

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04684

研究課題名（和文）コンクリートの効果的補修・補強に資する細孔構造からメゾ構造を結ぶ劣化機構の解明

研究課題名（英文）Effective Repair and Strengthening of Damaged Concrete Structures with Consideration of Porous and Meso Structures

研究代表者

高瀬 裕也（Takase, Yuya）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30515911

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：SDGs、脱炭素社会を鑑みると、コンクリート構造物を補修・補強しながら、長期間にわたり使用し続けることが望まれる。一方で、コンクリートは経年とともに劣化する可能性がある材料であることから、劣化が補修・補強効果に及ぼす影響を定量的に評価し、劣化した構造物に対する補修・補強の設計法を構築することが急務の課題である。

そこで本研究では、1) コンクリート試験体の簡易的劣化手法を提案し、2) 劣化したコンクリートに対する断面修復性能、3) 劣化した鉄筋コンクリート梁の力学挙動と補修効果、4) 劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能を定量評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンクリートの材料的劣化機構に関する研究は、これまでも多くの研究者がチャレンジしてきたが、材料的劣化が構造部材に与える影響、あるいは補修・補強効果に及ぼす影響を定量的に評価した研究は極めて少ない。この点、本研究成果は、劣化したコンクリート構造物に対する補修・補強の設計法の構築に大いに寄与することができ、その社会的意義は十分に大きい。

また本研究で提案した、液体窒素によるコンクリート試験体の劣化手法は、劣化した構造部材の実験を容易に実現し得るものであり、その学術的意義も極めて高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：For the SDGs and the decarbonation society, it is important to use concrete structures for a long time. While concrete will be damaged as the time goes by. Therefore, the design technique of repair and reinforcement of damaged concrete structures is required.

In this study, 1) the damaging method for concrete specimens with using liquid nitrogen was proposed, 2) the repair surface property between damaged concrete and polymer cement mortar was tested and evaluated, 3) the mechanical property and repair effect of RC beams were investigated, finally, 4) the anchoring performance of post-installed anchors was investigated.

研究分野：建築構造学

キーワード：既存建物 鉄筋コンクリート造 凍害劣化 補修 補強

1. 研究開始当初の背景

コンクリートは、多くのインフラ構造物や建築構造物を構成するために必要となる、重要な材料である。一方、コンクリートは使用環境条件により、塩害、凍害など様々な要因により劣化する。また近年は、脱炭素社会、SDGs等の課題解決が重要視されており、これらを鑑みると、劣化したコンクリート構造物であっても、補修・補強を施し長期にわたって安全に使用することが望まれる。しかし、既往の研究を精査すると、材料的な劣化と構造的な補修・補強技術を直接結びつけた研究例は極めて少ないのが現状であり、これらの解明が急務の課題であった。

2. 研究の目的

コンクリートが劣化すると、劣化部をはつり取って断面修復材で補修されたり、耐震補強されたりする。劣化部をはつり取ることで、コンクリート表層に凹凸面が形成されるが、劣化したコンクリートの凹凸と補修材の噛み合い効果、さらには劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能は未解明であり、設計法も確立されていない。そこで本研究では、凍害で劣化したコンクリートに対する合理的な補修・補強技術および設計法の確立に寄与すべく、材料的な劣化機構と構造的な補修・補強効果の関係を結びつけた新たな学術的アプローチを試みた。具体的には、i) 構造用コンクリート試験体を効果的に劣化させる手法の構築、ii) 劣化したコンクリートに対する断面修復材の付着抵抗性能の定量評価、iii) 劣化した鉄筋コンクリート (RC) 梁の力学挙動と補修効果の解明、さらに iv) 劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能の定量評価を目的とする。

3. 研究の方法

(1) コンクリート試験体の劣化手法

本研究を実施するためには、構造実験で用いる試験体に、凍結融解作用を与え劣化させる必要がある。ここで JIS 規格¹⁾による凍結融解試験方法に準ずると、大規模な設備を有するだけでなく、劣化させるだけでも相当の長い年月を有する。そこで本研究の最初のステージとして、液体窒素を用いることで大規模な設備を要することなく、短期間で構造用試験体を劣化できる手法の提案を目指した。なお、コンクリートの劣化指標として、相対動弾性係数 (DM) が用いられ、JIS によると $DM=60\%$ で凍結融解試験が終了となる。DM の測定方法には、一般に共鳴振動法が採用されることが多い。しかし、これは材料試験用のコンクリート供試体 (直径 100 mm×高さ 200 mm) には適用可能であるが、構造用試験体には適用が困難であることから、本研究では超音波試験法を採用した。

