

平成 21 年 6 月 4 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2007～2008

課題番号：19860027

研究課題名（和文） 地震時リアルタイム道路盛土被害情報伝達システムの開発

研究課題名（英文） Real -Time communication system for seismic damage of road embankments

研究代表者

山田 卓（YAMADA SUGURU）

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号 70451789

研究成果の概要：

地震時リアルタイム盛土被害情報システムを構築するにあたり，盛土の変形を精度よく監視するために計器の設置箇所を決定する必要がある．本研究では，地震時に被害を受けやすい有機質土等の表土が取り除かれずに建設された盛土が地震荷重を受けた場合の挙動を振動台実験で調べた．その結果，表土がある場合の盛土は，表土を滑り面として変形が進行し，地表面の沈下は広範囲に及ぶことが確認された．

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,090,000	0	1,090,000
2008 年度	1,080,000	324,000	1,404,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,170,000	324,000	2,494,000

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：

1．研究開始当初の背景

地震による盛土の崩壊は，降雨による崩壊とは異なり突発的に発生するために，崩壊箇所の特定と被害規模の把握に人力と時間を要する．新潟県中越地震(2004)や能登半島地震(2007)では，山間部や沿岸部の過疎地域を通る道路が崩壊または落石によって使用不能に陥り，孤立した集落の住民の救助に長時間を要した事例があった．より迅速な救助活動の実現のためには，一刻も早い道路盛土被害箇所の情報収集が重要である．

2．研究の目的

地震による実際の道路被害は沢埋め盛土や谷埋め盛土が大半を占めるが，これらの崩壊のメカニズムはよく知られておらず，数値解析などで説明することは非常に難しい．車両通行不能を判定するための盛土崩壊規模とセンサー出力の関係，およびセンサー設置位置決定に必要な情報を得るために，地震時における盛土の運動機構を振動台模型実験により解明する．

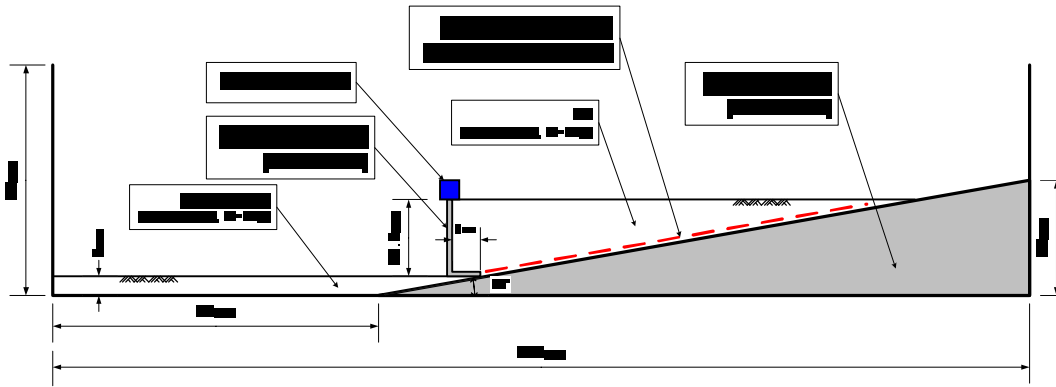


Figure 1: Model ground

3. 研究の方法

地震によって実際に被害を受けた盛土の多くは、本来取り除かれるべき表土（有機質堆積土）が残されたまま施工されたもの（谷埋め盛土または腹付け盛土）が多い。本研究では、斜面上に建設された擁壁タイプの盛土模型について、表土の影響、アンカー工法とネイリング工法を施した場合の地震時挙動を振動台実験で検討した。

