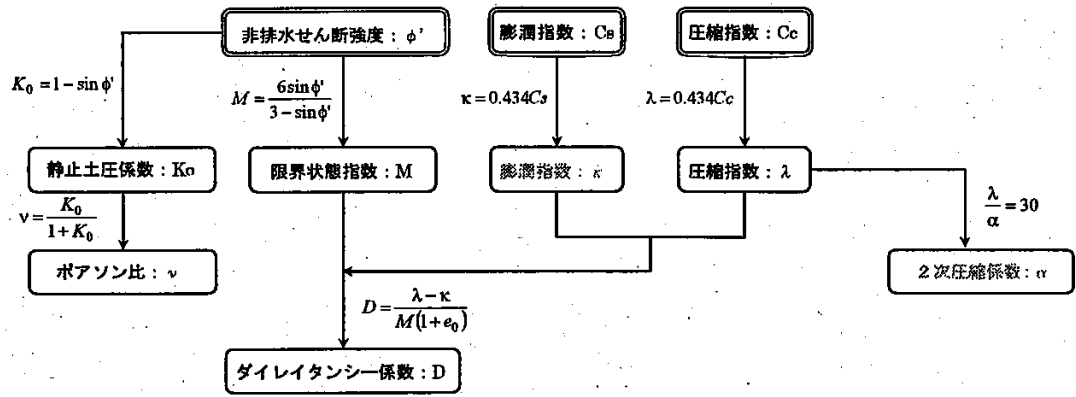


図) 各種パラメータ決定フロー

表) 入力パラメータ一覧

	Amc1		Amc2		Alc		Ma12
	陸側	川側	陸側	川側	陸側	川側	
λ	0.271		0.404	0.438	0.314	0.308	0.838
κ	0.0389		0.0585	0.0539	0.0350	0.0441	0.215
α	9.033 × 10 <sup>-3</sup>		1.347 × 10 <sup>-2</sup>	1.460 × 10 <sup>-2</sup>	1.045 × 10 <sup>-2</sup>	1.027 × 10 <sup>-2</sup>	2.793 × 10 <sup>-2</sup>
φ (deg)	31.00		25.75		28.15		32.29
M	1.244		1.016		1.120		1.3
D	0.079		0.127	0.137	0.107	0.104	0.178
ν	0.327		0.361		0.346		0.318
OCR	1.217		1.146		1.247		2.084
Ko	0.485		0.566		0.528		0.466
eo	1.364		1.669	1.755	1.333	1.255	1.691
γo (kN/m <sup>3</sup> )	16.97	16.36	16.10	15.58	17.16	16.93	17.5
Vo (1/day)	1.0 × 10 <sup>-6</sup>		1.0 × 10 <sup>-6</sup>		1.0 × 10 <sup>-6</sup>		1.0 × 10 <sup>-6</sup>
kx (cm/sec)	1.654 × 10 <sup>-7</sup>		1.615 × 10 <sup>-7</sup>	2.290 × 10 <sup>-7</sup>	1.386 × 10 <sup>-7</sup>	1.392 × 10 <sup>-7</sup>	5.3 × 10 <sup>-8</sup>

## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 1) 物理特性及びコンシステンシー特性

#### ① 間隙比分布

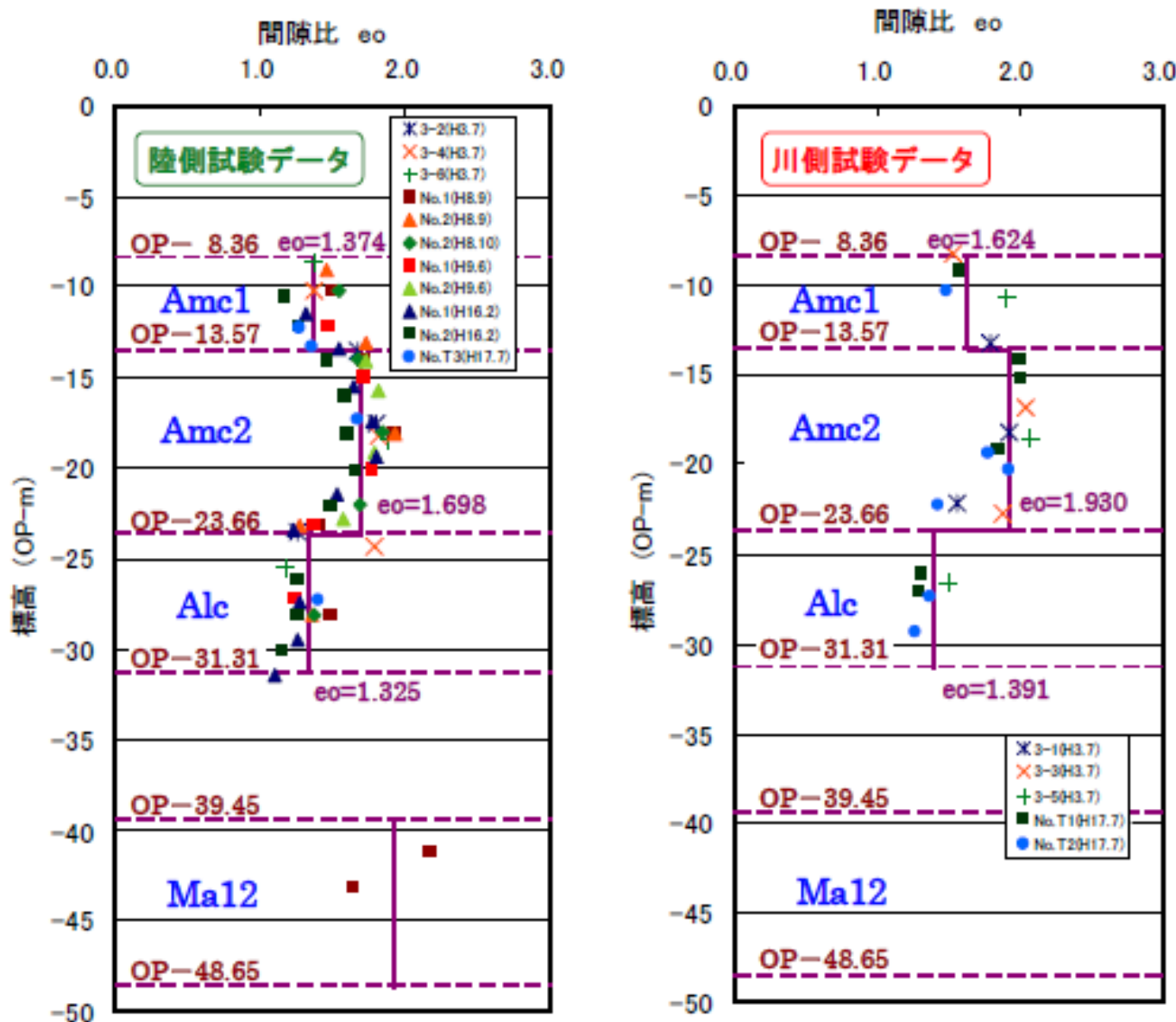


図5-3-5 間隙比分布

## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 1) 物理特性及びコンシステンシー特性

#### ② 自然含水比分布

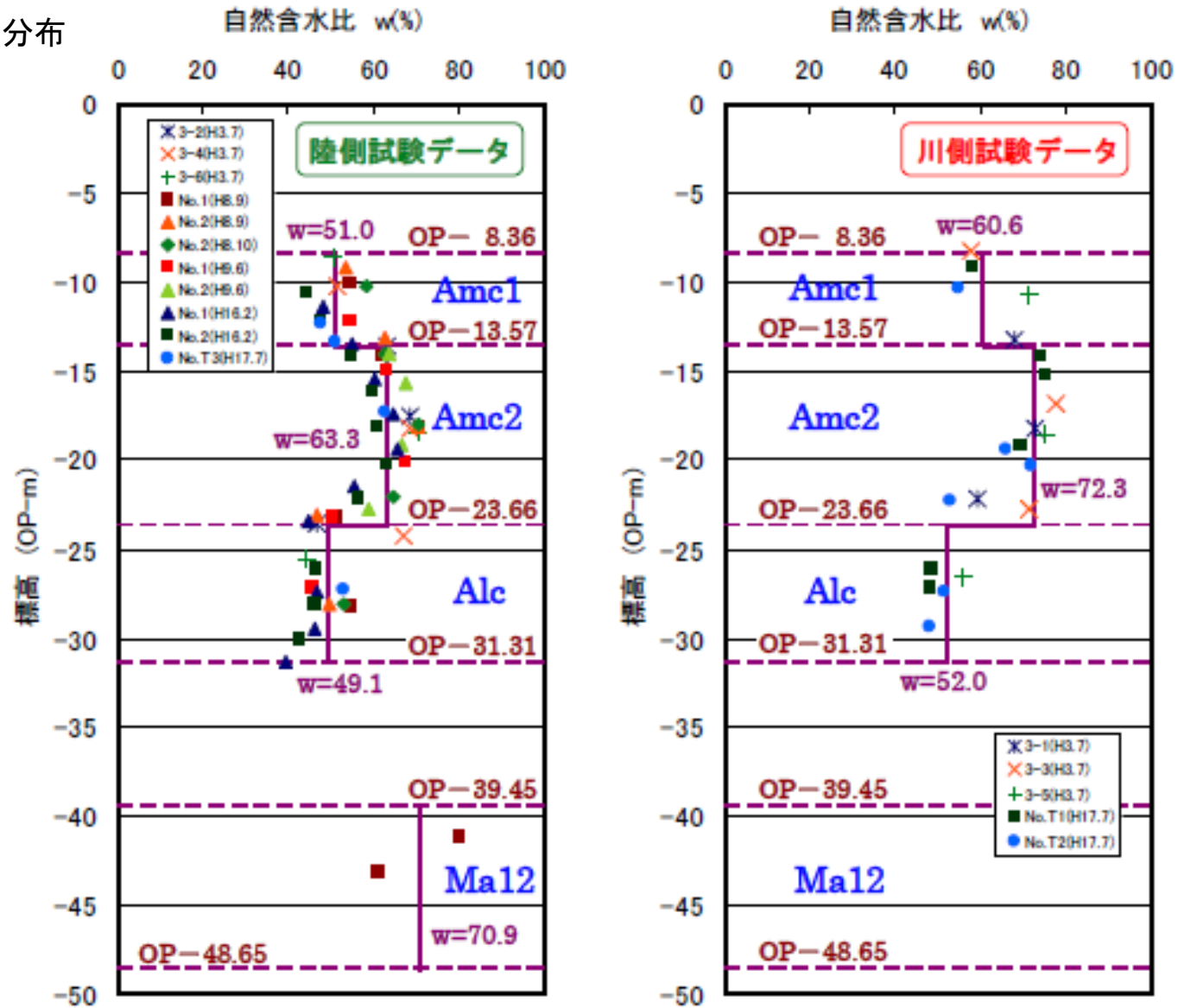


図5-3-6 自然含水比分布

## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 1) 物理特性及びコンシステンシー特性

#### ③ 塑性指数分布

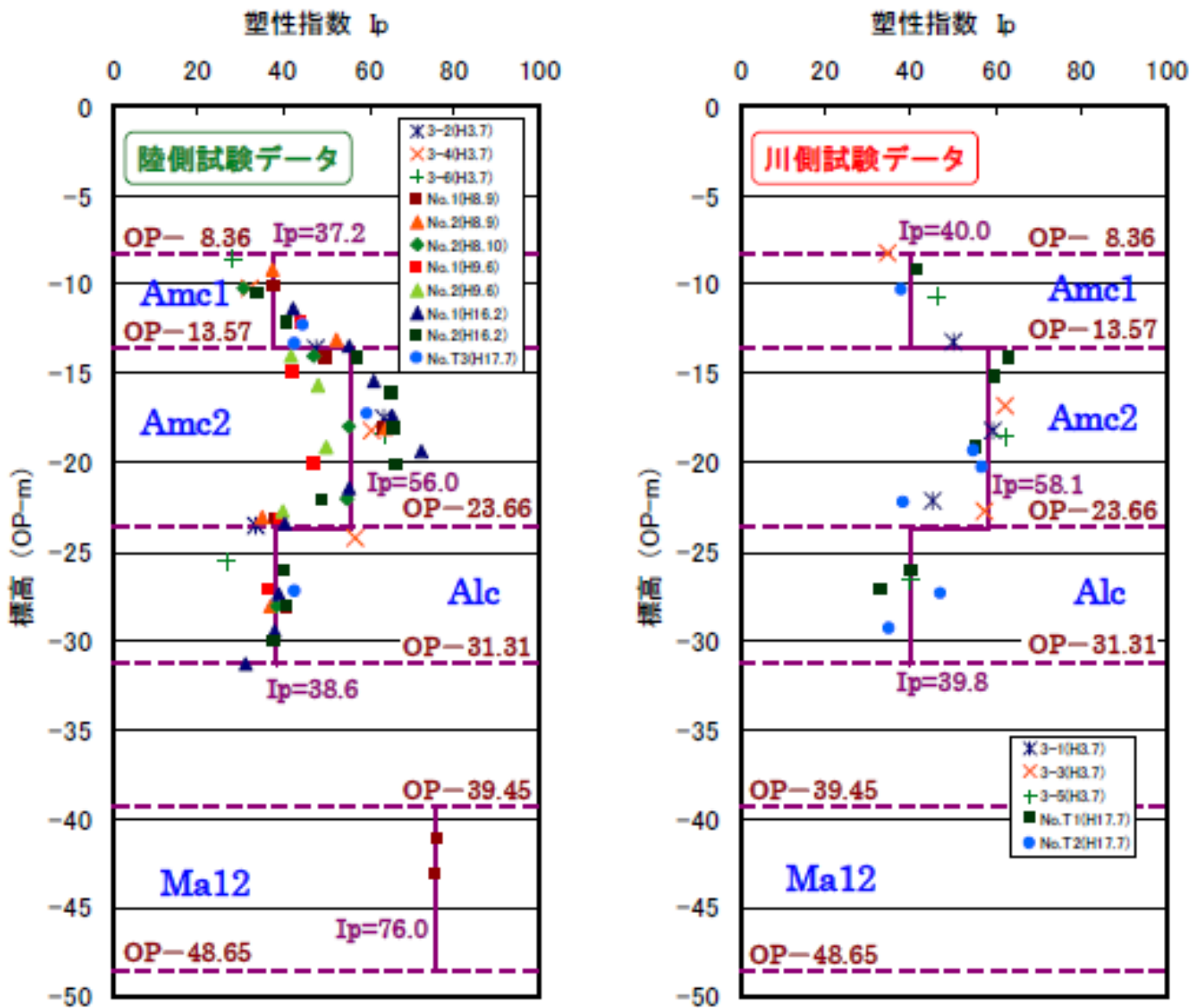


図5-3-7 塑性指数分布

## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 1) 物理特性及びコンシステンシー特性

#### ④ 湿潤密度分布

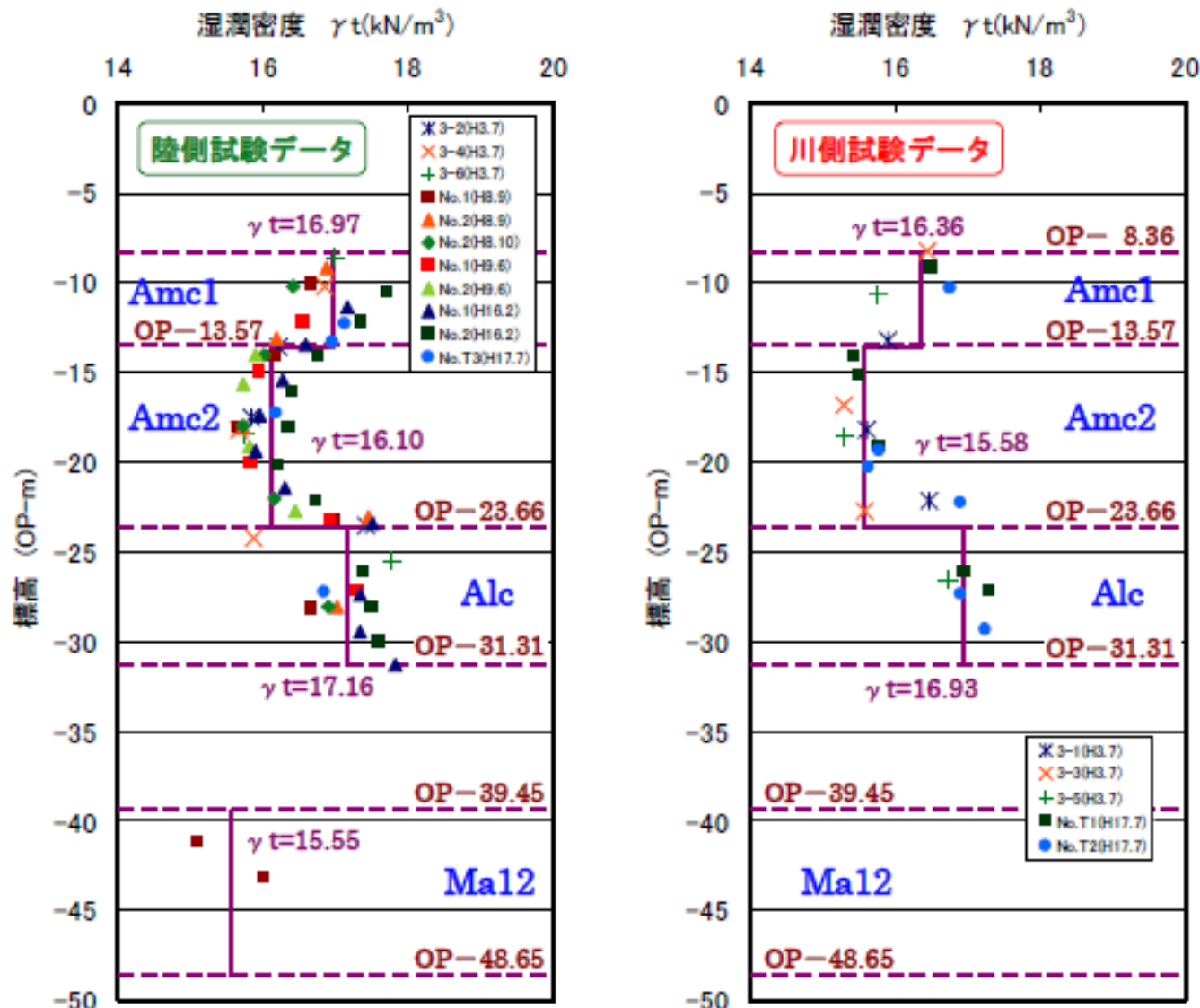


図5-3-8 湿度密度分布



## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 2) 圧縮指数及び膨潤指数

#### ① 圧縮指数分布

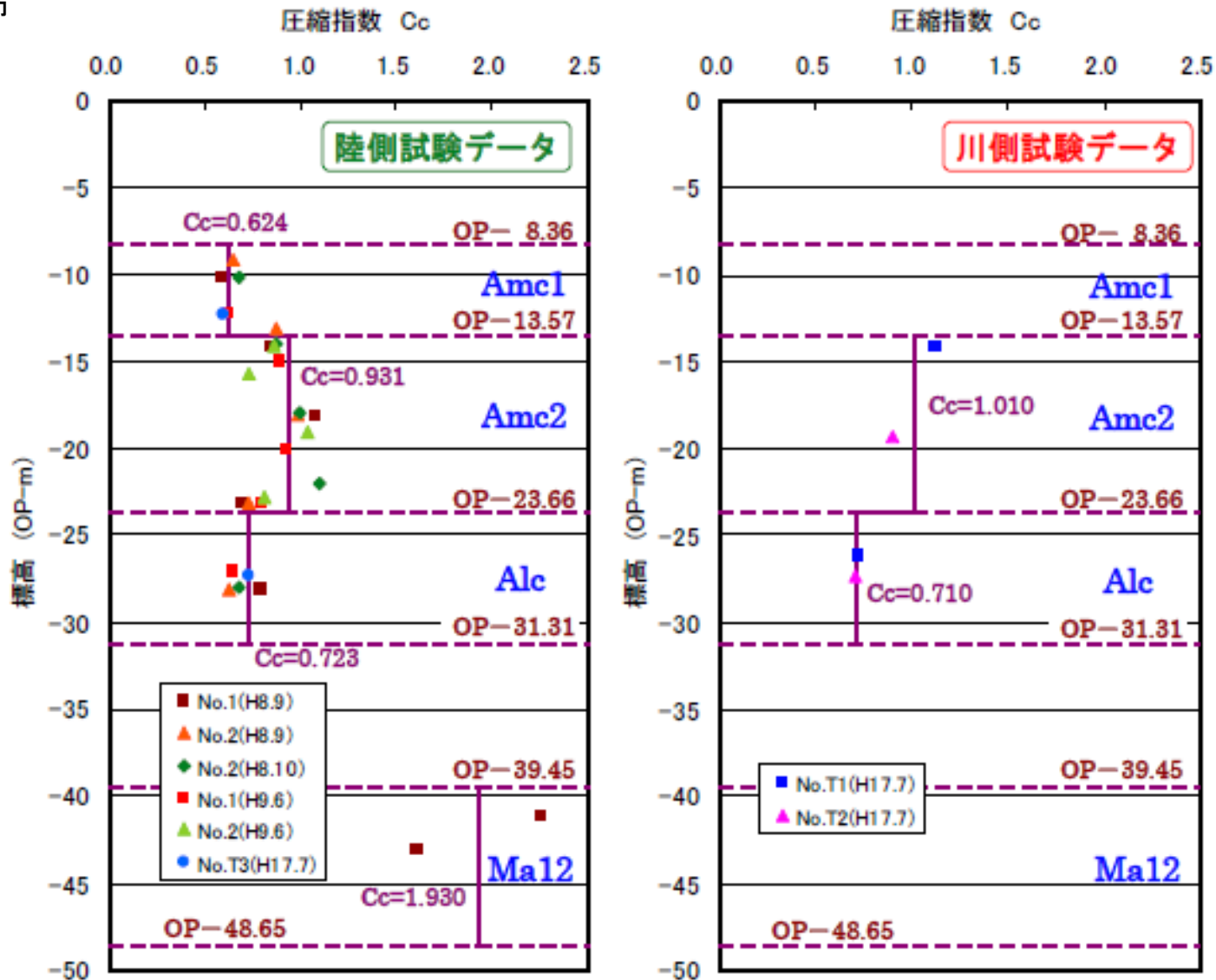


図5-3-9 圧縮指数分布

## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 2) 圧縮指数及び膨潤指数

#### ② 膨潤指数分布

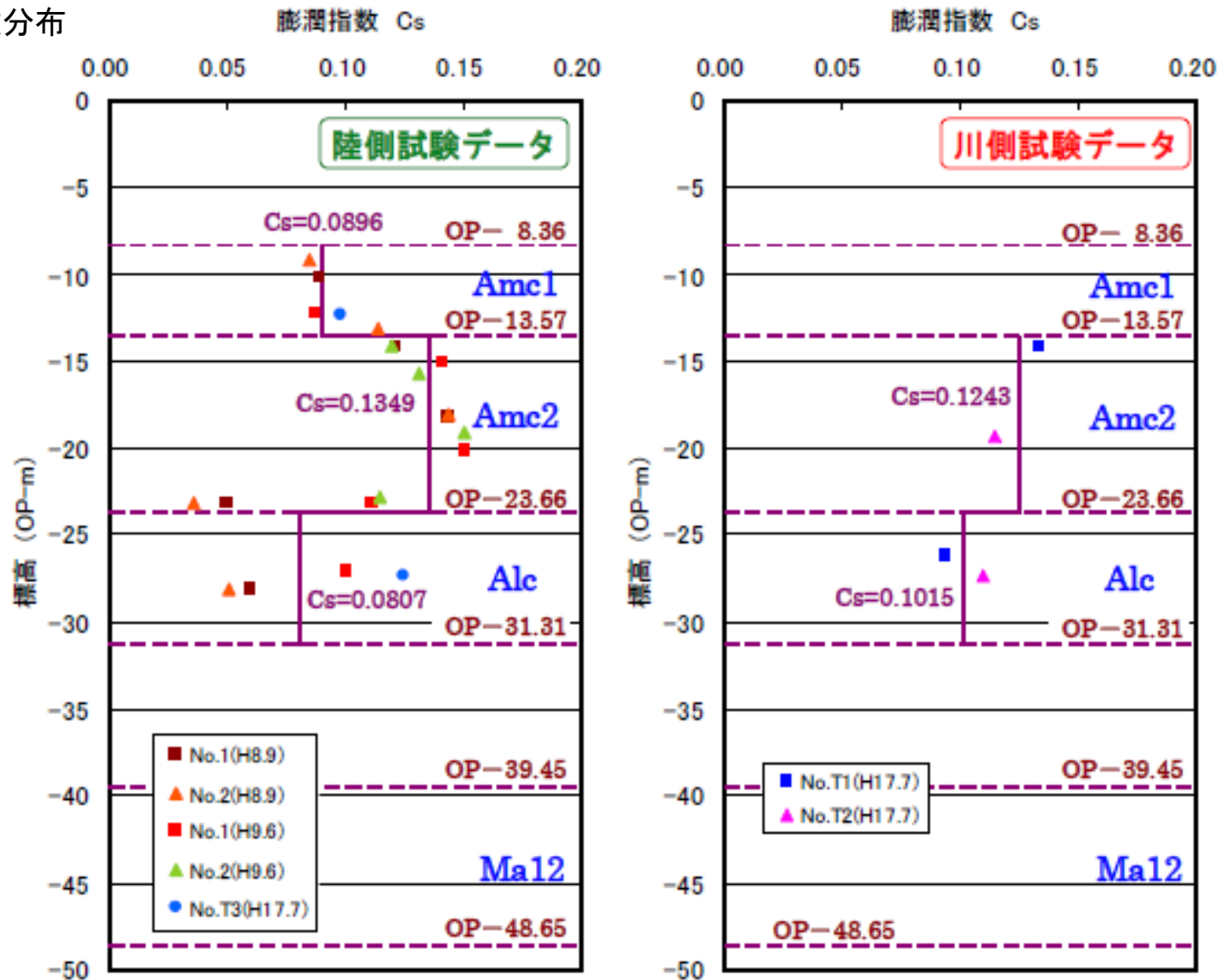


図5-3-10 膨潤指数分布

## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 3) 圧密降伏応力 (OCR)

#### ① 圧密降伏応力分布

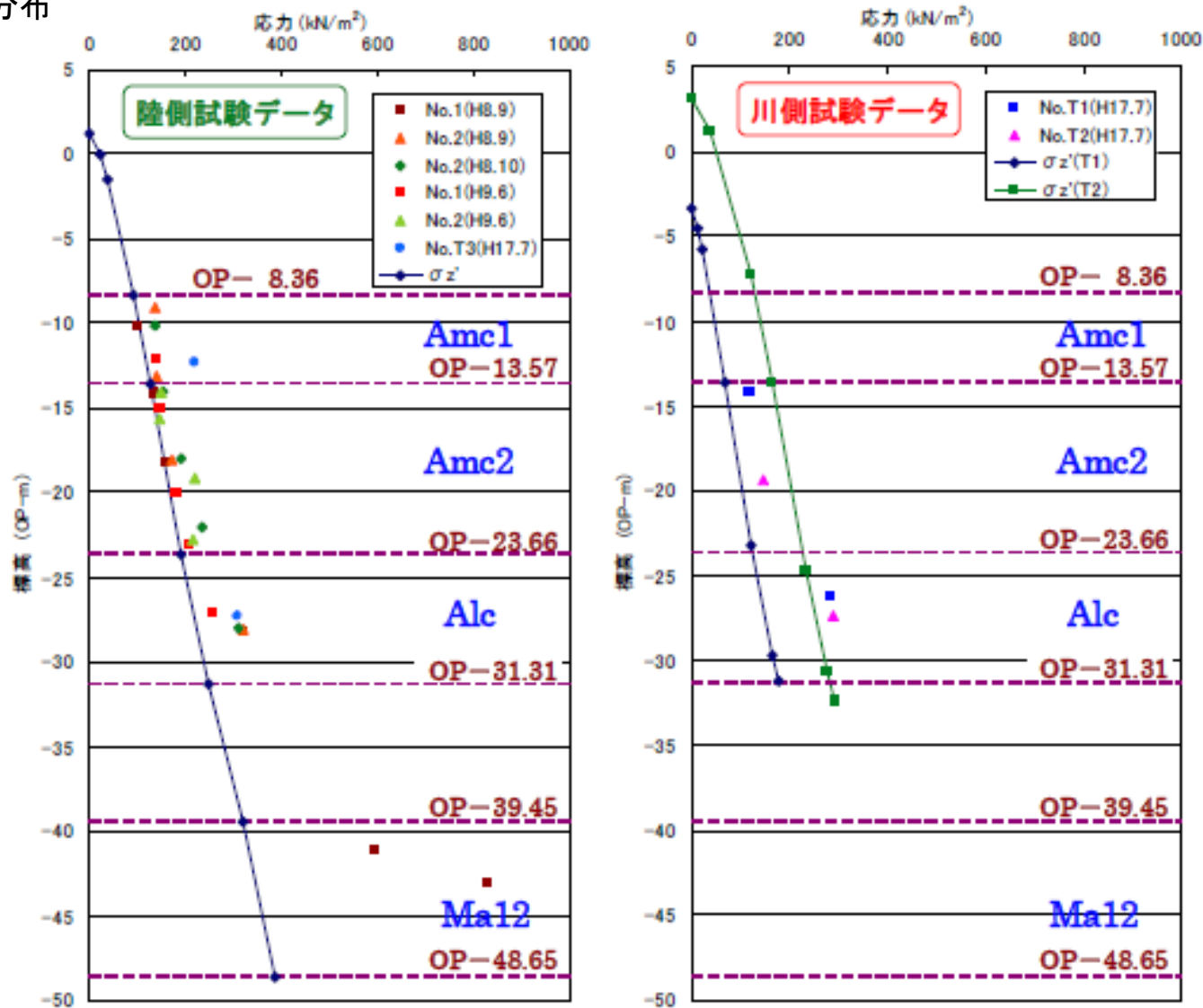


図5-3-11 圧密降伏応力分布

## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 3) 圧密降伏応力(OCR)

#### ② OCR分布

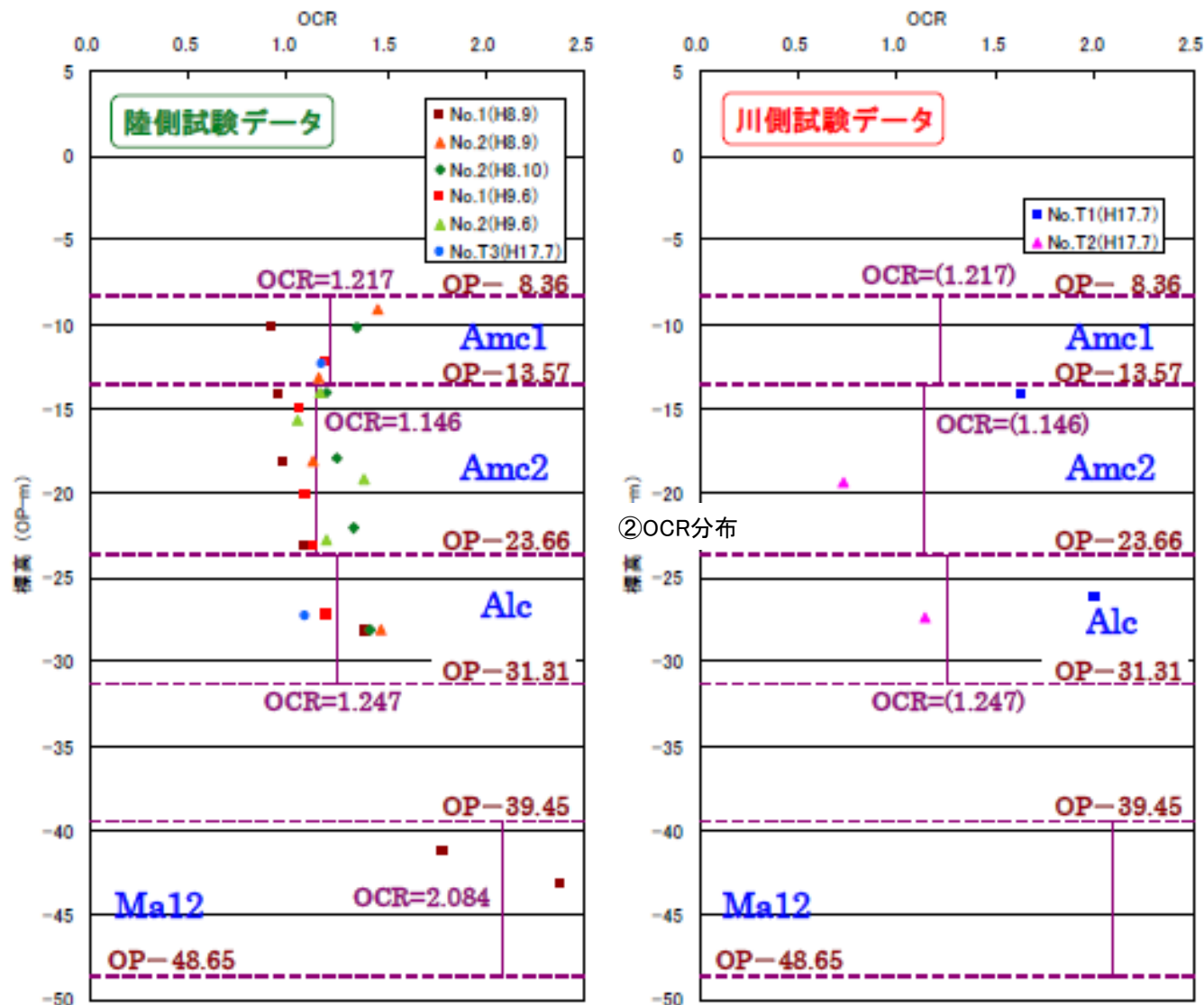


図5-3-12 OCR分布

## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 4) 非排水せん断強度( $\phi'$ )

