

D滑走路 埋立部の圧密沈下 ～ 感度分析を踏まえた沈下予測 ～

平成18年12月21日

埋立()工区 河村 健輔 三木 隆之

埋立()工区 澤 資浩

東洋建設(株) 勝山 克二

若築建設(株) 水野 健太

東亜建設工業(株) 田代 聡一

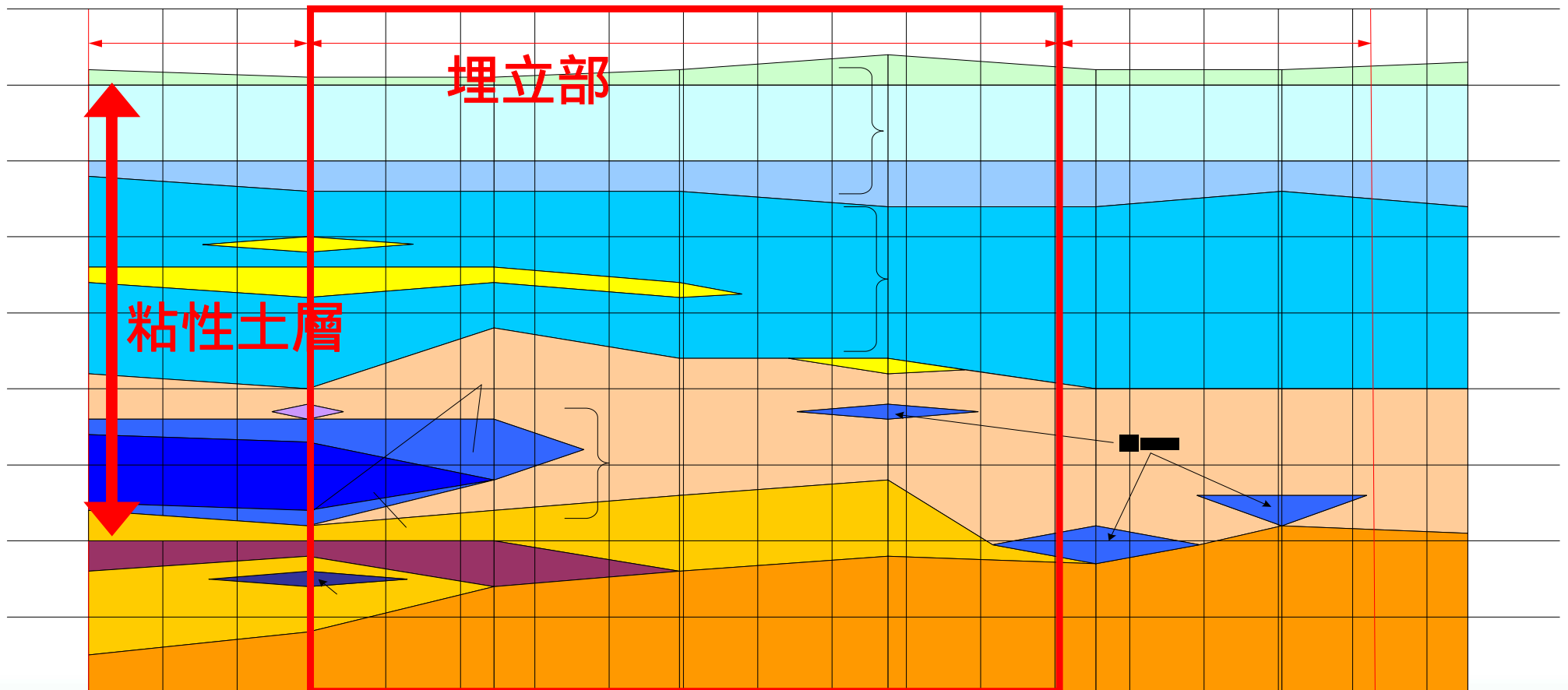
■ プレゼンテーションの概要

- 1 . 埋立部の特徴と圧密沈下に影響を及ぼす要因
- 2 . 土質のばらつきを考慮した感度分析
- 3 . ウェル・マットレジスタンスによる圧密遅れ
- 4 . 長期圧密沈下量の予測
- 5 . 滑走路の不同沈下の予測
- 6 . まとめ