図 - 1 に実験に用いた模型土槽の概略図を示す。振動台に固定し使用されたアクリル製の土槽(270cm×40cm×55cm)内に残留表土がある沢埋め盛土にL型擁壁が設置された宅地を模擬して模型地盤を作製した。地山斜面としてベニヤ板を土槽内に設置した。地山斜面の傾斜は 10°とした。また、ビニールシートを斜面板に敷いて残留表土を再現した。擁壁には十分剛性の高いベニヤ板（厚さ 1.5cm、高さ 20cm、底版長さ 7cm、奥行き 40cm）を用いた。模型地盤は豊浦砂（ $e_{max}=0.977$ 、 $e_{min}=0.605$ 、 $G_s=2.64$ ）を相対密度が 50% になるように空中落下法で作製した。補強工法としてアンカー工および地山補強土工を選択した。アンカー工は長さ 16cm のタコ糸の両端を斜面板と擁壁の両方に固定することで擁壁と地山が一体化された状態を再現した（図 - 2）。地山補強土工は、シリコンを付着させた長さ 23cm のタコ糸（補強材）を擁壁に固定して土中に埋めることで再現した（図 - 3）。

実験条件を表 - 1 に示す。残留表土（ビニールシート）がある場合、無い場合のそれぞれについて、補強パターン（無補強、アンカー、補強材）を変えた計 7 ケースの実験を行った。同一の模型を用いて 100, 200, 300, 400, 500gal の入力加速度で 9 秒間加振した。図 4 は振動で計測された入力加速度（200Gal）、図 5 は擁壁上端で計測された応答加速度の例である。

各加振終了後に擁壁上端の水平変位量を

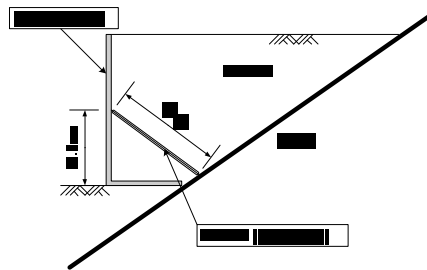


Figure 2: Model anchor

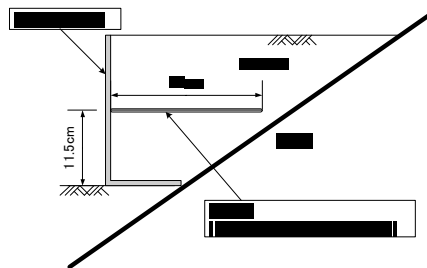


Figure 3: Model nailing

Table 1: Experimental conditions

No	Reinforcement	Model slip plane
1	Unreinforced	Absent
2	Unreinforced	Used
3	Nailing (2)	Absent
4	Nailing (8)	Absent
5	Nailing (8)	Used
6	Anchor (8)	Absent
7	Anchor (2)	Used

メジャーで測定し、これを擁壁の水平変位量 D_H とした。また、擁壁上端に設置された傾斜計で擁壁の転倒角度を測定し、擁壁の転倒による水平変位 D_{HR} を求めた。擁壁の滑動による水平変位 D_{HS} は D_H から D_{HR} を差し引くことで求めた。

