

I-B13 海上空港におけるエプロン舗装版の地震時の挙動

早稲田大学大学院 学生会員 東條 義一

早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理

1.はじめに

1994年に起きた阪神・淡路大震災では高速道路や鉄道の橋脚が大きな被害を受けた。このように輸送経路が寸断されると救援物資の搬送などに支障をきたす。これら陸路に代わって重要になってくるのが空輸での大量輸送である。そのため空港は地震が起きた場合、離着陸や救援活動の拠点としての機能に影響のないようにし、被害を最小限に抑える必要がある。また被害を受けたとしても迅速な復旧作業が求められる。東京国際空港、関西国際空港などの沖合い人工島の海上空港は、一般的に軟弱な埋め立て地盤上に建設されており、地震時において大きな応答を示すと考えられる。そこで海上空港のエプロン舗装版を対象に、レベル2の地震時においてどのような挙動を示すか調べるために、有限要素法プログラム SOLVIA を用いて地震応答解析を実施した。

2.計算モデル

今回の計算モデルでは、水平方向のせん断振動によるエプロン舗装版の挙動を対象とする。液化化や地震動の上下成分による影響は考慮していない。エプロン舗装版は表層地盤の振動性状にはほとんど影響を与えない薄い膜状であると考え、表層地盤とエプロン舗装版を別個にモデル化をした。有限要素法を用いる際には舗装版を PLANE 要素によりモデル化をした。従来表層地盤は立体要素でモデル化をしているが、今回は表層地盤がほぼ一様な成層地盤であることから、一次元地盤応答解析プログラム SHAKE により地表面の応答変位を求めてこの変位を PLANE 要素の下端に取り付けたばね要素の端部に入力した。エプロン舗装版のモデルを図-1に示す。このエプロン舗装版は一つが $15 \times 15\text{m}$ であり、全体では $36 \times 10 = 360$ 個の要素数となっている。

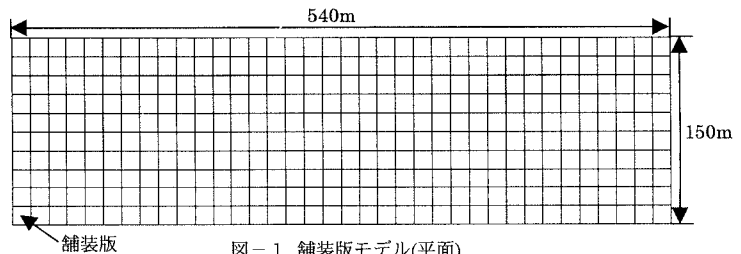


図-1 舗装版モデル(平面)

図-2にエプロンの構造を示す。無筋コンクリート版の下にセメント安定処理をした路盤と路床が存在する。モデル化では舗装版と路盤をコンクリート層として積層化し、路床を地盤と舗装版を連結するばねに置換する。このばねはバイリニヤー型で最大摩擦力以上では力が伝達しないと仮定した。コンクリートの材料特性を図-3に、またエプロン舗装版の物性値を表-1に示す。

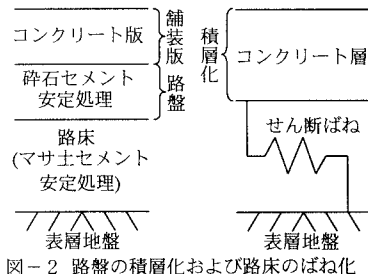


図-2 路盤の積層化および路床のばね化

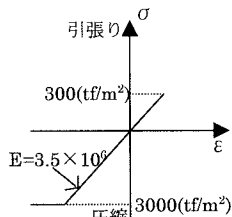


図-3 コンクリートの材料特性

表-1 エプロン舗装版の物性値

	層厚(m)	ヤング率(tf/m ²)	ポアソン比
コンクリート	0.42	3.5×10^6	0.15
碎石セメント安定処理	0.15	2.3×10^4	0.30
マサ土セメント安定処理	0.40	1.6×10^5	0.30

キーワード：舗装版、有限要素法、地震応答解析

連絡先：〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 51号館 16階 (清宮研) Tel, Fax : 03-5286-3852

各舗装版の間には目地部が設けられており、目地部にはスリッパが配置されている。モデル化をする際にはこのスリッパを舗装版と舗装版を結ぶばねと仮定し、図-4のように軸方向のばねとせん断方向のばねに置換する。スリッパは圧縮力には抵抗するが、引張り力には抵抗しない構造となっている。