■ 埋立部の特徴と圧密沈下に影響を及ぼす要因

< 埋立部の構造の特徴 >

原地盤粘性土がA.P. - 20.0m ~ - 80.0mの間に砂層を挟んで層厚約45.0mで存在

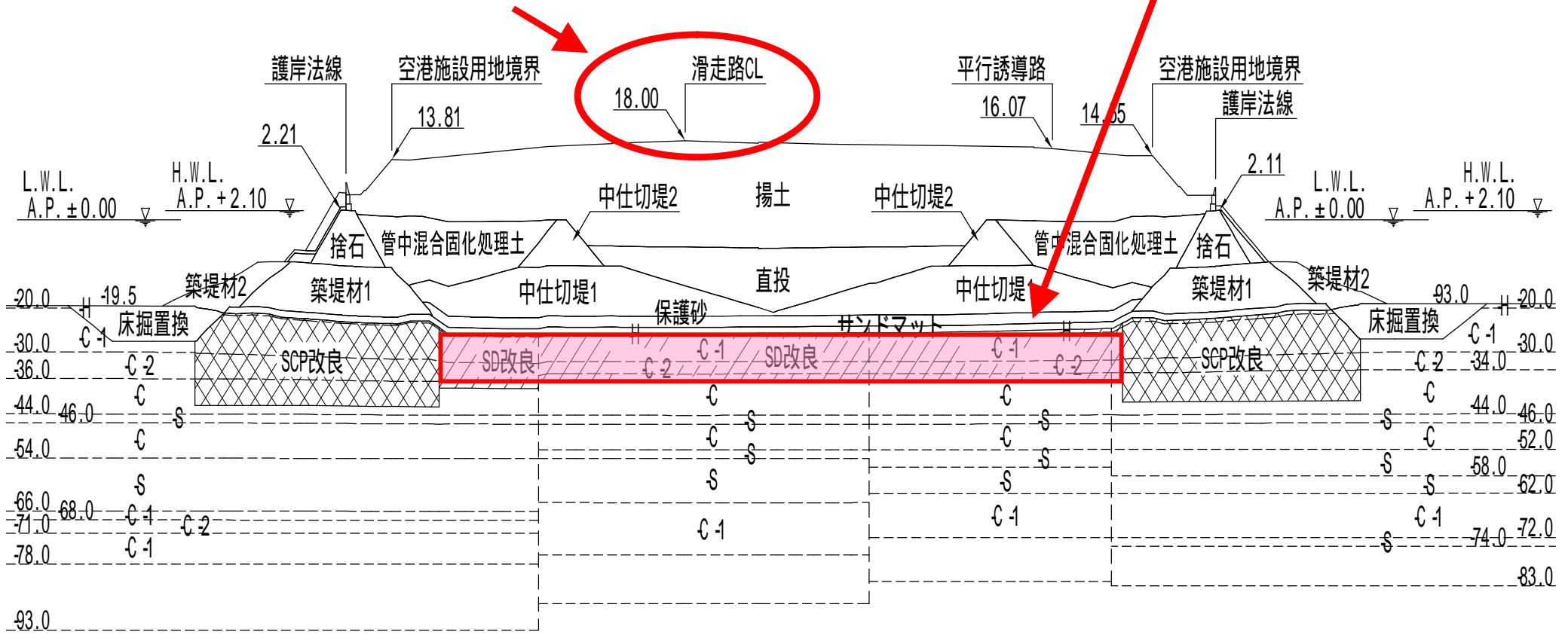


■ 埋立部の特徴と圧密沈下に影響を及ぼす要因

< 埋立部の構造の特徴 >

洪積粘性土の一部を未改良としたサンドドレーン

最大盛土高さがA.P.+18.0m



■ 埋立部の特徴と圧密沈下に影響を及ぼす要因

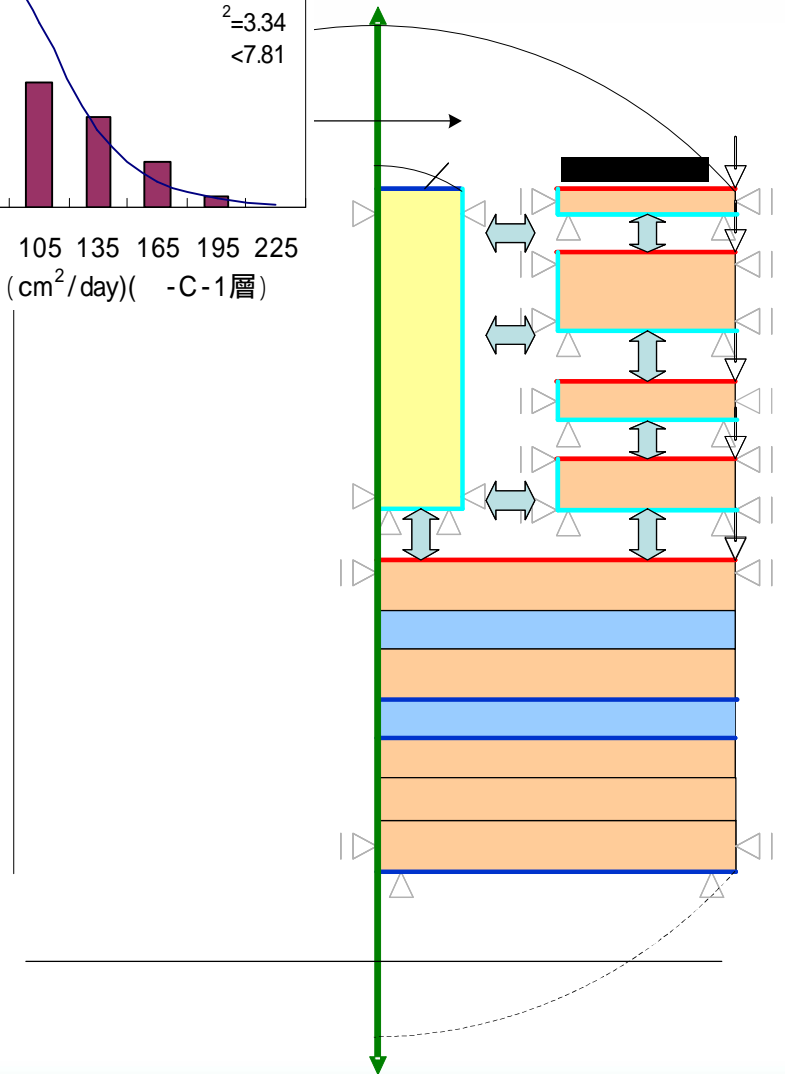
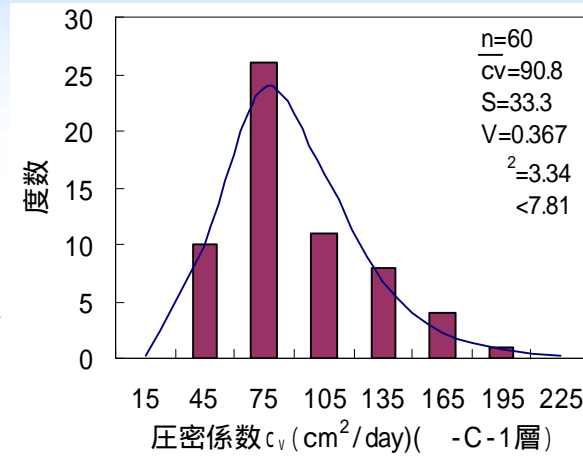
< 圧密沈下に影響を及ぼす要因と感度分析方法 >

要因	方法
土質のばらつき	SD1本分の改良範囲を対象とし、土の弾・粘塑性構成式である関口・太田モデルを用いたモンテカルロシミュレーション
サンドレーンの仕様	SD打設長およびSD材の透水係数をパラメータとし、SD1本分の改良範囲を対象とした関口・太田モデルを用いた感度分析
サンドマット材・埋立材の仕様	SM材と埋立材の透水係数をパラメータとした埋立部横断面の関口・太田モデルを用いた2次元FEM解析
長期圧密沈下量	二次圧密係数の時間による変化を考慮した長期圧密沈下量の予測
施工履歴	土質のばらつきと施工履歴を考慮した埋立部全域を対象とした不同沈下の予測