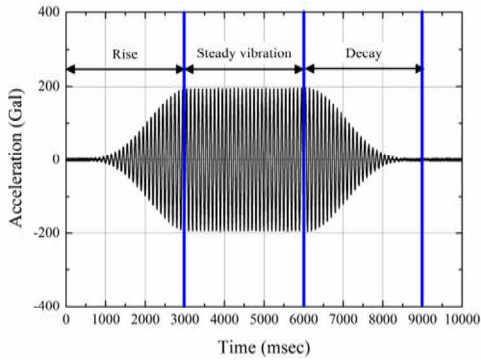


Figure 4: Time history of input acceleration

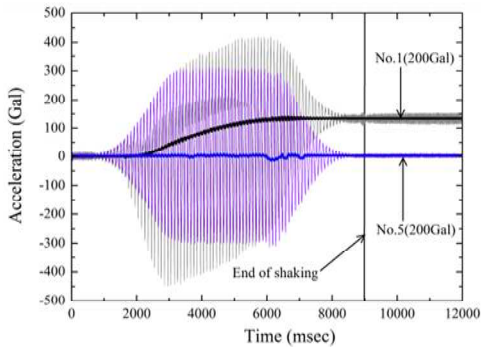


Figure 5: Response acceleration at top of retaining wall

4. 研究成果

図 6 は、擁壁の水平変位量 D_{Ht} と加振加速度の関係を示したものである。図より、残留表土の有無に関わらず、無対策では 200gal 以上の加振で大きな水平変位量が認められる。これに対してアンカー工を施した場合には、500gal の加振においても水平変位が殆ど生じていないことから、アンカー工は残留表土がある沢埋め盛土に対する耐震補強効果が大きいと考えられる。また、表土無・補強材 8 本のケースでは 500gal の加振でも擁壁の変位が殆ど生じていないことから、残留表土がない場合には補強材でもアンカー工と同等の効果が得られることがわかる。これに対して、表土有・補強材 8 本のケースでは、300gal を超える加振に対して大きな水平変位量が生じた。したがって、残留表土がある場合には擁壁と地山を固定しない補強材の耐震補強効果はアンカー工と比較すると小さいと考えられるが、200gal 程度の加振に対しては補強効果が確認できる。また、表土無・補強材 2 本のケースでは、表土有・補強材 8 本の場合と同程度の補強効果が得られることがわかる。

残留表土がある沢埋め盛土の地震時挙動を検討するために、補強材 8 本の場合の表土有・無それぞれのケースについて、滑動による擁壁の水平変位 D_{HR} と加振加速度の関係お

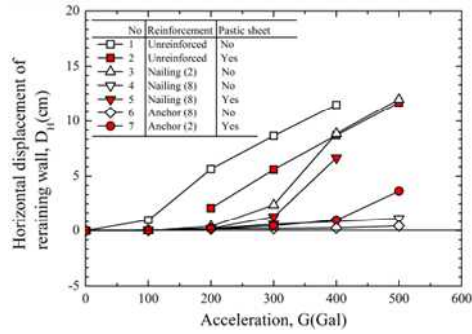


Figure 6: Relationships between horizontal displacement at top of retaining wall and intensity of base shaking.

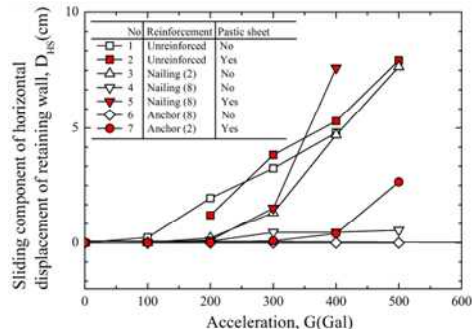


Figure 7: Sliding component of horizontal displacement at top of retaining wall changing with intensity of base shaking.

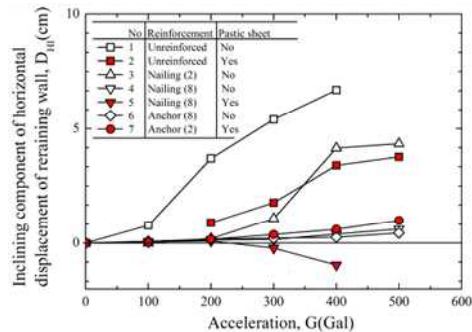


Figure 8: Inclining component of horizontal displacement at top of retaining wall changing with intensity of base shaking.

よび擁壁の転倒による水平変位 D_{Ht} と加振加速度を図 - 7、図 - 8 にそれぞれ示す。両図より、残留表土が無いケースでは補強材による補強効果が大きいために、滑動変位 D_{HR} および D_{Ht} のどちらも殆ど生じていない。しかし、残留表土があるケースでは大きな滑動変位が生じ、マイナスの転倒角となっている。つまり、残留表土が滑り面となり、盛土全体が擁壁を前方に押し出したと推測される。