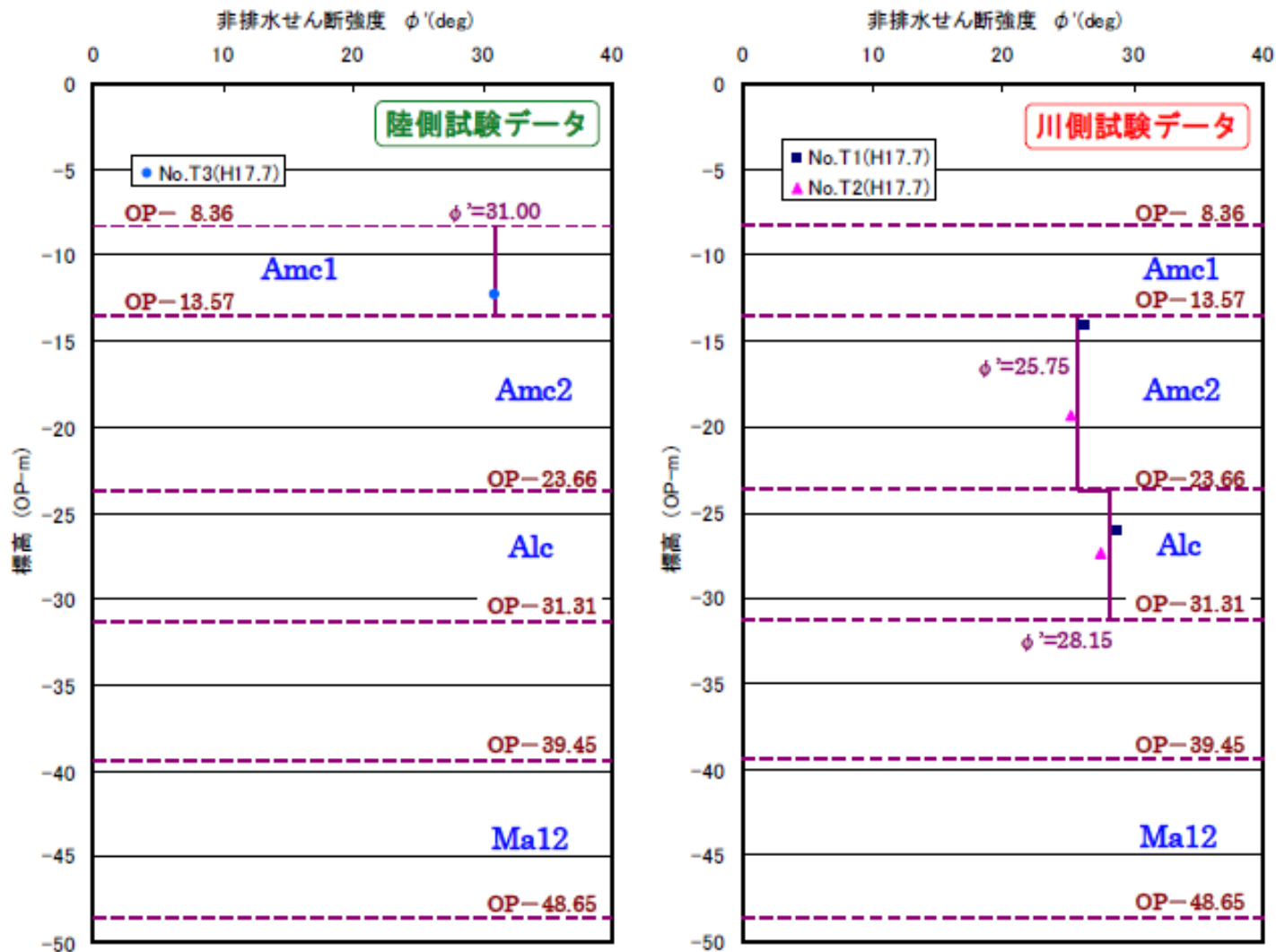


図5-3-13 非排水せん断強度分布

## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 5) 初期間隙比

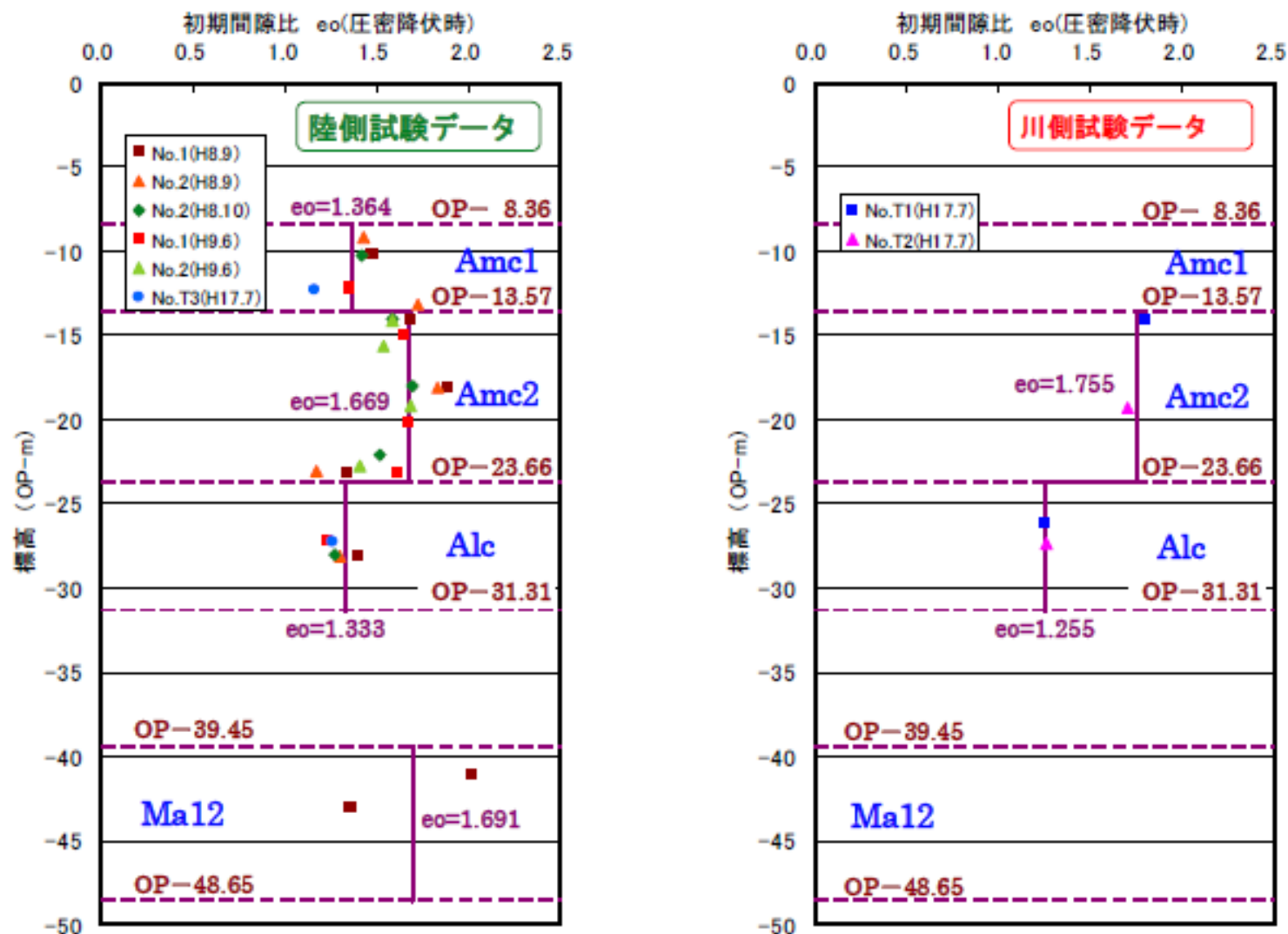


図5-3-15 初期間隙比分布

## 【補足-1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠

### 6) 透水係数

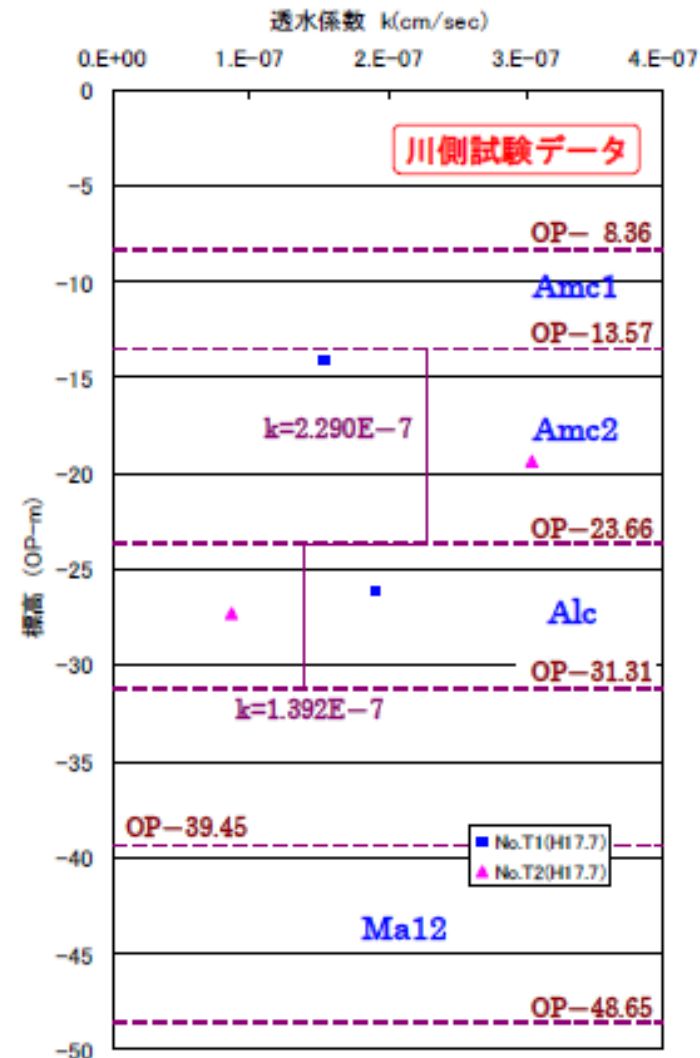
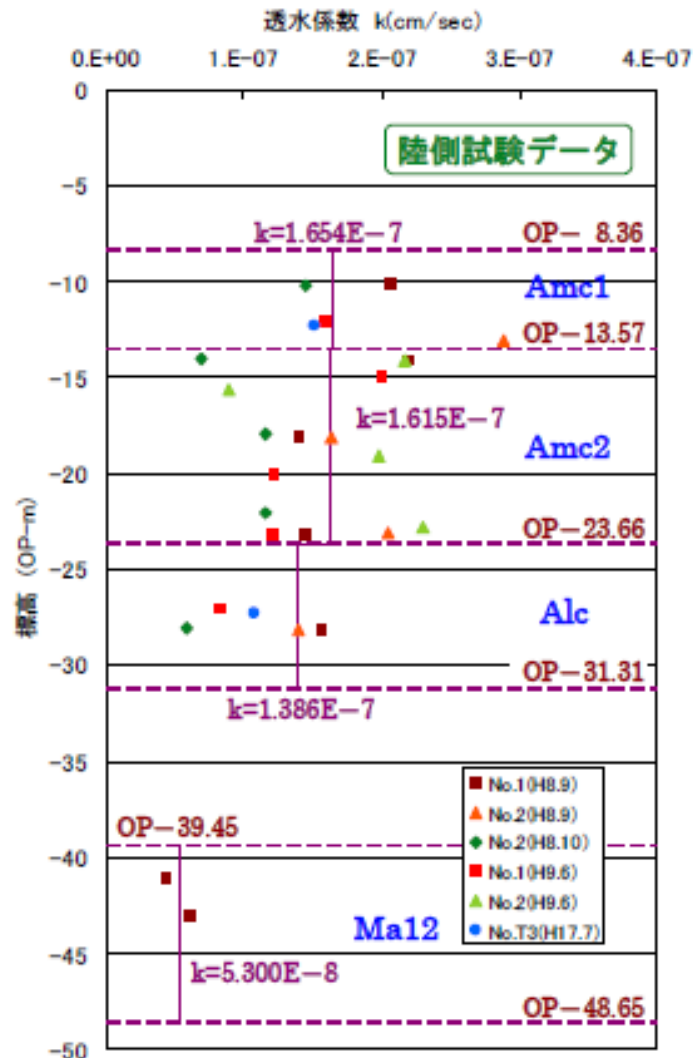
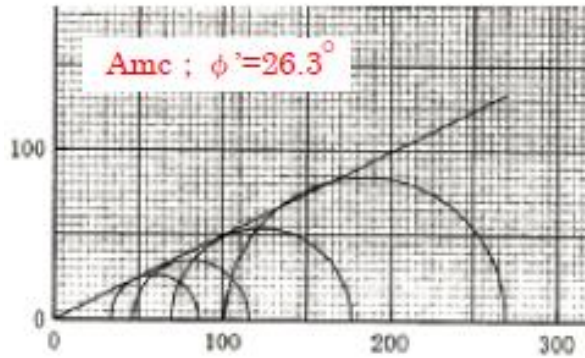


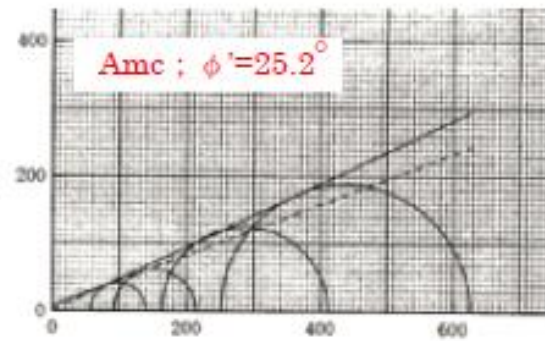
図5-3-16 透水係数分布



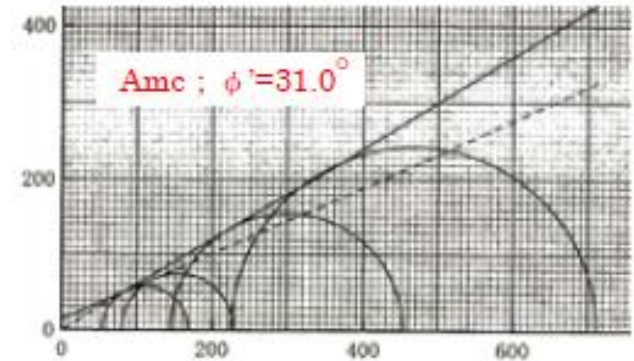
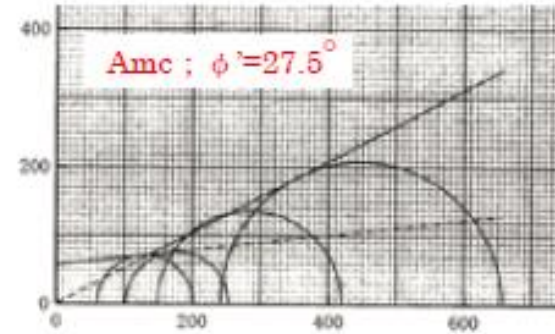
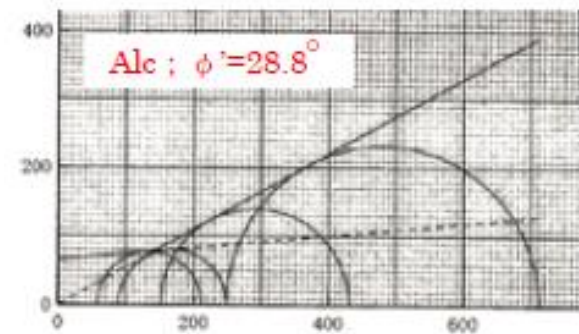
## 【補足－1】室内試験結果より設定される各種パラメータの根拠



No.T1 (川側)



No.T2 (埋土下)



No.T3 (陸側)

図5-3-14 CU試験結果

## 【補足－2】 透水性変化指数について

土の圧縮・膨張変形に伴い間隙が変化すると、透水性も変化することとなるため、解析を実施する際にこの透水性の変化を考慮する必要がある。一般的には、標準圧密試験より  $e \sim \ln k$  関係を求め、その変化勾配を透水性変化指数として (1) 式により定義し、各計算ステップにおける要素の間隙比から透水係数を (2) 式により算出する。

$$\lambda_k = \frac{de}{d(\ln k)} \dots\dots\dots (1)$$

$$e_i = e_0 + \lambda_k \cdot \ln\left(\frac{k_i}{k_0}\right) \dots\dots\dots (2)$$

- ここに、 $e_i$ ：計算ステップ i における間隙比
- $e_0$ ：初期間隙比
- $k_i$ ：計算ステップ i における透水係数
- $k_0$ ：初期透水係数

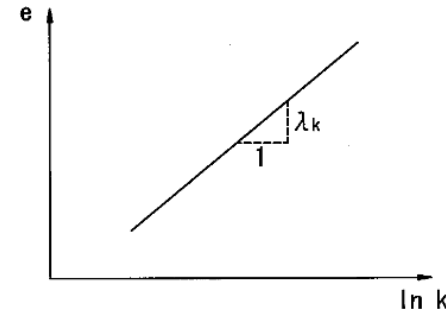


図 5-3-3  $\lambda_k$  の決定方法

ここで、(2) 式による透水係数の計算方法には、以下に示す問題がある。

- ・ (2) 式を用いる意味は、元来、 $e - \log(p)$  曲線を用いる構成モデルにおいて、 $C_v = \text{一定}$  を実現するためのものである ( $\lambda_k$  の導入により、圧密過程における  $k/mv$  の比を一定にする)
- ・ 過圧密領域での透水係数の変化が不明確である。(過圧密領域では  $C_v = \text{一定}$  ではない)
- ・  $C_v$  が応力によって変化するような自由度を持ち得ない

本解析では、圧密圧力の全範囲にわたって  $C_v$  値の自由度を持たせるために、以下に示す計算方法により透水係数を算出する。

各計算ステップにおいて、見かけの体積弾性係数 ( $K$ ) を次式により算出する。

$$K = \frac{d\sigma_m}{d\varepsilon_v} \dots\dots\dots (3)$$

- ここに、 $d\sigma_m$ ：各時間ステップにおける平均主応力増分値
- $d\varepsilon_v$ ：各時間ステップにおける体積ひずみ増分値

(3) 式により算出した  $K$  値を用いて、(4) 式により各時間ステップにおける要素の透水係数を計算する。