■ 土質のばらつきを考慮した感度分析

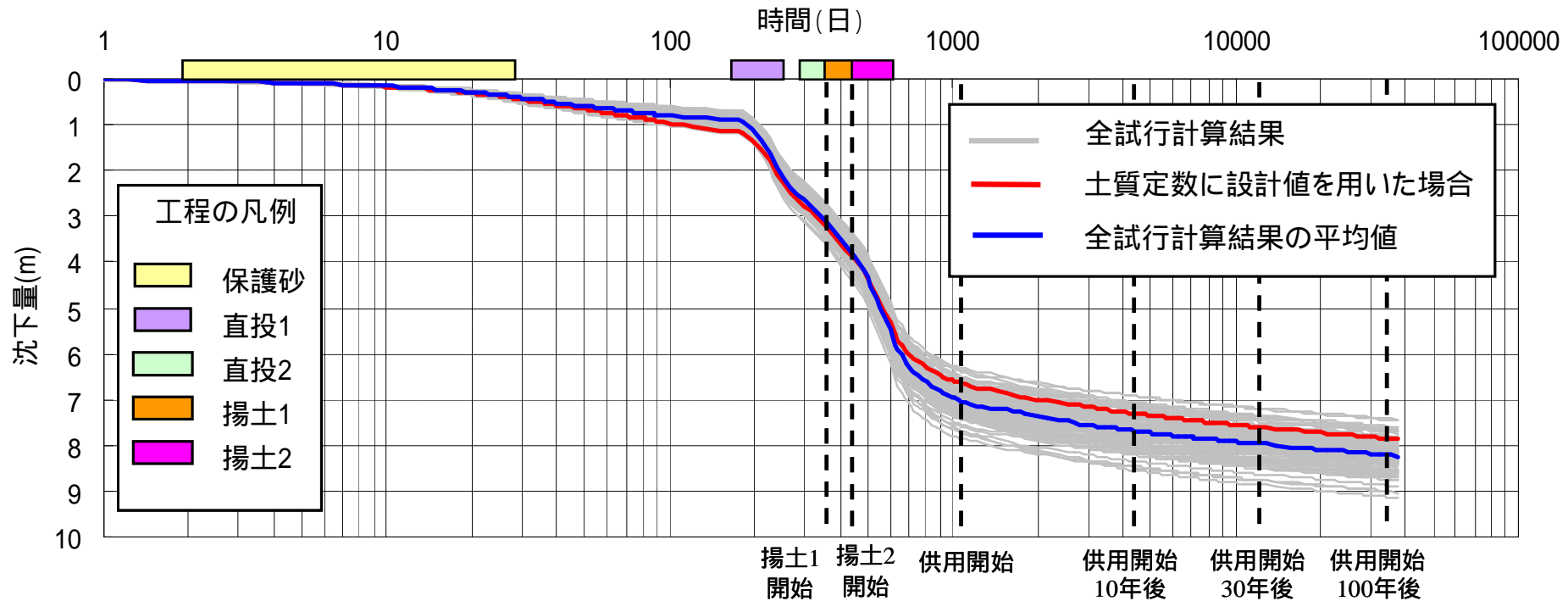
< 検討方法 >

- 土質のばらつきを平均値、標準偏差、分布形状を考慮し、乱数で発生（各層で、 e_0 、 C_c 、 c_v 、OCR）
- 試行回数100回のモンテカルロシミュレーション
- 関口・太田モデルによるSD1本分の影響範囲を軸対称条件でFEM解析



■ 土質のばらつきを考慮した感度分析

< 検討結果 >



項目	供用開始時 沈下量	供用開始 30年後 沈下量	供用開始から 30年間 残留沈下量
平均 μ (m)	7.04	7.98	0.94
標準偏差 (m)	0.30	0.33	0.08
変動係数V	0.04	0.04	0.09

供用開始時の沈下量： $\mu \pm 2$ で平均 $\pm 60\text{cm}$ (確率95%)

30年間の残留沈下量： $\mu \pm 2$ で平均 $\pm 20\text{cm}$ (確率95%)

