

日本道路公団 正員 中村正人
日本道路公団 石橋 忠
日本道路公団 正員 田中克則

1. まえがき

橋台は土工部と橋梁部の接点であり、両者の支持機構が大きく異なるため、それが盛土上に施工された場合は常時でも沈下・傾斜等の変位を生じる場合がある。特に地震時におけるその動的挙動は予想困難である。盛土荷重軽減を目的としたアプローチクッション(A・C)方式の橋台は高速道路独自の型式であり、その耐震性については論議の多い所である。そこでA・C橋台の破壊形態をはじめ、補強対策としての矢板締め切り工の効果に着目した模型振動実験を行ったのでその概要を報告する。

2. 実験の目的

豊浦標準砂を用いた地盤及び盛土模型に加速度計と間隙水圧計を設置し、振動台の加速度振幅を段階的に増加させる正弦波加振を行い、模型の破壊過程をビデオカメラで撮影し、以下の事項を確認する。

- (1) 矢板締め切り工の有無による実験結果の相違から、補強工の効果を確認する。
- (2) 水平動のみの加振と水平上下同時加振の比較から、盛土上橋台に対する上下動の影響を把握する。
- (3) 地下水の有無による実験結果の相違から、盛土上橋台に対する地盤の液状化の影響を把握する。
- (4) 異なる加振振動数の実験結果の比較から、盛土上橋台に対する振動数の影響を把握する。

なお、橋台模型は鉄板とアクリル板から作製し、矢板及びタイロッドの模型材料としては鉄板とピアノ線それぞれ用いた。

3. 実験ケース

実験は、12ケース行い、これらは橋軸方向模型(図-1)8ケースと橋軸直角方向模型(図-2)4ケースに大別される。これらのケースは補強工の有無・上下動の有無・地下水の有無・加振振動数の相違等の条件が異なり、それぞれ独特である。図-1及び図-2に橋軸方向模型及び橋軸直角方向模型の寸法と計器配置を示す。いずれも奥行き方向2.8mに同じ断面をもつ平面ひずみ模型である。図中のAH1~3及びAV1~3はそれぞれ水平動及び上下動測定用の加速度計、P1~6は間隙水圧計を意味している。表-2に材料の物理特性を示す。

4. 相似則

本実験のような破壊に着目した模型振動実験では確立された相似則はないが表-3に非線形応答を考慮した相似則を示す。図-1, 2に示した模型の寸法に対する実物のそれは20である。

5. 加振方法

加振振動数と時間を一定とし、加速度振幅を段階的に増大させる正弦波加振とした。加速度振幅は水平動では150・300・400・500 galの4段階を原則とし、上下動の振幅は水平動の1/3とした。なお加振時間はいずれの場合も各加速度振幅の段階につき10秒間とし、模型が破壊するまでの加振時間は40秒程度であった。

6. 測定結果の整理

表-1 実験ケース

		矢板締め切り工有			矢板締め切り工無		
		加振振動数(Hz)			加振振動数(Hz)		
		2	5	10	2	5	10
上下動有	地下水有	—	10*, 12	—	—	9*, 11	—
	地下水無	—	—	—	—	—	—
上下動無	地下水有	3*	2*, 8	1*	—	6*, 7	—
	地下水無	—	5*	—	—	4*	—

(*印は橋軸方向模型)

