

日本国鉄 鉄道技術研究所 正員 小倉 正己
 “ “ “ “ 那須 誠
 “ “ “ “ 匹本 慶一

1. まえがき

現在、国鉄では東海大地震の震源に近い東海地方にある鉄道土木構造物が地震被害を受けるのを防止するために、各種の補強工事を行なっている。軟弱地盤上の盛土の補強工事は、多数の振動実験や安定解析その他の検討結果をもとにして作られた設計法に従って実施されている。今回、盛土の地震時挙動並びに補強工の効果の詳細に調べて、盛土の補強工設計法を更に合理的なものにするために、地震応答解析プログラムを作成した。とりあえず、実際の盛土モデルの解析に適用して実験値との比較を行なったので、その一部を以下に報告する。

2. プログラムの概要とモデルの解析

今回作成した非線形地震応答解析プログラムの内容は、前回の講演会で報告しているので、ここでは概略を述べる。これは、静的・動的弾塑性解析有限要素法プログラムであり、静的解析で初期応力を求めてから、間隙水圧の発生を考慮して有効応力法で動的解を行なうことができる。発生する間隙水圧は、土骨格の締め固めを表す自生的歪を導入して求めている。なお、運動方程式は中央差分法を用いて離散化して、直接解く方式をとっている。

このプログラムの解析対象とした盛土は、軟弱地盤上の盛土を想定して振動台実験に用いた縮尺8分の1の盛土である²⁾。盛土と地盤はともに砂質土(SM)で作り、地盤は水で飽和させて軟弱に仕上げる。盛土の面法尻の地盤にシートパイルを設置して、その頭部をタイロッドで締結した構造になっている。この解析モデルの要素区分と、土層区分及びその土質定数を、図1～2と表1に示す。土のせん断弾性係数 G とせん断歪 γ との関係を、図3に示す。図4は、プログラムに組み込まれている間隙水圧発生モデルの入力定数を示している。このモデルを、5Hzの正弦波で

0秒から7秒まで100ガル、それ以後10秒まで200ガルの加速度を入力として解析した結果と、

実験値との比較結果の一部を、次に示す。

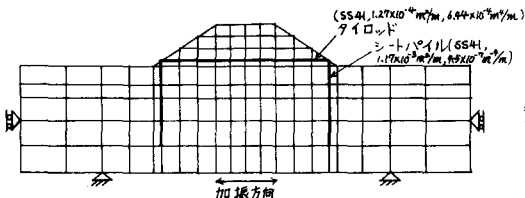


図1 解析モデル

表1 土質定数一覧表

土層No.	密度 ρ_s (g/cm^3)	G_0 (kg/cm^2)	ポアソン比 ν	C' (kg/cm^2)	ϕ (度)	η (%)
1	1.71	75	0.49	0	34	20
2	1.73	120	"	"	35	"
3	1.71	60	"	"	34	"
4	1.72	80	"	"	35	"
5	1.82	120	"	"	39	"
6	1.80	80	"	"	38	"
7	1.71	45	"	"	34	"
8	1.69	70	"	"	33	"
9	1.71	25	"	"	35	"
10	1.72	30	"	"	34	"
11	1.50	50	0.35	0.16	27	"
12	1.53	110	"	0.17	28	"

(* 静的 $\nu=0.35$)

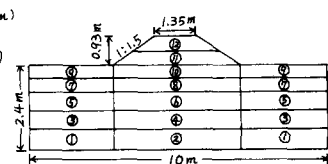


図2 土層区分

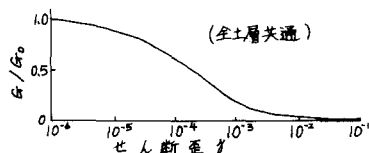


図3 $G \sim \gamma$ 曲線

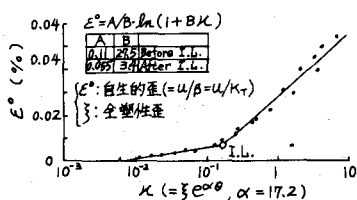


図4 $E \sim \gamma$ 曲線

(1) 加速度 … 図5は、加速度の最大値の深度分布であり、地盤では計算値と実験値はほぼ一致し、盛土でも近似した傾向を示している。但し、盛土天端加速度の入力加速度に対する比は、計算値と実験値ともに約22である。