■ ウェル・マットレジスタンスによる圧密遅れ サンドドレーン（SD）打設長・透水係数の影響

< 検討方法 >

- ・ 関口・太田モデルによるSD1本分の影響範囲を軸対称条件でFEM解析
- ・ SDの打設長を3種類、SD材透水係数を5種類設定

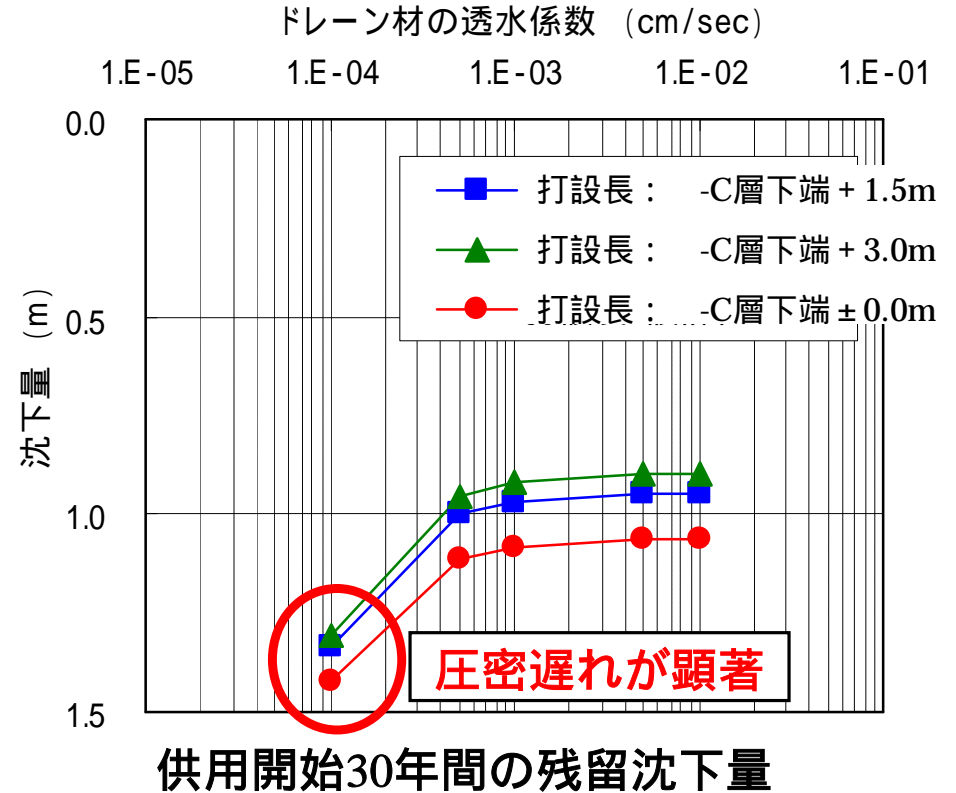
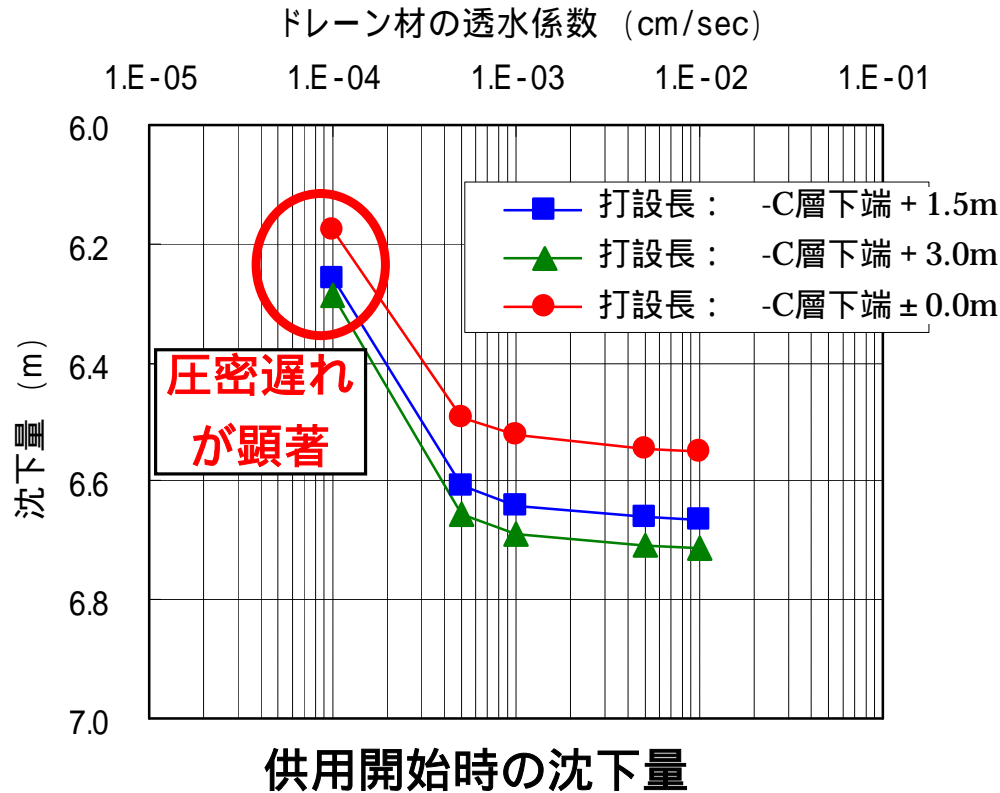
パラメータ	ケース	備考
SD 打設深度	-C層下端 ± 0.0m	
	-C層下端 + 1.5m	設計値
	-C層下端 + 3.0m	
SD材 透水係数	1×10^{-2} cm/sec	設計値
	5×10^{-3} cm/sec	
	1×10^{-3} cm/sec	
	5×10^{-4} cm/sec	
	1×10^{-4} cm/sec	

