

国鉄 鉄道技術研究所

正員 川名 英二

匹本 慶一

1 はじめに

盛土が地震に遭遇した場合、鉄道構造物においては基礎構造、変形特性の異なる橋台付近では相対変位を生じ軌道面の不陸（高低狂い）となり、沈下量が多い場合は列車走行の安全性が低下することがある。橋台裏の盛土は構造的にも変状し易く、又施工時の困難性も加わって地震時の変形量も大きくなっている。

国鉄においては構造物の耐震強化対策の一環として橋台裏盛土の沈下防止対策を進めるにあたり、模型振動実験等を実施して、橋台と盛土の動的相互作用を究明して、対策工の確立を図ることとしたものである。

2 模型実験の概要

モデルは軟弱地盤（厚さ11m）上の高さ6mの盛土区間にある杭基礎の橋台とし、模型の縮尺は $1/4.1$ とし、対策工の施さない橋台と、シートパイル補強工、ストラット補強工（緩衝材あり、なし）を施工した橋台について振動実験をおこない、対策工の効果の確認、比較と、設計に必要な荷重条件等の把握をすることとした。

3 模型の構築

振動台上の土槽（幅3m×長さ10m）内の地盤上に盛土及び橋台を配置した。地盤材料としてはシルト質砂（SM, $G_s=2.64$, $D_{50}=0.094$ ）を用い、飽和させて軟弱地盤となるようにした。盛土材料としては、細粒砂（ $S, G_s=2.73$, $D_{50}=0.17$ ）、橋台はコンクリート造、杭は塩化ビニール管を用いた。ケース3（図-1）は東側橋台のみにシートパイル補強工を施工したものである。ケース4（図-2）はストラット補強工を施工したもので、2組の橋台を並列させ、1組（B）はストラットと橋台基礎との間に緩衝材バネ（ $k=8.7\frac{\text{kg}}{\text{mm}}$ ）を設置し、他1組（A）は緩衝材なしのものである（ただし軸力を測定するため $k=85\frac{\text{kg}}{\text{mm}}$ の硬いバネをコを使用）。

測定項目は盛土、地盤内の各点の加速度、間隙水圧と沈下量、橋台の変位、加速度、背面の土圧、タイロッドの張力、ストラットの軸力、底面の土圧等である。

4 破壊実験の結果

破壊実験の結果については主としてケース4について述べることにする。

〔1.加振方法〕大型盛土振動台を用い、加振周波数を5Hz一定の正弦波とし、加速度制御により100%から400%まで100%おきに段階的に変化させて加振を行なった。

〔2.加速度応答、間隙水圧の経時変化（図4.5）〕東側橋台裏盛土内の加速度応答は15秒までは振動台加速度の3.7~2.5倍であるが、その後は急減している。地盤内では当初振動台の

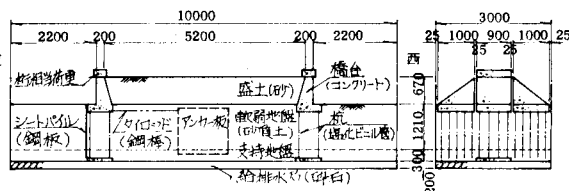


図-1 ケース3 模型構造一般図

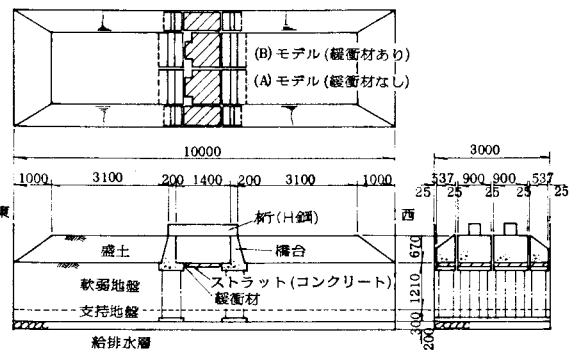


図-2 ケース4 (A), (B) 模型構造一般図

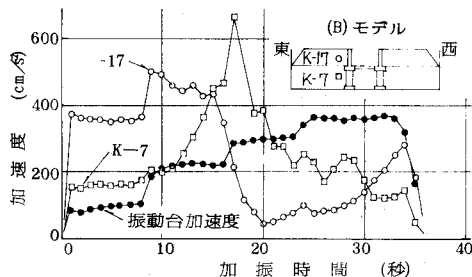


図-3 ケース4 (B) 加速度経時変化

1.6倍程度であったが、12秒以降急増し17秒でピークとなり、以降急減している。地盤内の間隙水圧は加振とともに増加し、最終的には有効土被り圧の0.55倍まで上昇している。

