様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　７ 年　 ６ 月 １１ 日現在

機関番号：１７４０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2020～2024
課題番号：２０Ｋ０４６６５

研究課題名（和文）損傷した石造アーチ橋の崩壊機構の解明と文化財価値を考慮した補修・補強方法の提案

研究課題名（英文）Proposal of Repair Methods for Deteriorated Stone Arch Bridges Based on Collapse Mechanism and Cultural Heritage Value

研究代表者
山尾　敏孝（Yamao, Toshitaka）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・名誉教授

研究者番号：４０１０９６７４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,300,000円

研究成果の概要（和文）：石造アーチ橋の文化財価値を損なうことのない補修・補強工法を，ダボ（ダウエル）による伝統的観点，接着アンカー接合による近代的観点から提案することを進めた．主な研究成果は，接着アンカー補強部の耐力評価方法やその推定精度，必要定着長の提案，乾燥密度・弾性波速度を用いた石材の一軸圧縮強度の推定式提案，斜角柱状の壁石による振動特性の改善，壁石や輪石のひび割れによる影響を今後数値解析で評価するための応力拡大係数やエネルギー解法率などの取得が挙げられる．数値解析については，中詰材を考慮しない壁石の落下挙動については，定性的ではあるが再現することが出来た．中詰材のモデリングについては課題が残った．

研究成果の学術的意義や社会的意義
　石材同士の連結に接着アンカー工法が適用できること，またコンクリート構造用の既存式と著者らの石材用提案式を組合わせることでアンカー補強部の設計ができることを示した意義は大きい．また，乾燥密度・弾性波速度といった非破壊指標により石材の一軸圧縮強度を推定でき，これらの関係がデータベース化されれば，サンプリングコア数を大きく削減できることがわかった．その他，壁石形状を変えるだけではらみだし挙動を改善できることは，修繕作業に資する知見といえる．前述の成果をはじめ，本研究で得られた知見は，文化財価値を保ちながら石造構造物を維持管理するのに重要な情報であり，学術的および社会的な価値は十分にあったと考える．

研究成果の概要（英文）：This study proposes methods for stone arch bridges that preserve their cultural heritage value, utilising traditional and modern techniques such as stone dowels and bonded steel anchors. Resistance calculations for bonded anchor connections were established through pull-out tests and three-point bending tests using cubic stones or sampled cores. The required embedment length and the estimation accuracy were also found. Dry density and elastic wave velocity of stones used in a focused structure are essential non-destructive indicators. An oblique prism-shaped wall stone is one of the effective ways to restrict the vibration characteristics of spandrel walls bulging out.
Furthermore, a type of fracture toughness test, a semi-circular bending test, was conducted to obtain the stress intensity factors and energy release rates, which support future numerical evaluations of crack propagation and structural deterioration.

研究分野：土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：構造工学・地震工学　石造アーチ橋・石積み構造　数値解析　　文化財　　補修・補強

１．研究開始当初の背景

石材を用いたアーチ橋は，九州を中心に現在でも多くの地域の交通網や文化財として活用されているが，経年劣化に伴い，近年では輪石・壁石の割れや抜け落ち，アーチ輪石間の隙間（間詰材の抜け落ち），壁石の孕みだしなどの損傷が確認されている．しかしながら，これらの損傷と石造アーチ橋の耐荷力および崩壊機構の関係が明確でなく，補修要否の基準は明確に定まっていない．熊本地震では，経年劣化あるいは前震により損傷した石橋のほとんどが，路面際の壁石（図-1）のはらみだし・抜け落ちに起因して中詰材が流出することで崩壊した．

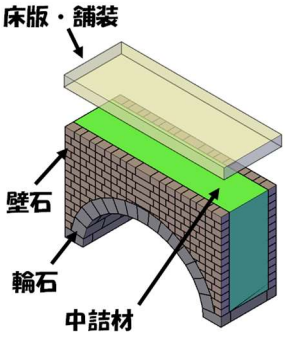


図-1　石造アーチ橋

2．研究の目的

本研究は，損傷状態と中詰材の諸元が石造アーチ橋の耐荷力および崩壊機構に及ぼす影響を明らかにし，文化財価値を損なうことのない補修・補強工法を，建設当時の技術のみを用いる伝統的観点と現代工学を用いる近代的観点の両方から提案することを目的としていた．