計 15ケース

■ ウェル・マットレジスタンスによる圧密遅れ

S D打設長・透水係数の影響

< 検討結果 >



S D打設長：設計値 ± 1.5mの範囲であれば影響は少ない

S D材透水係数： 10^{-3} cm/sec以上であれば影響は少ない

■ ウェル・マットレジスタンスによる圧密遅れ

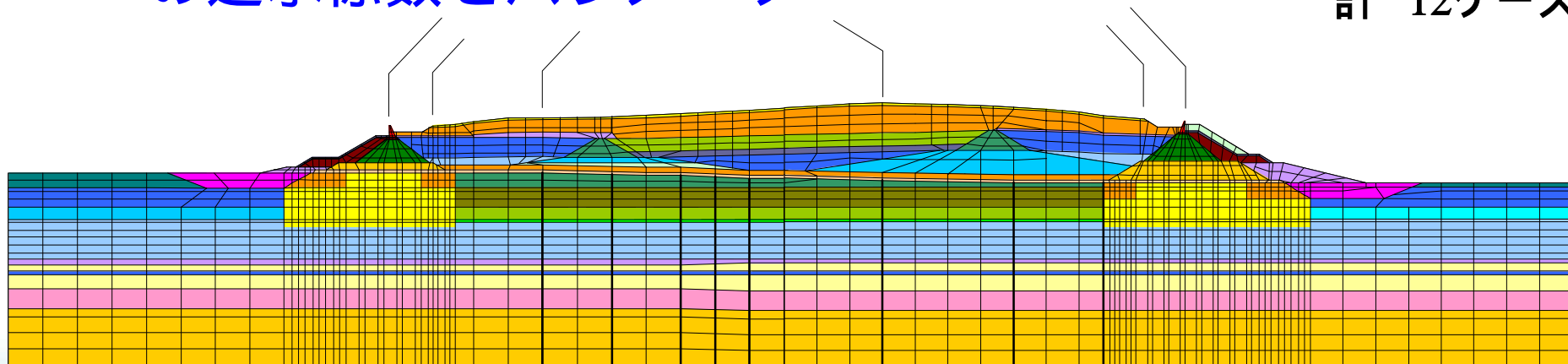
サンドマット (SM) ・埋立材の透水係数の影響

< 検討方法 >

- ・ 関口・太田モデルによる
埋立部横断面の2次元
FEM解析
- ・ SD材、SM材、埋立材
の透水係数をパラメータ

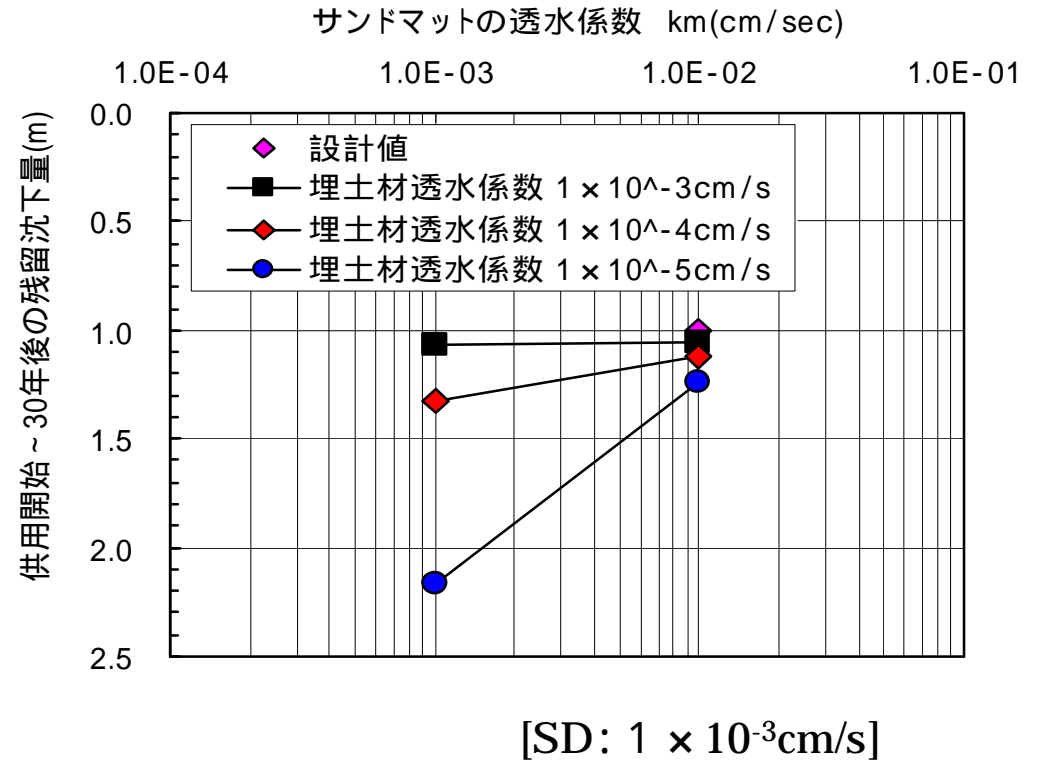
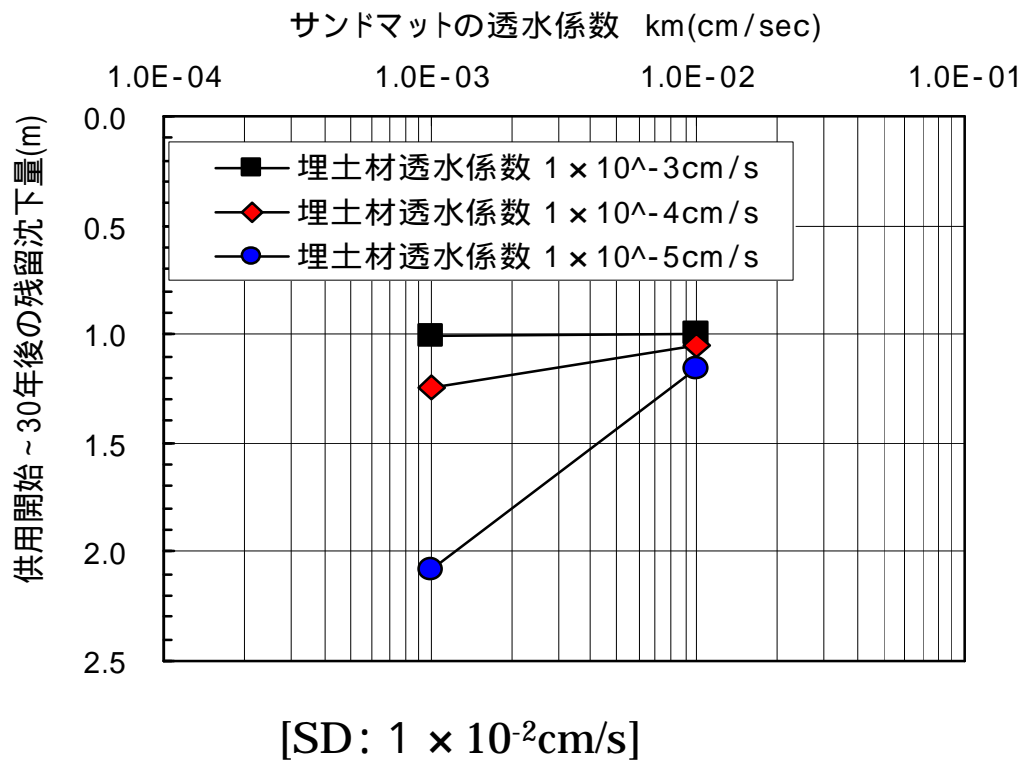
パラメータ	ケース	備考
SD材 透水係数	$1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$	設計値
	$1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	
SM材 透水係数	$1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$	設計値
	$1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	
埋立材 透水係数	$1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	設計値
	$1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$	
	$1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$	

計 12ケース



■ ウェル・マットレジスタンスによる圧密遅れ サンドマット (SM) ・埋立材の透水係数の影響

< 検討結果 >



SM材および埋立材の透水係数がともに小さくなると残留沈下量が大きくなる

SD 10^{-3} 、SM 10^{-3} 、埋立材 10^{-3} であれば、残留沈下量は10cm大きくなる
(設計値の1/10、設計値の1/10、設計値)

