

10年を迎えた羽田空港C滑走路

東京空港整備事務所

①滑走路の沈下状況

①滑走路の沈下は北側
1.4m, 南側0.8~1.0m,
過去の予測沈下量は, 滑
走路縦断方向の沈下傾向
をよく再現

②滑走路の勾配変化

②整備目標水準に定め
勾配変化0.5%以下を
ほぼ満足

③FWD試験結果に基づいた 舗装の劣化程度

③C滑走路の舗装構造は
弾性係数の低下が見ら
れ劣化の可能性あり

■現空港への要請

既設施設の改修，新たな航空機導線の確保，C滑走路の耐震化

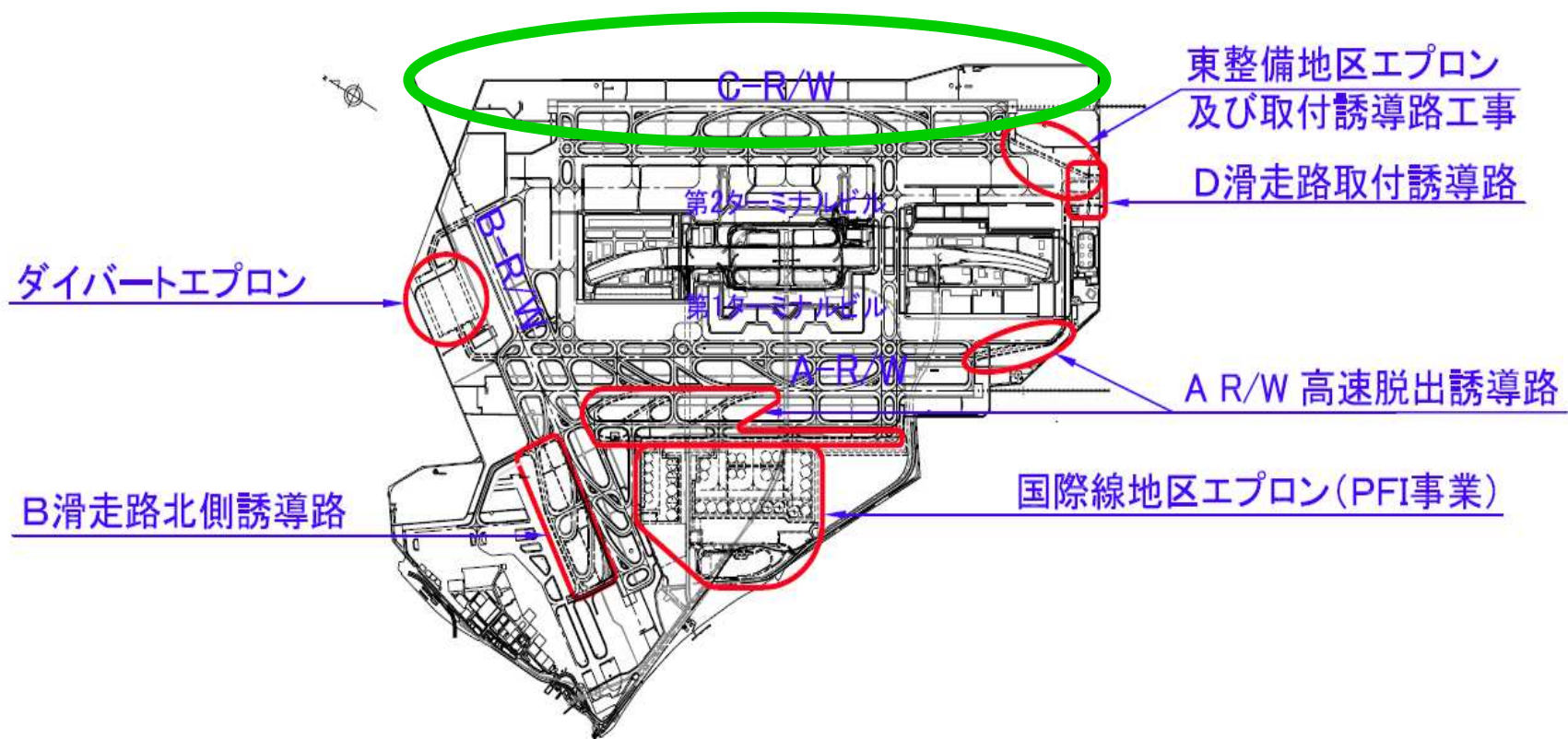


図-1.1 現空港内における新たな航空機導線の確保
(新設予定のエプロン及び誘導路 平成20年3月現在)

■C滑走路の地盤は、建設残土Bs, 浚渫粘性土Ac1, 在来地盤Ac2, 洪積層Dc1, Dsなどから構成

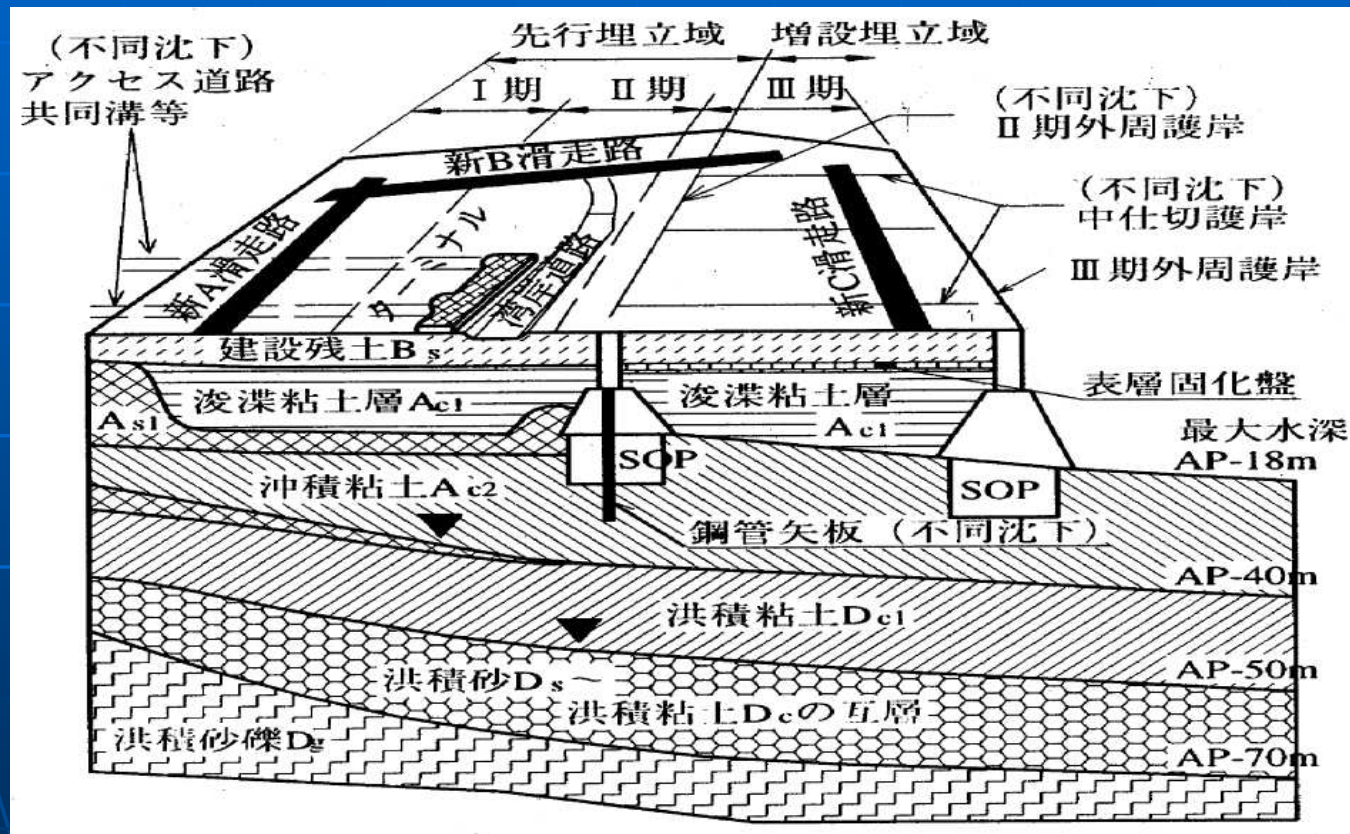


図-2.1 東京国際空港沖合展開地区の地盤
(南側からの鳥瞰▼沈下対象層下端深度)