$$k = C_v \frac{\gamma_w}{K} \dots\dots\dots (4)$$

## 【補足-3】 バーチカルドレーン改良部のモデル化について

本解析におけるバーチカルドレーン改良部のモデル化は、改良部にドレーン材の要素を設定する方法ではなく、改良部の要素に適用する透水性能を修正することにより、ドレーン材設置に伴う圧密促進効果を持たせる方法とした。透水性能の修正方法は、以下に示す Barron の近似解と Terzaghi の一次元圧密理論値との対比により、現地盤の透水性に補正係数  $\alpha$  を乗じて計算を行う。

両理論に用いられる時間係数は、次式により定義される。

$$(t_h)_B = \frac{T_h \cdot d_e^2}{C_h} = \frac{F(n) \cdot d_e^2 \cdot \ln(1-U)}{8C_h} \quad (\text{Barron}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$F(n) = \frac{1}{n^2 - 1} \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$n = \frac{d_e}{d_w} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$(t_h)_T = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v} \quad (\text{Terzaghi}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $d_e$  : ドレーン材の等価有効円の直径

$d_w$  : ドレーン径

$U$  : 平均圧密度

$C_h$  : 水平方向の圧密係数

$T_v$  : 鉛直方向の時間係数

$H$  : 排水距離

$C_v$  : 鉛直方向の圧密係数

ここで、平均圧密度 50%時における圧密時間が、(1) および (4) 式において等価であると仮定すると  $((t_{50})_B = (t_{50})_T)$ 、次式が得られる。

$$C_v^* = \frac{2.274 \cdot h^2}{F(n) \cdot d_e^2} C_h = \alpha \cdot C_h \quad \dots\dots\dots (5)$$

現地盤の水平および鉛直方向の透水性が同一であると仮定すると ( $C_h = C_v$ )、ドレーン材による圧密促進効果により、見かけ上現地盤の透水性が  $\alpha$  倍だけ増加したものと表現できる。

## ◆改良体（バーチカルドレーン）の設定方針

改良部（バーチカルドレーン）の透水係数を修正することにより圧密促進効果を再現する。

### 【補足－3】バーチカルドレーン改良部のモデル化について

本解析におけるバーチカルドレーン改良部のモデル化は、改良部にドレーン材の要素を設定する方法ではなく、改良部の要素に適用する透水性能を修正することにより、ドレーン材設置に伴う圧密促進効果を持たせる方法とした。透水性能の修正方法は、以下に示す Barron の近似解と Terzaghi の一次元圧密理論値との対比により、現地盤の透水性に補正係数  $\alpha$  を乗じて計算を行う。

## ◆透水係数修正方法

バーチカルドレーンによる見かけ上の透水係数の増加は、安治川護岸補強技術検討委員会において、下記の手法により設定している。

	解析No.1		解析No.2	
ドレーンピッチ	1.3m	1.4m	1.2m	1.3m
現地盤透水係数	1.40E-7 (cm/s)		2.70E-7 (cm/s)	
改良後	3.08E-5 (cm/s)	2.52E-5 (cm/s)	3.24E-5 (cm/s)	2.70E-5 (cm/s)
$\alpha$	220	180	120	100

