

密度が異なる支持地盤上の盛土の地震時変位量評価に関する研究

日本大学 正会員 ○阿部 慶太

日本大学 非会員 宮本 翔 酒井 裕翔 長谷川航汰

1. 目的

従来、盛土の地震時変位量はニューマーク法により計算し、変位量の制限値と比較、照査して盛土の性能を評価する方法が採用されている。一方、既往の研究¹⁾において、軟弱な支持地盤上にある盛土では、実際に地震時に生じた変位量がニューマーク法で計算した変位量と乖離することが指摘されている。そこで、密度が異なる支持地盤上の盛土を対象に 1/10 スケールの模型振動台実験を実施し、支持地盤の硬さが盛土の地震時変位量に及ぼす影響を確認するとともに、ニューマーク法を用いた盛土の性能評価の精度について検証した。

2. 実験模型と実験条件

2. 1 実験模型

図-1に実験模型を示す。アクリル製の土槽（高さ0.60m×横長 1.80m×奥行 0.40m）の中に実験模型（高さ 0.5m×横長 1.1m×奥行 0.4m）を作成した。センサ等は加速度計、レーザー変位計、鉛直変位計を用いた。

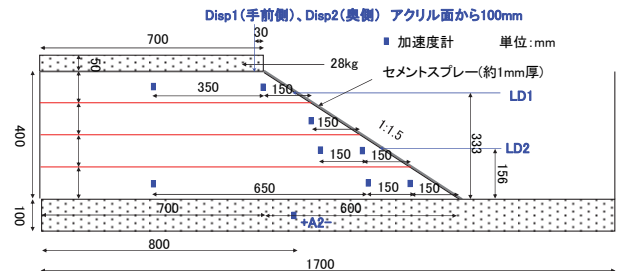


図 1 実験模型

表 1 実験材料

盛土材	名 称		けい砂5号
	土粒子の密度	ρ_s g/cm ³	
最大間隙比	e_{max}		0.851
最小間隙比	e_{min}		0.530
均等係数	U_c		1.65
曲率係数	U_c'		1.30
支持地盤	名 称		山砂
	土粒子の密度	ρ_s g/cm ³	2.725
	細粒分率	F_c	24
	均等係数	U_c	44.0
	曲率係数	U_c'	2.80
	最大乾燥密度	ρ_{dmax} g/cm ³	1.929
最適含水比	w_{opt} %	12.9	

表 2 実験条件

	盛土材			支持地盤		
	相対密度 Dr(%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	湿潤密度 ρ_l (g/cm ³)	締固め度 Dc(%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	湿潤密度 ρ_l (g/cm ³)
ケース1	50	1.520	1.550	85.7	1.646	1.728
ケース2	—	1.264	1.289	85.7	1.646	1.728
ケース3	—	1.274	1.300	90	1.728	1.814
ケース4	—	1.274	1.300	70	1.344	1.411

2. 2 実験材料

支持地盤には山砂(猪苗代砂)を使用し、盛土材には、けい砂 5 号(含水比 2.0%程度)を用いて作成した。自動車荷重を想定した碎石にはコンクリート用碎石 1505A を使用し、盛土の崩壊が分かるように色砂と標点を使用した。ケース 3, 4 には盛土斜面部にモルタルスプレーを使用し、のり部表面の崩壊を防いだ。盛土材と支持地盤の物性を表-1 に示す。

2. 3 実験条件

実験条件としてケース 1, 2 は盛土材の締固め度を異なるように作成し、支持地盤の締固め度を 85.7%で実験を行った。ケース 3, 4 では盛土材の密度を等しくし、支持地盤の締固め度を 90%と 70%で硬い支持地盤と軟弱な支持地盤で実験を行った。それぞれの密度の数値を表-2 に示す。

加振については、5Hz10 波の sin 波を用いて 50gal から 50gal 刻みで加振を行い、1000gal からは 100gal 刻みで加振し上限を 1100gal に設定した。また、ケース 3, 4 については、すべり面が明確に入った時に 1000gal で加振する実験を行った。

3. 実験結果

3. 1 ケース 1

図-2(a)に 1000gal 加振後の盛土の状況を示す。ケース1は盛土部と支持地盤の締固め度が高く、1000gal 加振時に初めて盛土の中心部に滑り面が入り、1100gal で盛土と支持層が一体となり滑った。

3. 2 ケース 2

図-2(b)に 400gal 加振後の盛土の状況を示す。ケース 2 では 300gal 加振時にのり面にすべり面が入り、350gal~400gal 加振時ですべり土塊の変位が見られた。その後も加振を続けると盛土のり面から徐々に崩壊していき 1100gal

キーワード 盛土, 支持地盤, 密度, 地震時変位量, ニューマーク法

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部土木工学科 TEL024-956-8858

加振時には盛土後方まですべり面が入り崩壊した。

3. 3 ケース 3

図-2(d)に 550gal, 1000gal 加振後の状況を示す。ケース 3, 4 ではセメントスプレーをのり面に使用しケース 2 で見られたのり面の浅い滑りを抑制する実験を行った。ケース 3 では 550gal 加振後に盛土下部に滑り面が入り、セメントスプレーの使用によりケース 2 よりも深く滑り面が入った。その後、1000gal 加振時に後方まで滑り面が入り崩壊した。