長期圧密沈下量の予測

< 現空港における動態観測結果との比較 >

現空港の動態観測からのC

C = 0.01程度

長期圧密試験結果からのC

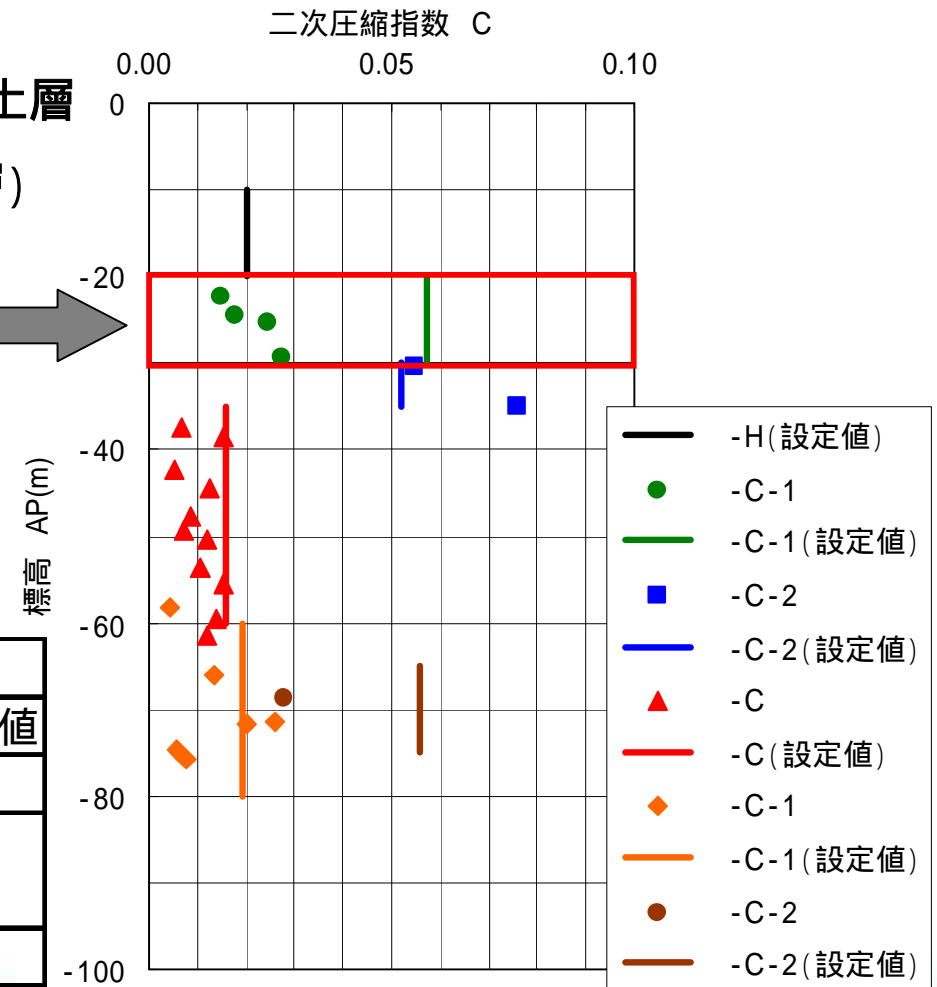
C = 0.02程度

設計値 C = 0.06程度

既往の相関性C / C_cから

大きめに安全側に設定

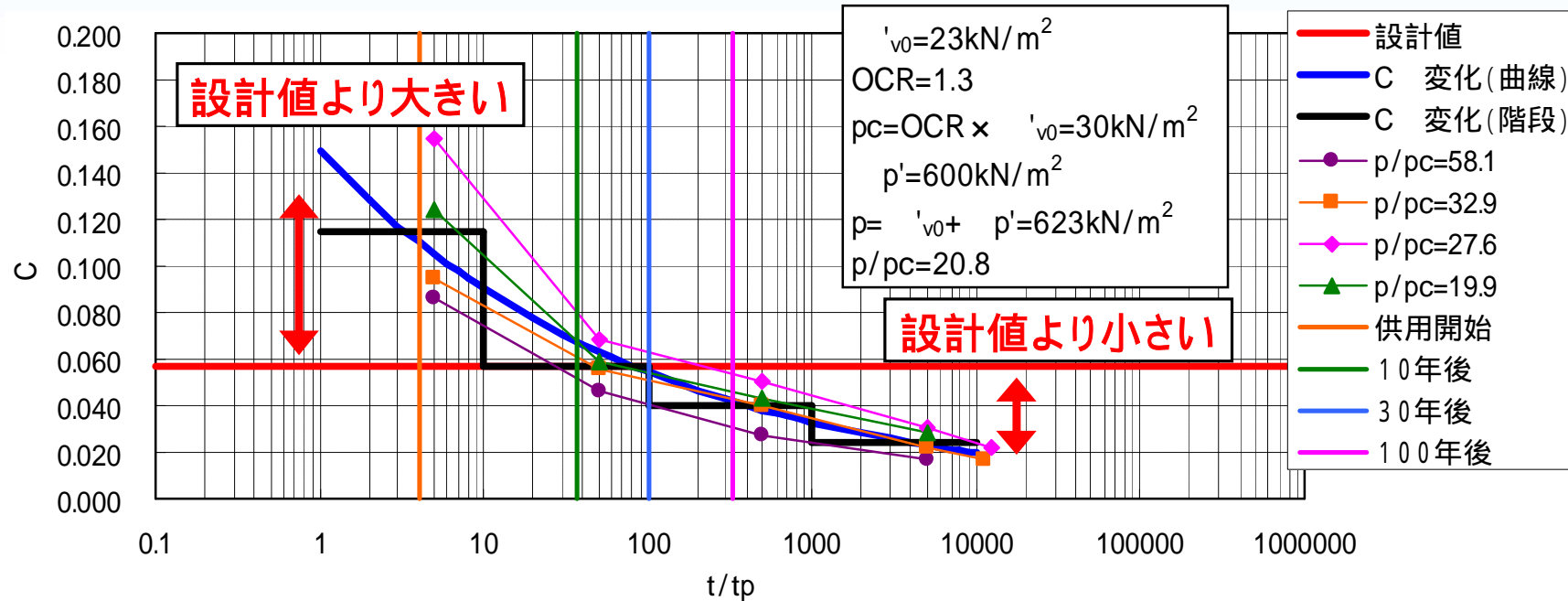
沖積粘性土層
(有楽町層)
-C-1層



項目	現空港 動態観測結果	D滑走路	
		設計値	試験結果の平均値
二次圧密係数 C	0.00809	0.05700	0.02115
圧縮指数 C _c 設計値	1.40	1.41	
C / C _c	0.0060	0.0400	0.0150

長期圧密沈下量の予測

< C の経過時間による変化を考慮 >



ケース		供用開始時 沈下量	供用開始 30年後 沈下量	供用開始から 30年間 残留沈下量
二次圧密係数 C	一定 (設計値)	全沈下量	6.81	7.68
		二次圧密沈下量	0.10	0.60
	経過時間 による変化	全沈下量	6.87	7.82
		二次圧密沈下量	0.15	0.74

■ 長期圧密沈下量の予測

< 今後の検討 >

- ・ 追加土質調査における室内試験でさらに詳細な検討
- ・ C_c や C が応力やひずみにより変化する非線形モデルを組み込んだFEM解析（HASP）により将来沈下量を予測

