

地山補強材を用いたもたれ壁の耐震補強に関する研究

日本大学 非会員 ○齊藤隆太 佐藤奎祐 益田直樹
 日本大学 正会員 阿部慶太

1. 目的

道路、鉄道、宅地において、もたれ壁の地震被害として傾斜、転倒あるいは壁体の亀裂が発生している¹⁾。そのため、もたれ壁の耐震補強では、もたれ壁の傾斜、転倒を防止しつつ壁体が破壊に至らないように対策を行うことが必要である^{1), 2)}。そこで、大地震時の補強材の変形に着目し、低コストで検討事例が少ない地山補強材³⁾の挿入方法を用いて、無補強、補強時を対象とした1/10 模型振動台実験を実施した。

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。ケース 1 の実験模型は、模型（高さ 0.5m×横長 1.8m×奥行 0.4m）で作成した。ケース 2 の実験模型では、ケース 1 のモデルに鉛直変位計を盛土上部に追加で設置し、補強材を 2 本、もたれ壁下部、基礎地盤から 74mm 上に 200mm 間隔で挿入した。挿入角度は水平方向下向きに 10° にし補強材が支持地盤に干渉しないようにした。ひずみゲージを補強材に、もたれ壁から 50, 140, 230mm の位置に接着させ曲げひずみ、軸ひずみを測定した。

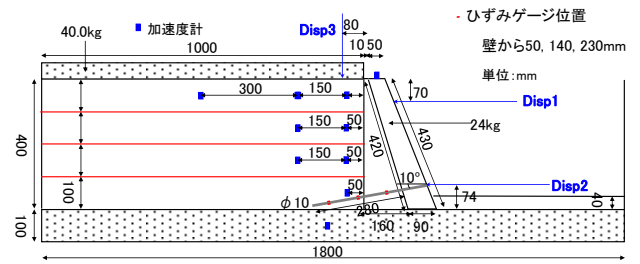


図-1 実験模型（ケース 2）

表-1 実験材料

		名称	けい砂5号
盛土材	土粒子の密度	ρ_s g/cm ³	2.652
	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
		名称	山砂
支持地盤	土粒子の密度	ρ_s g/cm ³	2.725
	細粒分率	F_c	15.00
	均等係数	U_c	44.00
	曲率係数	U_c'	2.8
	最大乾燥密度	ρ_{dmax} g/cm ³	1.929
	最適含水比	w_{opt} %	12.9

2. 2 実験材料

盛土部の材料には東北珪砂 5 号 ($w=2.0\%$ ケース 1: $\rho_t=1.20g/cm^3$, ケース 2: $\rho_t=1.30g/cm^3$) を用いて作成した。支持地盤の材料には山砂 ($D_c=90\%$, $w=5.0\%$) を用いた。(表-1) もたれ壁背面と自動車荷重を想定した砕石には代表径が約 15mm コンクリート用砕石 1505A を使用した。もたれ壁はモルタルで作成した。使用した 2 本の補強材にはアクリルを使用した。補強材の材料選定については、実際に使用する鉄筋コンクリートの補強材が $\phi 110mm$, $t=22.2mm$, $EI_p=2.2 \times 10^{11} Nmm^2$ であること、曲げ剛性の相似則(相似比 $\lambda=3.2 \times 10^4$) の関係を踏まえて、模型ではアクリル製の補強材 ($\phi 15.0mm$, $t=3.0mm$, $EI_m=6.8 \times 10^6 Nmm^2$) を使用した。

2. 3 実験条件

ケース 1 は無補強、ケース 2 はもたれ壁下部に 2 本補強する過去の事例が少ないことと、下部に補強することで施工コストを下げるメリットがある理由から、補強材を盛土部と支持地盤の境界位置まで施工したケースである。加振については sin 波 5Hz, 10 波で行い、ケース 1 では加速度を 50gal 間隔で段階的に増加させ 700gal まで加振を行った。ケース 2 では 100gal~1000gal までは 50gal 間隔で、1000gal 以降は 100gal 間隔で段階的に増加させ最終的に 1400gal まで加振を行った。

3. 実験結果

3. 1 ケース 1

写真-1 にケース 1 における加振実験終了後の変形状況を示す。もたれ壁は 700gal の振動を加えた時点で倒壊した。400gal あたりで模型地盤上部に白線の通りの滑り面が入り、600gal の時点ではもたれ壁が傾き直立状態で、もた

