

I-B 339

空港滑走路の液状化対策に関する一考察

日本工営 正員 ○大角恒雄 白石 哲

運輸省第一港湾建設局 田所篤博 高橋信幸

1. まえがき

供用中の既設滑走路等下部地盤における液状化対策工の検討に資するため、対策工に関する基礎資料の収集・整理を平成2年度から実施し、最適工法の検討を行ってきた。1995年の阪神・淡路大震災では、構造物が液状化で大きな被害を受けた。しかし、液状化対策としては、大地震においても全く被害を受けない対策は莫大な工費を要し、非現実的な対策計画となる。よって、ある程度の舗装面の被害を前提とし、早期復旧と組み合わせた対策工が現実的となる。対策工を検討するにあたり、液状化による沈下量を把握するために、震度法により改良体の構造を決定した後、動的解析による沈下量の把握を実施し、その結果を踏まえた対策工の一考察をここに述べる。

2. 検討手法

(1) 解析モデル

地盤-構造物の動的相互作用を全応力解析として扱う2次元有限要素法動的応答解析プログラム(Super-FLUSH)の地盤内応力の算定を行ない、西ら¹⁾の方法により過剰間隙水圧の発生消散を考慮し、等価線形解析で得られたせん断応力から間隙水圧の発生量を算出し、同時に有効応力に基づいた消散解析(CONSEP-G)を行なった。その結果を用い、有効な対策工種の選定および改良地盤と直下地盤等の応答分布の概略把握を行なった。また、入力地震動は、1968年十勝沖地震における八戸港の記録を最大振幅200galに調整して行った。検討ケースは、対策工種の検討として以下の3ケースを実施した。

- 1) 無対策 (CASE-1)
- 2) 舗装の両側を深層混合処理 (CASE-2)
- 3) 舗装の両側を深層混合処理+舗装下部を注入工 (CASE-3)

(2) 解析物性

解析に用いた物性を表-1に示す。ひずみ依存曲線は既存試験結果^{2)~3)}が示す砂質土の代表的な曲線を用いた。

深層混合処理工法の物性は、平均せん断強度 $\bar{\tau}=1\sim5\text{ kg/cm}^2$ に変化させて解析を行い、対応する変形係数を既存試験結果^{4)~5)}から設定した。対策工は滑走路両側を地盤処理し、改良体の剛性は $12,200\text{ tf/m}^2$ を用い、幅は20mが現実的との比較検討を別途得た。

3. 結果および考察

図-2に地震終了時の過剰間隙水圧比および留変位量の算定一覧を示す。過剰間隙水圧比は、 A_{s1} 層のほぼ全域で完全液状化の0.9以上の値となり、対策工を施した場合は、液状化の範囲が軽減している。残留変位は、無対策は滑走路中央で8.2 cmの残留変位が生じるのに対し、改良地盤のみでも1.5 cmと変量は1/5以下と激減する。注入工を加えた場合は、さらに0.6 cm減少する。表-2に滑走路舗装面(要素番号624)および路床部(要素番号787)の主応力値を示す。構造物破壊は、地盤の変状によるものとし、間隙水圧発生・消散解析の主応力を比較した。また、被災後の復旧をオーバーレーで処理できる基準としては、路床部に発生する主応力

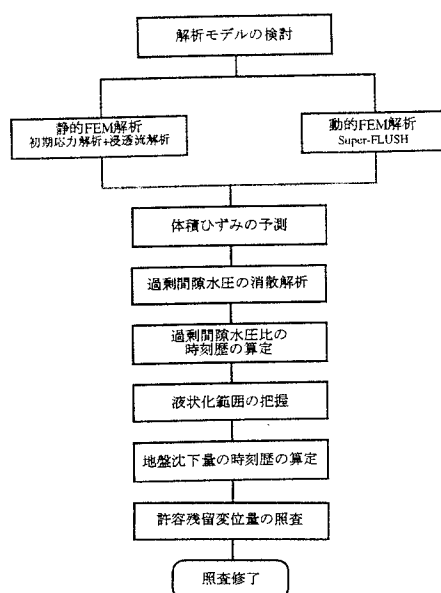


図-1 液状化解析の手順

表-1 地盤の解析諸定数

	ポアソン比	密度 tf/m ³	初期せん断弾性 係数 G_0 tf/m ²
舗装面	0.20	2.30	0.417×10^6
深層混合処理土	0.30	1.74	$12200 \sim 21800$
注入土	0.49	1.75	6900
As1層(砂)	0.47	1.74	1740
As2層(砂)	0.48	1.86	8370

を比較し、被害事例等を踏まえ、対策後どの程度応力が低減するかを比較した。舗装面は、大きな引張が発生し、対策により、軽減するが十分ではないと思われる。路床部は、滑走路両側を地盤処理したケースでは、著しい軽減が得られる。さらに注入工を施すと、主応力は無対策と同程度であるが、注入部分の強度増加が見込まれるため、健全であると思われる。

