

石垣の健全性評価に関する基礎的研究

(株)竹中工務店 正会員 ○甲村雄一*、恒川裕史*、鈴木吉夫*
 (株)竹中土木 正会員 近 信明**

1. はじめに

文化財である城郭の石垣は約 400 年前までに作られたものが多く、長い年月の経過に伴い健全性に問題を生じてきている。このため、石垣の健全性を調査し、適切な修復を行うことが必要となるが、健全性の評価手法に関する研究は少なく、健全性の診断は技術者の経験によることが多い。本研究では図-3 に示すような組石構造物に関して、石垣を構成する石材を打撃した際の加速度応答により、石材間の介在物が石垣の挙動に及ぼす影響を検討するとともに、石垣の健全性を評価する方法を検討した結果を報告する。

2. 要素試験による石垣の健全性評価

実験の模式図を図-1 に示す。コンクリートスラブ上にコンクリート試験体 2 (高さ 100 cm × 幅 100 cm × 奥行き 100 cm) を設置し、さらにその上にコンクリート試験体 1 (30 cm × 30 cm × 100 cm) を設置した。試験体 1 の矢印の面の中央部をインパルスハンマーで打撃し、同一面の下端中央に設置した加速度計 (共和電業製 AS-10B) にて加速度応答を計測した。試験は図-1 に示すように試験体 1 と 2 との間の介在物 (厚さ 1 cm とした) および打撃する試験体をパラメータとして合計で 6 ケース実施した。

得られた結果を表-1 に、また、加速度波形の一例を図-2 に示す。打撃力にばらつきがあるものの、試験体 1 を打撃した CASE1 ~ CASE3 では最大加速度は CASE3 で最も大きい結果となった。これは試験体 1 の下の拘束度合いが CASE1 で最も大きく、CASE3 で最も小さいことに起因するためと考えられる。一方、ピーク振動数は試験体 1 の拘束度合いが最も大きい CASE1 で最も大きく、CASE3 で最も小さい値を示すことがわかった。

表-1 試験結果

	打撃力		最大加速度		ピーク振動数
	(N)	(比)	(m/s ²)	(比)	(Hz)
CASE1	797	1.00	1.87	1.00	127
CASE2	984	1.23	2.23	1.19	98
CASE3	1105	1.39	3.27	1.75	32
CASE4	708	0.89	0.15	0.08	171
CASE5	1371	1.72	0.41	0.22	173
CASE6	1207	1.51	0.26	0.14	173

また、試験体 2 を打撃した CASE4 ~ CASE6 では最大加速度、ピーク振動数ともに大きな差は見られなかった。以上のことから、試験体を打撃した際の加速度応答は、試験体の下側の拘束状態に大きく影響を受けることがわかった。この性質を利用して、試験体の打撃により石垣の健全性を調査することができる可能性が考えられる。

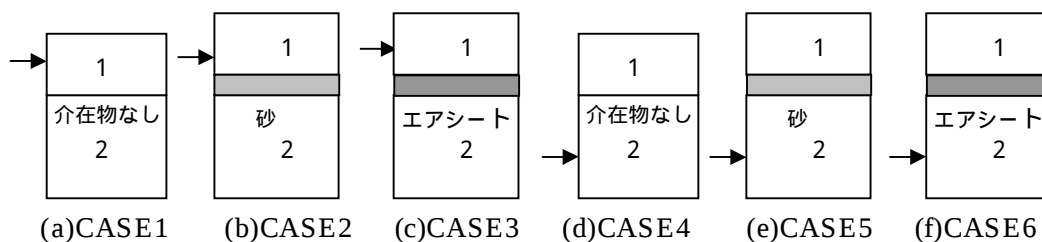


図-1 実規模実験の実験ケース

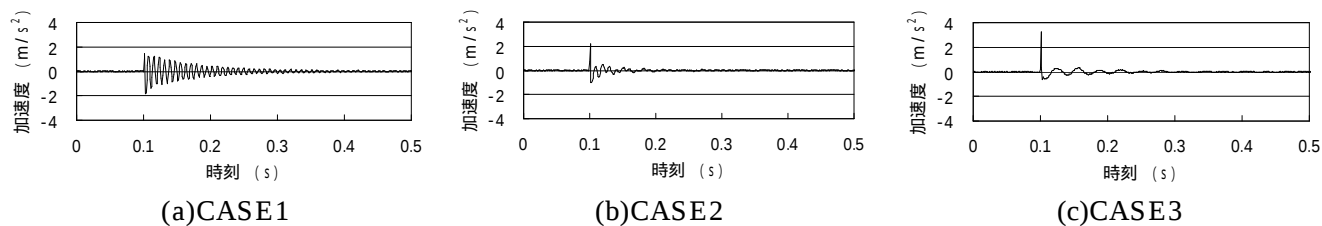


図-2 加速度波形の一例

キーワード 石垣, 健全性, 加速度, 打撃

連絡先 * 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株)竹中工務店技術研究所 TEL 0476-47-1700