# 【解析モデルNo.1】各種パラメータの設定（見直し後）

土層 (分類)	物理特性				透水係数 $k$ (cm/s)	変形特性・圧密特性			
	平均N値	ポアソン比 $\nu$	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )			変形係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	圧縮指数 $C_c$	膨潤指数 $C_s$	二次圧密係数 $C_\alpha$
			湿潤 $\gamma_t$	飽和 $\gamma_{sat}$					
B	13	0.33	19.0	20.1	1.0E-03	9,100	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Aus	6	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	4,200	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Amc1	2	0.33	18.0	19.1	1.7E-07	1,400	0.62	0.09	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	700N	過年度設定値	過年度設定値	Mesriの提案式より設定
Amc2 (陸側)	2	0.36	18.0	19.1	1.6E-07	1,400	0.70	0.07	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Amc2 (川側)	2	0.36	18.0	19.1	2.3E-07	1,400	1.01	0.12	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	700N	過年度設定値	過年度設定値	Mesriの提案式より設定
A1c (陸側)	4	0.35	18.0	19.1	1.4E-07	2,800	0.50	0.05	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
A1c (川側)	4	0.35	18.0	19.1	1.4E-07	2,800	0.50	0.05	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Dc1	7	0.33	18.0	19.1	1.0E-07	19,600	0.36	0.04	0.006
	標準貫入試験の平均値	地盤の一般値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	粘性土の一般値	2800N	$\lambda = 0.434C_c$	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Tsg1	60	0.33	19.0	20.1	1.0E-03	168,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	2800N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Ma-12	8	0.32	18.0	19.1	5.3E-08	22,400	1.40	0.14	0.006
	過年度設定値 $\Phi$ より算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	過年度設定値	2800N	「桜島入場上流右岸の地盤評価研究(受託研究),R2」地質調査結果	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Tsg2	60	0.33	18.5	19.6	1.0E-03	168,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	2800N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
捨石	10	0.33	20.0	21.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
埋土	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
改良体盛土	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
SP堤防	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		

注) 過年度設定値とは、安治川護岸補強技術検討委員会で設定されたパラメータ

# 【解析モデルNo.2】各種パラメータの設定（見直し後）

土層 (分類)	物理特性				透水係数 $k$ (cm/s)	変形特性・圧密特性			
	平均N値	ポアソン比 $\nu$	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )			変形係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	圧縮指数 $C_c$	膨潤指数 $C_s$	二次圧密係数 $C_\alpha$
			湿潤 $\gamma_t$	飽和 $\gamma_{sat}$					
B	13	0.33	19.0	20.1	1.0E-03	9,100	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Aus	6	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	4,200	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Amc1	2	0.33	18.0	19.1	1.7E-07	1,400	0.62	0.09	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	700N	過年度設定値	過年度設定値	Mesriの提案式より設定
Amc2 (陸側)	2	0.36	18.0	19.1	1.6E-07	1,400	0.70	0.07	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Amc2 (川側)	2	0.36	18.0	19.1	2.3E-07	1,400	1.01	0.12	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	700N	過年度設定値	過年度設定値	Mesriの提案式より設定
Alc (陸側)	4	0.35	18.0	19.1	1.4E-07	2,800	0.50	0.05	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Alc (川側)	4	0.35	18.0	19.1	1.4E-07	2,800	0.50	0.05	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	700N	Ccの取りうる範囲から設定	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Dc1	7	0.33	18.0	19.1	1.0E-07	19,600	0.36	0.04	0.006
	標準貫入試験の平均値	地盤の一般値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	粘性土の一般値	2800N	$\lambda = 0.434C_c$	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Tsg1	60	0.33	19.0	20.1	1.0E-03	168,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	2800N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
Ma-12	8	0.32	18.0	19.1	5.3E-08	22,400	1.40	0.14	0.006
	過年度設定値Φより算出	過年度設定値	「軟弱地盤対策工指針(H24)」の自然地盤・粘性土の平均値	$\gamma_t - \gamma_w$	過年度設定値	2800N	「桜島入堀上流右岸の地盤評価研究(委託研究)R2」地質調査結果	Cc/10	Mesriの提案式より設定
Tsg2	60	0.33	18.5	19.6	1.0E-03	168,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	2800N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
捨石	10	0.33	20.0	21.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
埋土	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
改良体盛土	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		
SP堤防	10	0.33	18.0	19.1	1.0E-03	7,000	—	—	—
	過年度設定値	地盤の一般値	過年度設定値	$\gamma_t - \gamma_w$	砂質土の一般値	700N	圧密沈下計算上、弾性体として扱うため設定不要		

注) 過年度設定値とは、安治川護岸補強技術検討委員会で設定されたパラメータ



## ◆変形係数Eの設定

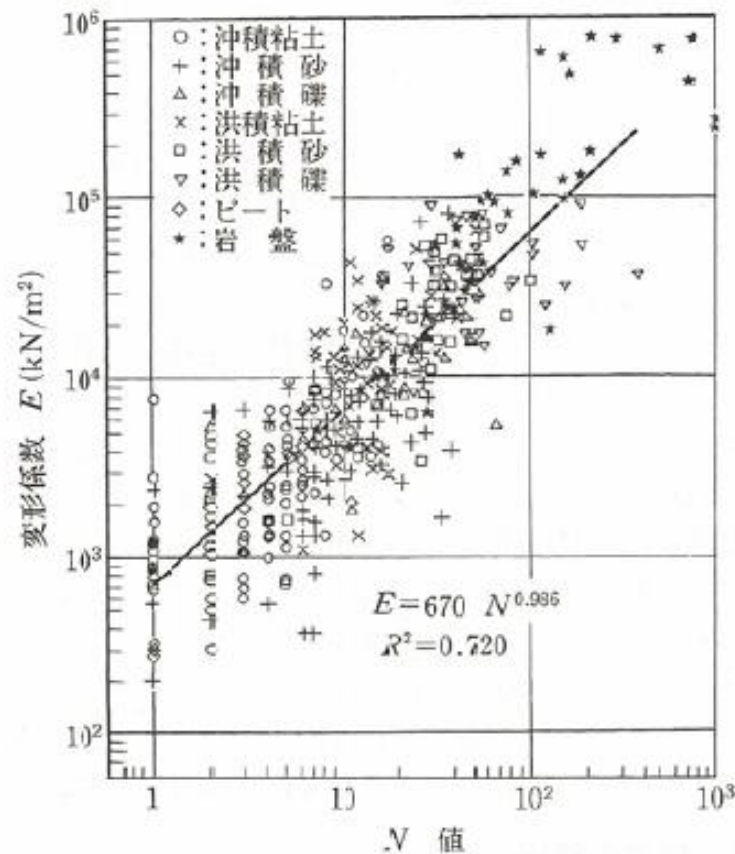
・孔内水平載荷試験から得られた変形係数Eと標準貫入試験のN値の関係については、地盤材料に関わらず  $E=700N$  ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) という関係が近似的に成立しており（右図）、**沖積層に対しては、 $E=700N$ とした。**

・なお、比較的安定した**洪積層に対しては、安治川護岸補強技術検討委員会と同様、 $E=2800N$ を用いる。**



【変更前】沖積層の変形係数： $E=2800N$

【変更後】沖積層の変形係数： $E=700N$



孔内載荷試験より得られた変形係数とN値との関係  
「地盤調査の方法と解説」（社団法人 地盤工学会）



## ◆二次圧密係数の設定

- ・二次圧密係数については、「道路土工 軟弱地盤対策工指針,H24」に準拠し、算出する。
- ・平均含水比は地質調査結果(R元年度)から **W=60%とする。(右図参照)**

(参考: 二次圧密係数の推定方法)

(1) Mesri の提案式(1)<sup>7)</sup>

$$c_\alpha = 0.0001 \times w_n \dots\dots\dots$$

ここに、

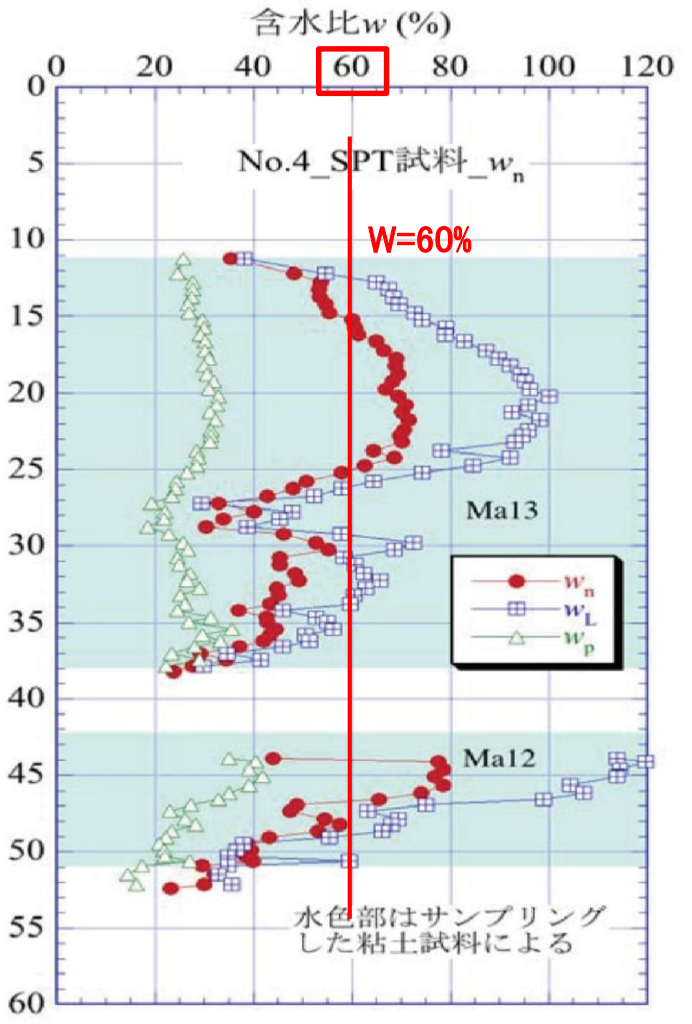
- $c_\alpha$  : 二次圧密係数 (1 / log t)
- $w_n$  : 軟弱層の平均自然含水比 (%)

