

FEM-3D(L₂₇)による石垣の動的挙動の数値解析実験

木更津高専専攻科生

学生会員 ○谷優作

日本大学生産工学部

学生会員 木村真也

木更津高専 正会員

博(工学) 田中邦熙

1. まえがき

現存する重要な文化遺産である城郭石垣は老朽化が著しく、特に地震時における崩落の危険性が高い。したがって石垣の動的挙動研究が重要であるが、実験的方法是種々の面から困難である。本研究は、著者らが提案してきた石垣断面を連続体として扱う手法¹⁾を用いて、石垣断面の形状・寸法および構成要素の物性値を変化させたときの石垣安定に対する影響傾向を把握しようと試みた FEM-3D による数値解析実験結果についてとりまとめ、考察したものである。

2. 方法

(1) 取り上げた要素と水準

今回の解析に取り上げた要因とその水準は表—1に示す、高さ H・傾斜角 θ および (仮想) 間詰め部材 M・積み石 S・裏込め B・原地盤 G の弾性係数の 6 項目である。

(2) 数値解析実験

表—1に示した 6 要因 3 水準は実験計画法 L₂₇(3¹³)に組み込んで FEM により数値計算し、その結果を統計処理して、各要因の石垣安定に及ぼす影響傾向・度合いなどについて考察した。なお表—1に示した M・S・B・G の弾性係数から、FEM 計算に必要な物性値は文献¹⁾の図—4を用いて設定した。

(3) 計算条件と結果

計算条件はインプット定数を変えた 27 回の数値実験に対し、静的・動的 (地盤底面における X=石垣面鉛直方向、Z=地盤面上下(直下型)方向) の加速度 $\alpha = 100, 200, 300 \text{ gal}$ 解析および固有周期解析である。静的・動的解析

表-1 実験計画法 L₂₇(3¹³)用 6 要因 3 水準(kgf/cm²=9.8×10kPa)

L27要素 列 No	記号	要因	単位	水準		
				1	2	3
1	H	高さ	(m)	7.0	14.0	21.0
2	θ	傾斜角	(°)	60.0	70.0	80.0
5	M	間詰めE	(kgf/cm ²)	300	1,500	7,500
9	S	積み石E	(kgf/cm ²)	1,000	10,000	100,000
10	B	裏込めE	(kgf/cm ²)	100	1,000	10,000
12	G	地盤 E	(kgf/cm ²)	200	2,000	20,000

は、各計算条件において得られた石垣面の孕み出し状変形断面積 A を石垣安定性を示す指標として用いた。

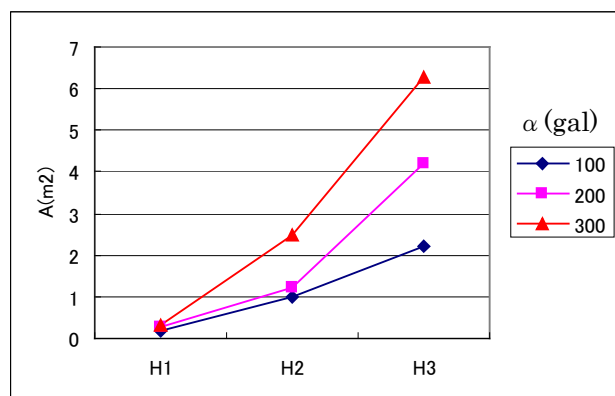


図-1 入力加速度 X 方向時の H の水準変化に伴う A の変化

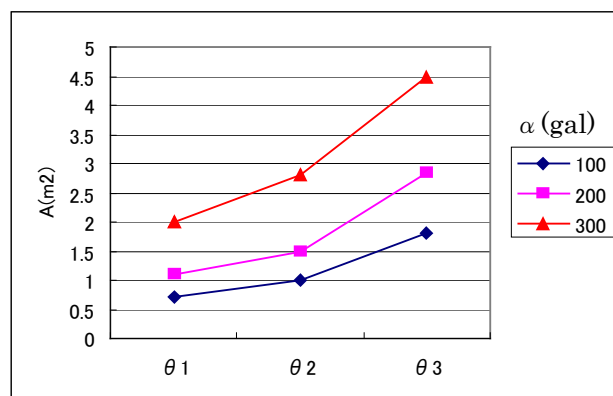


図-2 入力加速度 X 方向時の θ の水準変化に伴う A の変化

keyword : 石垣、FEM-3D、数値解析実験、実験計画法

連絡先 : 〒292-0041 木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専 TEL&FAX 0438-30-4155