■ 沈下対象層は, Bs, Ac1, Ac2, Dc1

・Ac1, Ac2は含水比や過圧密量に見られるように超軟弱地盤

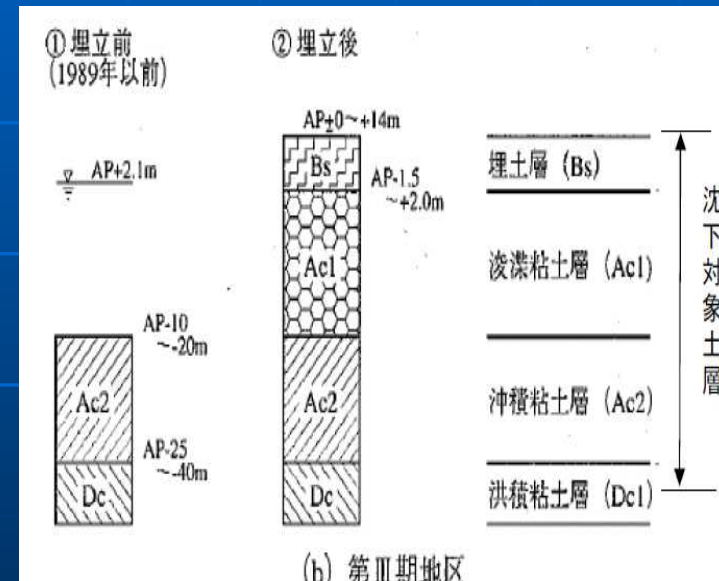
表-2.1 浚渫粘性土Ac1及び沖積粘性土Ac2の土性

土層	Ac1			Ac2		
地区	I 期	II 期	III 期	I 期	II 期	III 期
単位体積重量 $\gamma t(tf/m^3)$	1.2~1.9	1.3~1.9	1.2~1.5	1.5~1.6	1.4~1.8	1.4~1.7
自然含水比 $W_n(\%)$	30~200	30~170	60~250	60~110	40~110	60~130
塑性限界 $W_p(\%)$	20~70	20~70	50~140	50~120	40~130	60~120
塑性指数 *1 $I_p=W_L-W_p$	10~80	10~90	10~80	5~80	10~80	15~80
一軸圧縮強度 $q_u(tf/m^2)$	1.0~5.0	0.5程度	殆ど0	10~20	2~25	1~15
圧密係数 *2 $C_v(cm^2/d)$	70~200	70~200	10~100	700(100)	650(200)	800(100)
過圧密量 *3 $\Delta P_c(tf/m^2)$	0	0.1~1.7	未圧密	4~5	1~3	0
圧縮指数 C_c	0.4~1.5	0.3~1.4	0.2~0.9	0.7~1.4	0.4~1.5	0.5~1.8

(注) *1 : $I_p = W_L - W_p$ (W_L : 液性限界)

*2 : Ac1層は正規圧密領域の圧密係数,
: Ac2層は過圧密領域の圧密係数と()内に正規圧密領域の圧密係数を示す。

*3 : 過圧密量 $\Delta p = (\text{圧密降伏応力 } p_c) - (\text{有効土被り } p'_v)$



(沈下対象層, Bs, Ac1, Ac2, Dc1)

■供用中の空港に隣接するため制限表面から地盤改良深度-28m, 未貫通ドレーンの採用と残留沈下を許容する目標整備水準の設定

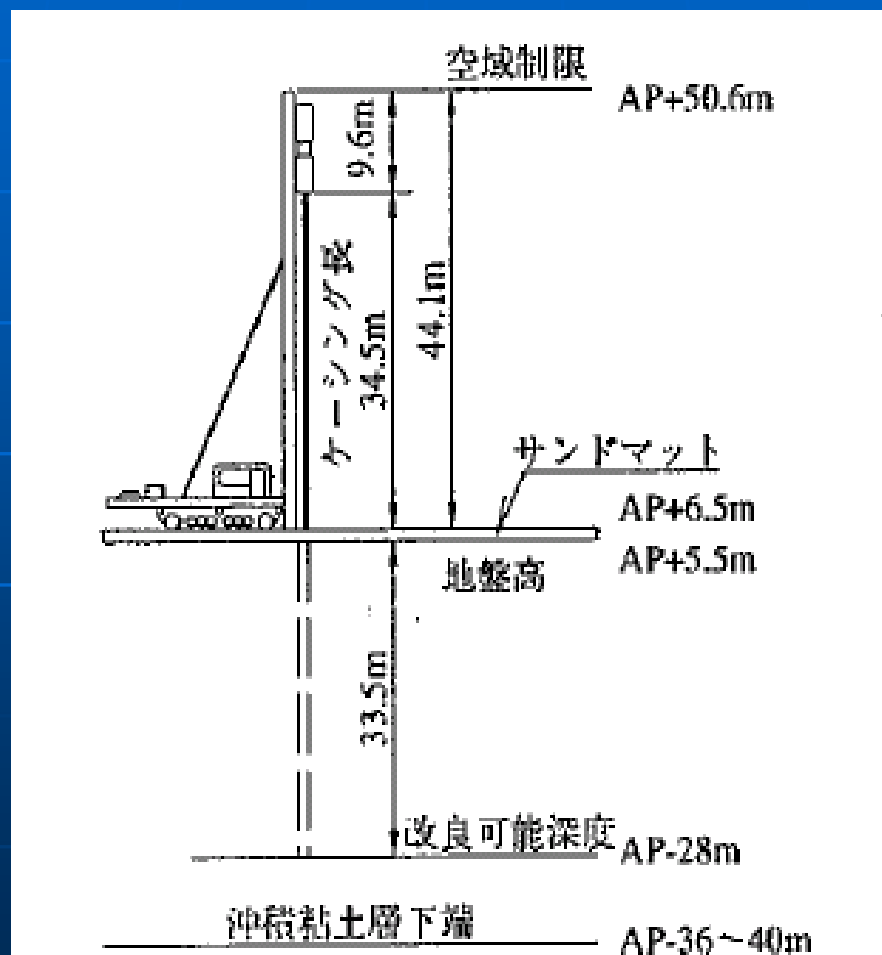


図-2.2施工機械高と制限表面

■Ac1層の圧密係数はAc2よりかなり小さいことからAc1層に補間ドレーン(プラスチックドレーン)を設置して両土層が同時期に沈下が収束するように圧密速度をコントロール