3．研究の方法

以下に示す 5 項目について，検討を進めた．

(1)　**接着アンカー接合部の耐荷性評価（外観変化のない近代的補修工法）**

近代的工法の 1 つとして，石材同士をアンカー材とエポキシ樹脂による連結することで，輪石・壁石の抜け落ち，壁石のはらみだしを抑制することを考えた．石材を対象に接着アンカー工法を適用した場合の補強効果は解明されていないため，技術基準の確立に向けて，接着アンカー接合部の引抜実験（図-2），既設構造の材料特性把握を目的に採取されるサンプリングコア材を活用した 3 点曲げ実験（図-3）を行った．

ここでは基礎検討として，材料特性のばらつきが小さく，岩盤工学分野で広く利用される来待砂岩を対象に検討を進めた．アンカー材には，鋼製の全ねじボルトを用いた．引抜実験については，安山岩，花崗岩，凝灰岩も対象とした．

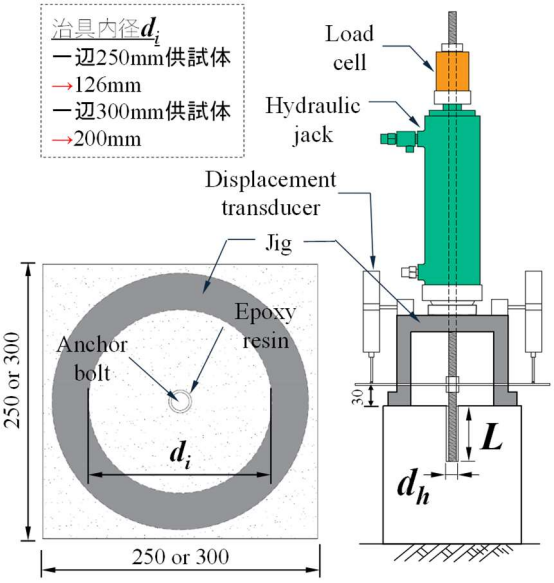


図-2　引抜実験供試体の寸法

(2)　**サンプリングコアを用いた機械的性質の評価（ダボ（ダウエル）を用いた伝統的工法）**

石材の材料特性は石種および採掘場所により大きく異なることが知られており，接着アンカー接合部の構造詳細を決定するには，対象構造物の使用石材の機械的性質を把握する必要がある．また，実際の材料強度が設計値と大きく異なれば，破壊モードが変化し，期待する耐荷性を期待できない可能性がある．

伝統的工法による接合部（図-4）においても，ダボの圧壊・せん断・割裂により耐荷力が決定されると考えられるため，使用石材の機械的性質は把握する必要がある．機械的性質は，対象構造物あるいは産出地が同じ石材や構造物からサンプリングしたコア抜き片（図-5）を対象とした材料試験により把握できる．あるいは，弾性波速度や反発硬さなどの非破壊指標と機械的性質の関係を事前にデータベース化しておくことで，非破壊試験により把握することができる．いずれの手法においても，研究期間中は，来待砂岩を中心に，一軸圧縮試験，間接割裂試験，破壊靭性試験を行い（図-6），各種材料パラメータの情報を収集した．

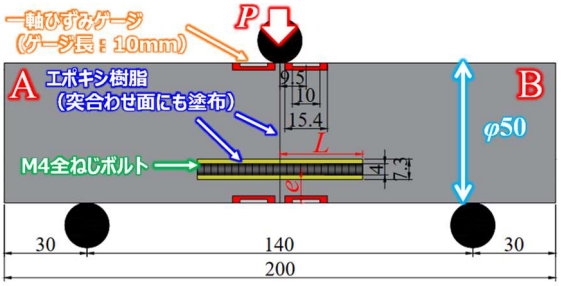


図-3　3 点曲げ実験供試体の寸法形

図-4　伝統的工法

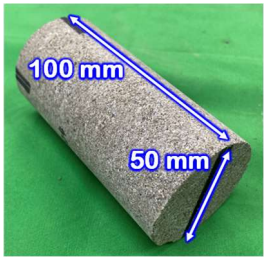
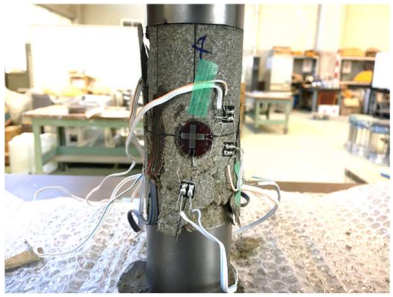


