

(株)日本構造橋梁研究所	正会員	林 博明
建設省 土木研究所	"	荒川 直士
" "	"	近藤 益央
国土庁	"	木全 俊雄

1. まえがき

道路盛土あるいは河川堤防などの土構造物の地震による被害事例は数多く報告されている。平地部の被害は、盛土天端の陥没、沈下および大きな縦割れなどであり、これらの盛土の多くは地盤が液状化しやすいとされる旧河道上や砂丘間低地に位置しているものである。この傾向は新潟地震(1964)などにみられ、このような地盤上の土構造物の耐震性確保は重要な事項と考えられる。地盤の液状化のしやすさと盛土の破壊形態との関係を調べるため、大型振動台による模型振動実験を実施した。

2. 実験方法

大型振動台上に設置した実験土槽(長さ6^m×幅3^m×高さ2^m)内に、地盤と盛土の模型を山砂により作成した。地盤部の相対密度を変化要素とした4ケースの実験を行った。模型の形状および寸法を図-1に示す。模型の作成方法は表-1の材料特性の山砂(千葉県浅間山産)を湿潤状態で土槽内に搬入し、地盤と盛土を整形後土槽底から注水を行い地盤部のみ水で飽和させた。盛土と地盤の整形方法を表-2に示す。

盛土と地盤の物理特性は表-3に示すとおり、地盤部はCase 1がややゆるぎめの地盤で相対密度 $D_r = 36\%$ 、Case 2が極くゆるぎめの地盤で $D_r = 19\%$ 、Case 3はやや密ぎめの地盤で $D_r = 62\%$ 、Case 4が極く密ぎめの地盤で $D_r = 88\%$ であった。盛土部の相対密度はCase 1~3が40%前後であるが、Case 4は63%となりやや密な状態となった。

3. 実験結果

共振実験は加振加速度 10 gal 一定とした正弦波により、振動数範囲は $5 \sim 30\text{ Hz}$ とした。各Caseの共振曲線より、地盤上および盛土天端において振動台加速度振幅に対する応答倍率が最大となる振動数を求めた値を表-4に示す。Case 4の地盤上のこの振動数は、実験振動数より高振動数域で存在すると思われるが明らかでない。

破壊特性を調べる本実験は、加振振動数 5 Hz の正弦波とし、加振開始後5~10秒間で立ち上げ、振動台の目標加速度レベルを50秒間継続することとした。目標加速度レベルは第1段階を 200 gal とし、破壊が生じない場合は第2段階 400 gal 、さらに第3段階 600 gal とした。Case 1と2は加振第1段階で破壊し、Case 3は第1段階で変状せず第2段階に至って破壊した。地盤が極く密ぎめのCase 4では第3段階になって盛土部表面のみが崩壊した。地盤の相対密度と盛土崩壊時の振動台加速度の関係を図-2に示すが、これより地盤の相対密度の上昇に伴って盛土が崩壊する加速度が大きくなる傾向がみられる。

Case 1と2では振動台加速度が $150 \sim 200\text{ gal}$ 程度に達した時点で盛土天端中央付近に縦亀裂が発生し、その後亀裂が発達・拡大、同時に沈下も進行している。沈下開始前より盛土周辺地盤内の過剰間ゲキ水圧が上昇を始め、引き続き盛土直下の地盤内のそれが上昇する現象がみられた。Case 1と2の盛土は周辺地盤の液状化を契機として安定を失い、両側方へ流動し破壊したものと推察される。Case 3の破壊状況はCase 1と2に比べ小規模であり、過剰間ゲキ水圧の上昇の度合いも小さかった。Case 4は盛土表面のみが崩壊し、地盤の変状はなく、過剰間ゲキ水圧の上昇もみられなかった。

4. まとめ

本実験より、砂地盤上の盛土の破壊特性について次のような知見が得られた。(1)盛土の縦割れ現象がゆるぎ

め砂地盤の場合に再現された。(2) 同じ材料の砂質地盤でも相対密度の違いにより、破壊形態および破壊の程度が異なることが確認された。(3) ゆるぎめの砂質地盤では、まず盛土の周辺地盤が液化化し、これを契機として盛土が安定性を失い斜面方向へ流動し破壊する形態が確認された。