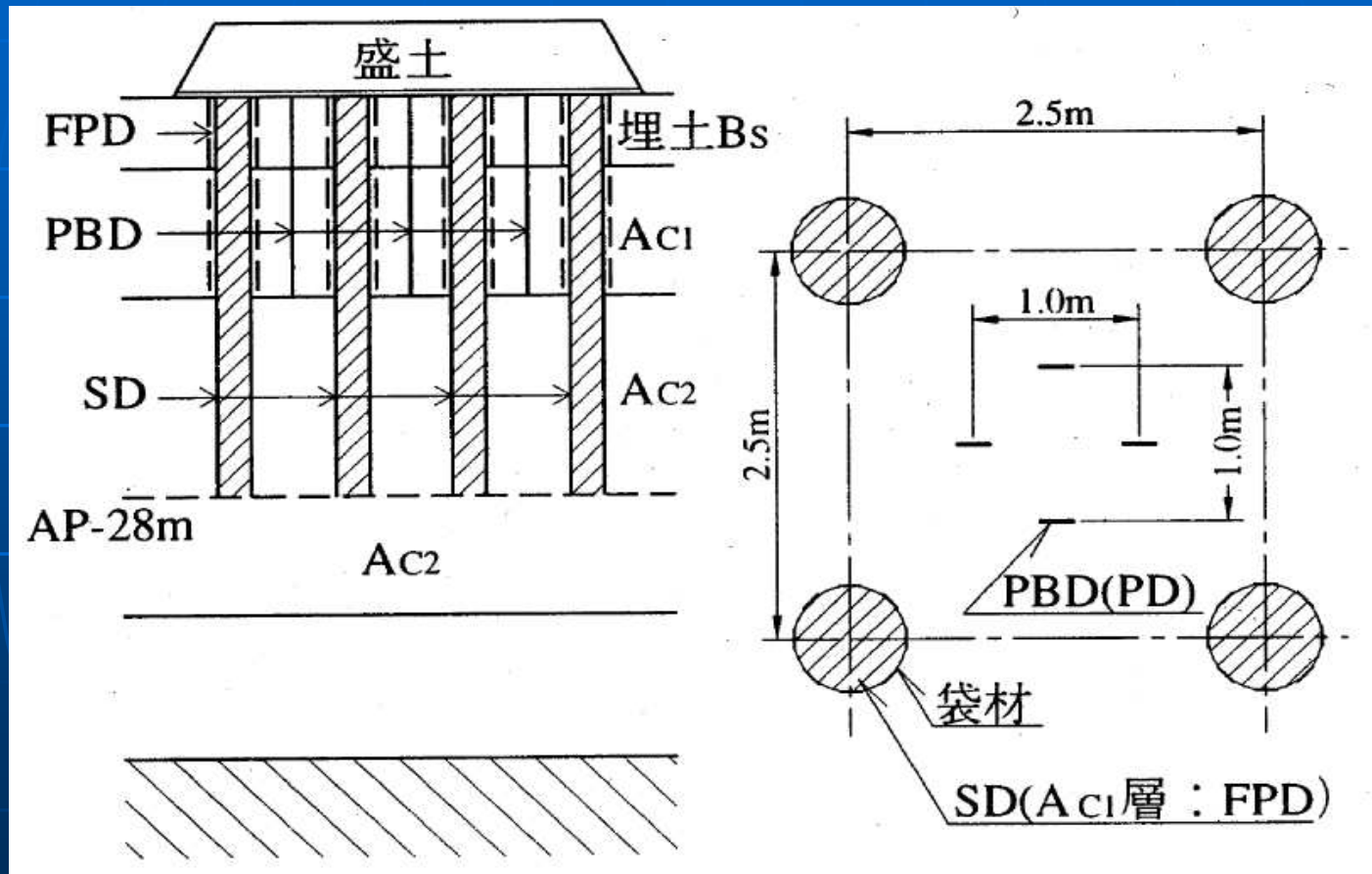


図-2.3 複合バッチカルドレーンの配置事例

■未貫通ドレーンの圧密沈下量は、間隙水圧分布の解析に基づき、仮想排水面をドレーン下端より($De/2$)上側に仮定した1次元の両面排水条件で計算。 De はドレーン水平方向の排水長

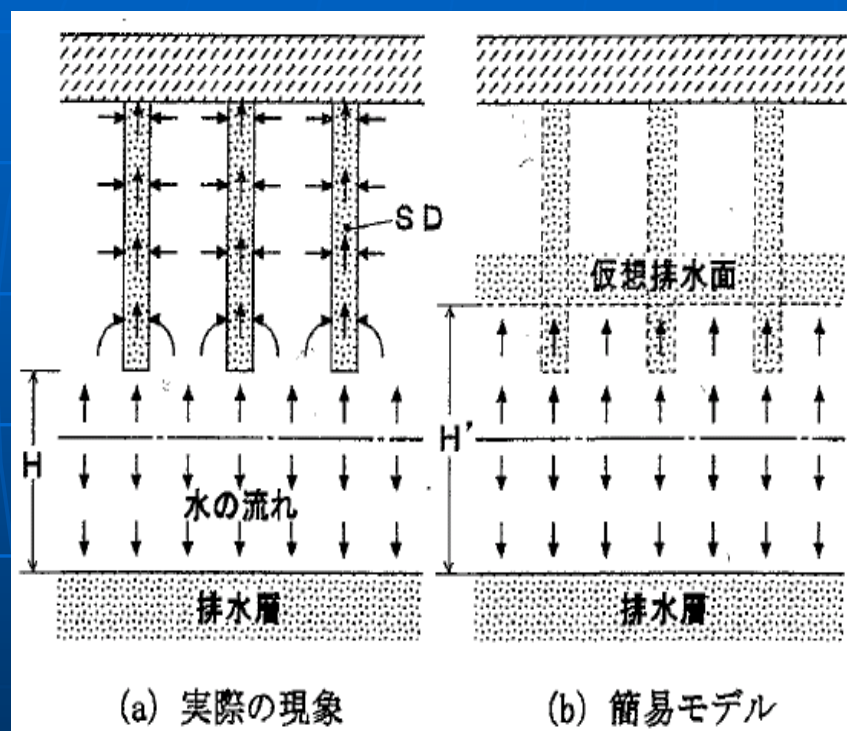


図-3.1 未貫通ドレーンの圧密排水条件と簡易モデル化

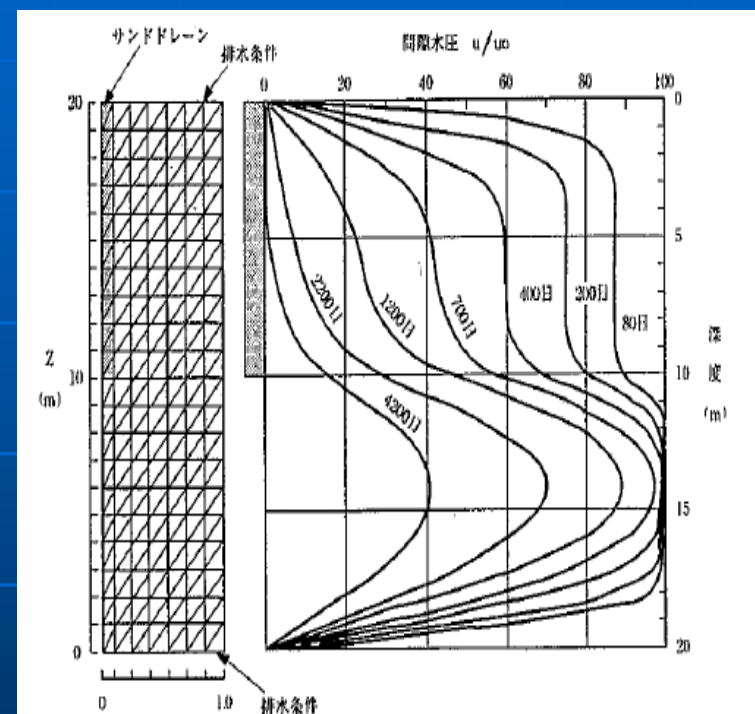


図-3.2 未貫通ドレーンによる改良地盤の間隙水圧の深度分布(FEM計算結果)

