

III-116 有効応力解析による空港土木施設の液状化対策範囲とその変形特性の検討

運輸省港湾技術研究所 正員 ○井合 進
同 上 正員 松永康男

1. まえがき 空港土木施設は、滑走路に代表されるように広大なものであり、液状化対策が必要な場合には、効率よくその範囲を決定する必要がある。これら空港土木施設に対して、対策範囲とその効果の関係を明らかにするため、最も基本的な構造物である滑走路の横断面を対象として、液状化対策範囲と滑走路に生じる変形特性について、二次元有効応力解析手法により検討を試みたので報告する。

2. 有効応力解析の概要 解析モデルは、応力ひずみ関係を、任意の方向に対して双曲線型の単純せん断モデルを仮定し、それを重ね合わせた多重せん断機構^{1), 2)}により表現し、塑性せん断仕事およびせん断応力比の関数として過剰間隙水圧を表現している²⁾。

3. 解析断面・条件 滑走路の構造・地盤断面は、空港あるいは場所により様々である。ここでは、液状化による滑走路の一般的な変形特性を把握するために、表-1に示すように滑走路の構造・物性を決定した。図-1に本解析で用いた代表的な解析断面および改良範囲を示すとともに、解析を行った全てのケースを表-2に示す。解析に用いた地盤の物性値は、文献³⁾を参考にして決定し、基盤をGL-30mに設定した。GL-14mまでが、N値11以下の砂地盤であり、液状化の可能性がある。GL-14m以深は、N値30と、かなり強固な地盤となっている。改良部の物性には、GL-14~-30mの値を用いることとした。

入力波形は、八戸波のN-S成分(時間間隔0.01秒、2000データ)で最大加速度を250Galとした。境界条件は、下方を固定基盤とし側方を自由地盤とした。また、両側面で変形が同一になるような条件を加えた。動的解析は、非排水条件で行い、積分手法はWilson- θ 法($\theta=1.4$)とし、レーレー減衰($\alpha=0.0, \beta=0.0016$)を剛性の低下に応じて低減させる形で用いた。

4. 解析結果および考察 滑走路頂部の水平および鉛直残留変位量をまとめて図-2に示す。水平変位に関しては、絶対値で表している。また、図-3には、case1の残留変形図を示す。

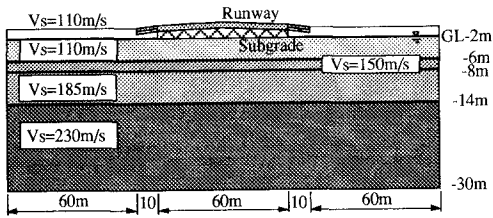
図-2より明かなように、改良を施すことによって、滑走路の変形量は未改良(case1)に比較してかなり減少するが、あまり効果のない場合も存在する。例えば、case3, 4, 5については、滑走路の下部を何も改良せず、周辺のみを改良した場合であるが、沈下量に対する改良の効果は顕著ではない。それに対し、滑走路下部を改良した場合(case2, 6, 7, 8, 9, 10)には、沈下に対してかなりの効果があり、改良深さが深くなるほどその効果は大きくなる。また、路床の単位体積重量を極度に軽くした場合(case11, $\rho=0.05\text{t/m}^3$)には、周辺から加わる土圧の増加により、滑走路が浮き上がる結果となった。また、滑走路と路床の重量和を地下水面上の周辺の地盤と同等にした場合(case12)には、case5と同一の断面にもかかわらず、水平および鉛直変位に対してかなり効果があることが分かる。水平変位に関しては、改良をすることによる単位体積重量の増加によって慣性力が増し、下部の未改良地盤に加わるせん断応力が増加し、滑走路の水平変位を大きくする傾向にある。したがって、GL-14mの非液状化層まで改良を施していない場合(case8, 9)、あるいは改良しても範囲が狭い場合には(case6, 7)には、水平変位量が大きくなる傾向にある。

5. 結論

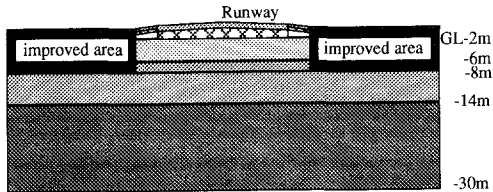
本研究より得られた結論は以下の通りである。

- 滑走路の沈下に対しては、滑走路下部地盤の改良が有効である。
- 滑走路の水平変位に関しては、滑走路下部または外側を非液状化層まで改良することにより効果がある。
- 路床の単位体積重量を周辺地盤より軽くすると浮き上がる傾向にあり、周辺地盤と同一にすると沈下に対して有効となる。