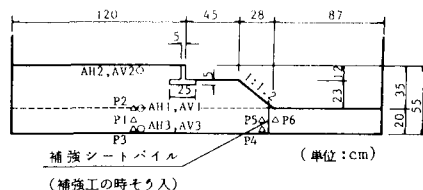


図-1 橋軸方向模型の寸法及び計器配置図

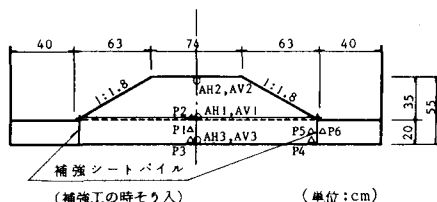


図-2 橋軸直角方向模型の寸法及び計器配置図

ビデオの静止画面を用いて破壊の度合により破壊状態をそれぞれ3つのグループに分類した(図-3)。破壊Ⅰ：クラックは発生しているが部分的であり、加振前の模型の形状を変えるまでには到っていない状態を示す。破壊Ⅱ：明瞭なクラックが両側面間を貫通したり全体的に分布したりはするが、加振前の模型の形状を変えるまでには到っていない状態を示す。破壊Ⅲ：クラックの幅も大きく橋台または道路の機能損失につながる破壊を意味し、加振前の模型とは明らかに形状的な変化がみられる状態を示す。これら3種類の破壊パターンが生じるときの加速度波形や間隙水圧波形に着目した。

7. まとめ

図-4に実験より得られたデータ一覧表を示した。結果の整理より以下の結論を得た。(1) 矢板締め切り工の有る場合の方が無い場合より破壊の度合が小さくなることから、矢板締め切り工法は盛土上橋台の耐震補強工として有用である。(2) 水平動のみを加振する場合に比べて、水平動と上下動を同時に加振する方が破壊の度合が大きくなる傾向がみられ、耐震補強工の設計時に水平動に加えて上下動の影響も考慮することが望ましい。(3) 地下水の有る場合に比べて、地下水の無い方が軽微な破壊となることから、まず地盤の液状化発生の可能性を検討し、液状化のおそれのある地盤に対してはその防止対策を考慮した耐震補強工を施す必要がある。(4) 加振振動数の相違に着目した比較では、10 Hzで加振する方が2 Hzの場合より短い加振時間で破壊に到るが、これは実験模型の固有振動数が高く2 Hzより10 Hzに近いためと考えられる。

しかし、実験結果の解釈に当っては実際よりも圧倒的に強い地震動を与えた実験になっていることに注意を払う必要がある。

ケース	400 gal										500 gal									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	波	5	10	15	20	25	30	35	40	45	波
2*									○											
6*				○																
10*		○																		
9*																				
8				○																
7																				
12	●	○		□																
11																				

図-4 実験結果一覧表

8. あとがき

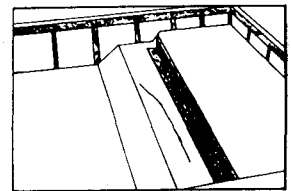
本実験を行うに当たり御指導頂いた東京大学生産技術研究所・片山教授、佐藤助手、大保助手及びフジタ工業技術研究所の各位に謝意を表します。

参考文献 (1) 香川, 土構造物の模型実験における相似則, 土木学会論文集, 第275号, 1978.7

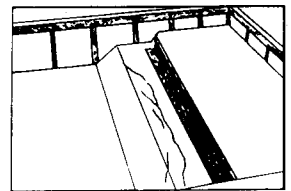
	盛土部	地盤部
単位体積重量	1.39 t/m ³	1.92 t/m ³
含水比	6.3 %	30.4 %
間隙比	1.02	0.79

表-3 土の非線形応答を考慮した相似則⁽¹⁾

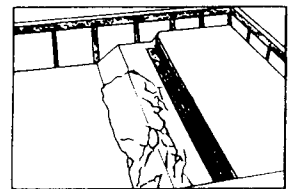
	模型 / 実物	$\lambda = \ell_p / \ell_m = 20$ の時
振動数	$\lambda^{3/4}$	9.457
質量密度	1	1
動的変位	$1 / \lambda^{3/2}$	0.011
動歪	$1 / \lambda^{1/2}$	0.224
応力	$1 / \lambda$	0.05
加速度	1	1



破壊Ⅰ



破壊Ⅱ



破壊Ⅲ

図-3 橋軸方向模型・斜面部の破壊の分類基準

(凡 例)
 ○ 表面液状化
 ● 間隙水圧増加
 □ 波形の乱れ
 ☆ 破壊Ⅰ
 ★ 破壊Ⅱ
 ● 破壊Ⅲ
 ※ 橋軸方向の場合
 橋台裏……上段
 斜面部……下段