図-5　サンプリングコア

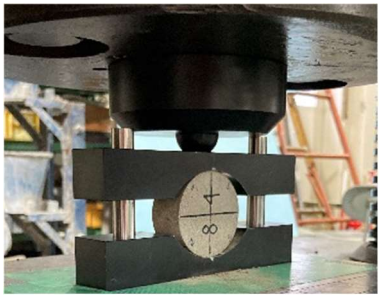
(3)　**壁石のはらみだし挙動を制御するための壁石構造**

石積構造は，石材自体の自重と石材間の摩擦力によって直立し安定しているため，面外方向への作用力に対しては，構造的に弱い．更に，地震動によって中詰材が流動するため，中詰材が壁石を押出すことが，壁石のはらみだし挙動を助長している．そこで，検討項目(1), (2)による部材連結による補強や振動制御を検討するのに並行して，壁石を図-7 に示す斜角柱にすることを考えた．斜角柱にすることでブロックの重心が壁面内側に移動するため，転倒モーメントを低減することができる．また，中詰材の押出しに対してはせん断抵抗やエネルギー損失（位置エネルギーの増加），中詰材の吸込みに対しては，壁面内へのすべり移動を期待することができ，壁石の孕みだしや転倒の抑制に繋がると考えられる．

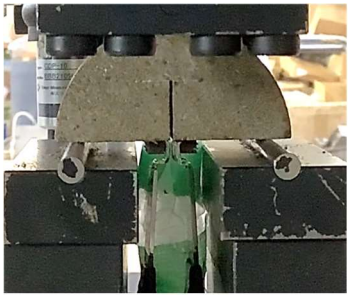
直方体および斜角柱のコンクリートブロックで構成した壁構造に対して，加振実験（図-8）を行い，壁石



(a)　一軸圧縮試験



(b)　間接割裂試験



(c)　破壊靭性試験（SCB 試験）

図-6　各種材料試験法

形状の変化が振動特性に及ぼす影響を評価した．中詰材には 16mm ふるいを通過した砂利を用いた．加振波形は正弦波（周波数：2, 5, 10Hz）とし，加振時間は 10 秒で統一した．ブロックの挙動は，3D モーションキャプチャで計測した．

(4)　壁石のはらみだし挙動に着目した数値解析

壁石のはらみ出し量，壁石形状や中詰材の種類が石造アーチの崩壊機構に及ぼす影響を解明することを目的に，(3)の振動実験を参考としたプッシュオーバー解析や振動解析を行った．解析ソルバーには Abaqus Standard 2023 を用い，8 節点 6 面体低減積分 1 次要素でモデリングした．FE モデル（図-9）は石壁ブロックを弾性体，床および壁を剛体とし，中詰材に用いた砂利は直径 16mm の球体でモデル化した．また，剛床の板幅中央かつ長手方向中央位置に設けた参照点に(3)の振動台で計測した加速度波形を与えることで加振する．

(5)　既設石橋の損傷種類の調査

（一社）九州橋梁・工学研究会の研究分科会の活動を通して，既設石橋の損傷種類の分類，点検調査シートの作成に取組んだ．4 段階の健全性判定区分（I：健全，II：予防保全段階，III：早期保全段階，IV：緊急措置段階）を設け，九州地域の 20 橋梁の調査結果に対して，判定を試みた．表-1 に示す結果の通り，区分IIIと判定された橋梁は 6 橋であった．損傷の特徴としては，輪石・壁石の損傷が併発していること，基礎の洗堀が多いことがわかった．