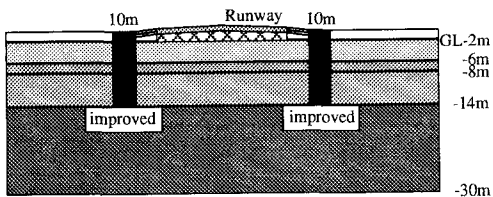
参考文献 1) Towhata, I. and Ishihara, K.: Modelling Soil Behavior under Principal Stress Axes Rotation, Proc. 5th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Nagoya, pp. 523-530, April, 1985. 2) 井合 進: 液状化の二次元有効応力解析において破綻しないための工夫をした一つのモデル, 土木学会第43回年次学術講演会, 3部, pp. 418-419, 昭和63年10月. 3) 地盤と土構造物の地震時の挙動に関する研究委員会報告(土質工学会): 地盤および土構造物の有効応力解析, 地盤と土構造物の地震時の挙動に関するシンポジウム発表論文集, pp. 54~63, 平成元年1月.



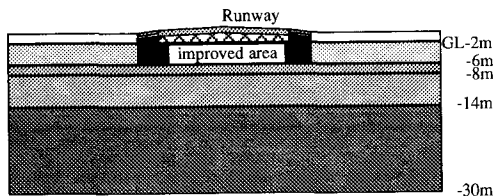
(a) case1



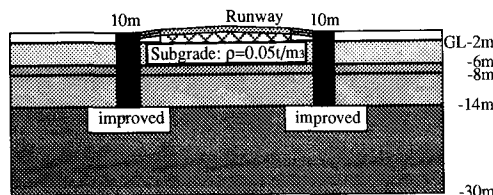
(b) case4



(c) case5



(d) case8



(e) case11

図-1 代表的な解析断面

表-1 滑走路の構造・物性

舗装厚	1m
舗装のヤング率	100,000(kgf/cm ²)
舗装の単位体積重量	2.3(tf/m ³)
路床厚	1m、GL-2mまで
路床の単位体積重量	2.2(tf/m ³)
路床のせん断波速度	300(m/s)
路床の内部摩擦角	45°
滑走路幅、横断勾配	60m、1.5%
地下水面位置	GL-2m

表-2 解析の種類

case1	未改良
case2	GL-14mまで、全層改良
case3	滑走路端より両外側の地盤全域をGL-14mまで改良
case4	case3 に準じて、GL-8m まで改良
case5	滑走路端より両外側 10mの範囲をGL-14mまで改良
case6	case5 の改良範囲に滑走路下部をGL-6m まで改良
case7	case5 の改良範囲に滑走路下部をGL-8m まで改良
case8	滑走路下部のみ、GL-6m まで改良
case9	滑走路下部のみ、GL-8m まで改良
case10	滑走路下部のみ、GL-14mまで改良
case11	case5 において、路床の密度を $\rho=0.05(\text{tf/m}^3)$ とする
case12	case5 において、路床の密度を $\rho=1.30(\text{tf/m}^3)$ とする

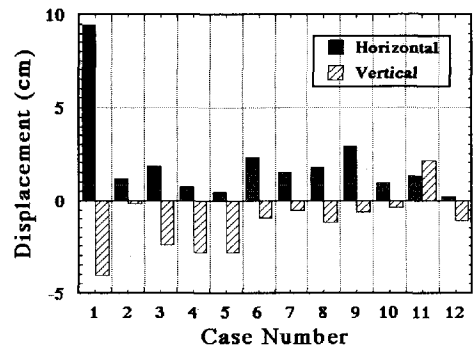


図-2 滑走路頂部の残留変位

沈下 9.5cm

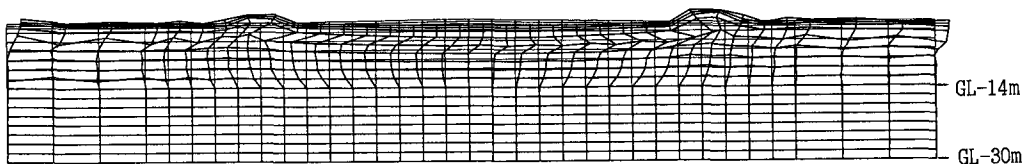


図-3 未改良の場合の加振後における全体変形図