出典: 道路土工 軟弱地盤対策工指針,H24



**【変更前】**  $C\alpha=0.009\sim0.028$

**【変更後】**  $C\alpha=0.0001 \times w=0.0001 \times 60=0.006$



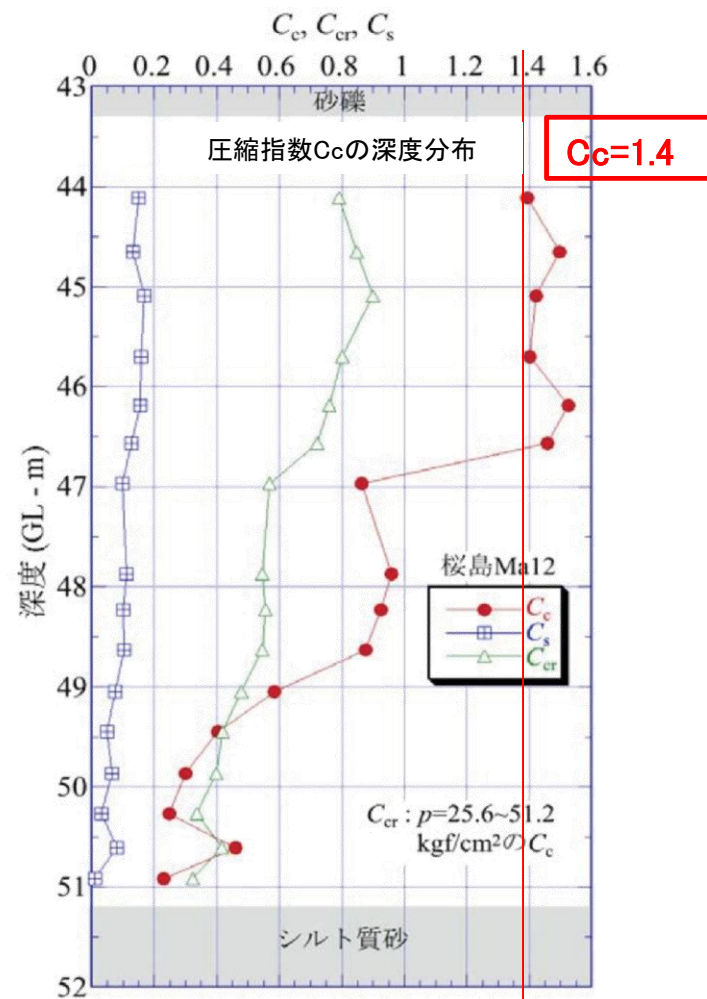
## ◆ 圧縮指数 $C_c$ の設定 (Ma12)

・ 洪積粘性土層 (Ma12) は、深度が深く、安治川護岸補強技術検討委員会では、土質試験がされておらず推定値を用いていたが、**地質調査(令和元年)**から、**試験値が得られたため、これを用いた。**



【変更前】  $C_c=1.93$

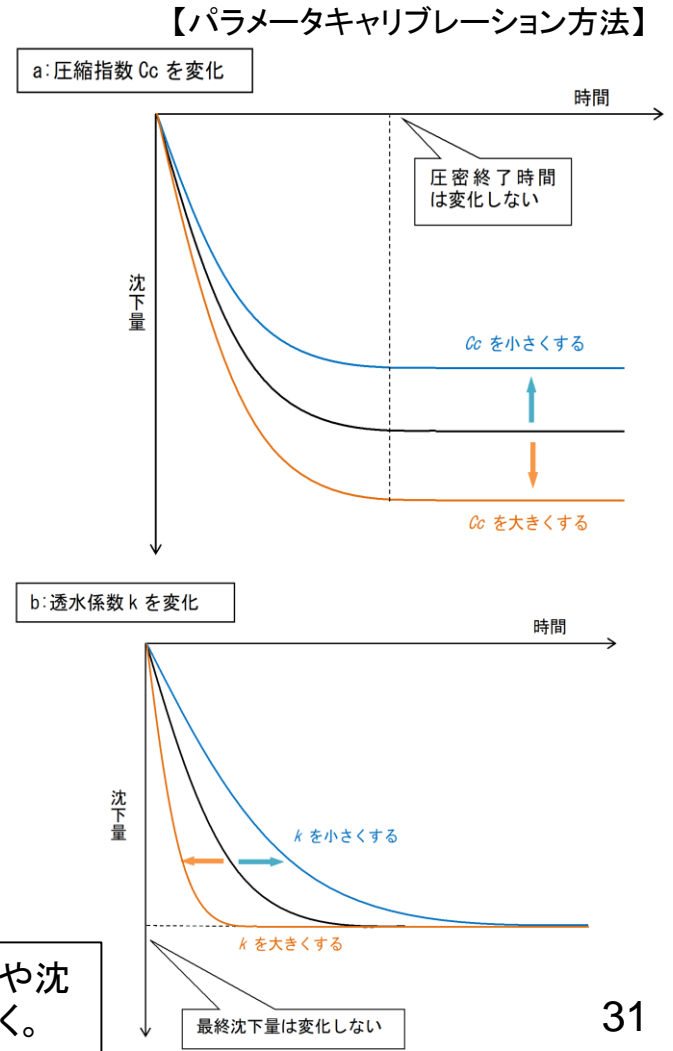
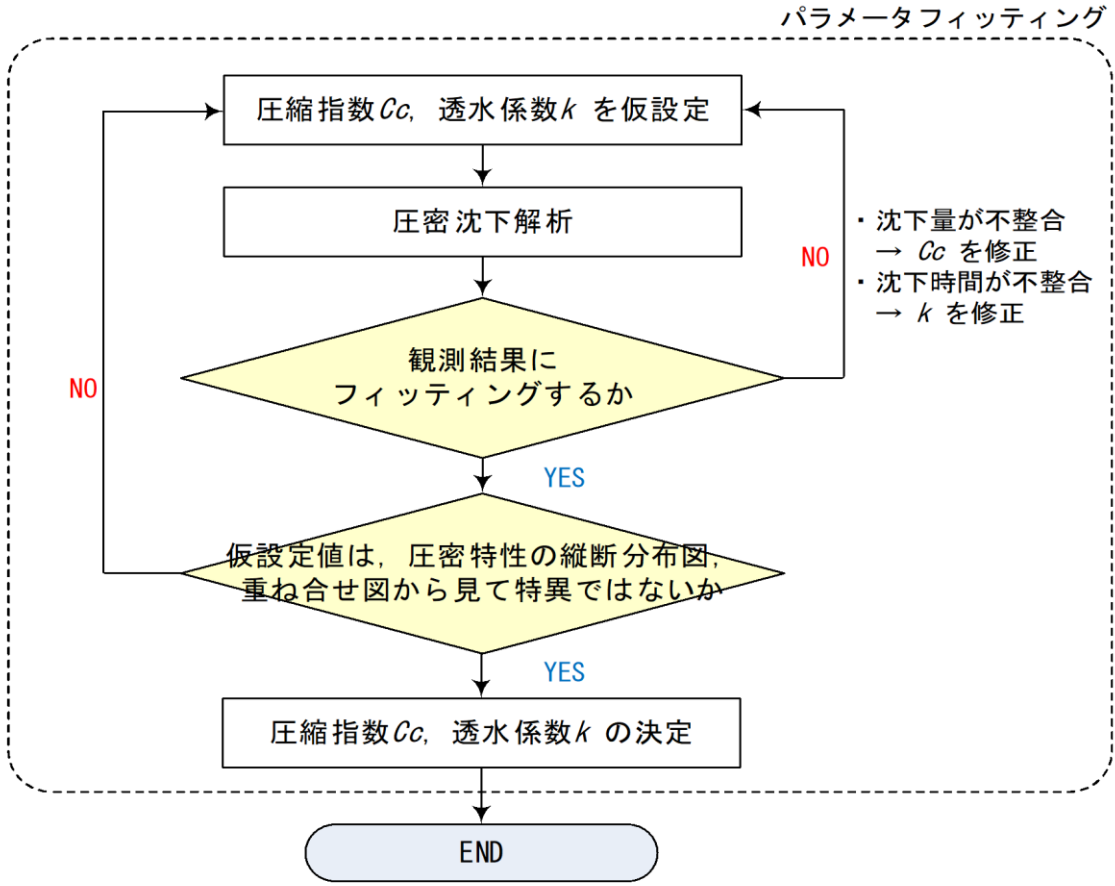
【変更後】  $C_c=1.40$  (最大値付近)



# 将来予測におけるフィッティング方法

## ◆将来予測におけるフィッティング方法

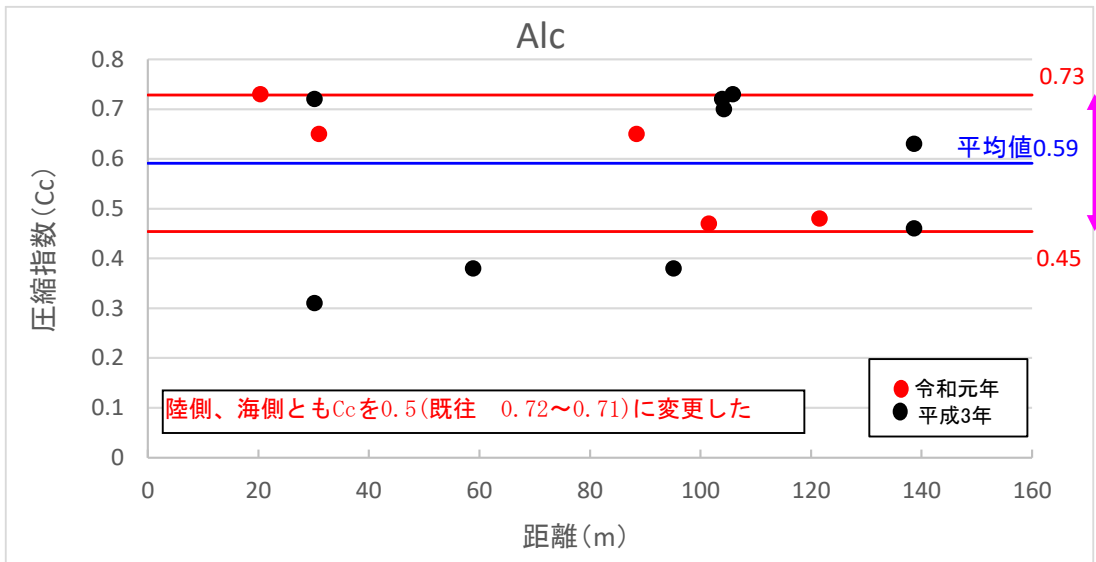
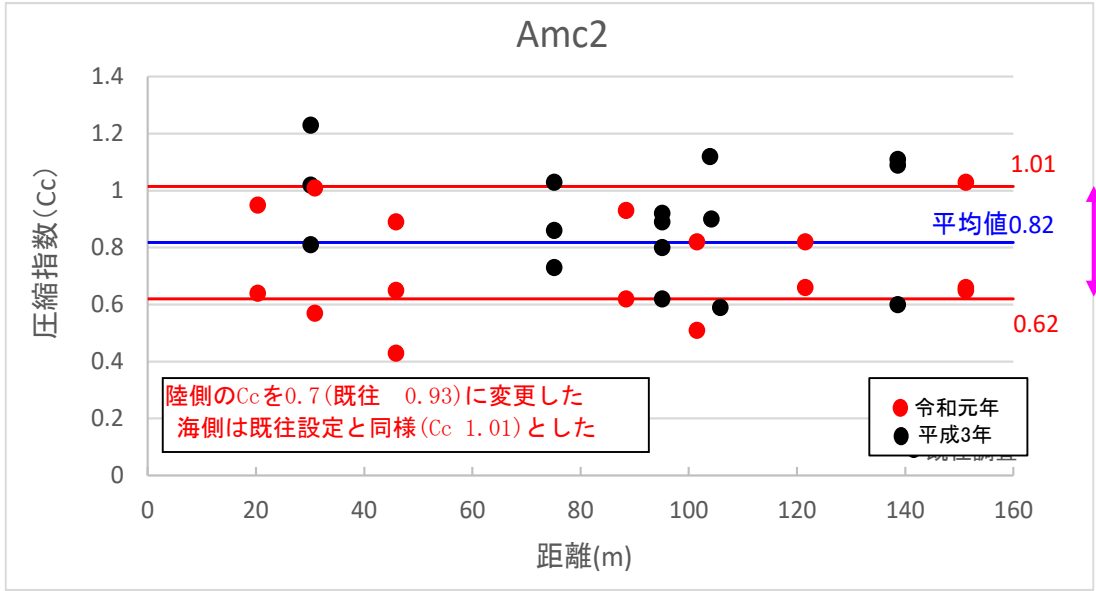
- ・安治川護岸補強技術検討委員会において設定されているパラメータを基本とし、**観測結果と乖離がみられる場合、パラメータキャリブレーションを実施**する。
- ・計測が経年的に実施されている項目に着目した実挙動とのフィッティングを行う。