■高い精度の圧密沈下の予測値を取得するために動態観測結果を活用し、最終的に余盛り撤去後の将来沈下量を設定

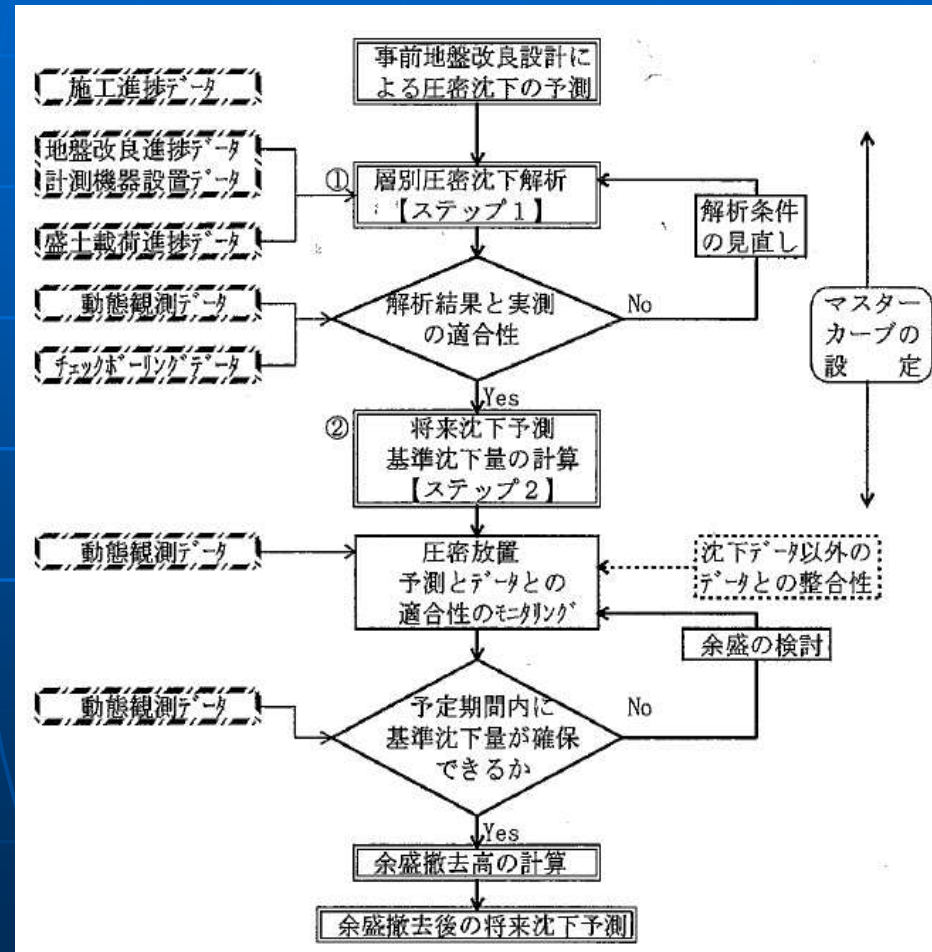


図-3.3 情報化施工による圧密管理の手順

- 沈下を許容することから整備目標水準を設定
- ・ 予測沈下量のチェックポイントとして沈下量1.5m以下，勾配変化0.5%以下，最大不同沈下率は供用後10年間で0.5%以下

表-3.1 Ⅲ期地区C滑走路の整備目標水準

	第Ⅰ期地区		第Ⅱ期地区		第Ⅲ期地区
	滑走路、誘導路	排水溝	エプロン、滑走路、GSE通行帯等	モノレール、トンネル部等	滑走路、誘導路、エプロン
施工期間中の許容沈下量	舗装から供用開始10年後まで50cm以下	全残留沈下30cm以下	50cm以下	50cm以下	50cm以下
供用後10年の許容残留沈下量			50cm以下	50cm以下	150cm以下
供用後50年の許容残留沈下量			100cm以下	70cm以下	200cm以下
勾配変化	0.5%以下				
最大不同沈下率(部分勾配)	供用後10年間で0.5%以下				