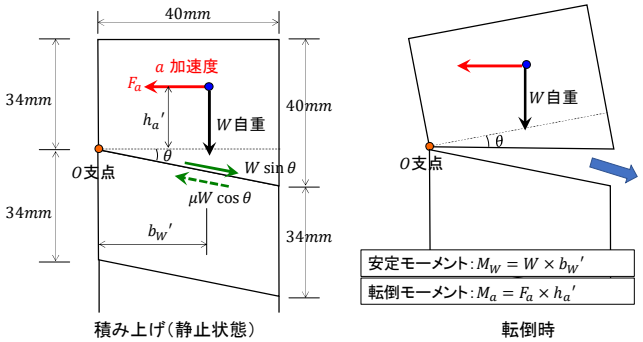
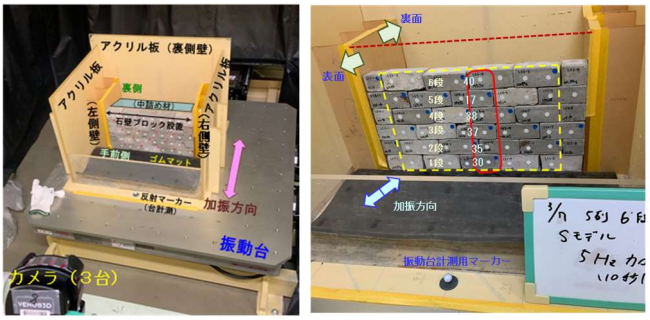


図-7　斜角柱ブロックの転倒メカニズム



(a)　鳥瞰図　　(b)　正面図

図-8　加振実験の様子

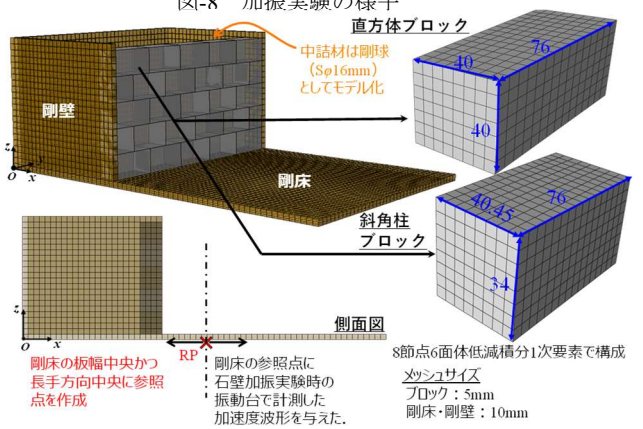


図-9　解析モデル（単位：mm）

4．研究成果

(1)　接着アンカー接合部の耐荷性評価（外観変化のない近代的補修工法）

① 接着アンカー補強部の引抜破壊モードは，アンカー埋込長が小さいケースでは，コーン状破壊，大きいケースではコーン状破壊と付着破壊の連成破壊が生じ，一部の供試体では，石材全体の割裂破壊が発生した．

② コーン状破壊，付着破壊，あるいはこれらの連成破壊が発生した場合の引抜荷重 P_p は，アンカー埋込長 L と石材の一軸圧縮強度 σ_c と相関関係にあった．付着破壊部は，σ_c が小さい場合は石材内部や石材ーエポキシ樹脂界面，σ_c が大きい場合はアンカーー接着剤界面で確認された．割裂破壊については，L, σ_c と孔径 d_h の大小に依らず生じたことから，組成鉱物の偏在や初期亀裂に起因して発生したものと考えられる．

