

平成21年 3月31日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19760324  
 研究課題名 (和文) 補強土壁の耐震性に及ぼす盛土材飽和度の影響評価に関する研究  
 研究課題名 (英文) Effect of saturation of backfill  
 on seismic stability of reinforced soil walls  
 研究代表者  
 井澤 淳 (IZAWA JUN)  
 東京工業大学・大学院理工学研究科・助教  
 研究者番号：70345388

## 研究成果の概要：

2004年に起きた新潟県中越地震では、直前に多量の雨が降ったため多くの土構造物被害が確認された。これまで耐震性に優れていると報告されている補強土壁も例外ではなく、裏込め内の水の影響で被害が生じた例が数件報告されている。そこで本研究では補強土壁内の水位が補強土壁の地震時安定性に及ぼす影響を把握するため、遠心振動台実験を行った。実験では不飽和状態と飽和状態の模型補強土壁を用いたが、飽和状態のケースでは水位管理の簡略化のため模型補強土壁を水没させた状態を想定した。実験の結果、土壁内の水位により、地震時に致命的な打撃を受ける可能性があることが分かった。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	450,000	3,650,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：補強土, 耐震, 飽和度

## 1. 研究開始当初の背景

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では構造物に甚大な被害が発生した。特に地震発生直前に新潟県を襲った台風の影響で地盤内の飽和度が高い状態にあったため、土構造物や自然斜面は大きな被害を受けた。また過去の地震で高い安定性を示した補強土壁にも被害が見られたのも特徴的であった。この補強土壁は集水地形に位置しているにもかかわらず適切な排水工を施していなかったため、裏込め土の飽和度が高かったこと

が崩壊の原因であると報告されている1)。国土の80%が山間部である我が国では、道路盛土に補強土工法を適用する際、切り盛りで施工することが多く、自然斜面側の難透水性により必然的に補強土壁の裏込め部は集水する傾向にある。土構造物の飽和度が上昇した場合、自重の増加、サクシヨンの低下、間隙水圧の上昇による有効応力の低下などによって、安定性は格段に低下する。さらに補強土壁の場合、安定性を保つために必要とされる補強材と土との摩擦力も飽和度の増加

により低下する恐れがあり、非常に危険な状態となることが予想される。

## 2. 研究の目的

本研究では補強土壁の耐震性に及ぼす飽和度の影響を把握し、簡便な評価法を提案することを目的とする。また本研究で対象とする補強土壁は、飽和度の影響を受けやすいと考えられる帯状鉄板を用いた鉛直補強土壁とする。

## 3. 研究の方法

東京工業大学 Mark3 Centrifuge および水平一鉛直 2 軸振動台を用いて 50G の遠心力場での振動大実験を通して、補強土擁壁の耐震性に及ぼす飽和度の影響を調べて、作成した補強土壁模型の模式図を図-1 に示す。模型高さは 200mm (遠心場換算 10m) で、地盤材料には豊浦砂を相対密度 80% で使用した。補強材は厚さ 0.5mm のポリカーボネイト板を幅 9mm の帯状に切断して使用した。壁面には 3mm のアクリル板を用いて分割パネルを作成した。この分割パネル 1 枚に補強材 6 本を 25mm 間隔で接着した。地盤と補強材の摩擦角については一面せん断試験から求めている。補強土壁の補強形態については設計・施工マニュアルを用いて、5m の上載盛土がある状態を想定して設計されている。