** 〒136-0075 東京都江東区新砂 1-1-1 (株)竹中土木東京本店 TEL 03-6810-6200

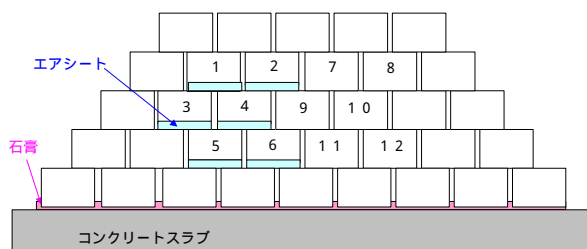


図-3 小規模模型実験の概要図

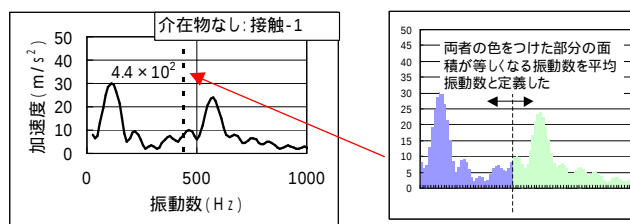


図-4 平均振動数の定義

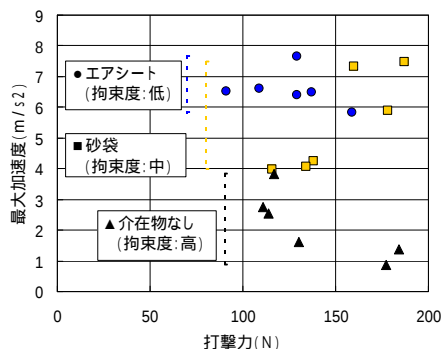


図-5 打撃力と最大加速度との関係

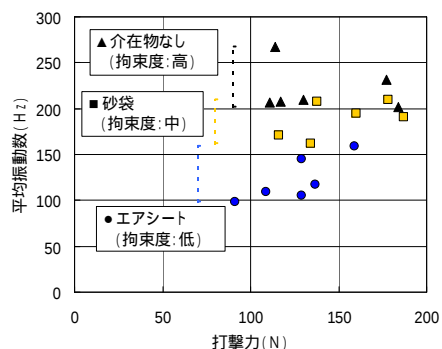


図-6 打撃力と平均振動数との関係

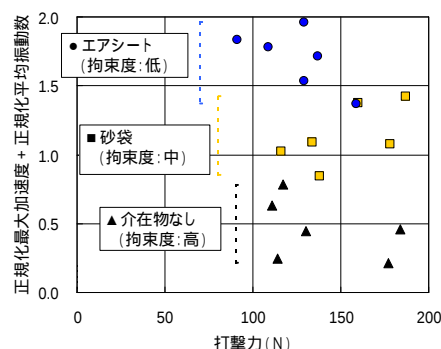


図-7 正規化最大加速度と平均振動数との和

3. 小規模模型試験による石垣の健全性の評価

高さ 12.5 c m × 幅 15 c m × 奥行き 30 c m のコンクリート供試体を図-3 に示すように 5 段積みとしたモデルを作成した。供試体のうち 6 個は高さを 11.5 c m とし、その下に厚さ 1 c m のエアシートを挿入し、各供試体を打撃して加速度応答を計測した。1 回目の試験終了後、エアシートを砂袋に入れ替え、その部分のみ再度打撃を行った。

各供試体の打撃力と最大加速度との関係を図-5 に示す。供試体下部にエアシートを入れたものと介在物がないものでは値に大きな差が見られた。次に、打撃力と平均振動数との関係を図-6 に示す。平均振動数の求め方は図-4 に示したとおりである。平均振動数を用いた理由は図-4 に模式的に示したようにピークが複数見られ、ピーク振動数の読み取りが困難であったため、機械的に読み取りを行うことを目的としたことによる。平均振動数も最大加速度と同様に供試体下部のエアシートの有無により値に大きな差が見られた。さらに、最大加速度と平均振動数を正規化して和を計算したものを図-7 に示す。正規化は以下のように行った。

正規化最大加速度 = (供試体の加速度 - 最小値) / (最大値 - 最小値)

正規化平均振動数 = (最大値 - 供試体の平均振動数) / (最大値 - 最小値)

正規化した最大加速度と平均振動数の和は、供試体の下にエアシートを入れたもの、砂を入れたものおよび介在物がないものの順に大きく、供試体の下の拘束度合いによって値に明瞭な差が見られることがわかる。また、図-5 および図-6 に比較してそれぞれに明瞭な差が見られる。このことから、石材を打撃した際の正規化最大加速度と正規化平均振動数を併用することで石材の健全性の評価ができる可能性があることがわかった。

4. おわりに

本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- (1) 要素試験の結果、試験体の下側の拘束状態によって最大加速度やピーク振動数に差が生じる。この性質を利用して石垣の健全性を評価できる可能性があることがわかった。
- (2) 小規模模型試験により、上述した性質を利用して石材の健全性を評価した。図-7 に示したように、正規化最大加速度と正規化平均振動数の和を用いることで、試験体の下側の拘束状態の違いを推定でき、石垣の健全性を評価できる可能性があることがわかった。