表-1　既設石橋の損傷種類と判定区分

No.	判定区分	橋長 (m)	幅員 (m)	架設年次	損傷種類
1	III	5.8	5.3	不明	壁石：はらみ出し
2	III	14.0	3.5	1926	壁石：はらみ出し
3	III	18.0	3.5	1906	輪石：ひび割れ，開き 壁石：はらみ出し
4	III	19.0	4.4	1932	輪石：ひび割れ
5	III	5.3	3.5	1955	輪石：基礎の洗掘
6	III	5.4	6.1	不明	輪石：基礎の洗掘，断面欠損，われ
7	II	12.0	3.9	不明	壁石：樹根貫入，植生
8	II	5.6	3.8	1887	輪石：断面欠損，ひび割れ
9	II	11.6	3.7	1924	輪石：開き，ひび割れ，植生
10	II	20.4	2.8	1847	輪石：ひび割れ，開き，植生
11	II	15.8	3.8	1858	輪石：基礎の洗掘，開き，断面欠損，ひび割れ
12	II	21.5	4.8	1928	輪石：破断，樹根貫入 壁石：はらみだし
13	II	13.0	4.1	1923	輪石：基礎の洗掘，断面欠損，破断，樹根貫入 壁石：開き，われ，樹根貫入
14	II	8.0	3.7	1963	輪石：破断，断面欠損，ひび割れ
15	II	13.5	6.3	1924	壁石：開き，樹根貫入
16	II	9.8	5.2	1958	輪石：樹根貫入
17	II	5.6	4.9	不明	輪石：基礎の洗掘，開き
18	II	4.8	4.3	不明	輪石：基礎の洗掘，開き，断面欠損
19	II	45.3	6.2	1920	輪石：開き，樹根貫入
20	II	8.5	4.6	1922	輪石：樹根貫入

③ 図-10 に示すように，埋込長 L と実験終了後の実付着破壊長 L_p には明瞭な比例関係があり，図中の実験式を用いて，設計段階で L_p を推定できるようにした．また，この関係を用いて，コーン状破壊と付着破壊による連成破壊に関する終局耐力評価式を提案した．この式は図-11 に示すように，他の研究グループの実験結果[1]の引抜荷重 P_p を比較的良い精度で評価することが出来ている．

④ 接着アンカー接合により突合せたコアの 3 点曲げ実験より，石材にひび割れが生じるまでは完全合成断面として挙動すること，アンカー埋込長 L と支間長の半分 L_{span} の比率 L/L_{span} が 0.4 より大きい場合に，ひび割れ発生後も作用モーメントに抵抗することが確認された．

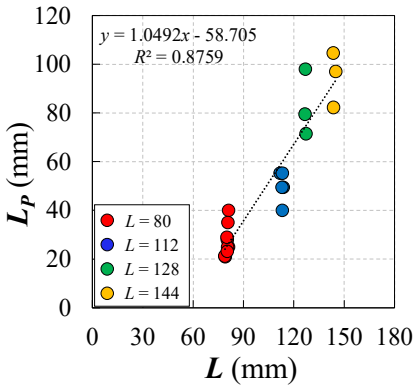


図-10　実付着破壊長 L_p - 付着長 L 関係

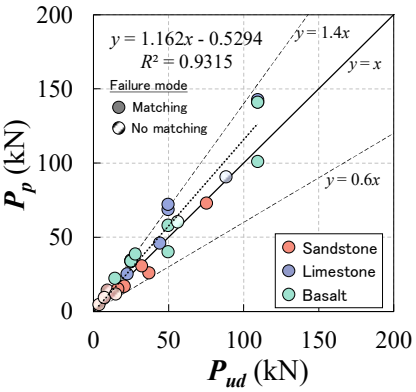


図-11　引抜荷重 P_p - 設計耐力 P_{ud} 関係

(2) サンプリングコアを用いた機械的性質の評価（ダボ（ダウエル）を用いた伝統的工法）

① 来待砂岩，凝灰岩，安山岩，花崗岩の一軸圧縮試験，割裂試験等の材料試験結果を表-2 に示す．研究期間中は来待砂岩を中心に材料試験を実施した．表-2 からわかるように，来待砂岩は一軸圧縮強度 σ_c や引張強度 σ_t だけでなく，非破壊指標とする乾燥密度 ρ_d・弾性波速度 V_p についてもばらつきが小さい．$\rho_d, \sigma_c, \sigma_t$ が最も大きいのは花崗岩であった．σ_t/σ_c は，σ_c が大きいほど，大きくなる傾向にあった．いずれにしろ σ_t は高々10MPa 程度であり，石造構造物の長寿命化や普及をするためには，常時・非常時作用いずれに対しても引張応力場が生じ辛い構造系を構築すること，アンカーなど引張応力に抵抗する材料との合成構造や混合構造を採用することが必要といえる．

② 本研究の材料試験結果および 18 文献[2]より，一軸圧縮強度 σ_c と乾燥密度 ρ_d および弾性波速度 V_p の関係を図-12(a)を作成した．また，ひずみゲージを用い弾性係数 E が算出されているデータについては，σ_c - E 関係（図-12(b)）を作成した．

