

図4 三次元メッシュ図

表2 材料定数

	ヤング率 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	内部摩擦角 φ (deg)	粘着力 c (kN/m ²)	単位体積重量 γ (kN/m ³)
アンカー	2.00E+08	0.3	0	Large	43.52
栗石1	1.27E+04	0.29	45	0	15.3
栗石2	3.69E+04				
栗石3	5.98E+04				
栗石4	8.27E+04				
栗石5	1.04E+05				
築石	2.50E+07	0.15	0	Large	26.5
築石同士間の境界要素	8.00E+02	0.49	35	0	26.5
栗石・築石間の境界要素	8.00E+02	0.49	35	0	15.3
土嚢部	1.02E+04	0.33	44.1	10	17.9

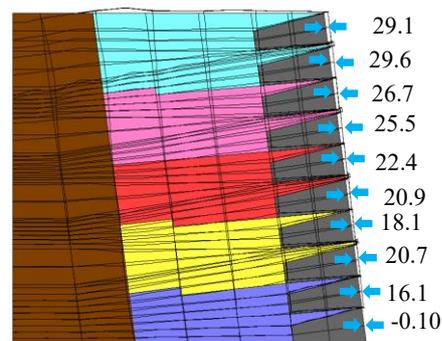


図6 変形図

鉄筋挿入アンカー工法モデルを再現した有限要素分割図を図5に示す。計算負荷を軽減するため、図4のように、加振方向に対して垂直に3分割した中央部分を再現解析の対象とした。栗石層は、ヤング率の拘束圧依存性を考慮するために、深さ方向に5分割した。また、築石のずれや抜け出しを再現するため、築石・栗石間、築石・築石間に厚さ1mmの要素を設置した。解析に用いた材料定数を表2に示す。これらの材料定数の値は、土質試験²⁾や既往の研究³⁾の結果を用いて決定した値である。

入力地震波については、振動台実験のテーブル部で観測された加速度を用いた。各地震波の前後は計算時間短縮のため、2秒間の静止状態を設けた。

4. 解析結果

全地震波加振後の中央断面における変形図を図6に示す。実験結果の特徴として確認された、築石表面中段、下段での変位量抑制効果が解析上においても確認された。築石上段での実験結果のようなもたれかかる挙動は確認されなかった。No.4地震波加振中の応答加速度を図7に示す。図7から、実験結果と比較して、上段での加速度の増幅が小さく高さによる位相差も小さくなったことが分かる。また、図8を見ると、解析結果では目標加速度4.5m/s²の地震波加振中に変位量が急速に増加した事が確認された。この解析結果については、石垣の崩壊に大きく影響する要素である共振振動数が10Hzであることが原因の1つとして考えられる。

5. まとめ

耐震補強工を施した石積み擁壁を対象とした振動台実験の地震時挙動の再現解析を行った。材料定数の適切な設定を行った結果、実験結果の様な変位量抑制効果を解析上で再現することが出来た。今後の課題として、各材料のより適切な剛性設定を行うことで、築石上部でのもたれかかる挙動の再現を試みる。

参考文献

- 1) 土木学会：熊本城石垣施工実験及び振動実験業務報告書,2020
- 2) 大淵亮：石積み擁壁の耐震補強工法の有効性検討事例,群馬大学大学院平成28年度修士論文,pp2~15,2017
- 3) 黒澤美麻：石積み擁壁の地震時変状予測のための基礎的研究,群馬大学平成20年度卒業論文,pp5~26,2009

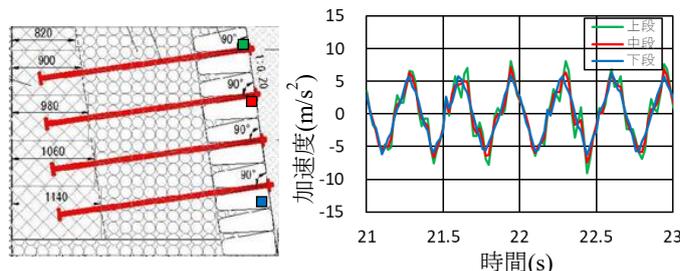


図7 各点の応答加速度時刻歴(No.4加振中)

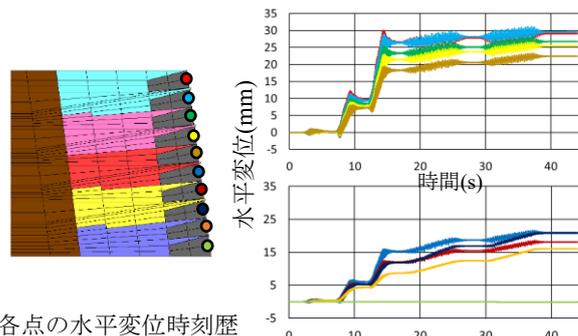


図8 各点の水平変位時刻歴