(3. ストラット軸力) 緩衝材バネの伸縮よりストラット軸力を測定したものを図-5に示した。最大は緩衝材なしの場合に、ありの場合の2.3倍と大きな値となった。橋台に作用する土圧力 P をストラット軸力として、 $P = \frac{1}{2}k \times H \times D$ として係数 K を求めると最大値は各々0.8, 0.35となっている。

ストラット底面に作用する土圧力 P_2 をストラット上面に取り付けた荷重計により測定した結果を図-5に示すが、加振直後荷重は180kgf近くまで減出し(取付時180kgfの荷重をかけた。)16秒以降増加し、最終的には300kgfまで増加した。 $P_2 = K' \times R \times H \times S$ として係数 K' を算出すると0.25という値になっている。

5 橋台変位と土圧

模型実験において各種対策工により橋台の水平移動量が異なり、それにより橋台に作用する土圧力も異なるものが測定された。橋台に作用する土圧力をタイロッド張力あるいはストラット軸力によって測定した値とした橋台の水平変位量との関係は図-6のようになっており、変位量が10mm以下の場合、土圧力が増加する傾向が生じている。

6 まとめ

各種対策工による模型実験により把握されたことは次の通りである。

① 橋台裏盛土の沈下は橋台の水平変位量が大きい程沈下量も大きくなっており、対策工としては橋台の前方への移動を抑制することにより、沈下防止の効果が期待できることが確認された。(図-7)

② 橋台下地盤内には加振により円弧すべり状の変形をおこす。補強工により、この回り込みとおさえれば、沈下を低減させる効果となる。

③ 加振時の橋台に作用する土圧力は橋台の水平変位量に反比例する。このため水平変位を抑制して沈下防止対策とする場合、変位をまったく許容しないと橋台背面には過大な圧力が作用する恐れがある。

なおあまり許容変位量を大きくすると土圧力は大きくならないが対策工としての効果は少なくなる。このため対策工の設計にあたっては適宜な組み合わせを行なうことにより有効な対策工とする必要がある。

以上の模型振動実験により橋台と盛土の相互作用は解明されつつあり、対策工の検討に対しても多くの情報を得ることができたと考えている。今後さらに理論計算等をも実施して橋台裏盛土の耐震強化対策のために必要な研究を進めていく予定である。

この研究は国鉄の「鉄道地震対策の研究委員会」での審議、指導のもとに行われたものであり、御助言、御協力をいただいた関係各位には心から謝辞を表する次第であります。

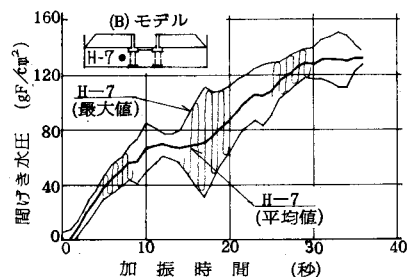


図-4 ケース4 (B)・開けき水圧経時変化

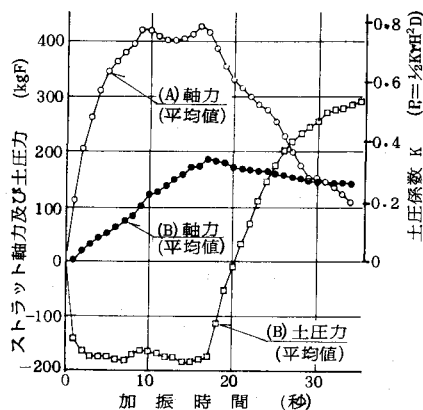


図-5 ケース4 (A), (B)・ストラット軸力及び土圧力経時変化

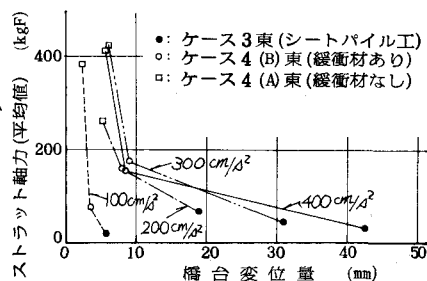


図-6 橋台水平変位とストラット軸力

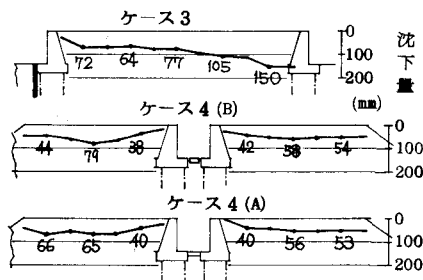


図-7 盛土表面最終沈下量