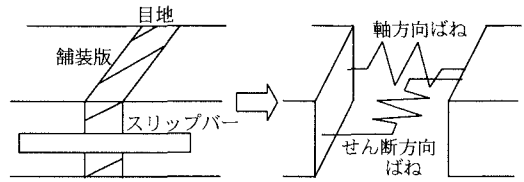


図-4 スリッパのモデル化

3.計算例

入力地震波はポートアイランド波とし、これを地盤の地震応答解析プログラムSHAKEにより地表面での強制変位波形に置換した。図-5にこの波形を示す。この変位波形を図-1の舗装版モデル左端部より右にせん断波速度を1000 (m/sec)とした位相差を考慮して地盤ばねの端部に入力した。

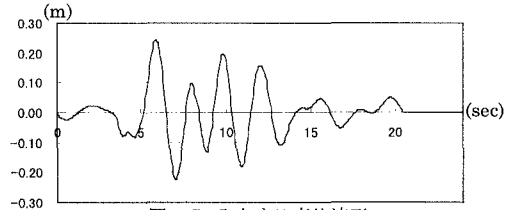


図-5 入力する変位波形

4.解析結果

図-6にコンクリート版応力の時刻歴応答を示す。

この図から分かるようにコンクリート版の最大引張り応力は150(tf/m²)であり引張り限度である300(tf/m²)には達しておらずひび割れは生じない結果となった。また、圧縮側に関しても圧壊は起こしていなかった。

図-7に目地の開きの時刻歴応答を示す。これはスリッパの両端の変位差から求めたもので、目地の開きは最大で1.0cm程度発生し、地震波入力後も約0.4cm弱の目地の開きが残留しており、振動時において舗装版同士が少しずつ離れた状況になった。図-8にスリッパの軸力の時刻歴応答を示す。スリッパは前述の通り引張り力には抵抗しないのでスリッパが引張り状態のときに図-7のように舗装版間の目地の開きが発生していたと考えられる。図-9に地盤ばねのすべりの時刻歴応答を示す。このグラフから地盤ばねは最大摩擦力まで達しており、そのため舗装版と表層地盤は振動時にすべりを起こし、舗装版は地震波の進行逆方向に移動した。また地震後も0.5cmほどの地盤ばねのすべりが残留した。

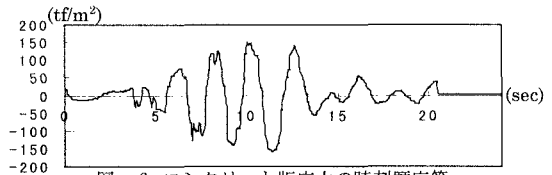


図-6 コンクリート版応力の時刻歴応答

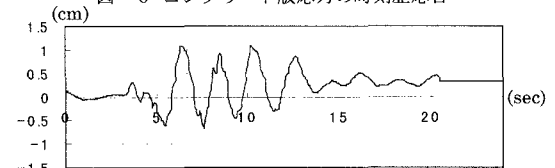


図-7 目地の開きの時刻歴応答

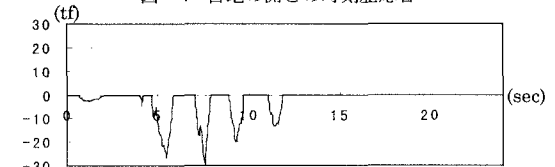


図-8 スリッパの軸力の時刻歴応答

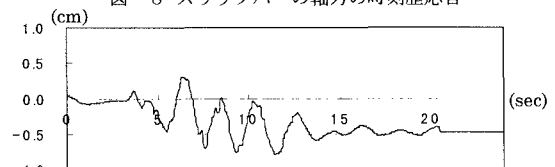


図-9 地盤ばねのすべりの時刻歴応答

5.まとめ

今回対象とした空港ではレベル2の地震動に対して、滑走路内のエプロン舗装版本体には、ひび割れや圧壊が生じず、舗装版目地部に変形が集中する解析結果が得られた。目地の残留開きは、0.4cmと小さく航空機の運行に直ちに障害があるとは考えられない。今回の計算は、表層地盤のせん断振動のみ考慮したもので、今後地盤の沈下、他の構造物との取り扱いを考慮して空港施設の耐震性の検討を進めたい。

参考文献

- (1) 清宮 理ほか：釧路沖地震における滑走路のひび割れ解析，第24回地震工学研究会，1997.7
- (2) 清宮 理，藤澤孝夫：コンクリート製空港舗装版の目地部の力学特性，港研資料，No.870，1997.6