図 - 9 は 300Gal および 400Gal の加振で生じた盛土の沈下量を示している。盛土沈下量は擁壁から 10cm 毎に計測された。図より、擁

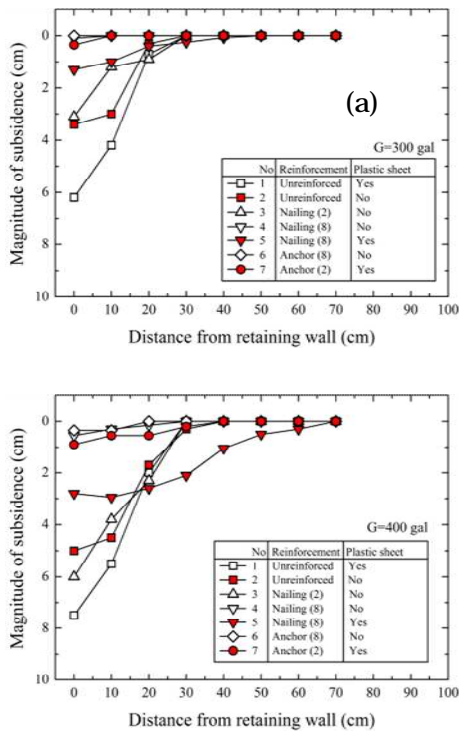


Figure 9: Distributions of magnitudes of the subsidence of fill against distance from retaining wall; (a) 300 Gal and (b) 400 Gal

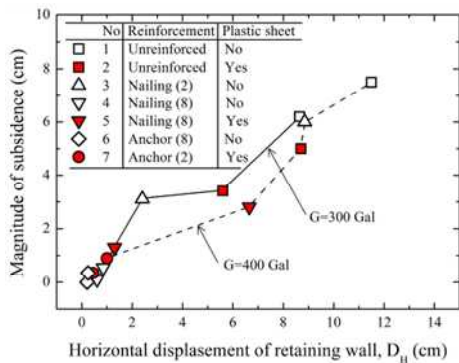


Figure 10: Relations between magnitudes of subsidence at 0 cm from retaining wall and horizontal displacement of retaining wall.

壁の水平変位が大きなものほど、沈下量が大きい傾向が認められる。例えば、無体策の実験では最も大きな盛土沈下量が計測され、アンカー工を施した場合には沈下量が最も小さい(図 10)。また、ネイリング工を施した実験を除く全ての実験では、盛土の沈下は擁壁から 30cm 以内の範囲で生じていることがわかる。

図 - 11(a)(b)はそれぞれ無体策・表土有およびネイリング+表土無の条件で行った実験の 400Gal 加振終了後の写真である。写真より、表土が有る場合では、盛土が一体となって表

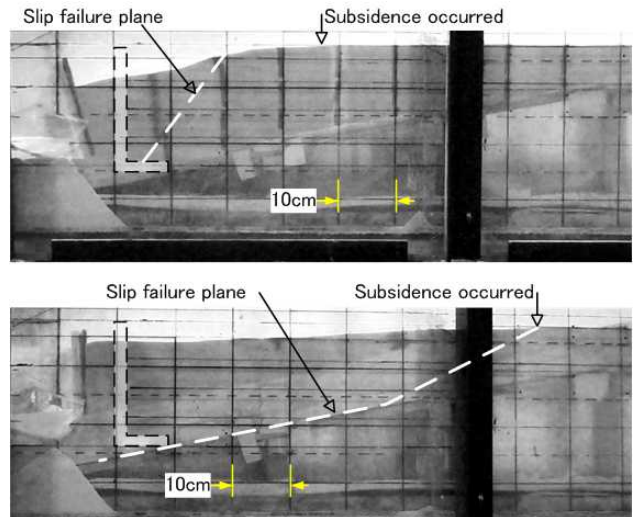


Figure 11: Slip failure plane after shaking with 400gal; (a) No.2 and (b) No.5

土上を活動する様子が明らかである。

以上の結果を踏まえて、今度盛土の地震時変形量を計測するセンサーの設置箇所の選定方法を検討する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 2 件)

山田卓, 東畑郁生: Mitigation of seismic damage in suburban residential are, 第 6 回都市地震工学国際会議 2009年 3月 3日, 東京.

田中良平, 東畑郁生, 山田卓: 沢埋め盛土上の造成宅地の地震時の挙動と安価な補強工法に関する振動台実験, 第 43 回地盤工学研究発表講演会, 2008 年 7 月 19 日, 広島.

6. 研究組織

(1)研究代表者

山田卓 (YAMADA __SUGURU)

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 70451789