

ガンロック枠を用いた擁壁構造の地震時挙動に関する基礎的研究

大阪工業大学 正 ○藤本哲生
 キョウ・ジャパン 非 吉村隆顯
 山口大学大学院 正 鈴木素之

1. はじめに 著者らは、近年多発する豪雨を鑑み、排水性に優れた法留めの構築を目的として新たに「ガンロック枠」を開発し、道路擁壁や河川護岸への適用を目指して写真-1に示す壁高約8mの切土擁壁の試験施工および動態観測を実施している。本稿では、当該試験施工断面を対象とし、レベル2地震動が作用した際のガンロック枠を用いた擁壁構造(以後、ガンロックと称す)周辺の基本的な地震時挙動を逐次非線形動的解析により検討した結果について述べる。



写真-1 ガンロック枠を用いた切土擁壁の試験施工

2. 検討断面 図-1に、検討断面である試験施工断面を示す。当該断面は、風化花崗岩(D_M級)の地山を掘削後、その前面にコンクリート製のガンロック枠(高さ1m、幅1.5m)を1:0.3の勾配で8段積み上げている。なお、写真-2に示すように、ガンロック枠は格子状の前壁と後壁を2本の梁で接合し、枠内に中詰め材として石材を充填している。また、ガンロックの下位に分布する風化花崗岩(D_H級)のうち、ガンロック底面下は深さ2mの埋戻しを行っている。

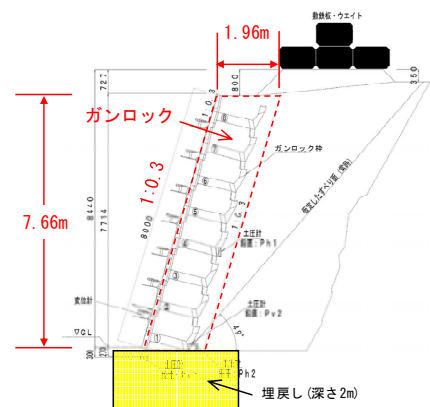


図-1 試験施工断面図

3. 解析条件 本研究では、前掲図-1の試験施工断面および周辺地山を対象として二次元FEMモデルを作成し、レベル2地震動が作用した際のガンロック周辺の基本的な地震時挙動について検討した。なお、解析プログラムは汎用構造解析プログラムISCEFである。

(1) **解析物性値** 表-1に、解析物性値を示す。このうち、ガンロックはガンロック枠と中詰め材の複合体であるため、モデル化の際にはガンロック枠同士の接触部や背面地山との連続性について配慮する必要がある。しかし、本研究ではガンロック周辺の基本的な地震時挙動の把握を目的としたため、ガンロックおよび周辺地山を連続的に平面ひずみ要素によりモデル化した。なお、ガンロックは線形弾性材料とし、その動弾性係数 E_d はガンロック枠の $E_d=22,000$ MN/m²、中詰め材の $E_d=0$ MN/m²としたうえで、ガンロック1スパン(奥行き1.5m)に占めるガンロック枠の体積割合(約5%)を考慮した等価動弾性係数とした。

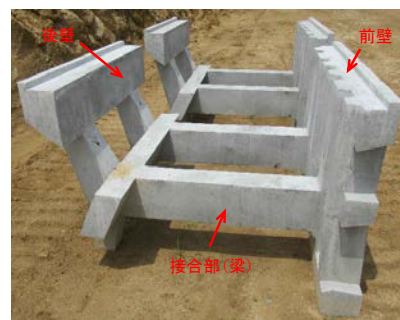


写真-2 ガンロック枠

(2) **入力地震動** 入力地震動は、「道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形」¹⁾のうちレベル2地震動を適用することとし、地域別補正係数を $c_z=1.0$ 、地盤種別をI種地盤としてタイプI(海溝型地震)はI-I-3、タイプII(内陸直下型地震)はII-I-1を選定し、伝達関数法²⁾により解析モデルの底面に引き戻したうえでモデル底面に配置した粘性境界に入力した。

表-1 解析物性値

項目	記号	単位	ガンロック 線形弾性材料	埋戻し 非線形材料	周辺地山(風化花崗岩)	
					D _M 級	D _H 級
単位体積重量	γ	kN/m ³	19.5	19.0	19.0	19.0
動弾性係数	E_d	MN/m ²	1100	-	-	-
せん断波速度	V_s	m/s	-	490	490	612
P波速度	V_p	m/s	-	1200	1200	1500
初期せん断弾性係数	G_0	MN/m ²	-	465	465	725
動ポアソン比	ν_d	-	0.35	0.40	0.40	0.40
非線形モデル	-	-	-	修正H-D	修正H-D	修正H-D
基準ひずみ	γ_c	-	-	4.0E-04	4.0E-04	2.2E-03

キーワード: 擁壁, 地震時挙動, 数値解析

連絡先: 〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16番1号 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 TEL 06-6954-4141