上記比較検討により、深層混合処理と注入工を併用することは望ましいが、供用中の滑走路である制約や工費の増加を考慮すると、改良地盤のみの効果も大きいことは見逃せない。また、滑走路両側を処理することにより、止水壁としての効果により液状化による被害の軽減が計れるものと思われる。

4. あとがき

今回の検討では、土木学会の第二次提言⁹⁾で示されたレベル1に対応する地震程度を荷重として考えたが、今後、空港施設の具体的地震荷重が決定されれば対応する検討が必要となる。なお、実際の対策工設計および工事に移行する場合は、今後、詳細な地盤調査等が必要となり、調査結果を踏まえた解析の精度を向上させることが今後の課題となる。

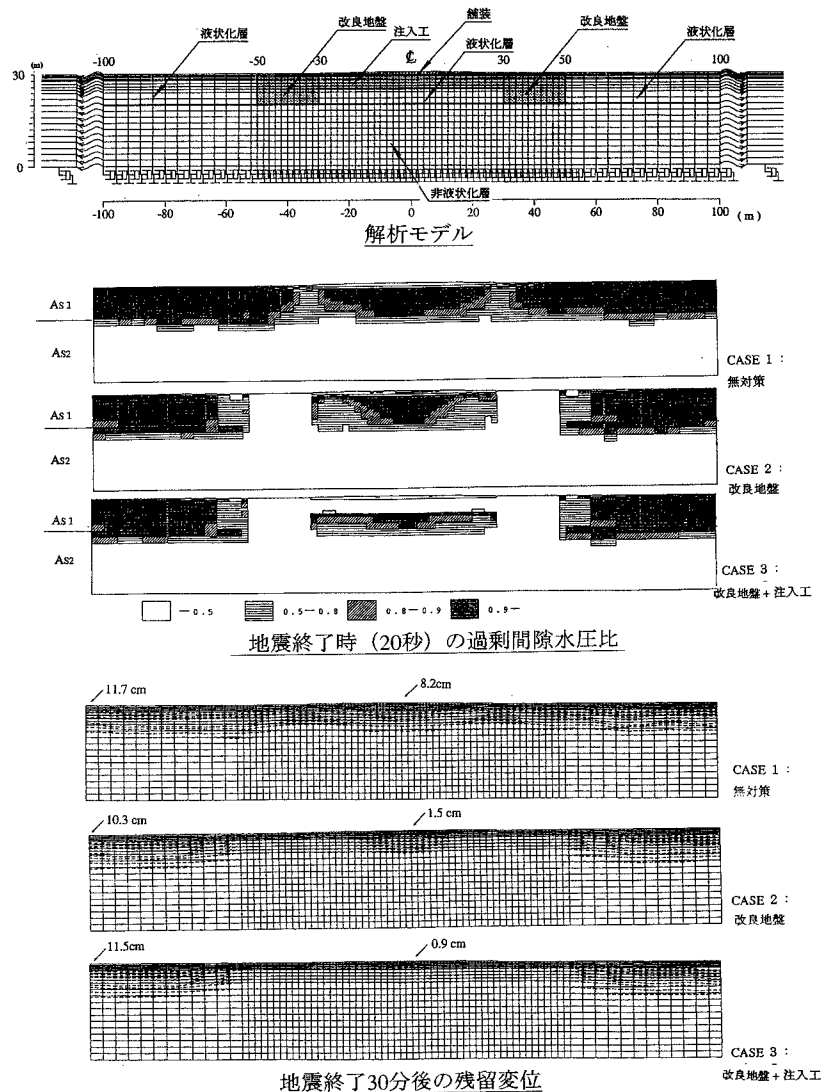


図-2 解析結果

表-2 間隙水圧発生・消散解析の舗装面および路床部の主応力

	CASE-1		CASE-2		CASE-3	
	最大主応力	最小主応力	最大主応力	最小主応力	最大主応力	最小主応力
舗装面 No.624	2.52	-29.1	2.38	-13.5	2.32	-23.5
路床部 No.626	3.23	1.04	0.41	-0.85	3.18	-2.18

単位: tf/m^2

5. 参考文献

- 1) 西ほか：地震時における基礎地盤の安定性評価（その1）—動的解析に基づく砂・砂礫地盤の安定性評価手法の開発—、電力中央研究所報告 1986
- 2) 空港高盛土工設計指針 運輸省航空局 S59.10
- 3) 港湾の施設の技術上の基準・同解説／日本港湾協会H1.2
- 4) 寺師ほか：石灰・セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究（第3報）、港湾技術研究所報告、Vol.22、No.1、1983.3
- 5) 稲富ほか：深層混合処理工法による浮き型改良地盤の地震時挙動、港湾技術研究所報告、Vol.25、No.4、1986.12
- 6) 土木構造物の耐震基準等に関する「第二次提言」土木学会 1996.1.10