■ 10年後のC滑走路の沈下量は、北側1.2m以上、
南側0.8～1.0m程度と予測

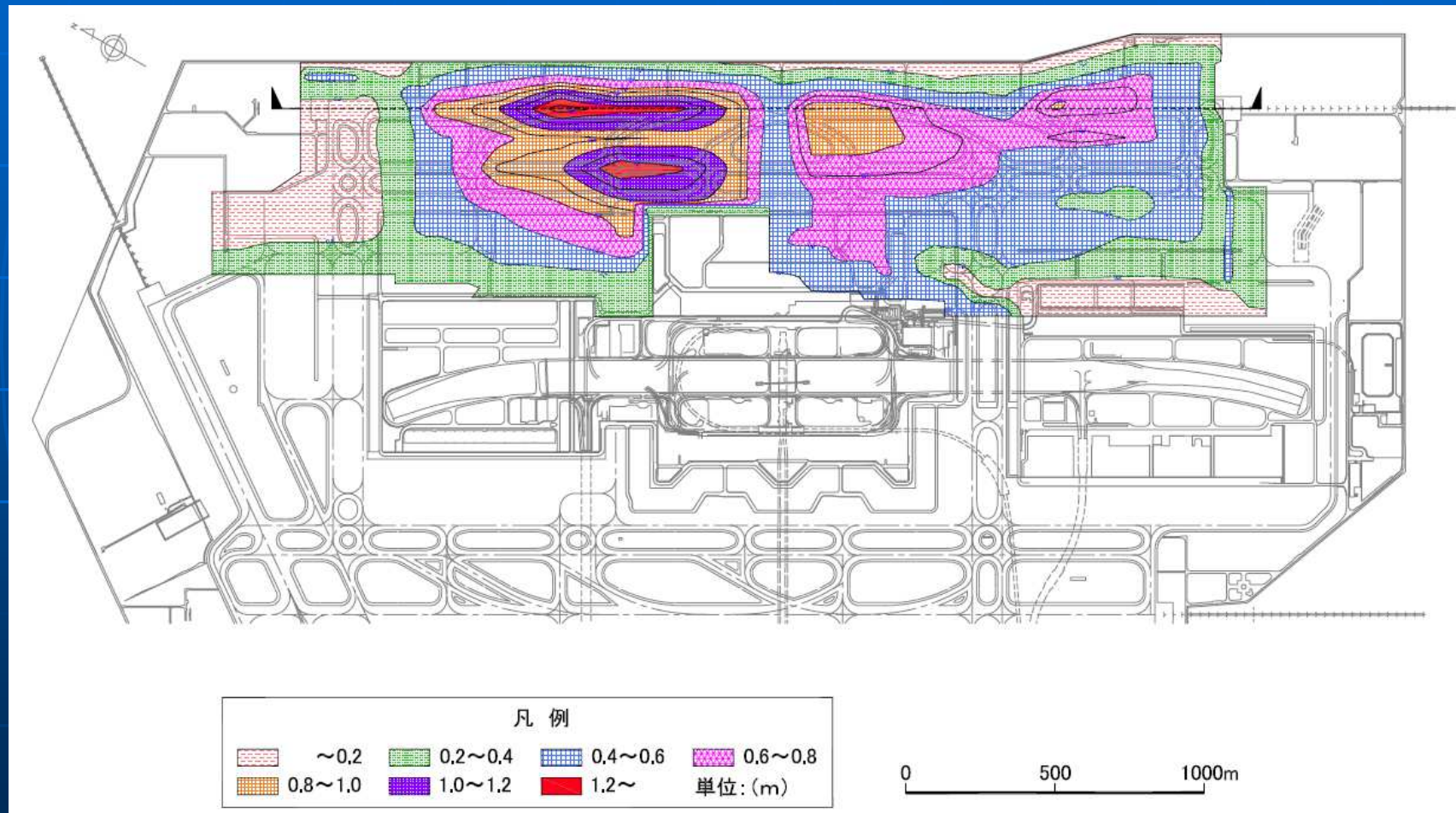


図-4.1 C滑走路地区 供用開始後10年の残留沈下予測

■観測沈下量は、北側1.4m、南側0.8～1.0m。予測値は、観測値との局所的な乖離はあるものの滑走路の縦断方向の沈下傾向をよく再現している

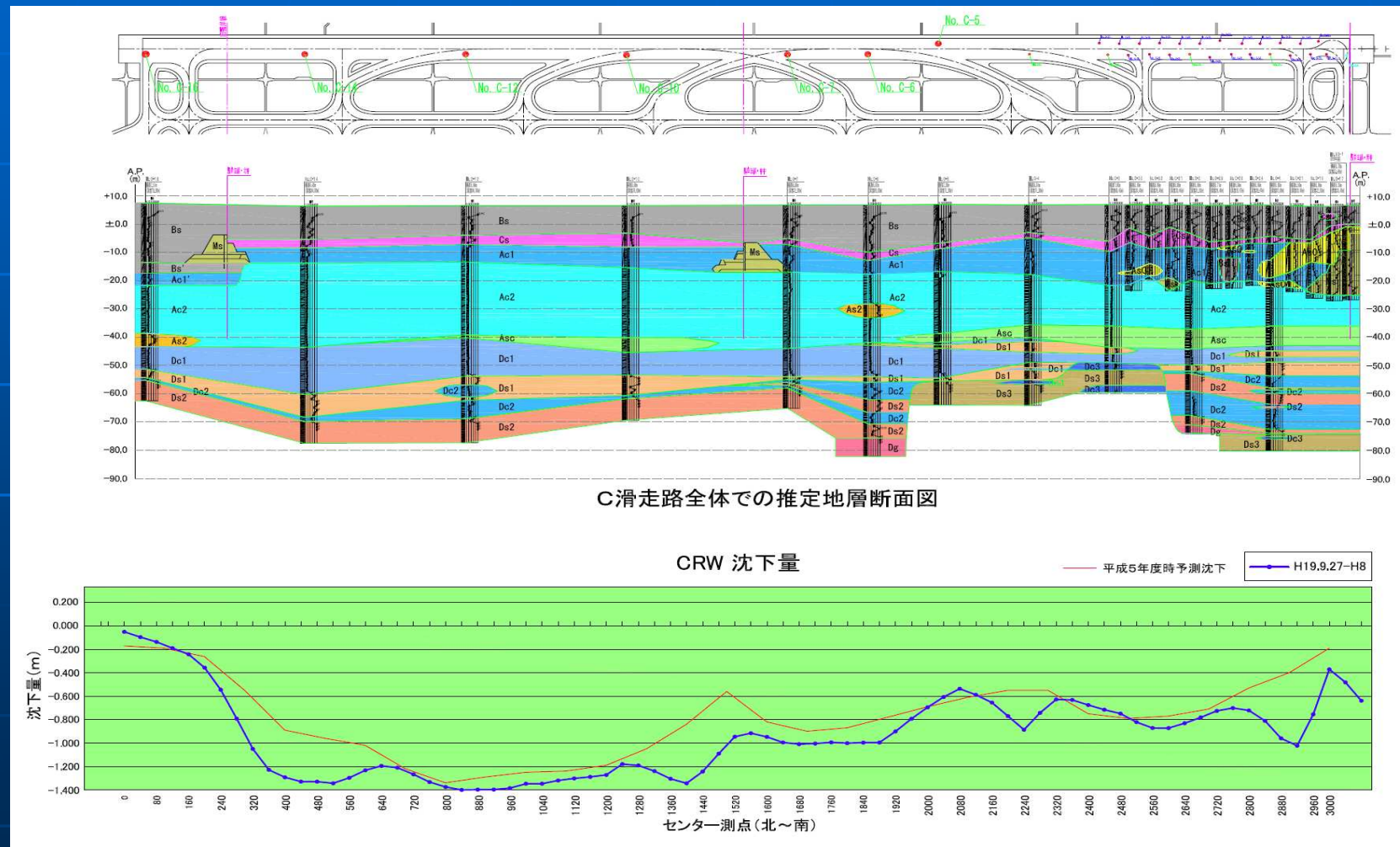


図-4. 2 予測沈下量と観測沈下量の比較