③ 図-12(a)に対し式(1)による重回帰分析を行った．

$$\sigma_c = a\rho_d + bV_p + c \quad (1)$$

ここに a(=38.7186), b(=21.9899), c(=-92.3648)は偏回帰係数である．
自由度調整済み決定係数 $R_{adj.}$は 0.5930 である．

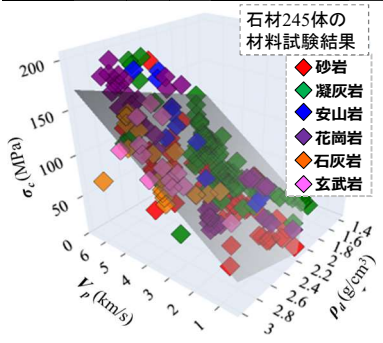
④ 引張強度 σ_t と割裂ひずみ ε_t の間には相関関係が確認された．

⑤ 図-12(a), (b)より，ρ_d, V_p を非破壊指標として現地計測することで，補修対象とする部材およびダボ接合部の耐力計算に必要な E や σ_c を推定できるといえる．

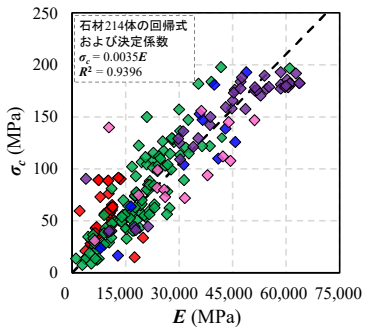
⑥ 接着アンカー接合部の終局モーメントの算定等においては，応力-ひずみ関係の構成則モデルを非破壊指標から推定することが望ましく，これについては今後の課題として残された．

表-2　材料試験結果

力学特性	物理的性質（非破壊指標）						機械的性質								
試験名	乾燥密度試験			弾性波速度試験			一軸圧縮試験						間接割裂試験		
石種	乾燥密度 ρ_d (g/cm³)	変動係数 C.V.	試験体数 n	弾性波速度 V_p (km/s)	変動係数 C.V.	試験体数 n	一軸圧縮強度 σ_c (MPa)	変動係数 C.V.	試験体数 n	弾性係数 E (MPa)	変動係数 C.V.	試験体数 n	引張強度 σ_t (MPa)	変動係数 C.V.	試験体数 n
砂岩	1.97	0.01	171	2.59	0.04	11	61.96	0.07	20	10,694	0.13	11	5.00	0.14	101
凝灰岩	1.89	0.04	16	-	-	-	51.33	0.55	6	-	-	-	6.37	0.39	12
安山岩	2.28	0.01	9	-	-	-	94.33	0.03	3	-	-	-	6.21	0.07	6
花崗岩	2.64	0.00	9	-	-	-	189.51	0.10	15	60,157	0.04	12	10.83	0.11	6

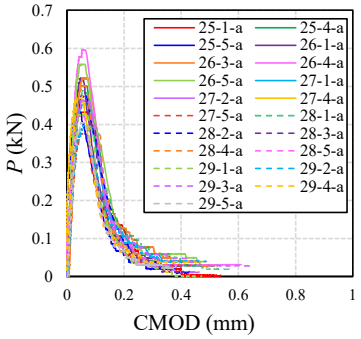


(a) σ_c - ρ_d - V_p 関係

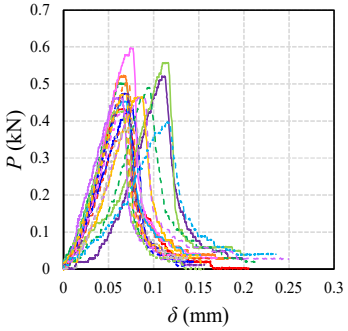


(b) σ_c– E 関係

図-12　石材の一軸圧縮強度試験結果



(a)P - CMOD 関係



(b) P– δ 関係

図-13　SCB 試験結果

⑦ モードI（開口モード）の破壊靭性値を取得できる SCB 試験の荷重 P - 開口変位 CMOD，P - 荷重点

図-14　実験後の様子（左：立方体 B の鳥瞰図，中：斜角柱 B の鳥瞰図，右：斜角柱 B の上面図）

変位 δ 関係を図-13 に示す．この結果より応力拡大係数 K_I およびエネルギー解放率 G を取得した．今後はこれらの数値を用いて，引抜実験の再現解析を行う．

