

石垣模型肩部の静的載荷実験

木更津高専 学生会員○堀越直記 上野翔 谷優作
正会員 博（工学） 田中邦熙
（株）小林石材工業 小林善勝

1. まえがき

現存する城郭石垣は老朽化が著しく、重要な文化遺産として修復復元する必要性が高いものも多い。そのためには石垣の安定性を定量的に評価判定することが必要である。本研究は石垣模型の肩部に静荷重を加えて、石垣面の孕み出し量を測定することにより、石垣の安定性に関与する形状寸法の影響傾向を把握しようと試みた静的載荷実験結果をとりまとめ、考察したものである。

2. 実験方法

(1)実験装置

高さ 840mm、幅 1,400mm、奥行き 700mm の前面が透明アクリル板となっている鋼製土槽内に、所定の高さ H 、勾配 θ 、積み石材質 γ 、および石積み技法 T などを変化させた模型石垣を構築した。そして石垣天端肩部に載荷鉄板、油圧ジャッキおよびロードセルを介して反力梁から段階的に載荷したときの石垣面の孕み出し量を測定し、載荷重と孕み出し量との関係を整理して、石垣の安定性を評価した。

(2)実験機器

今回の実験に用いた機器は表－1に示すとおりである。

表－1 実験機器 (単位mm)

名称	仕様	数量
鋼製土槽	840*700*1,400 前面透明アクリル板	1式
反力梁	H200*200	1式
載荷板	PL300*200*25	1枚
油圧ジャッキ	10.0tf	1台
ロードセル	10.0tf(+ブルーピングリングPR)	1台
変位計	デジタル式 ストローク50mm	14ヶ
データロガー	TDS-302 + パソコン (スイッチボックス 50ch 含む)	1式
模型積み石	石面 40*50 控え長 50mm テーパ加工 大谷石 御影石 鉄 鉛	各100ヶ
不動梁	L30*30を用いて組み立て	1式

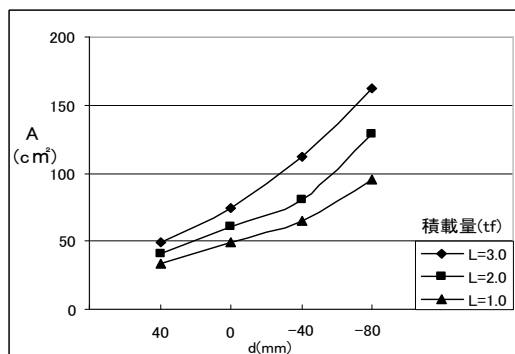
(3)実験方法

今回の実験は、載荷板の石垣肩からの距離 d の検討を行うための予備実験 P 、石垣仕様 H 、 θ 、 γ 、 T の影響傾向を検討するための本実験 T_p および積み石控え長の影響を検討するための追加実験 Ad に区分される。 P 実験は4回、 T_p 実験は $H \cdot \theta \cdot \gamma \cdot T$ の水準をそれぞれ3水準に変化させて実験計画法 L_9 に組み込んだ9回の実験、および Ad 実験は3回の計16回の実験を行った。なお、今回の実験は幾何相似率を $1/10$ とし、重力相似を考慮するために、積石密度を大谷石、御影石、鉄、鉛の4種類に変えてある。

3. 実験結果

(1)予備実験P結果

石垣肩から載荷板までの距離 d と石垣中央断面における孕み出し状況との関係を図－1に示す。 d が 0, -40, -80mm と大きくなるにつれて、同一載荷重でも A 及び載荷板の沈下量 S が大きくなっている。石垣肩部の載荷重は積み石控え長 l 内に収まることが望ましいことが理解できる。これは石垣断面の安定計算を実施する一手法としての示力線が積み石断面内に収まることを要求していることと合致している。



図－1 d－A 関係図

Keyword：石垣模型肩部静的載荷実験、石垣安定、相似率、実験計画法

連絡先：〒292-0041 木更津市清見台東2-11-1 木更津工業高等専門学校 TEL 0438-30-4155

(2)本実験 Tp 結果

実験 Tp によって得た载荷重段階ごとの孕み出し面積 A を用いて統計処理・分散分析し、その結果を図示すると、図-2が得られた。Hおよび θ は大きい程 A が急激に増大し石垣断面の安定性が小さくなること、積み石密度 γ が大きいほど A は小さくなり安定性は大きくなること(重力相似 10 の状態を推察すると、 A はさらに小さくなる)、石積み技法の差による A の変化量は小さいことなどが理解できる。

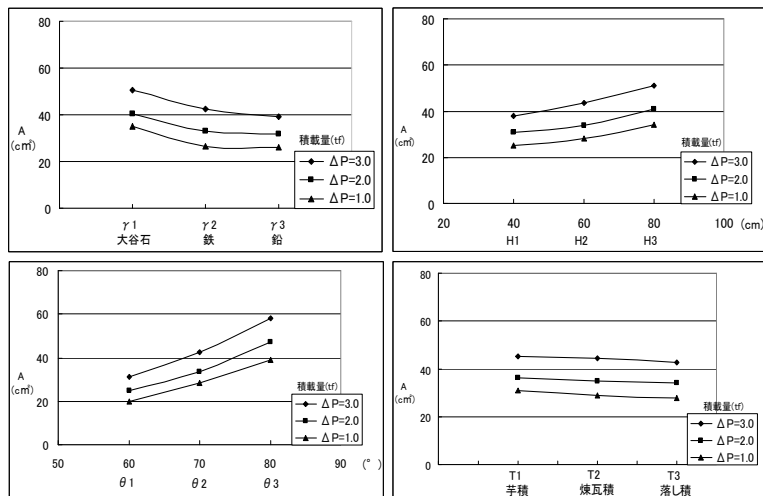


図-2 要因・水準ごとの A 変化図

(3)追加実験 Ad 結果

孕み出し面積 A の測定値を図示すると図-3のようになる。Ad-1はH80cm、 $\theta 70^\circ$ 、御影石、煉瓦積みで $l=12.0$ cmの場合、Ad-2はAd-1の積み石9ヶに1ヶ $l=18.0$ cmとした場合、Ad-3はAd-1に対し石垣断面上部に反りを加えた場合である。Ad-2、Ad-3の A は Ad-1 より小さく、1が長い積み石を用いる効果および反りの効果が認められる。

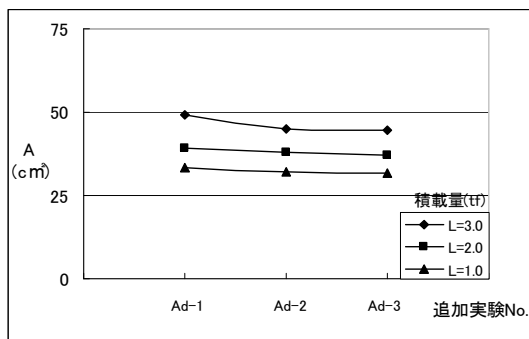


図-3 追加実験 No.ごとの A 変化図

4. まとめ

①石垣肩部の载荷重は積み石控え長内に収まることが望ましい。これは石垣上部の建屋の基礎が石垣積み石上にあり、背面の裏込め上にはないことと一致する。

②今回取り上げた $H \cdot \theta \cdot \gamma \cdot T$ の4要因のうち、石垣の形状寸法に関する勾配が安定に特に大きく影響することが示された。

③控え長が長い積み石を用いること、反りを加えることは石垣安定に効果があることが示された。

5. あとがき

今後は今回の実験結果を詳細に検討するとともに、他に行ってきた研究成果等と総合的に検討を加えていく所存である。本研究はH15年度科研費およびH14年度鹿島財団助成金を得て実施した一部であることを記し、関係各位に謝意を表します。