

遠心模型実験と FEM 解析による大型ブロック積擁壁の動的応答特性

ヒロセ (株) 正会員 ○高尾 浩司郎
関西大学 正会員 西形 達明
関西大学大学院 学生会員 片岡 謙一
ヒロセ (株) 尾方 武文

1. はじめに

大型ブロック積擁壁は、優れた施工性と安全性を有することから、道路工事・造成工事の他、被災した間知ブロックの復旧工事などにおいて近年実績を伸ばしている。宅地盛土においては、適用場所・重要度や周辺施設への影響を考慮して地震動を設定する¹⁾が、間知ブロック等の石積擁壁構造に比して高い耐震性能が要求されている。

本擁壁²⁾は、L 型形状の大型ブロックを積み上げ、たて壁部に上下ブロックを結合する支柱を設け、鉄筋コンクリートで連結し一体化させた土留め擁壁である。(図-1 参照)

既往の研究³⁾では、本擁壁の動的安定性(応力分布など)が示されているが、変形量については明らかとなっていない。そこで、鉄筋コンクリート支柱部の配置効果に着目し、動的遠心模型実験を実施して、かみ合わせ抵抗のない空積構造との比較により地震時挙動を検証した。また、模型地盤で得られた実験結果を、2 次元有限要素法解析によりシミュレートし、大規模地震動に対する本擁壁の動的応答特性について検証した。

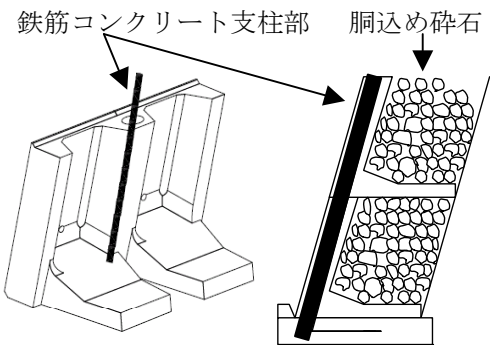


図-1 鉄筋コンクリート支柱部の構造

2. 実験モデル

写真-1 に実験に用いた擁壁モデルを示す。実験モデルは、アルミ製の L 型ブロックを 140mm (壁高 10m 相当) 積み上げ、実鉄筋 (D32×3 本) と等価な曲げ剛性をもつアルミ板を接着した。かみ合わせ抵抗のない空積構造は、アルミ板を外して再現した。実験に用いた地盤材料とその物性値を表-1 に示す。斜面地盤は、自然乾燥状態にある豊浦砂を用いて空中落下法により作成し、相対密度は 50%と 80%の 2 ケースとした。計測は、ひずみゲージによりアルミ板に作用する曲げ応力度と、画像処理により擁壁の水平変位量を実施した。本実験では 70G の遠心重力場で加振を行い、水平加速度 200gal の正弦波を 20 波 (周波数 0.7Hz) 与えた。

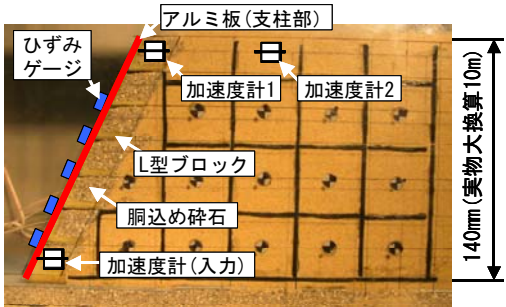


写真-1 実験モデルの概要図

表-1 実験モデルの物性値

裏込め土(豊浦砂)			胴込め土(3号砂砂)
相対密度 Dr(%)	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^2)$	内部摩擦角 $\phi(^{\circ})$	乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^2)$
50	1.49	34.6	1.7
80	1.59	40.7	

3. 解析モデル

2 次元 FEM 動的解析では、模型地盤の動的挙動をシミュレートした後、実地盤にて大規模地震動 (400gal) の水平加速度を与えて、本擁壁の地震応答特性を検証した。解析メッシュを図-2 に、物性値を表-2 に示す。

表-2 解析モデルの物性値

	胴込め材	裏込め材				基礎地盤	縦貫鉄筋
		模型地盤		実地盤			
		Dr=50%	Dr=80%	緩い砂	密な砂		
Material model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb				Linear elastic	Elastic plastic
γ (kN/m ³)	17	16				18	24
E(kN/m ²)	2.0×10 ⁴	2.0×10 ³	5.0×10 ³	1.5×10 ⁴	5.0×10 ⁴	5.0×10 ⁶	—
ν	0.33	0.33				0.33	0.15
c(kN/m2)	5	10				—	—
ϕ (°)	38	35	41			—	—

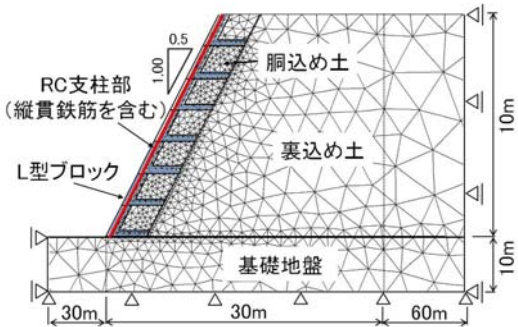


図-2 解析モデルのメッシュ図

キーワード 土留め, 動的応答特性, 遠心模型実験, FEM 解析

連絡先 〒135-0016 東京都江東区東陽 4 丁目 1-13 ヒロセ (株) 補強土事業本部 技術部 TEL03-5634-4578

4. 実験結果

加振後の水平変位量を図-3 に示す。鉄筋コンクリート支柱による一体構造（鉄筋あり）とかみ合わせ抵抗のない空積構造（鉄筋なし）の比較を行った結果、かみ合わせ抵抗のない空積構造は全体的に変形量が大きくなっていることがわかる。これは、ブロック間の結合強度が変形量の抑制効果につながることを示すものであり、上下ブロックを結合する鉄筋コンクリート支柱の配置効果が検証できた。また、空積構造の変位量は実物大換算で最大 1022mm (Dr=70%) と大変形した。(写真-2 参照)

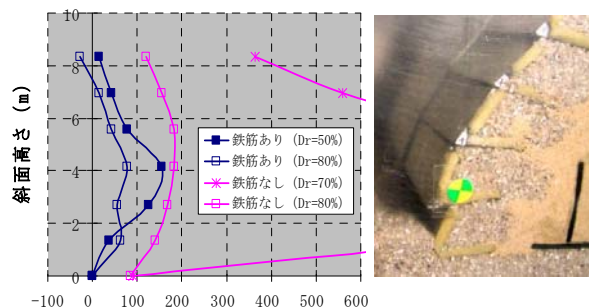


写真-2

図-3 水平変位量の比較

空積の変形状況

5. 解析結果

(1) 実験のシミュレート

図 4 と 5 に、加振後における解析値と実験結果の水平変位量と曲げ応力度を比較した。図より、解析値は実験結果とほぼ同じ分布傾向を示しており、かつ変形挙動と応力状態がおおよそ一致している。したがって、実験モデルにおける地震時挙動のシミュレートは、2 次元 FEM 動的解析によることとした。

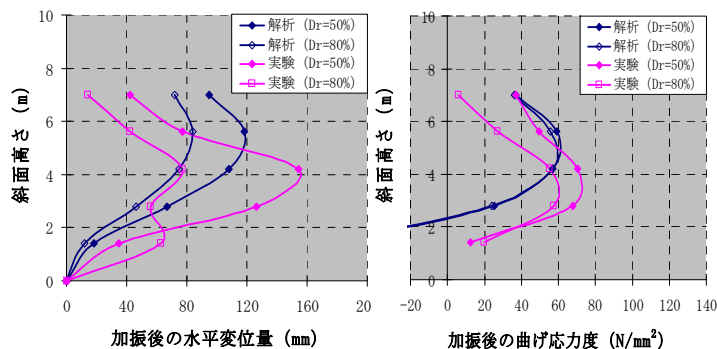


図-4 水平変位量の比較

図-5 曲げ応力度の比較

(2) 大規模地震動に対する応答特性

図 6 と 7 に、加振後における水平変位量と曲げモーメントの解析結果を示す。実地盤における本擁壁の動的応答特性を検証するため、前項で実験をシミュレートしたケース (200gal・ $E=5000\text{kN/m}^2$) と実地盤である緩い砂地盤 ($E=15000\text{kN/m}^2$) と密な砂地盤 ($E=50000\text{kN/m}^2$) を想定したケースを比較した。その結果、大規模地震動を考慮した解析値は実験シミュレートした結果と同じ分布傾向を示した。

変形については、全ケースとも擁壁の中腹がはらみ出す傾向があり、緩い砂地盤相当の解析値が最大 92mm、密な砂地盤相当の解析値が最大 72mm となった。本擁壁の変位量は斜面高さに対して 1%以内に収まっており、大規模地震動に対しても大変形には至らないことが確認できた。また、支柱部に作用する曲げモーメントについては、擁壁の変形に応じて中腹がはらみ出す傾向があり、緩い砂地盤相当の解析値が最大 $130\text{kN}\cdot\text{m/m}$ 、密な砂地盤相当の解析値が最大 $106\text{kN}\cdot\text{m/m}$ の比較的大きな値が作用した。これより、大規模地震動に対しては、ブロックの鉄筋コンクリート支柱部にはある程度高い断面剛性が要求されると考える。

6. まとめ

(1) かみ合わせ抵抗のない空積構造は裏込め土が Dr=70%で大変形し、ブロック間の結合強度は変形の抑制に影響することが確認できた。

(2) 鉄筋コンクリート支柱により結合する本擁壁は、大規模地震動に対して大変形に至らないことが確認できた。

(3) 鉄筋コンクリート支柱部には、大規模地震動の影響により比較的大きな曲げモーメントが作用ため、地震力の大きさと土圧力の作用状態に応じた断面剛性が必要となる。

<参考文献>

- 1) 宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版, 宅地防災研究会, ぎょうせい, 平成 19 年 12 月
- 2) NSS ブロック積擁壁 技術マニュアル, NSS 工業会, 第 2 回改訂版, 2005. 4. 1
- 3) 片岡ら: 鉄筋構造を有する大型ブロック積み擁壁の設計法に関する検討, 第 62 回土木学会全国大会

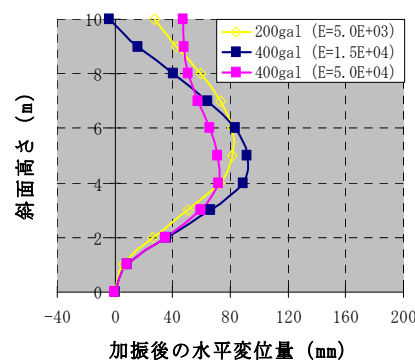


図-6 水平変位量の比較

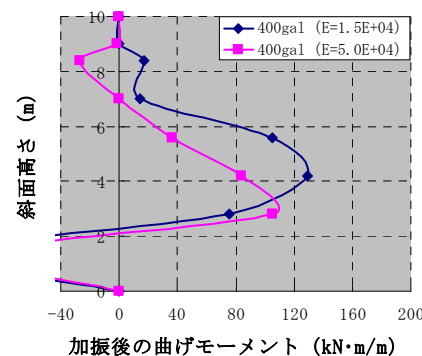


図-7 曲げモーメントの比較