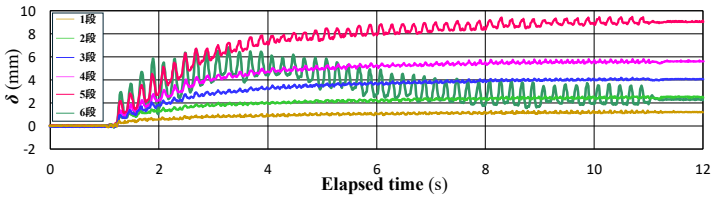


図-15　斜角柱状の壁石を用いた場合の面外変位の時刻歴図

(3)　壁石のはらみだし挙動を制御するための壁石構造

① 中詰材がない壁構造の振動実験より，壁石を斜角柱状にすることで，壁石の落下方向を内側にすることができ，予定通りの挙動を期待できることがわかった．続いて，中詰材がある壁構造の実験では，立方体ブロックを用いた場合には，壁石の面外方向への落下が生じ，壁構造は崩壊した．また，振動による中詰材の沈下・体積収縮に伴い，壁構造に側圧が作用し，押し出される挙動を確認した．一方，斜角柱ブロックの場合，中詰材の移動による側圧は生じていたものの，壁構造が崩壊することはなかった（図-14）．

② 斜角柱ブロックを用いた場合の各段の面外変位時刻歴図を図-15 に示す．いずれの段においても，壁石は外側（プラス側）に変位していた．最上段（6 段目）については，一度は外側に変位するものの，微振動を繰り返しながら，内側に変位した．これは，中詰材を最上段の上面まで入れていなかったため，中詰材がない場合と同じ挙動をしたことが理由と考えられる．1~5 段目については，面外変位の増分勾配は徐々に緩やかとなり，変位が一定となるような安定状態に移行する様相が確認された．

③ 以上より，壁石形状を変更することによる振動特性の改善は可能といえる．また，接着アンカー接合による隣接壁石や対岸壁石との連結，ダボ（ダウエル）による連結と併用することで，その効果は向上するものと考えられる．

(4)　壁石のはらみだし挙動に着目した数値解析

(3)の振動台で計測した加速度と FE モデルの剛床参照点から取得した加速度の関係を図-16 に示す．入力加速度については問題がないことを確認し，中詰材がない場合の応答については，定性的ではあるが実験と同様の挙動を確認した．

中詰材ありの検討は現在も実施中である．

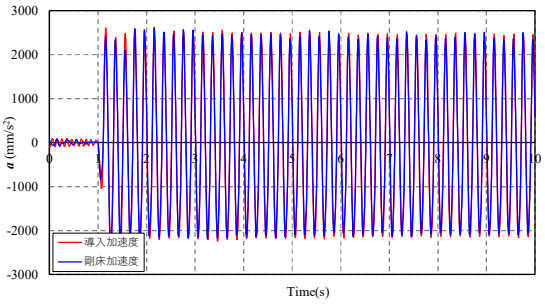


図-16　導入した加速度と剛床の加速度の関係

(5)　終わりに

本研究は，損傷状態と中詰材の諸元が石造アーチ橋の耐荷力および崩壊機構に及ぼす影響を明らかにし，文化財価値を損なうことのない補修・補強工法を，建設当時の技術のみを用いる伝統的観点と現代工学を用いる近代的観点の両方から提案することを目的に進めていった．既設石橋の経年劣化の状況や損傷種類，熊本地震での崩壊モードを踏まえ，近代的工法として接着アンカー，伝統的工法としてダボ（ダウエル）に着目し，輪石同士，壁石同士の連結による石材の抜け落ちやはらみだしを抑制することに注力した．得られた成果は，次のようにまとめられる．