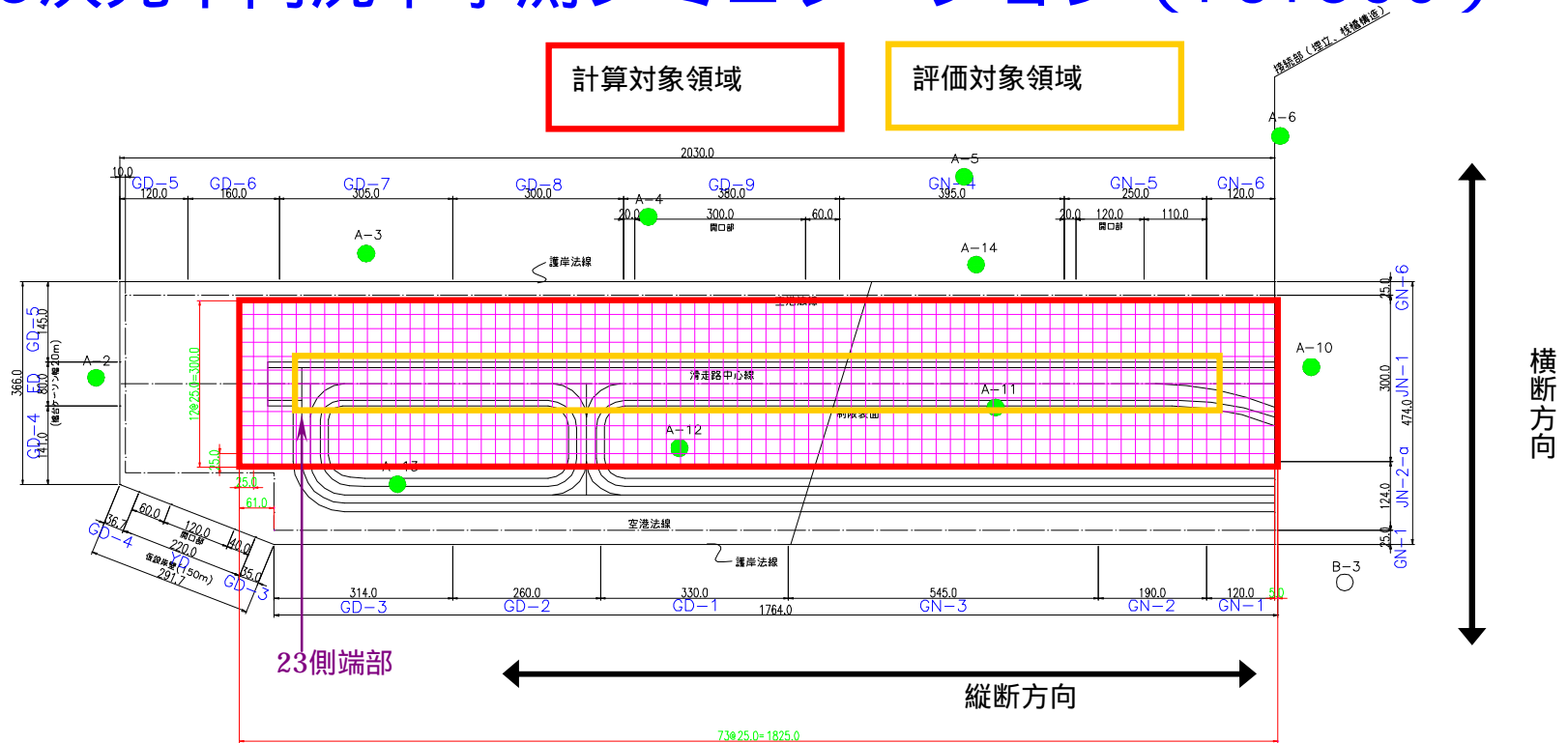
土質試験	試験条件	
標準圧密試験	JIS A 1217	
定ひずみ圧密試験	JIA A 1227	
長期圧密試験	試料	不攪乱試料、練返し試料
	載荷期間	21日間
	載荷荷重	埋立荷重を考慮
特殊定ひずみ圧密試験	試料	不攪乱試料、練返し試料
	ひずみ速度	$10^{-1}\%/min$ 、 $10^{-2}\%/min$ 、 $10^{-3}\%/min$

■ 滑走路の不同沈下の予測

< 検討方法 >

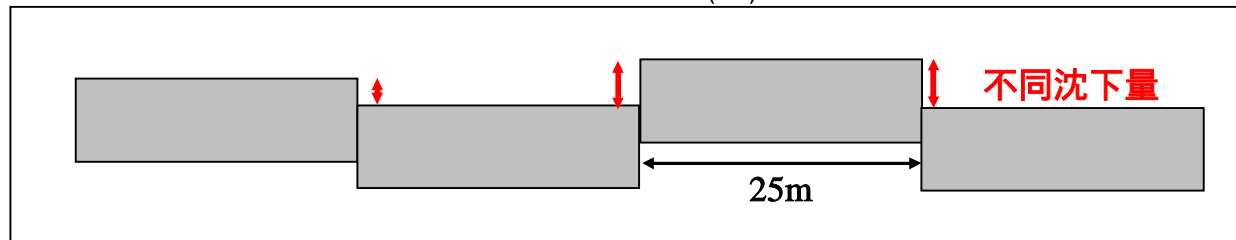
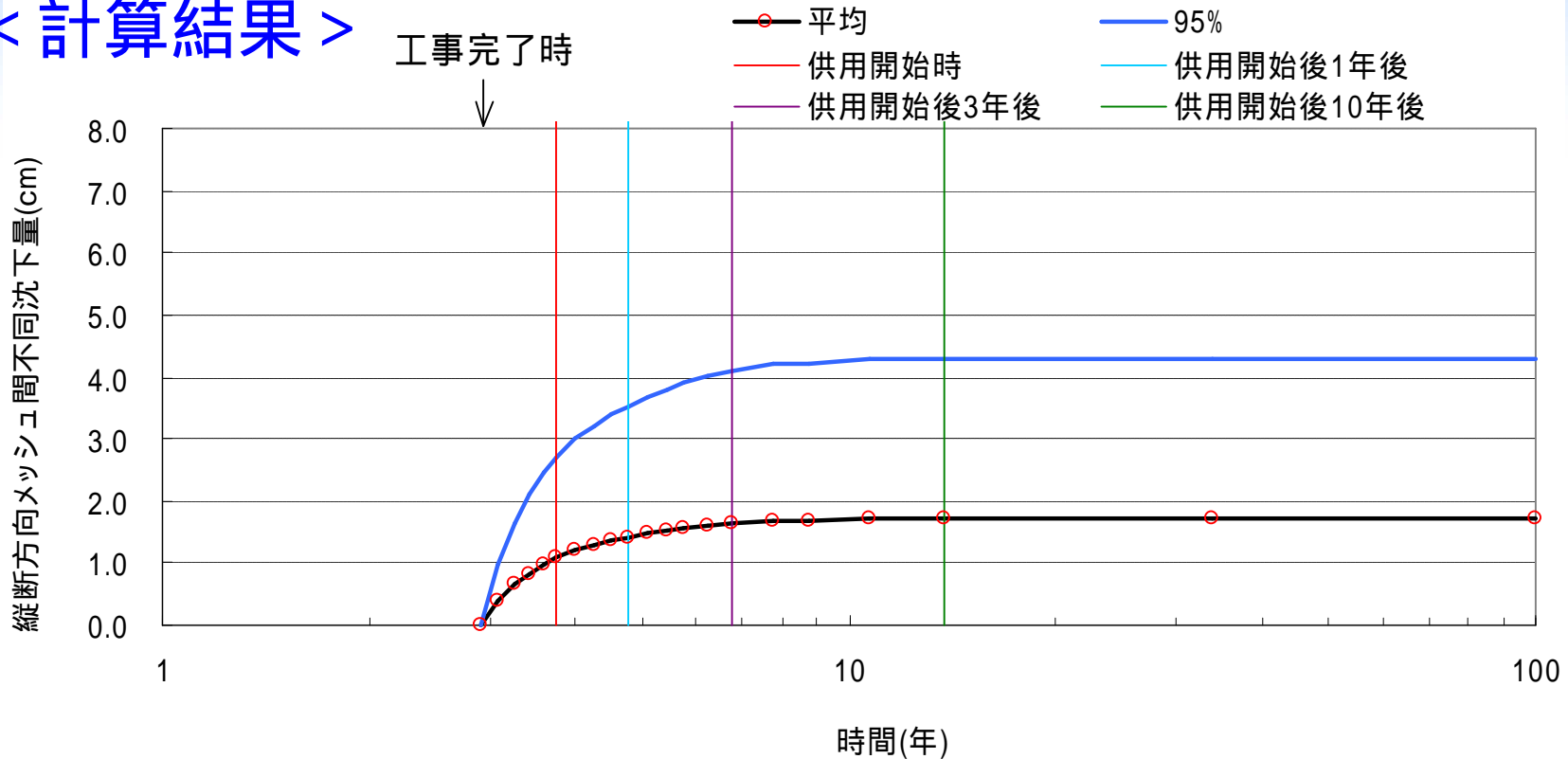
- ・ 土層構成と土質定数の地盤条件の空間的ばらつきや施工履歴を考慮した