参考文献 (1) 土木研究所報告 第125号 新潟地震調査報告 (2) 木全, 近藤, 林; 盛土の破壊特性に及ぼす地盤締固め条件の影響 第10回土学会関東支部

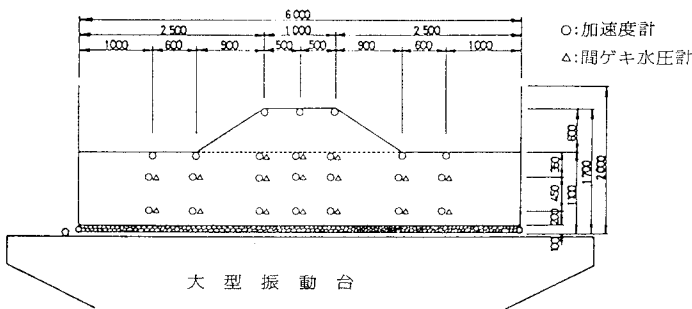


図-1 実験模型の概要

表-1 浅間山砂の材料特性

項目	記号	単位	数値
土粒子の比重	G_s	—	2.704
最適含水比	w_{opt}	%	15.5
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	g/cm^3	1.668
最大間ゲキ比	e_{max}	—	0.972
最小間ゲキ比	e_{min}	—	0.613
60% 粒径	D_{60}	mm	0.30
10% 粒径	D_{10}	"	0.15
平均粒径	D_{50}	"	0.26
均等係数	U_c	—	2.0

表-2 締固め方法

CASE		締固め方法	
		巻出厚	方法
1	盛土	20cm	足踏み5回
	地盤	"	足踏み5回
2	盛土	20	足踏み5回
	地盤	"	足踏み1回
3	盛土	20	足踏み5回
	地盤	"	木ダコ5回
4	盛土	20	足踏み5回
	地盤	"	ランマー5回

表-3 盛土および地盤模型の物理特性

CASE		1	2	3	4
湿潤単位 体積重量	盛土	1.61	1.63	1.59	1.79
	地盤	1.61	1.55	1.72	1.84
乾燥単位 体積重量	盛土	1.47	1.49	1.49	1.55
	地盤	1.47	1.42	1.55	1.63
含水比	盛土	9.6	9.2	6.9	15.4
	地盤	9.9	9.2	11.4	12.7
間ゲキ比	盛土	0.839	0.815	0.815	0.745
	地盤	0.842	0.904	0.749	0.655
飽和単位 体積重量	盛土	—	—	—	—
	地盤	1.93	1.89	1.98	2.03
相対密度	盛土	37.0	43.7	43.7	63.2
	地盤	36.2	18.9	62.1	88.3
締固め度	盛土	0.881	0.893	0.893	0.929
	地盤	0.881	0.851	0.929	0.977

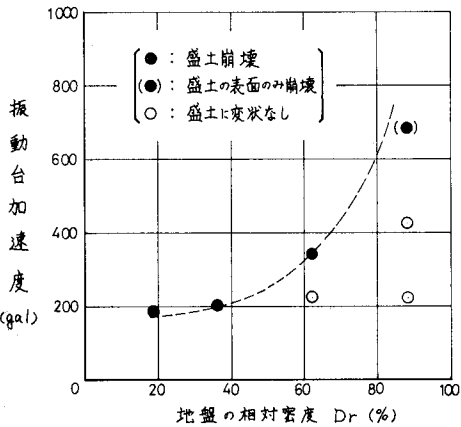


図-2 地盤の相対密度と盛土崩壊時の振動台加速度の関係

表-4 共振振動数

CASE	共振振動数 (Hz)	
	盛土	地盤
1	14 (11)	14 (3.5)
2	14 (11.5)	14 (4)
3	21 (22)	24 (8.5)
4	26 (24)	—