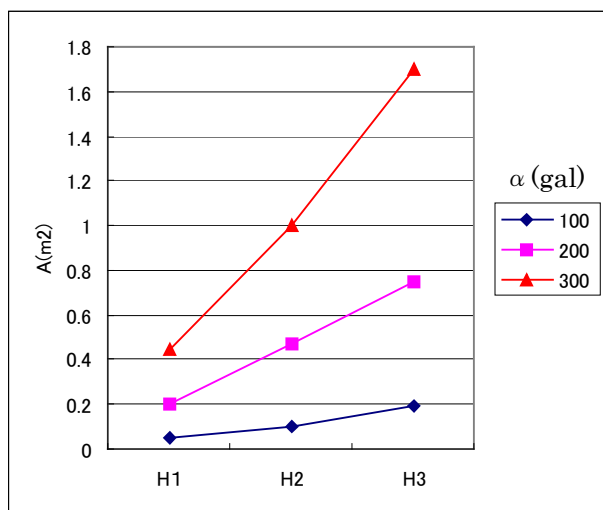


図-3 入力加速度 Z 方向時の H の水準変化に伴う A の変化図

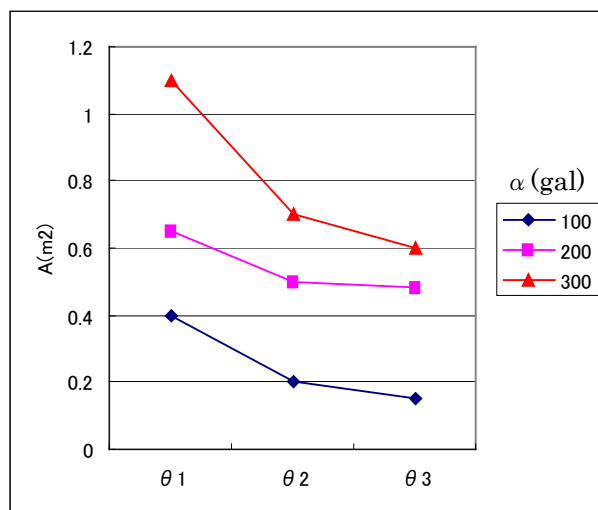


図-4 入力加速度 Z 方向時の θ の水準変化に伴う A の変化図

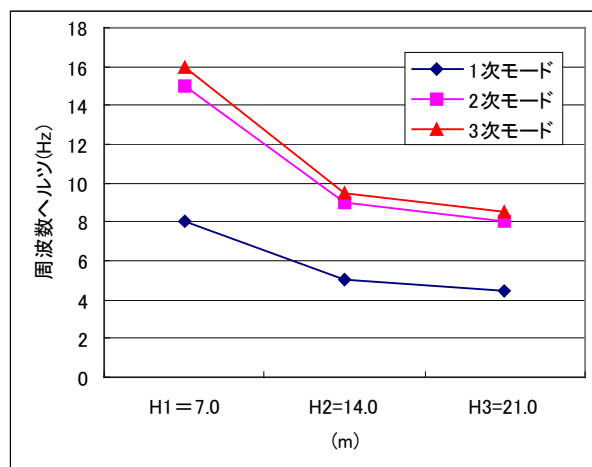


図-5 要因 H の水準変化に伴う固有周期変化図

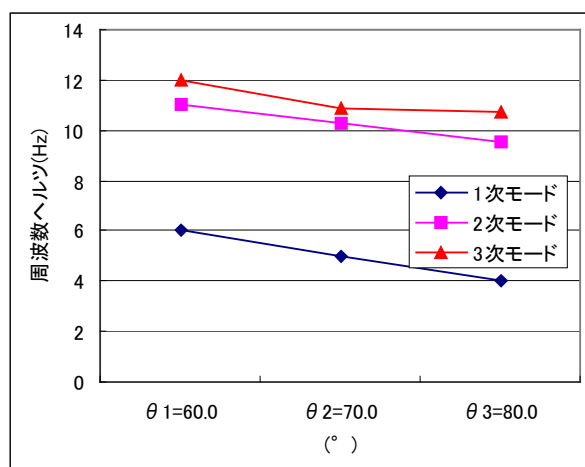


図-6 要因 θ の水準変化に伴う固有周期変化図

3. 解析結果と考察

(1)石垣面変状

要因ごとの水準変化に伴う A の変化状況を、入力加速度 X 方向の場合の H 図を図-1、θ 図を図-2、入力加速度 Z 方向の場合の H 図を図-3、θ 図を図-4 に示した。統計上有意差が認められたのは主として H、θ の形状寸法に関する要因であり、A に対する影響傾向が把握できる。石垣構成要素の物性値は一般に形状寸法ほど A への影響力は大きくないことが示された。

(2)固有周期

要因ごとの水準変化に伴う固有周期の（一次～三次）変化状況を、要因 H の場合を図-5、要因 θ の場合図-6 に示す。ここでも石垣面変状と同じく、有意差の認められた要因 H と θ について示した。一般には石垣の固有周期は一次モードで 8～4Hz、二次モードで 15～8Hz であることが示された。

4. あとがき

今後は今回得られた計算結果をさらに詳細に検討していく所存である。本研究は H15 年度科研費および H14 年鹿島財団研究助成を得て実施した成果の一部であることを記し、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中邦熙他：石垣断面の FEM－3D による数値解析実験、土木史研究 No.23, PP401～408, 2003.6