フィッティングする観測結果に整合性の高い解析結果とするため、沈下量や沈下速度に応じて圧縮特性を変化させ、解析結果を観測結果に近づけていく。

# 将来予測におけるフィッティング方法

・粘性土層の圧縮係数Ccについて、パラメータキャリブレーションを実施 ※ボーリング調査箇所 No.4



## 圧縮指数Ccのパラメータキャリブレーション

Amc2層	海側	陸側
変更前	1.01	0.93
変更後	1.01	0.70

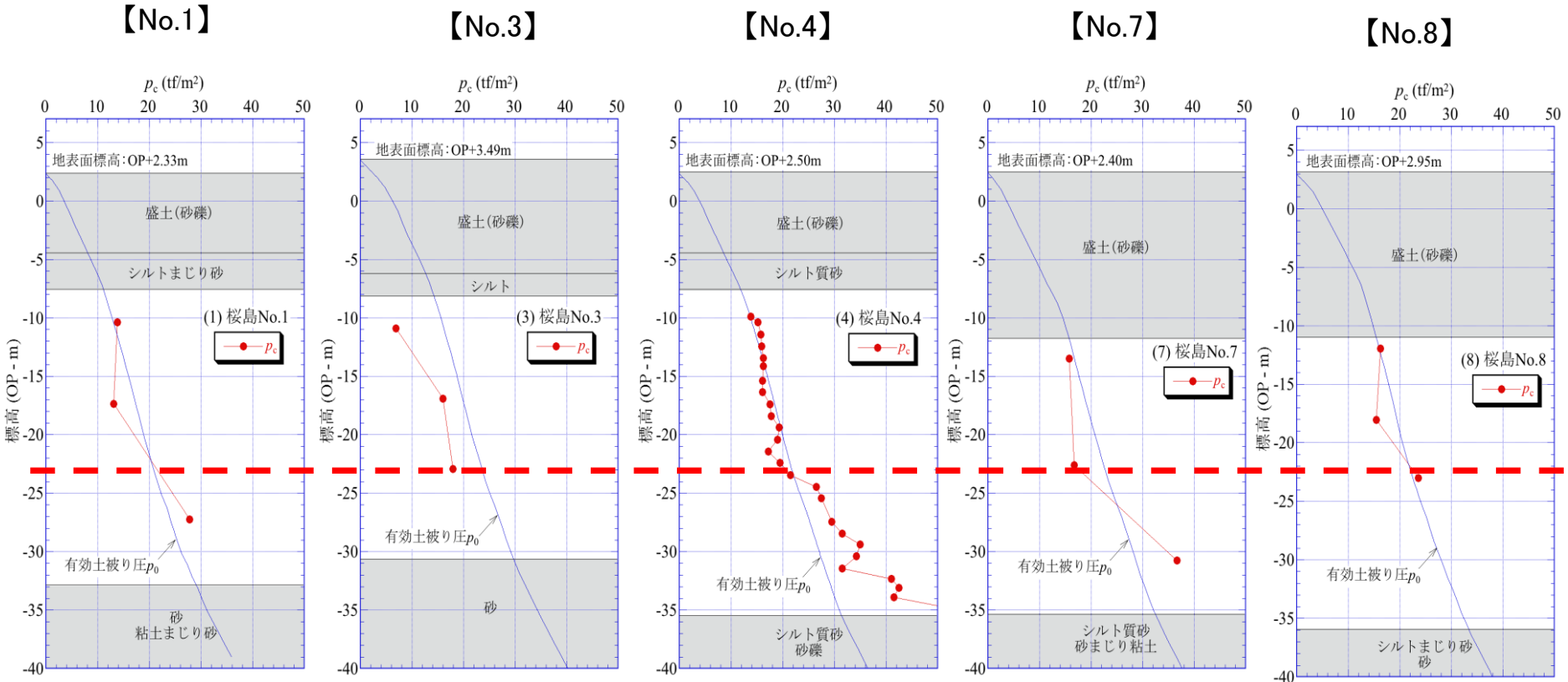
備考) 変更前の数値は、安治川護岸補強技術検討委員会で設定されたものである。

Alc層	海側	陸側
変更前	0.71	0.72
変更後	0.50	0.50

パラメータキャリブレーション後の圧縮指数Ccは標準偏差(±σ)内にあることを確認

# 圧密降伏応力 $P_c$ の深度分布図（未改良部（護岸部））

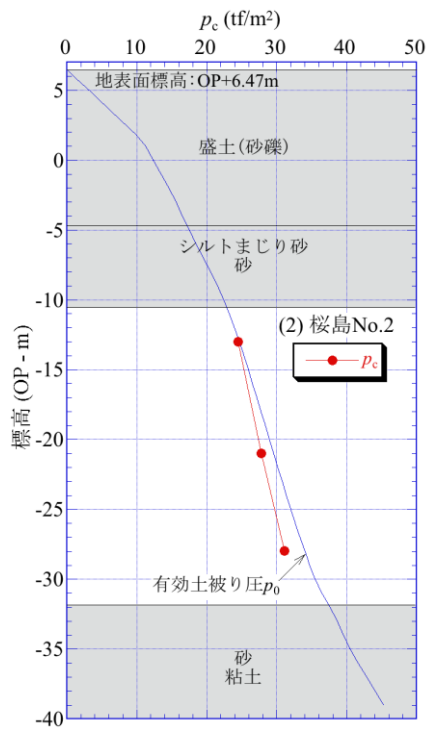
- 詳細に圧密試験を行ったNo.4地点以外は、3深度で $P_c$ を求めている。
- 若干のばらつきはあるが、全体にほぼ正規圧密を示していることがわかる。
- 深部では、圧密降伏応力( $P_c$ )が有効土被り圧( $P_0$ )より大きい傾向があることがわかる。



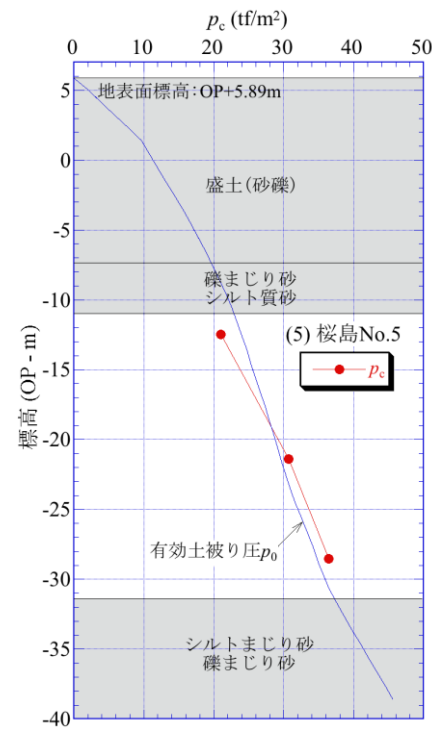
# 圧密降伏応力 $P_c$ の深度分布図（改良部（堤防部））

- No.2、No.5、No.6はスーパー堤防上のボーリングのため、No.1、No.3、No.4、No.7、No.8より盛土厚が厚く $P_c$ が大きくなっている。
- 若干のばらつきはあるが、全体にほぼ正規圧密を示していることがわかる。

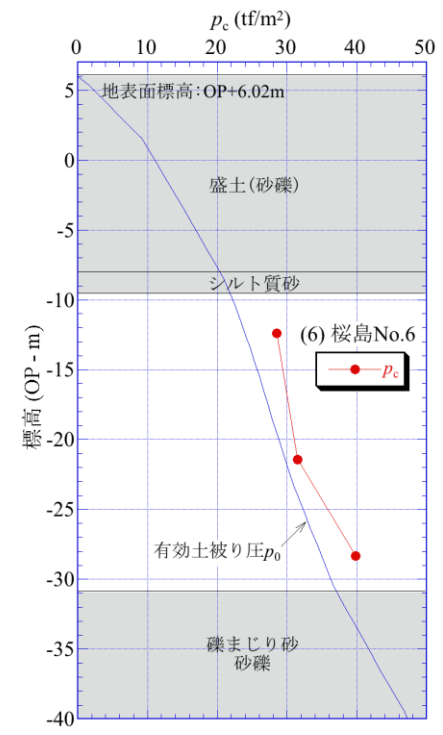
【No.2】



【No.5】

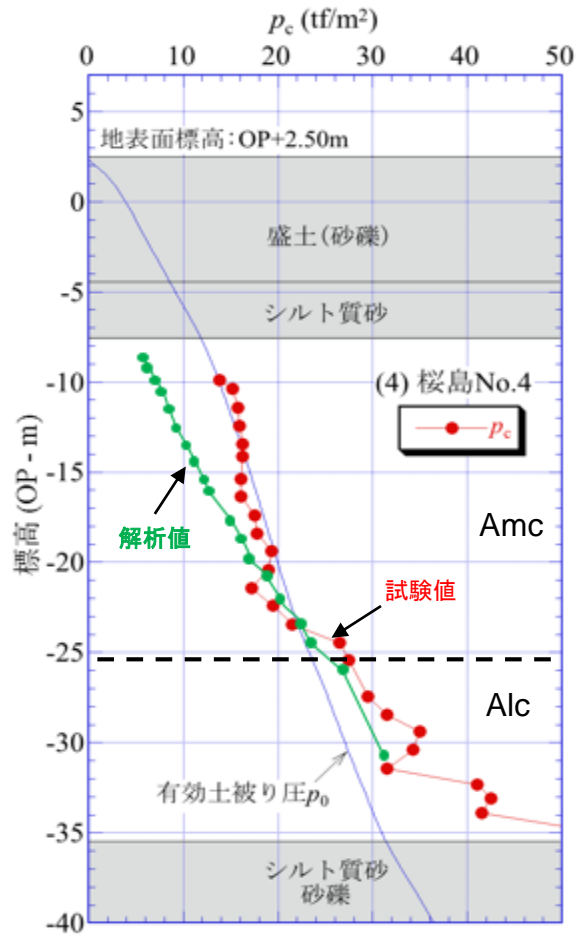


【No.6】



# 圧密降伏応力 $P_c$ （試験値・解析値）の深度別分布の比較図（No.4）

- 詳細に圧密試験を行ったNo.4地点において、令和元年時点の試験値 $P_c$ と解析値 $P_c$ を深度別に比較を実施。
- 全体的に解析値 $P_c$ は試験値 $P_c$ よりも小さい傾向にあるが、深部においては、試験値 $P_c$ と同様に、圧密降伏応力( $P_c$ )が有効土被り圧( $P_0$ )より大きくなる傾向がみられる。
- 浅部においては、解析値 $P_c$ は試験値 $P_c$ よりも小さい傾向にあることから、将来変動量予測の解析結果は、実際よりも危険側の結果となっていることが推察される。



粘性土層(沖積粘性土Ma13)