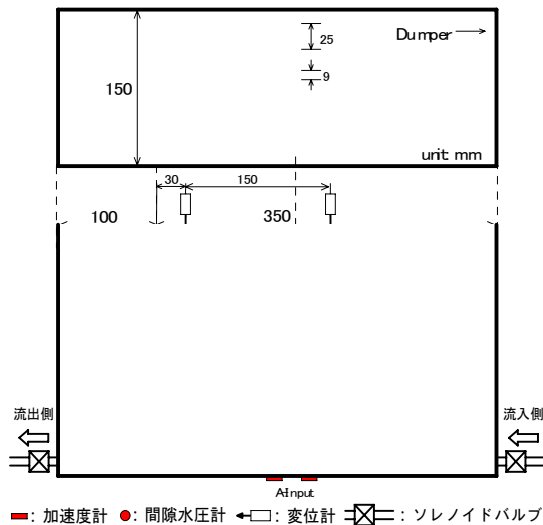


図-1 模型補強土壁

### (1) 実験ケース

本実験では遠心場での不飽和土の振動台実験、飽和状態の振動台実験を行った。

#### ① 不飽和地盤の遠心振動台実験

いったん水位を天端以上まで上昇させた後、水位を完全に低下させた後、振動台実験を行った。この時、地盤内は完全に乾燥しておらず不飽和状態にある。そのため粒子間にはサクシオンが働き、盛土材の強度・剛性は乾燥

状態よりも高い状態にあると考えられる。入力波は 100Hz の正弦波で、振幅を徐々に増加させて入力している。不飽和地盤における入力加速度は飽和地盤とほぼ同様であったが、不飽和地盤では Step1-3 のみを行った。

#### ② 飽和地盤の遠心振動台実験

飽和地盤の振動台実験では、まず重力場で地盤を飽和させた後、遠心加速度を 50G 場まで上昇させ、振動台実験を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 不飽和振動台実験

図-2 に不飽和地盤の振動台実験における沈下時刻歴を入力加速度の時刻歴とともに示した。振動中、補強土壁は変形するが、振動終了とともに安定状態に落ち着いている様子が分かる。沈下量は小さな変位 (1.5mm) に抑えられている。また、Step2 と 3 はほぼ同様の入力波であるが、Step3 では Step2 ほどの変形を生じていない。一般的に変形が進行するに従って剛性が低下すると予想されるが、補強土壁の場合、変形に伴って補強材引張力が発生するため、剛性の低下が抑えられるためと考えられる。

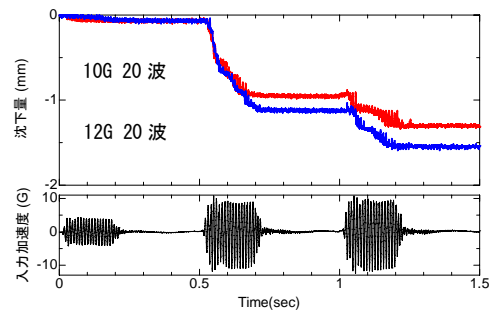


図-2 不飽和地盤の地震時沈下挙動

### (2) 飽和振動台実験

#### ① 過剰間隙水圧の影響

図-3 に地盤内過剰間隙水圧比  $\sigma_v/\sigma_v'$  の時刻歴を沈下量とともに示した。全体を通して過剰間隙水圧の有効上載荷重に対する比  $\sigma_v/\sigma_v'$  は 1 となることはなく、液状化は生じていなかった。Step2 の 80mm の高さの間隙水圧が、0.08 秒付近で急激に上昇し、約 20kPa 程度の過剰間隙水圧が発生している。この時点では他のセンサーにおいても大きなシフトやスパイクが見られるため、計測上の不具合によるものと考えられる。ほかのステップでは 5kPa 程度の小さな過剰間隙水圧しか生じておらず、過剰間隙水圧の増加に伴う沈下速度の増加も見られないことから、過剰間隙水圧が補強土壁の安定性に大きく影響を与えないと考えられる。そのため、これ以降は過剰間隙水圧の影響を無視して進める。