■滑走路の横断勾配1.0%，縦断方向勾配滑走路末端部 L/4 0.8%，その他1.0%

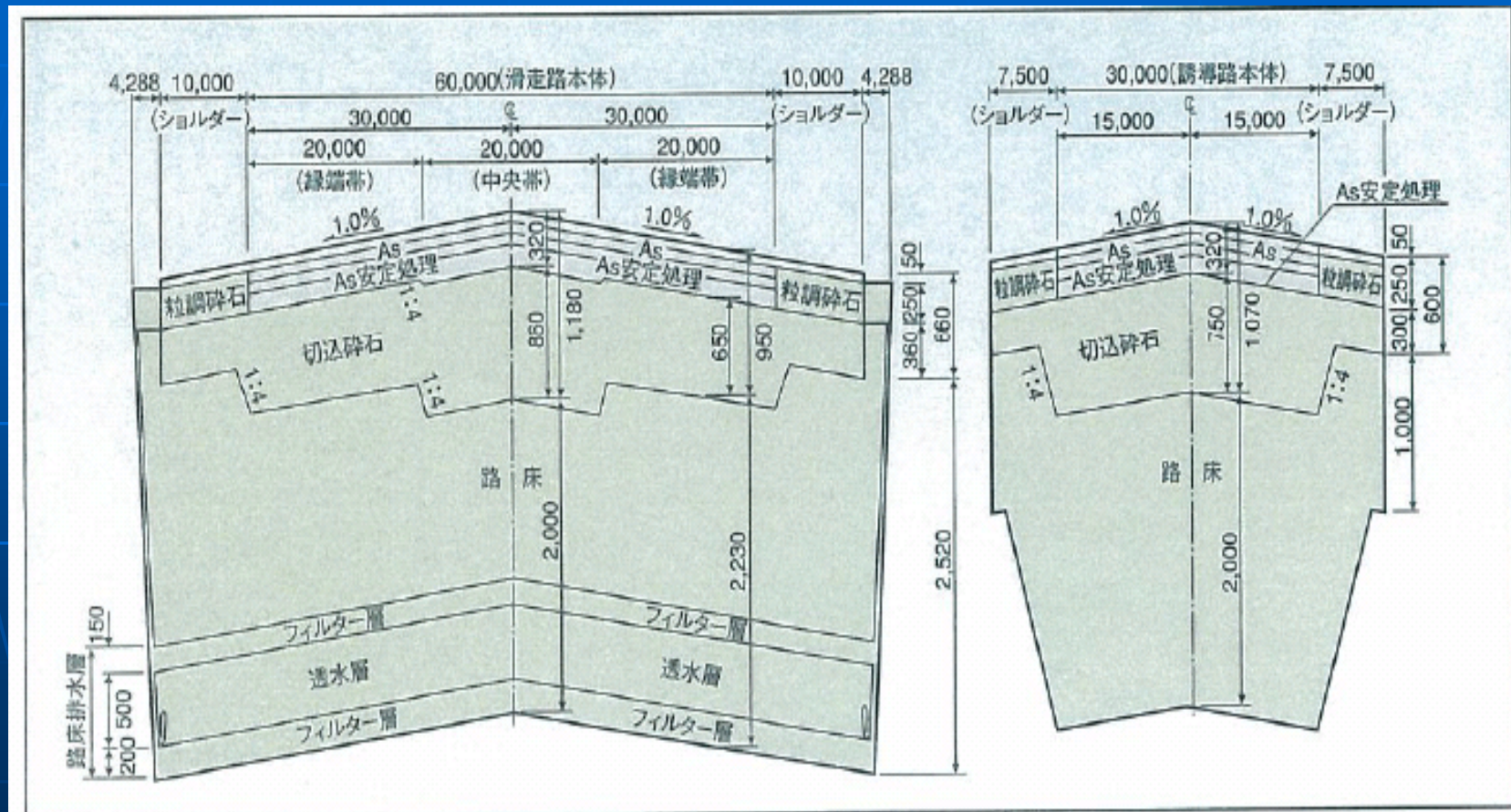


図-5.1 C滑走路の標準断面

■滑走路北側沈下量1.4mのCRW840の横断勾配は0.7%の逸脱量であるが、大部分は南側CRW2760に示すように1.0%を確保している

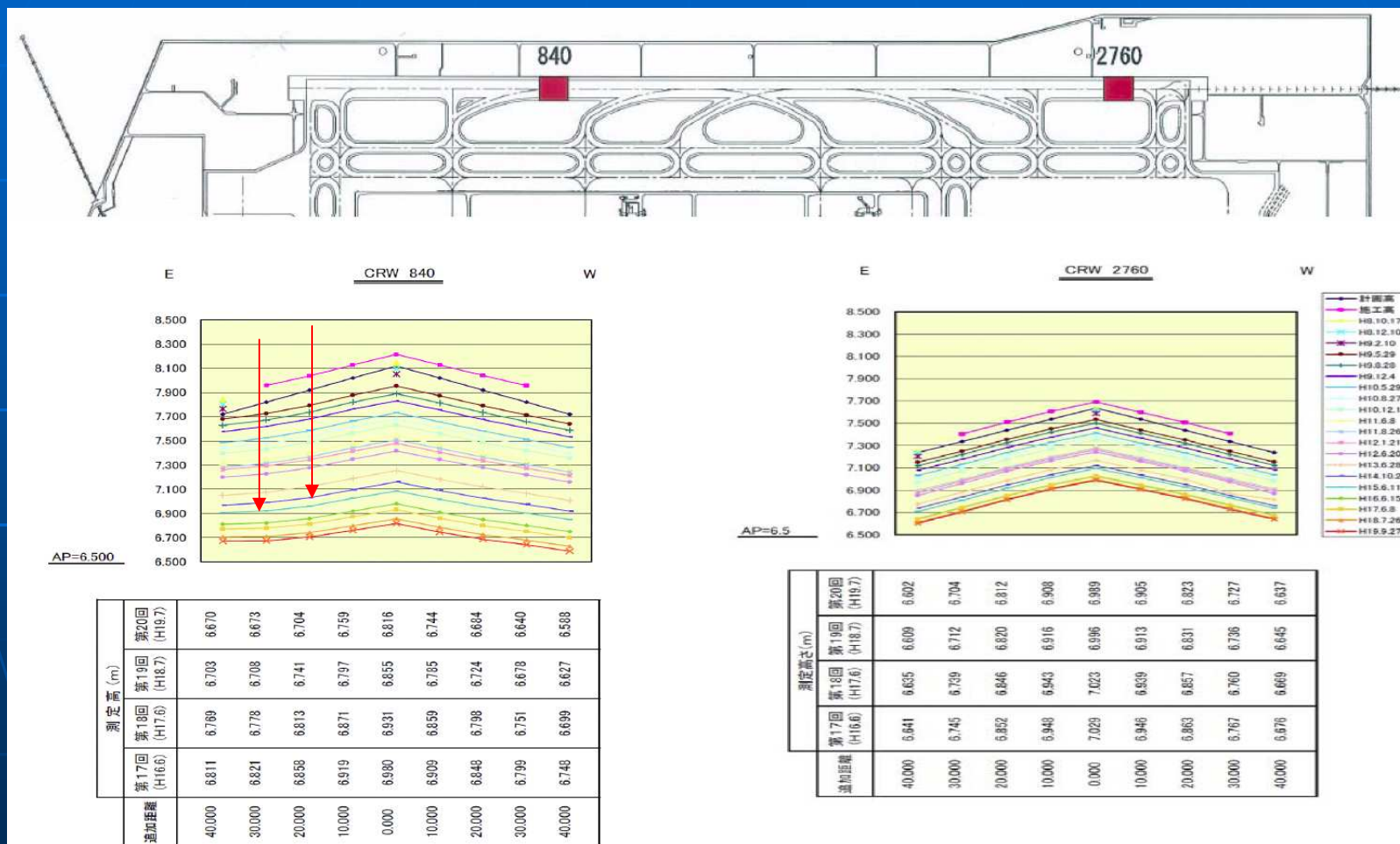


図-5.2 C滑走路の横断方向の勾配変化(平成8~19年)