① 接着アンカー補強部を設計するための耐力評価方法やその推定精度に加え，必要定着長を示した．
② 乾燥密度・弾性波速度より石材の一軸圧縮強度は概ね推定できることを解明し，推定式を提案した．
③ X-FEM を今後実施するための，材料強度および破壊靭性値を得た．
④ 壁石を変更することによる振動特性の改善は可能であることを振動実験より示した．更に，接着アンカー接合による隣接壁石や対岸壁石との連結，ダボ（ダウエル）による連結と併用することで，その効果は向上することがわかった．

研究期間中においては，構造系の崩壊を支配する壁石構造に関する研究は達成できたものの，石橋アーチ全体を対象とした実験・数値解析を実施するには至らなかった．また，中詰め材を個別要素でモデリングする際の接触挙動についても課題が残った．これらについては，期間終了後も継続実施する．

参考文献

[1] L. Contrafatto, R. Cosenza: Behabiour of post-installed adhesive anchors in natural stone, Construction and Building Materials, Vol. 68, pp. 355-369, 2014.
[2] 例えば，藤田千尋，山尾敏孝，古賀圭一郎，岩野明子：石橋に用いられる石材の材料特性とすべり挙動の解析手法の検討，土木構造・材料論文集，Vol.28, pp.123-131, 2012.

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計3件（うち査読付論文　3件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 岩坪要，石川龍星，森山仁志，山尾敏孝，松家武樹	４．巻 39
２．論文標題 石材ブロックの形状が石壁の振動特性に与える影響を調べる実験	５．発行年 2023年
３．雑誌名 土木構造・材料論文集	６．最初と最後の頁 123-131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.60345/kabse.39.0_123	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Daisuke SASAKI, Hitoshi MORIYAMA, Zice QIN and Masahide MATSUMURA	４．巻 -
２．論文標題 Influence of Anchor Length and Drilled Hole on Mechanical Behaviour of Masonry Colum structures Strengthened with Bonded Anchor	５．発行年 2022年
３．雑誌名 the IABSE Symposium Prague2022 Reports	６．最初と最後の頁 1204-1211
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Hitoshi MORIYAMA, Masahide MATSUMURA, Daisuke SASAKI, Toshitaka YAMAO	４．巻 -
２．論文標題 Experimental Study on Pull-out Behaviour of Bonded Anchor on Masonry Structures	５．発行年 2024年
３．雑誌名 Proceedings of 18th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-18)	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計6件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

１．発表者名 岩坪要，石川龍星，森山仁志，山尾敏孝
２．発表標題 傾斜面を有する石ブロックを用いた石壁の振動実験
３．学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム，G415-13
４．発表年 2023年

１．発表者名
岩坪要，石川龍星，森山仁志，山尾敏孝

２．発表標題
石ブロック形状の変化による耐震性向上に関する振動実験

３．学会等名
第77回年次学術講演会，Ⅰ-326

４．発表年
2022年

１．発表者名
佐々木大輔，松村政秀，森山仁志，岩坪要，山尾敏孝

２．発表標題
石造構造物を対象とした接着アンカーの引張耐力に関する実験的研究

３．学会等名
第78回年次学術講演会，I-155

４．発表年
2023年

１．発表者名
森山仁志，佐々木大輔，秦子策，松村政秀

２．発表標題
樹脂アンカーによる来待砂岩の補強効果に関する基礎実験

３．学会等名
土木学会第76回年次学術講演会講演概要集，Ⅰ-302

４．発表年
2021年

１．発表者名
池田佳彦，佐々木大輔，森山仁志，岩坪要，山尾敏孝

２．発表標題
石造構造物の接着アンカー補強部の終局耐力に関する引抜実験

３．学会等名
令和3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，I-034

４．発表年
2021年

１．発表者名 岡本皓右，森山仁志，松村政秀，山尾敏孝，岩坪要
２．発表標題 接着アンカー補強した来待砂岩のサンプリングコアによる3点曲げ実験
３．学会等名 令和6年度四国支部技術研究発表会，Ⅰ-013
４．発表年 2024年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	森山　仁志 (Moriyama Hitoshi) (50825495)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（理工学域）・講師 (16101)	
研究分担者	岩坪　要 (Iwatubo Kaname) (60290839)	熊本高等専門学校・生産システム工学系ＡＣグループ・教授 (57403)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関