#### ② 変形モード

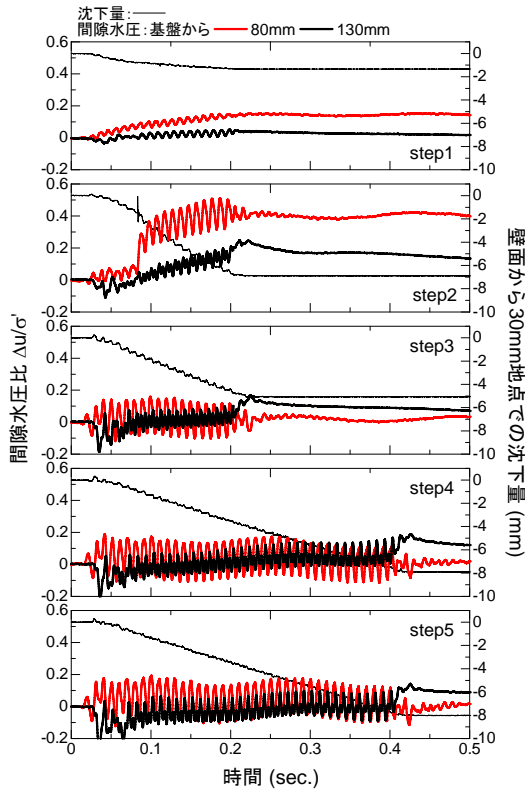


図-3 過剰間隙水圧挙動

図-4 に、ターゲットの変位量から求めた水平変位分布を示した。さらに図に示したように水平変位量を「滑動量」「上部せん断変位」「下部せん断変位」の3つに分け、それぞれの変位成分を振動ステップ順にプロットしたのが図-5である。これから土壁下部のせん断変形と滑動が顕著であることが分かる。全ステップを通して上部のせん断変位は非常に小さく抑えられている。Step3 までは下部のせん断変位が卓越しているが、Step4 以降はほとんどせん断変位を生じず、滑動量が支配的となってくる。また、図-13 に Step3 および Step4 終了後の最大せん断ひずみ分布を示した。Step3 でも壁面かかとにせん断ひずみが集中し始めているが明確なすべり線ではなく、Step4 で明らかなすべり線が発生している。このために滑動量が卓越したと考えられる。写真-1 に実験終了後の地盤内部の様子を示した。土壁上部はほとんど変形がなく、土壁下部が圧縮及びせん断している様子が分かる。

(3) まとめ

不飽和・飽和状態での補強土壁の遠心振動台実験から以下の知見が得られた。

- ① 飽和・不飽和状態の補強土壁は、ひずみの増加による顕著な剛性の低下が見られなかった。これは補強材引張力による拘束圧の増加によるものと考えられる。
- ② 飽和状態の補強土壁は不飽和状態に比べ