4. 解析結果および考察 ここでは、紙面の都合上、試験施工断面に対してタイプ I 地震動(海溝型地震)を入力した場合の解析結果および考察について詳述する。

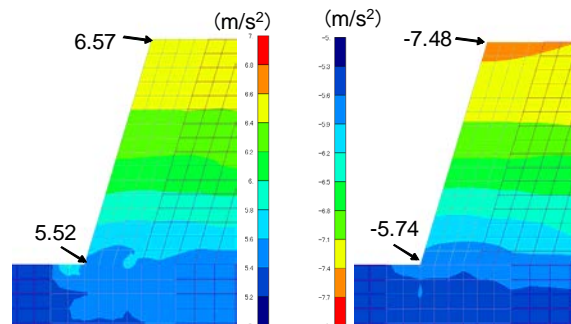
図-2(a), (b)に、ガンロック周辺の水平方向応答加速度分布図を示す。なお、解析モデルの座標系のうち水平方向は右向きを正值としているため、正值は右向き、負値は左向きの加速度を表していることに注意が必要である。水平方向応答加速度は、ガンロックの底部から天端に向かうにつれて漸増し、ガンロック前面の天端において最大値(右向き, 6.57 m/s^2)および最小値(左向き, 7.48 m/s^2)を示す。ガンロック底面と天端との加速度の応答倍率(天端/底面)は、右向き 1.19 倍, 左向き 1.30 倍であり、ガンロック周辺における顕著な加速度の増幅はみられない。

図-3(a), (b)に、ガンロック周辺の水平方向応答変位分布図を示す。ガンロック周辺の水平方向応答変位は、応答加速度と同様に底部から天端に向かうにつれて漸増し、ガンロック前面の天端において最大値(右向き, 2.5 mm)および最小値(左向き, 2.3 mm)を示す。なお、地震中のガンロックの底部と天端との相対変位は最大・最小ともに 2 mm 程度、地震終了時の天端の残留変位は図-4に示すように 1 mm 以下とごくわずかである。

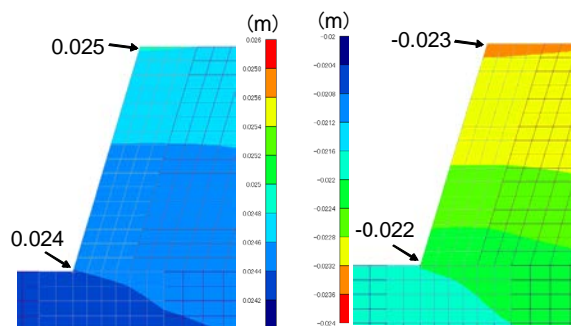
図-5に、ガンロック周辺のせん断応力分布図(絶対値表示)を示す。せん断応力 τ_{xy} は、ガンロック前面の底部(つま先)において最大値(0.186 MN/m^2)を示し、その直下の埋戻しにおいて図-6に示すようにせん断ひずみ ε_{xy} が最大値(6.07×10^{-4})を示す。なお、 ε_{xy} が最大となる要素の履歴曲線の端部を結んだ直線の傾きは最大で初期の約半分となっており、地震によりせん断弾性係数は大きく低下したといえる。

5. おわりに 本稿では、試験施工断面を対象としてレベル 2 地震動が作用した際のガンロック枠を用いた擁壁構造周辺の基本的な地震時挙動を逐次非線形動的解析により検討した結果について述べた。本研究では、ガンロックを線形弾性材料としてモデル化したことから、地震による応答加速度や変位の顕著な増幅はみられず、地震後の残留変位はわずかであるものの、ガンロックのつま先周辺にせん断応力やせん断ひずみが集中し、つま先直下の地盤のせん断弾性係数が大きく低下することを確認した。したがって、擁壁基礎の根固めが重要であるといえる。今後は、ガンロック枠同士の接触部や背面地山との連続性についてのモデル化の方法について検討したうえで、ガンロック枠の応力照査を行いたい。

【参考文献】 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形(H24年版対応), <https://www.road.or.jp/dl/tech.html>, (2022.3.23 参照). 2) 渡邊啓行, 有賀義明, 曹増延：三次元動的解析による非線形性を考慮したコンクリート重力式ダムの耐震性評価について, 土木学会論文集 No.696, I-58, pp.99-110, 2002.



(a) 時刻歴最大値 (b) 時刻歴最小値
図-2 水平方向応答加速度分布図



(a) 時刻歴最大値 (b) 時刻歴最小値
図-3 水平方向応答変位分布図

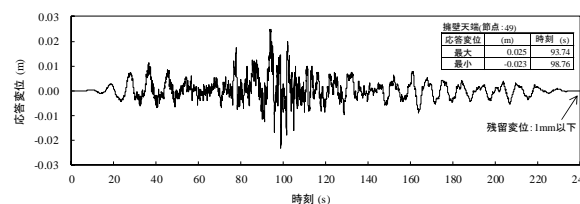


図-4 ガンロック天端の水平方向応答変位時刻歴図

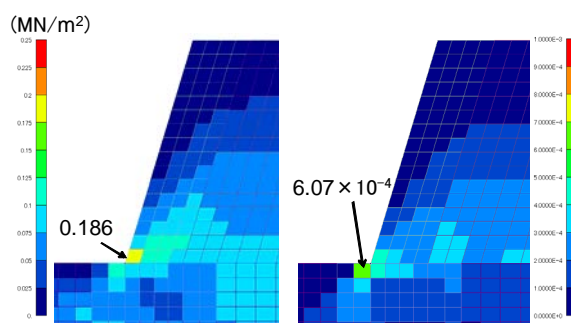


図-5 せん断応力分布図(絶対値, 時刻歴最大値)

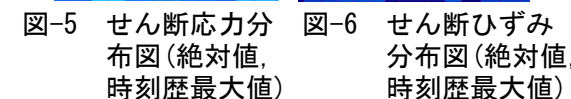


図-6 せん断ひずみ分布図(絶対値, 時刻歴最大値)