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 TEL 024-956-8858

れ壁としての機能が失われている状態であった。これは、最大加速度が1000gal相当であった兵庫県南部地震で、もたれ壁が倒壊したと整合した結果である。

3. 2 ケース 2

写真-2 にケース 2 の変形状況を示す。最大 1400gal まで加振を続けた結果、土圧を受けながらも、もたれ壁は最後まで倒れず留まった。実験後、もたれ壁の補強材を確認したところ、片方は壁付近で折れており、もう片方も目視でも確認できるくらいのたわみを確認したが、もたれ壁下部に補強材 2 本加えることで無補強時の 2 倍程度の耐震性を有した。

4. 補強前後の比較

図-2 に補強前後の入力加速度の最大値と壁変位の関係を示す。補強前は加速度が増加するにしたがって壁変位が増加し、700gal で転倒したが、補強後では 1400gal 加振時まで壁変位が増加するものの倒壊には至らなかった。図-3 にケース 2 での 1000gal 加振時での加振前後の地山補強材のひずみ分布（曲げひずみ：下面圧縮・上面引張りの曲げを正、軸方向ひずみ：圧縮を正）を示す。補強材の曲げひずみは、壁から 50mm 離れた補強材と壁の接合部付近で 1000gal 加振時に鉄筋が降伏する 2000 μ を越えており、下面が圧縮である曲げ（正曲げ）が発生し、補強材が接合部で降伏したと考察できる。軸ひずみについては、補強材のひずみは負の値であることから引張ひずみが発生しており、加振とともに引張ひずみが増加しているが、そのひずみの値は小さい。

5. まとめ

壁下部のみに補強材を挿入した場合でも、無補強時に比べ耐震性が向上するとともに、1000gal 程度の加速度が作用した場合でも補強材は降伏程度に収まる知見が得られた。今後、壁に作用する土圧も含め、補強材の損傷程度ともたれ壁の耐震性能について検討が必要である。

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。

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) 中島ら：既設もたれ壁の耐震補強効果および設計手法に関する実験的研究，土木学会論文集 C，Vol.75，No.3，316-335,2019.
- 2) 池本ら：急角度の地山補強材を用いた既設もたれ壁の耐震補強法に関する研究，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.74，No.4（地震工学論文集第 37 巻），I_198-I_319,2018.
- 3) 公益社団法人地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル，丸善出版，pp. 73-102, 2011.



写真-1 ケース 1 加振実験終了後の模型の様子



写真-2 ケース 2 1000gal 加振後の模型の様子

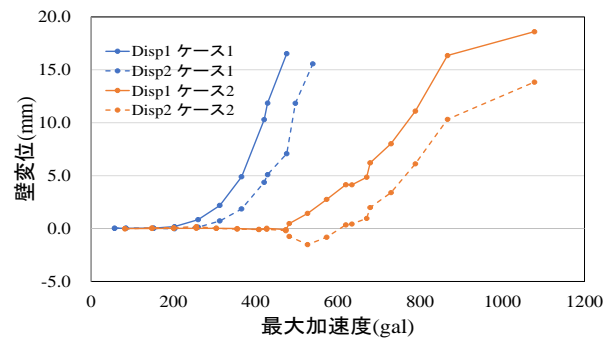


図-2 補強前後の入力加速度と壁変位の関係

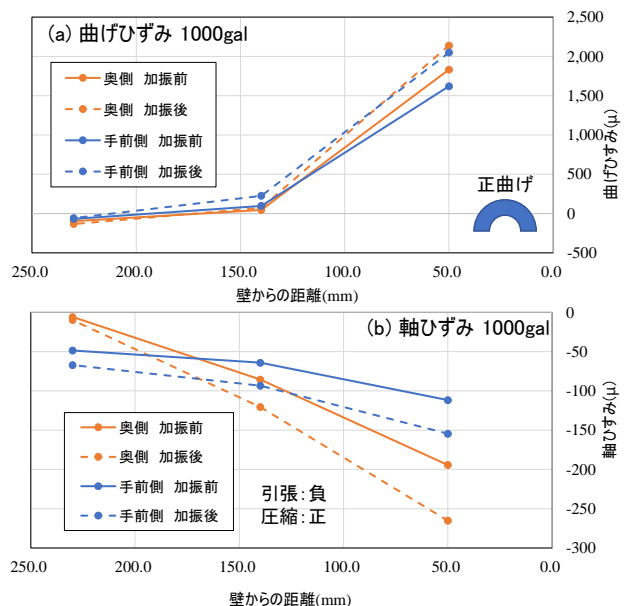


図-3 地山補強材のひずみ分布