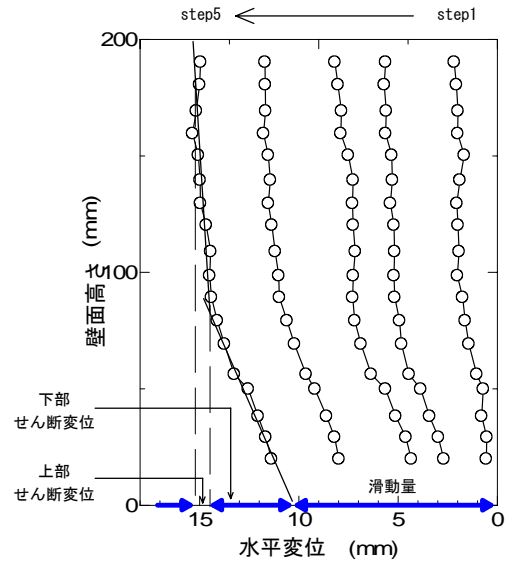


図-4 飽和地盤の水平変位分布

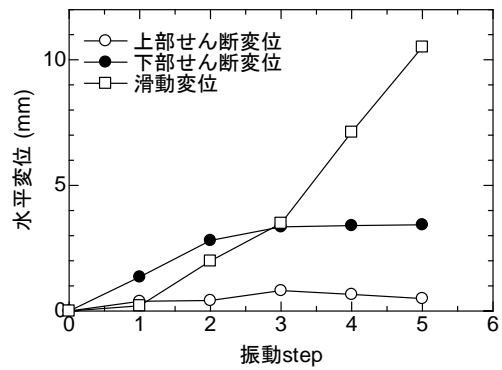
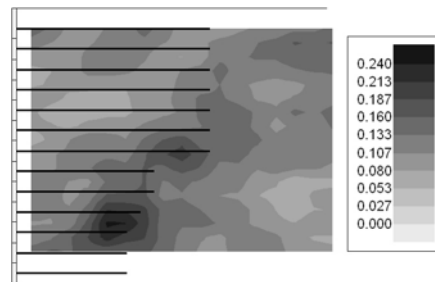
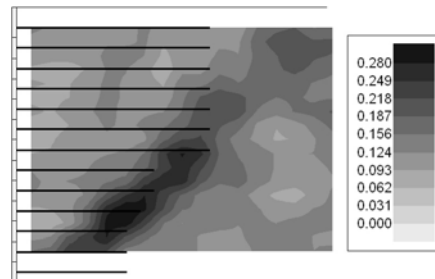


図-5 水平変位成分



(a) Step3 終了時



(b) Step4 終了時

図-6 最大せん断ひずみ分

て大きな変形を生じた。特に補強領域下部のせん断変形，一体となった補強領域の滑動が主な変位成分であった。この原因として，有効拘束圧の低下による引抜き抵抗の減少と地盤材料の剛性の低下が挙げられた。

- ③<sub>r</sub> 飽和状態のせん断剛性は不飽和状態に比べて約 75%程度であったが，振動を与えることにより，約 25%程度まで低下した。しかし，その後は同程度の加速度を数回受けても剛性は低下しなかった。
- ④<sub>r</sub> 飽和することにより補強材の引抜き抵抗が減少し，滑動に対する安全率は 1/2 程度まで低下する。

#### 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)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① Giang H. Nguyen, Jiro Kuwano, Jun Izawa and Sakae Seki, Effects of Transverse Ribs on Pullout Resistance and Deformation During The Unloading-Reloading Process, Geosynthetics Engineering Journal, Vol. 23, pp.37-44, 2008. (査読有り)
- ② 井澤 淳, 桑野 二郎, 壁面変位を用いた補強土擁壁の地震時損傷度評価, ジオシンセティックス論文集, pp. 207-212, 2007. (査読有り)
- ③ 井澤 淳, 斉藤 智哉, 伊藤 秀行, 上野 誠, 桑野 二郎, ジオグリッドと改良土を組み合わせた補強土壁の地震時挙動に関する研究, 地盤工学ジャーナル, pp. 73-86, 2007. (査読有り)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Jun IZAWA and Jiro KUWANO, Evaluation of damage of geogrid reinforced soil wall based on wall displacement, 4th European Geosynthetics Conference, Edinburgh, Scotland, 2008.9.10 (全文査読有り)
- ② Jun IZAWA and Jiro KUWANO, Centrifuge shaking table tests on saturated reinforced soil wall, 4th Asian Regional Conference on Geosynthetics, Shanghai, China, 2008. 6.19 (全文査読有り)
- ③ H. Ito, T. Saito, M. Ueno, J. Izawa & J. Kuwano, Development of rational design method for the geogrid reinforced soil wall combined with soil cement and its application, 5th International Symposium on Earth Reinforcement, Fukuoka, 2007.11.15. (全文査読有り)
- ④ J. Izawa, H. Kusaka, M. Ueno, N. Nakanani, H. Sato & J. Kuwano, The effect of inclination of reinforcement on the horizontal

bearing capacity of the ground reinforcing type foundation, New Horizons in Earth Reinforcement, 5th International Symposium on Earth Reinforcement, Fukuoka, 2007. 2007.11.15. (全文査読有り)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

井澤 淳 (IZAWA JUN)

東京工業大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：70345388

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし