

蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価（その3）—解析的評価—

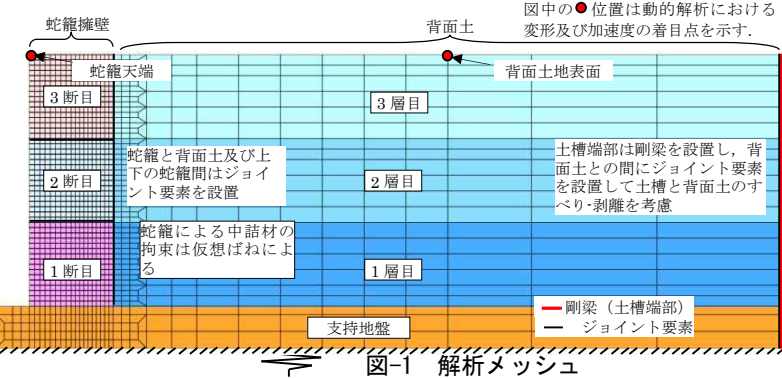
(株)CPC 正会員○西 剛整, 防災科学技術研究所 正会員 中澤 博志
(株)エイト日本技術開発 正会員 臼倉 和也, 高知大学 正会員 原 忠
佐賀大学 正会員 末次 大輔, 松井金網工業(株) 非会員 三好 克明, 大旺新洋(株) 正会員 下村 昭司
(株)エイト日本技術開発 正会員 栗林 健太郎, 木村 瞬, 高知大学 学生会員 柴原 隆

1. はじめに

前報その1¹⁾, その2²⁾では, ネパール国で多用される蛇籠擁壁を対象とした3ケースの実大振動台実験を対象とし, 得られた残留変位及び安定性の評価により, 安定性を高めるための擁壁形状について示した. 本報その3では, そのメカニズムを評価するために, 安定性に問題が生じやすい実験 Case1 を対象とした解析的検討を行った結果について述べる.

2. 解析条件

解析は有限要素法 (FEM) によった. 対象は被災が生じやすいと判断される実験 Case1 とした. 解析メッシュを図-1 に示す. 蛇籠擁壁と背面土は平面ひずみ要素でモデル化した. 蛇籠により中詰材は拘束されるが, これは蛇籠の左右端を結ぶ仮想ばねにより考慮した. 蛇籠と背面土及び蛇籠の上限間はジョイント要素を設けてすべりや剥離が考慮できるようにした.



実験では鋼製の土槽を用いてそこに蛇籠擁壁及び背面土を投入する. 背面土は端部では土槽と直接接する. 両者の間にはすべり, 剥離が生じると考えられるため, 背面側端部に土槽をモデル化した剛梁を設置し, 土槽と背面土の間にジョイントを設けた.

解析は常時を考慮した静的解析と, 地震時を考慮した動的解析を行った. 静的

表-1 静的物性値

名称	ポアソン比 ν	ヤング率 $E(\text{kN/m}^2)$	単位体積重量 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	強度定数		備考
				粘着力 $c(\text{kN/m}^2)$	内部摩擦角 $\phi(\text{deg})$	
中詰材	-	29,037	16.0	15.0	34.0	DCモデル
背面土	0.330	15,000	20.0	20.5	38.0	Mohr-Coulomb
支持地盤	0.330	20,000	20.0	-	-	弾性

表-2 動的物性値

名称	ポアソン比 ν	弾性波速度 $V_s(\text{m/s})$	せん断剛性率 $G(\text{kN/m}^2)$	単位体積重量 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	非線形特性		備考
					基準ひずみ γ_r	最大減衰率 $h_{\max}$	
中詰材	0.450	180.0	52,862	16.0	5.00E-05	0.20	
背面土	0.450	175.0	62,458	20.0	1.60E-04	0.20	$\sigma_c=50\text{kN/m}^2$
支持地盤	0.450	175.0	62,458	20.0	1.60E-04	0.20	$\sigma_c=50\text{kN/m}^2$

解析は, 施工段階を考慮したステップ解析とし, 中詰材は田所ら³⁾の室内試験の結果に基づいて Duncan-Chang の双曲線モデルで非線形性を考慮した. 背面土は Mohr-Coulomb 基準によるバイリニア型のモデルを用い, ノンテンション条件とした. 動的解析では, 背面土, 中詰材ともに R-O モデルにより非線形性を考慮した. せん断弾性波速度 V_s は, ホワイトノイズ波を用いた実験と解析の結果より設定した. すなわち, 中詰材については蛇籠単体の振動実験結果の模擬⁴⁾により $V_s=180\text{m/s}$ とし, 拘束圧依存性はない条件とした. 背面土は拘束圧 $\sigma_c=50\text{kN/m}^2$ での $V_s=175\text{m/s}$ とし, 拘束圧の 0.5 乗に比例する条件を設定した. 基準ひずみ γ_r は中詰材 5.0×10^{-5} , 背面土は $\sigma_c=50\text{kN/m}^2$ で $\gamma_r=1.6 \times 10^{-4}$ とし, 拘束圧の 0.5 乗に比例する条件を設定した. 解析プログラムは Soil Plus である. 解析に用いた物性値を表-1 及び表-2 に示す.

3. 静的解析結果

静的解析の結果として, 最終ステップの鉛直応力図を図-2 に示す. この図では, 変形モードを実変形の 50 倍にして表している. 図でわかるように, 蛇籠擁壁は背面土の土圧を受けて前方に傾斜する. 蛇籠のつま先側ではその

キーワード 蛇籠擁壁, 実大実験, ステップ解析, 動的解析, シミュレーション

連絡先 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 4-40-11 (株)CPC 東京支社 TEL 03-5337-4065

影響により大きな鉛直応力が作用し、背面土側の下端では引張応力が作用している。これは、蛇籠擁壁に転倒モードが発生していることを示している。蛇籠擁壁の背面土については、蛇籠背面の下端で大きな圧縮応力が作用しているが、これも蛇籠擁壁の前倒れの影響によるものである。

4. 動的解析結果

ホワイトノイズ波による蛇籠天端位置(図-1 参照)の応答加速度の伝達関数を示したものが図-3 である。10Hz 前後にピークがあるが、この傾向は実験と解析で同じであり、比較的良好一致を示している。なお、

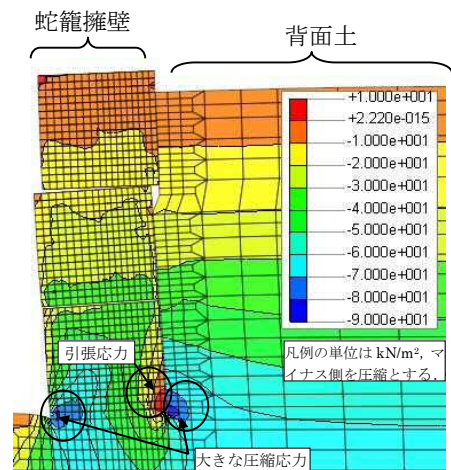


図-2 静的解析による鉛直応力分布図

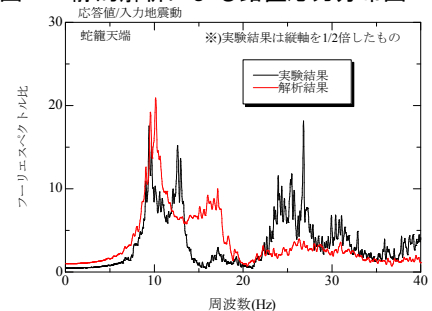


図-3 WN 波による蛇籠天端の伝達関数

応答変位についても背面土地表面部で解析結果がやや大きいものの、蛇籠天端位置での変位は実験結果と解析結果でほぼ等しい。

一方、入力 131.7gal のケースでは応答加速度はほぼ一致するが、蛇籠天端位置での解析による変位は実験結果に比較してかなり小さくなっている。前報その¹⁾で示したように、このケースでは2回目の加振時に擁壁背後から 1.1m の地表面に大きなクラックが生じ、背後地盤の崩壊とともに、擁壁の顕著な前傾が生じた。動的解析においても、蛇籠背面から 1m 程度の位置に水平方向の大きな引張応力が作用することを確認しており、実験の挙動が窺えた。図-5 の実験時の変位はこの結果によるものであり、連続体のモデルを用いる FEM 解析ではこの挙動を十分に表現できないものである。

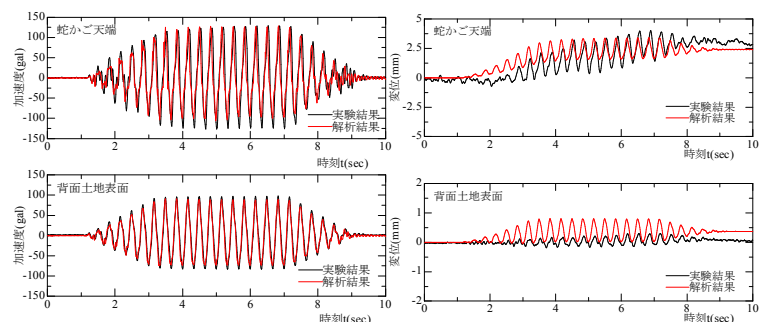


図-4 1 回目加振 (入力 64.6gal) における応答加速度と応答変位

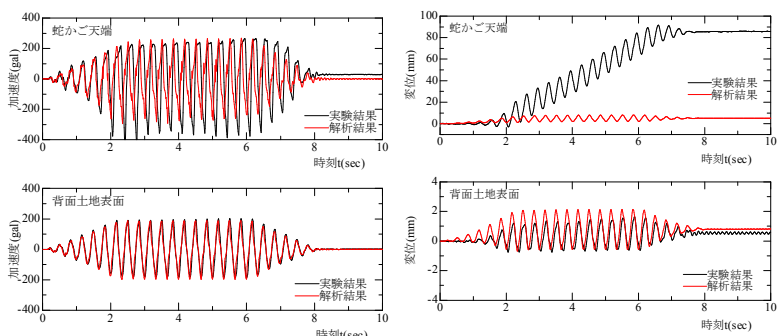


図-5 2 回目加振 (入力 131.7gal) における応答加速度と応答変位

5. まとめ

本報では、3つの実験ケースの内、Case1 を対象として解析的評価を試みた。その結果、加振加速度が比較的小さい段階では比較的实验結果を模擬できることを確認した。今後はその他のケースに対する解析的評価を実施し、蛇籠擁壁の安定性についての定量的な評価を行うとともに、安定性の高い適切な擁壁形状の提案を行っていく予定である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金(基礎研究 B(一般)16H04413 および基礎研究 B(海外学術調査)16H05746)の助成を受け実施した。関係者各位に謝意を表します。

参考文献 1) 中澤他:蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価(その1)―残留変形の概要―, 第73回土木学会年次学術講演会投稿中, 2018, 2) 白倉他:蛇籠擁壁の耐震性に関する実大実験および安定性評価(その2)―安定性評価―, 第73回土木学会年次学術講演会投稿中, 2018, 3) 田所他, 蛇籠擁壁の耐震性評価手法の検討(その1)―中詰め材の要素試験―, 第72回土木学会年次学術講演会, 4) 西他, 実大振動台実験による蛇籠擁壁の耐震性評価(その3) - 蛇籠擁壁の安定に対する解析的評価 -, 第53地盤工学研究発表会投稿中, 2018