■滑走路縦断方向の勾配は規定勾配を満足する中で、更に厳しい整備目標水準0.5%を満足できない箇所が2カ所生じているが、殆どの部分の勾配変化は0.5%以内

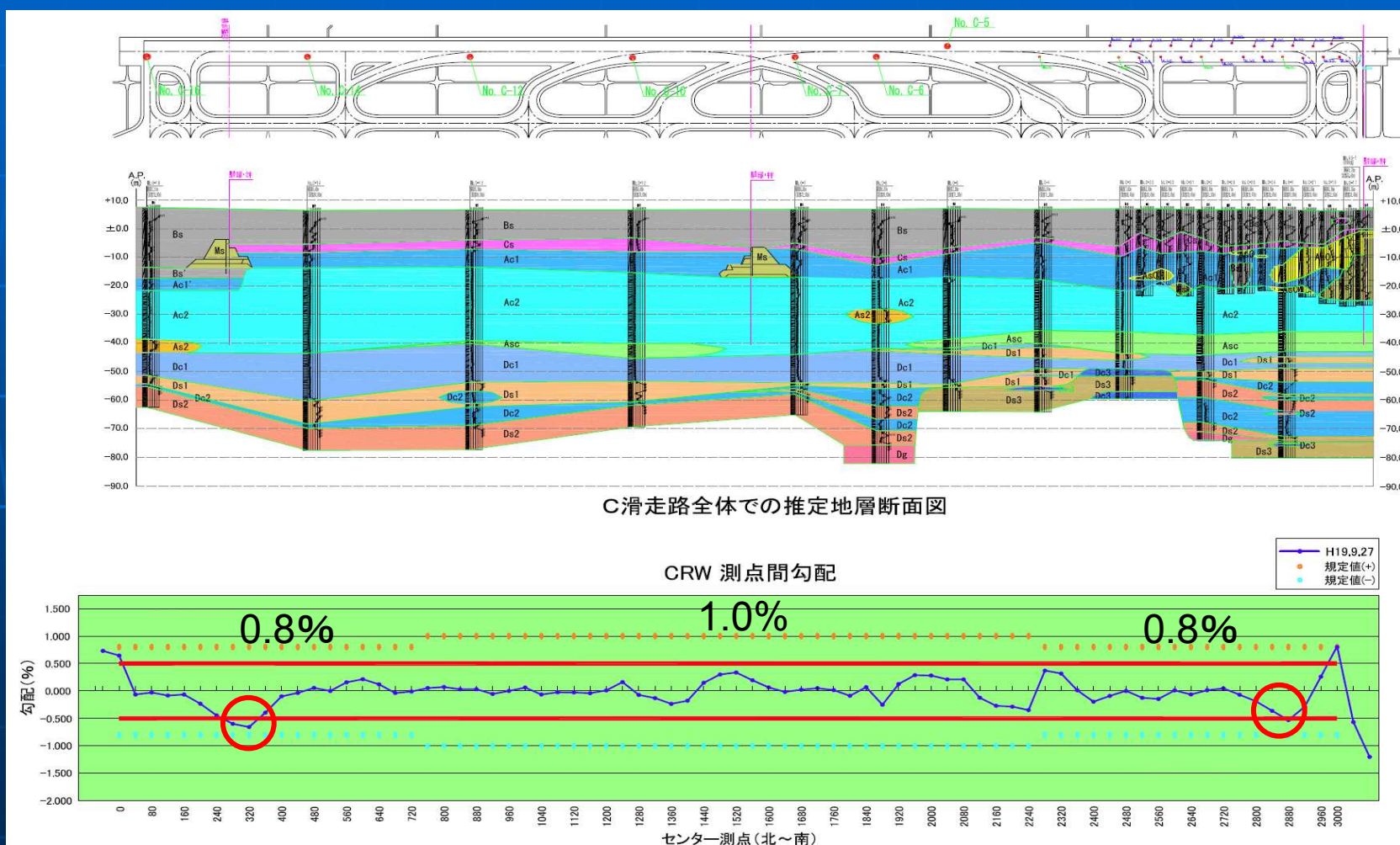


図-5.3 C滑走路縦断方向の勾配変化

■FWD試験結果から航空機荷重により発生するアスファルト混合層下面の水平ひずみ，路床上面の鉛直ひずみ及び滑走路縦断方向の弾性係数の推移を解析

①FWD試験(100m毎)から各地点の測定たわみ(載荷版中心から0, 30, 45, 60, 90, 150, 250cm)を用いて逆解析を行う。逆解析では，たわみ，層厚(アスファルト混合層厚，路盤厚)，FWD載荷荷重(200kN)を既知として，路盤，路床の弾性係数を算出

②逆解析により推定された各層の弾性係数について，温度補正と載荷速度補正を行い，補正された弾性係数を使用して，航空機荷重(LA-1, B747-400)が載荷された場合にアスファルト混合層下面に生じる水平ひずみと路床上面に生じる鉛直ひずみを多層弾性解析プログラムを用いて算定

③算出されたひずみと国総研で基準値として使用している基準ひずみを比較することで，アスファルト混合層及び路床の損傷程度を算出する。解析値／基準値が 1.0 を超えている場合は，航空機荷重によって基準ひずみより大きなひずみが発生している可能性があると考えられる。

ここで基準ひずみとは，アスファルト混合層や路床に対する力学的試験から得られたものではなく，各層の弾性係数が標準的な値であり，かつ舗装厚も標準的な厚さであるときに，設計航空機荷重により発生するひずみを解析的に算出したものである。規準ひずみの値は，調査を行った CRW の場合，アスファルト混合層 $250\mu \sim 300\mu$ (引張ひずみ)，路床 $600\mu \sim 800\mu$ (圧縮ひずみ)である。