(2) 間隙水圧 … 図6～7は、間隙水圧の経時変化曲線であり、計算で得られた間隙水圧は両図において加振時間が大きくなるとともに増大する傾向を示してお

り、これは実測値とほぼ同じ傾向である。加振後7秒から8秒にかけて入力加速度に変化があるため、間隙水圧の計算値にも多少の増加が現われている。また、図7の○印の点は8秒付近で初期液状化(I.L)に達するため、間隙水圧の急上昇がみられる。図8～9は、間隙水圧の深度分布であり、盛土中央部の分布形状は約0.5m以浅では計算値と実測値は似ており、間隙水圧は深さとともに大きくなっている。が、

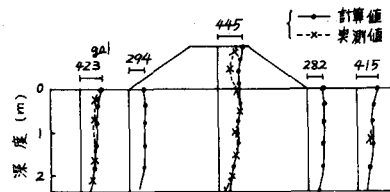


図5 盛土と地盤の最大加速度分布

約0.5m以深では、計算値は実測値より大きくなっている。また、法尻直下の分布形状は計算値と実測値は似ているが、大きさは加振時間が小

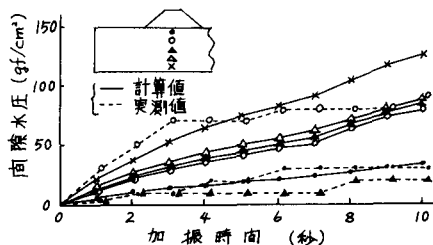


図6 間隙水圧の経時変化(盛土中央部)

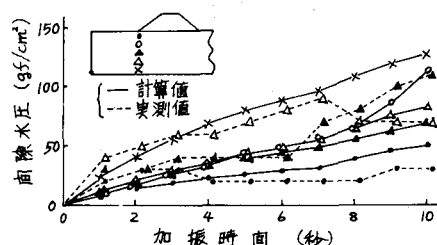


図7 間隙水圧の経時変化(法尻直下)

さいときは、計算値が実

測値より小さく、10秒のときは深さ約0.5m付近の水圧を除くと計算値と実測値との大きさは近似しているようである。また、図8～9には、初期有効土被り圧も記入しており、法尻直下では10秒のときには約0.8m以浅は液状化状態を示しているが、盛土中央部では、10秒のときでもすべての深さで液状化には達していないことがわかる。

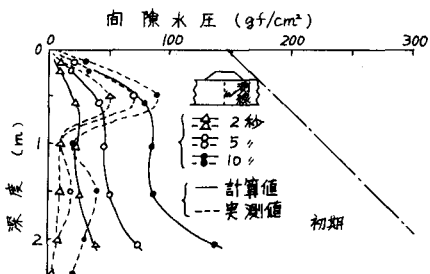


図8 間隙水圧の深度分布(盛土中央部)

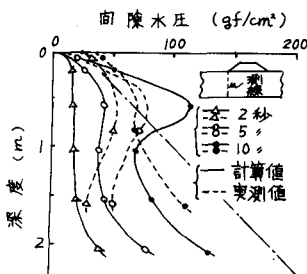


図9 間隙水圧の深度分布(法尻直下)

(3) タイロッド張力… タイロッド張力の計算値(約18t/m)は、実測値の約1.4倍を示していた。

3. まとめ

今回作成した非線形地震応答解析プログラムを用いて、モデルの解析を行なって実験値との比較を行なった。加速度については、計算値は実測値に近い値を示している。しかし、間隙水圧については、時間とともに増加するという経時変化の傾向は両者でほぼ一致しているが、各位置での大きさと深度分布は、両者が一致する所と一致しない所が生じている。この原因として、土質定数や間隙水圧発生定数の決め方あるいは土質試験を行なう際の拘束圧の決め方等に向題があったと思われる。今後、それらの点を解決するとともに、数多くの盛土の解析に適用して、プログラムの妥当性を高めて実用化をはかってゆく予定である。

おわりに、以上の研究は「鉄道地震対策の研究委員会」の研究の一環として、岡本齊三委員長他の諸委員並びに村上施設局土木課長、宮口調査役、山本構設次長、岐工技管室他に多大の御援助と御指導を受けて行なわれました。また、プログラムの作成に当っては、CRC(株)にお世話になりました。併せて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 那須, 垂水, 山本: 液状化を考慮に入れた地盤の非線形地震応答解析, 第36回土木学会年次学術講演会, III-45, 1981.10
- 2) (社)鉄道施設協会編: 鉄道土木構造物耐震強化の研究報告書(上), 昭和56年3月, pp203~253