3次元不同沈下予測シミュレーション (FUTO90)



■ 滑走路の不同沈下の予測

< 計算結果 >



縦断方向メッシュ間の不同沈下量は95%確率で4cm / 25m

工事完了より徐々に大きくなるが、供用後10年で収束

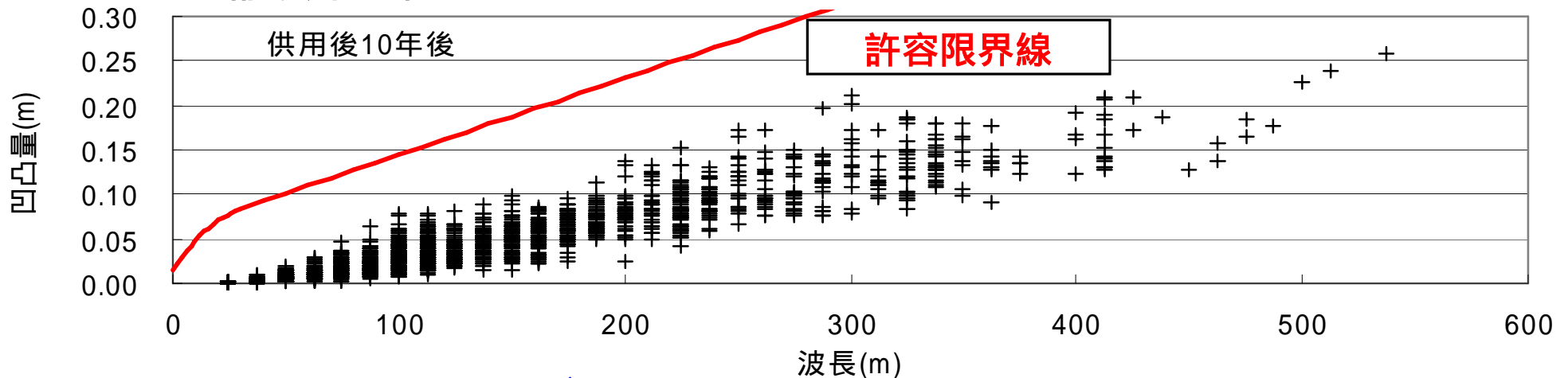
滑走路の不同沈下の予測

< 滑走路平坦性の評価 >

滑走路
勾配変化

縦断方向					横断方向				
時期	95%確率 最大値 (%)	大小	許容値 (%)	判定	時期	95%確率 最大値 (%)	大小	許容値 (%)	判定
供用開始	0.21	<	0.47	OK	供用開始	0.09	<	0.30	OK
供用1年後	0.25	<		OK	供用1年後	0.12	<		OK
供用3年後	0.26	<		OK	供用3年後	0.16	<		OK
供用10年後	0.26	<		OK	供用10年後	0.18	<		OK

舗装平坦性



滑走路勾配および舗装平坦性：

不同沈下が収束する供用10年後までの間で許容値内

■ 滑走路の不同沈下の予測

< 滑走路舗装構造への影響 >

時期	95%確率 最大値 (1/km)	大小	限界曲率 (1/km)	判定
供用開始	0.055	<	3.0	OK
供用1年後	0.068	<		OK
供用3年後	0.072	<		OK
供用10年後	0.075	<		OK

不同沈下が収束する供用10年後までの間で許容値内

■ まとめ

<土質のばらつき>

- ・ 95%確率で平均 ± 20cmの供用30年間の残留沈下量

<ウェル・マットレジスタンス>

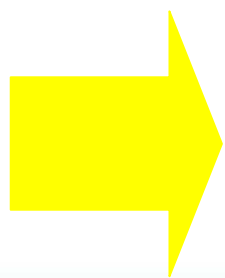
- ・ S D 打設長が設計値 ± 1.5mであれば、影響は少ない
- ・ S D 材透水係数が 10^{-3} cm/s以上であれば、影響は少ない
- ・ S M 材・埋立材の透水係数がともに小さくなると、10cm程度残留沈下が増加

<長期圧密沈下>

- ・ C は大きめに設定 今後の詳細に検討

<滑走路の不同沈下>

- ・ 滑走路平坦性や舗装構造への影響は少ない



**施工時の動態観測から実際の地盤状態を正確に把握し、
実際の施工履歴を考慮の上、3次元的に空港島の圧密
沈下を把握することが重要**