図-6.1 航空機荷重による発生ひずみと劣化可能性評価の解析手順

■ 滑走路南側(離陸待機位置)で航空機荷重が作用したときにアスファルト混合層下面での水平ひずみが規準値を超過



図-6.2 C滑走路のアスファルト混合層下面の水平ひずみと規準値の比較

■滑走路南側(離陸待機位置)で航空機荷重が作用したときに路床上面の鉛直ひずみが規準値を超過



図-6.4 C滑走路の路床上面の鉛直ひずみと規準値の比較

- 水平ひずみ ε_h はアスコン下面に生じる水平方向の最大引張ひずみ，概ね滑走路横断方向に発生
- 鉛直ひずみ ε_v は路床上面に生じる最大圧縮ひずみ

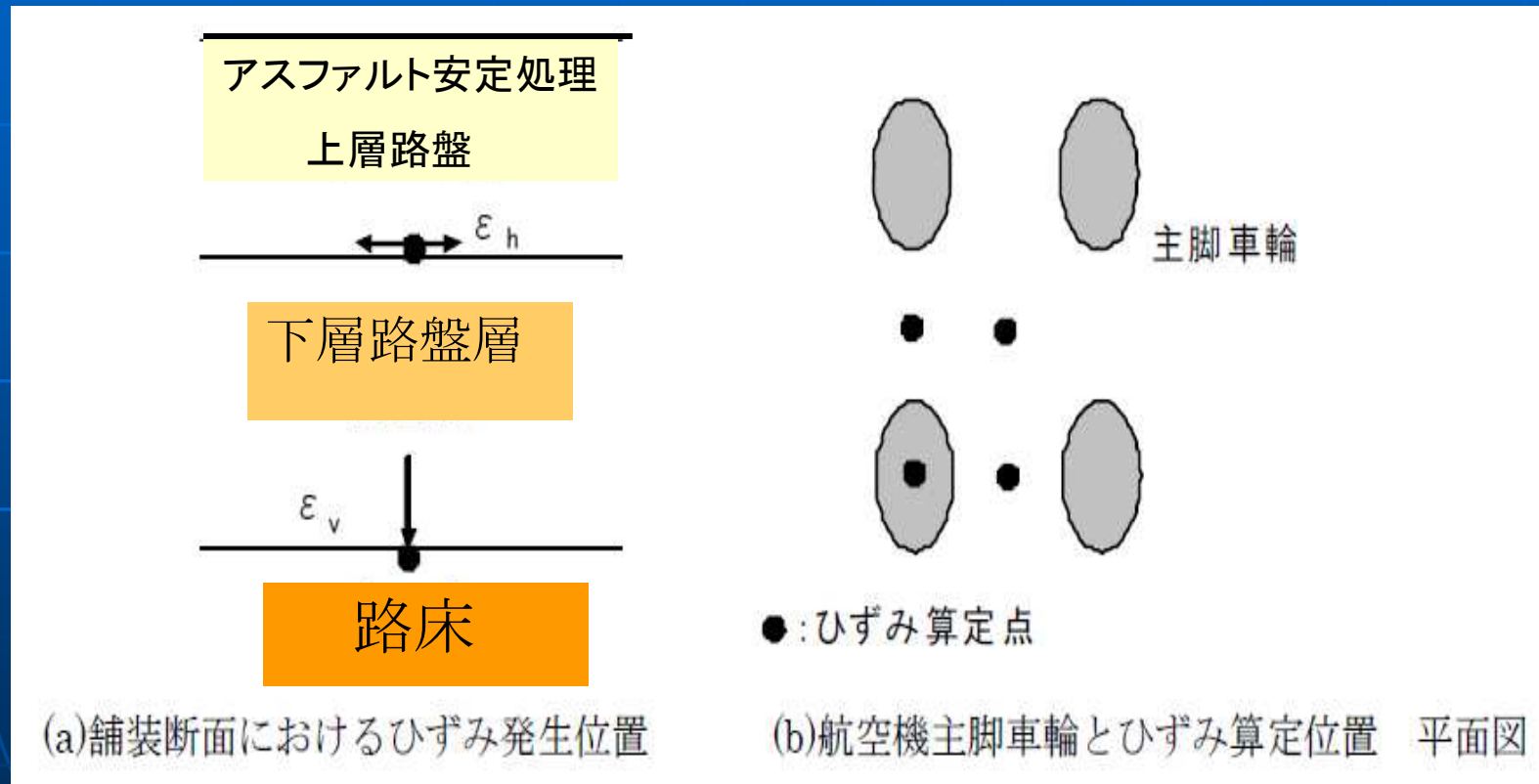


図-6.3 アスファルト混合層の下面に発生する水平ひずみ ε_h

路床上面に発生する鉛直ひずみ ε_v

■ アスファルト混合層の弾性係数は年々低下していることから滑走路全体が劣化している可能性あり

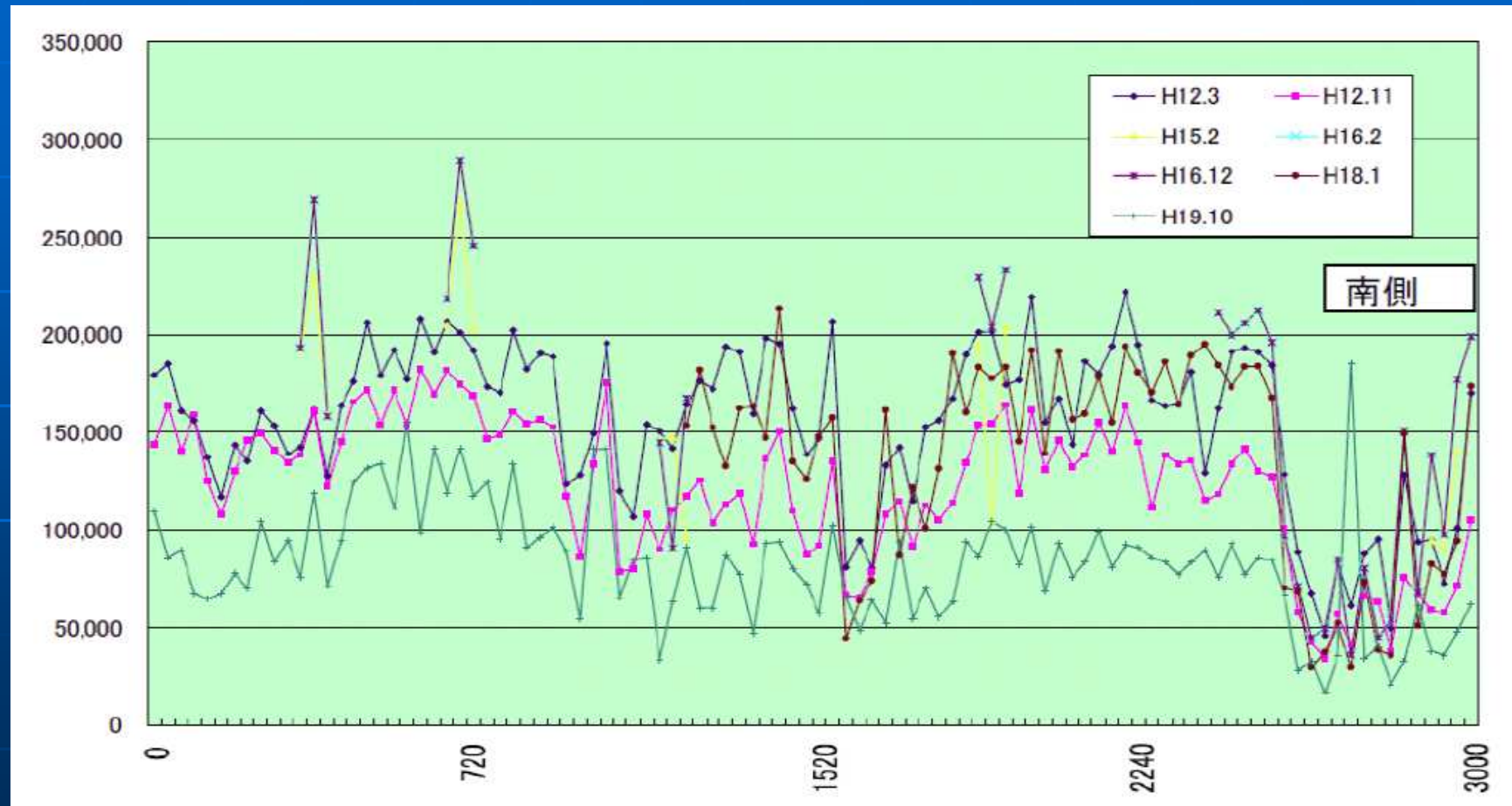


図-6.5 C滑走路の逆解析アスコン弾性係数の推移
(弾性係数の単位はkgf/cm²)

(1)C滑走路の予測沈下量と観測沈下量との比較

①未貫通ドレーンや複合バーチカルドレーン工法などを適用した圧密沈下量の予測値は、平成8年から19年までの約10年間に生じた滑走路縦断方向の沈下傾向をよく再現している。

②観測された沈下量は、滑走路北側において1.4m、南側で0.8～1.0m程度であり、設計段階で定めた目標整備水準の「供用後10年経過した沈下量は、1.5m以下」を満足している。

③滑走路の改修にむけて、建設当時のマスタープランに示されている南側(C-34側)AP+7.0m、北側(C-16側)AP+7.5mを基点として不同沈下などを考慮した適切な計画高を再設定する必要がある。

(2) 滑走路の勾配変化

- ①C滑走路の横断方向において勾配変化0.5%を超えている部分は滑走路北側の一部であり、殆どの横断方向の勾配は、目標整備水準「供用後10年間で0.5%以下」を満足している。
- ②滑走路の縦断勾配については、規定勾配を満足する中で、更に厳しく設定された目標整備水準 $\pm 0.5\%$ を一部で満足できない部分(北側1カ所、南側1カ所)がある。
- ③滑走路の改修に向けて、これまでの沈下傾向を踏まえ、部分勾配 $\pm 0.5\%$ 以内となるような適切な縦横断勾配を再設定する必要がある。

(3)C滑走路の劣化程度

①C滑走路の南側付近で局部的に航空機荷重による発生ひずみが規準値を上回っており、劣化している可能性がある。また平成12年から平成19年までのC滑走路のアスファルトの弾性係数の推移においても弾性係数が年々低下していることからC滑走路全体のアスファルトが劣化している可能性がある。

②滑走路の改修にむけて、表層、基層、路盤、路床の各舗装構造のうち、どの部分が劣化していてどの程度の改修を必要としているか、また劣化している面的な範囲はどこまでかを適切に設定する必要がある。