3. 4 ケース 4

図-2(e), (f)に 550gal, 1000gal 加振後の状況を示す。ケース 3 と同様にセメントスプレーを使用し、のり面を固めた。支持地盤は締め度を最大限緩くし、70%で作成した。550gal 加振時にはケース 3 同様にすべり面が入り、盛土の沈下により天端にテンションクラックが見られた。その後、1000gal 加振時に盛土後方にすべり面が入り、ケース 3 より流動的に崩壊した。

4. ニューマーク法による変位置評価

図-3 に 550gal, 1000gal 加振時の変位置の時刻歴をニューマーク法による解析結果とともに示す。550gal 加振時には、ケース 3, 4 とともに、降伏震度 k_{hy} を 0.40~0.45 に設定することで、鉛直変位 (Disp1) と水平変位 (LD1) をニューマーク法により概ね評価した。1000gal 加振時には、 k_{hy} を 0.50~0.55 に設定することで、水平変位 (LD2) を最も良好に評価した。これは、1000gal 加振前に作用した加速度が約 550gal であったことと整合的である。ただし、ケース 4 では、実験結果をケース 3 に比べ過小評価する結果が生じている。これは、ケース 4 では流動的な崩壊になり、剛体状のすべり土塊の形態から乖離したためと考えられる。このことから、支持地盤の密度が小さいケース 4 のような場合には、ニューマーク法で評価する際に設定する降伏震度 k_{hy} を支持地盤の密度が大きい場合に対し保守的に値を設定することで変位の過小評価を避けることができると考えられる。

5. まとめ

密度が小さい支持地盤上の盛土では、降伏震度 k_{hy} を保守的に設定することで変位の過小評価を避けることができると考えられる。支持地盤密度と盛土の地震時変位置の関係について、今後より詳細に検討していく必要がある。

謝辞: 本研究を進める上で、日本大学工学部 仙頭紀明教授にご助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 藤原ら：東北地方太平洋沖地震の鉄道盛土円弧すべり解析による被害要因の考察，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.71, No.4（地震工学論文集第 34 巻），I_87-I_94,2015.

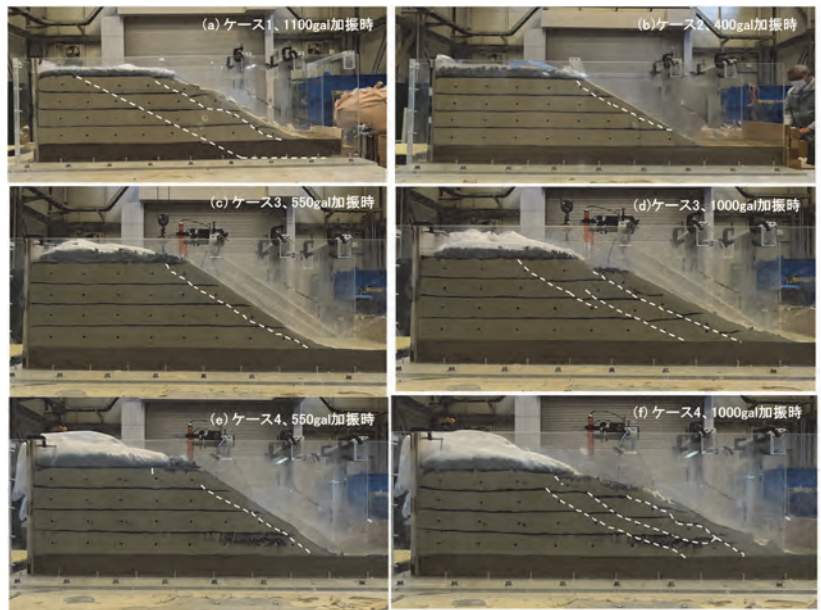


図 2 加振後の状況

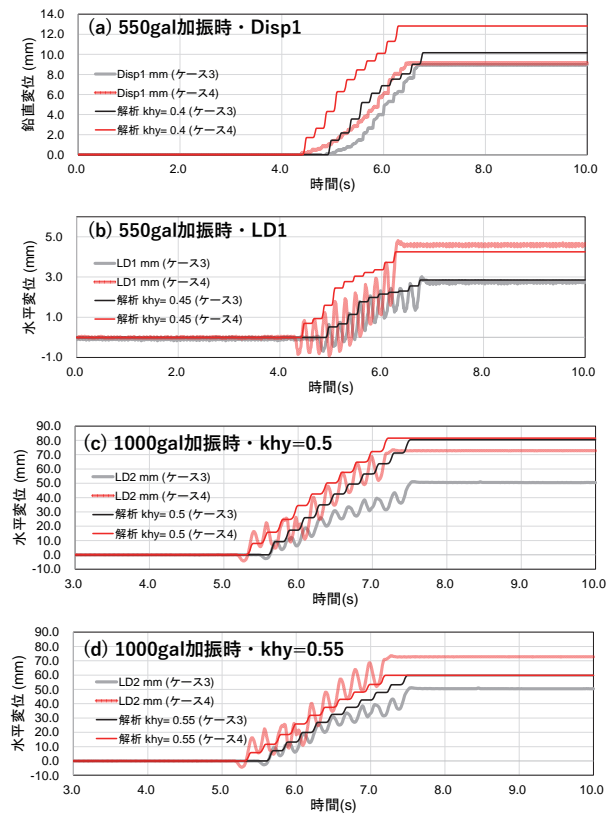


図 3 実験結果と解析結果