① 劣化手順および検討方法

図 1 に本研究で提案する劣化手順を示す。まずコンクリート試験体を水槽で養生し、十分に給水させる。その後、図 1 の I に示すように液体窒素を吹きつけ、試験体内部の温度が $-10\sim-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 程度になるまで凍結させる。次いで、お湯に浸し $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上になるまで融解し、超音波試験により相対動弾性係数を確認する。これを 1 サイクルとし、目標とする相対動弾性係数になるまで繰り返す。本提案手法の妥当性の検証には、コンクリート供試体を用いた。

② 検討結果

図 2 に相対動弾性係数の低下推移の一例を示す。同図より 3 サイクル目までは、目標凍結温度を $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ とすることで、DM が約 5% ずつ低下したが、4~7 サイクルでは、DM の低下が鈍くなった。そこで、目標凍結温度を $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ とすることで、DM がおよそ 10% 低下し、最終的に 9 サイクル目で、 $DM=60\%$ まで低下した。図 3 に、ヤング係数と DM の関係を示す。同図より、DM の低下とともにヤング係数も小さくなる。また周藤ら²⁾は、DM に対するヤング係数の低下率 R_{em} を下式によって評価している。

$$R_{em} = 0.014 \cdot (DM - 100) + 1 \quad (1)$$

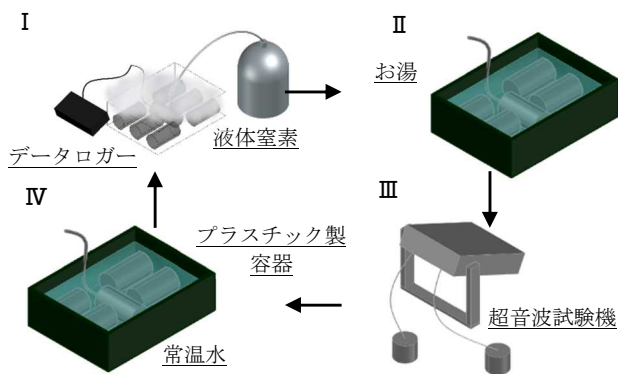


図 1 凍結融解作用による劣化手順

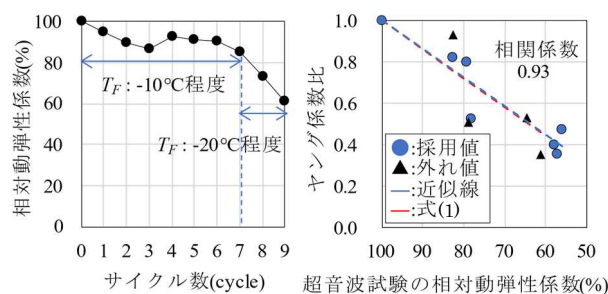
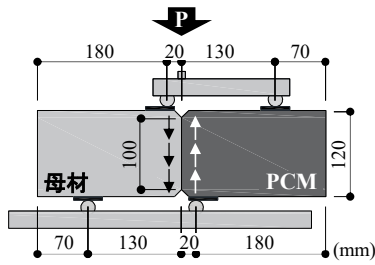
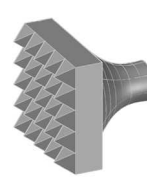


図 2 DM の低下推移

図 3 ヤング係数と DM の関係



グラインダー



びしゃん



電動ハンマー

図5 目荒らしするための工具

図4 1面せん断試験の方法

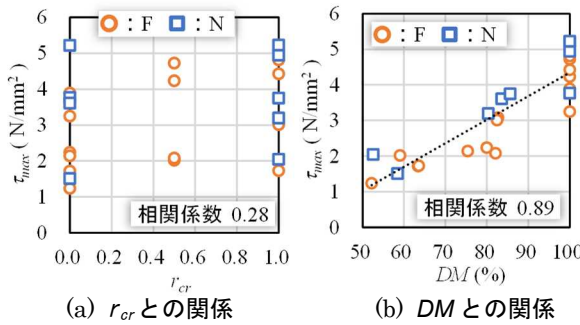


図6 最大せん断応力度 τ_{max} (びしゃん)

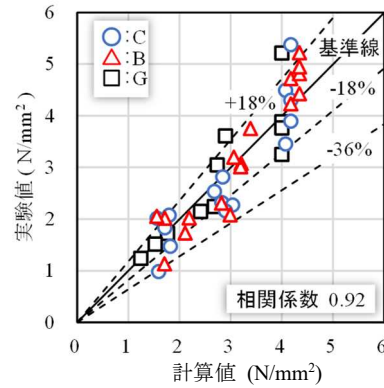


図7 耐力評価

図3より、本実験結果は式(1)にほぼ一致する低下率を呈しており、簡易的な手法ではあるが、適切にコンクリートを劣化させることができると判断される。

(2) 断面修復面におけるせん断抵抗性能

① 実験方法

図4に1面せん断試験の方法を示す。せん断面の付着強度を検証する方法には、直接せん断試験、2面せん断試験など、様々な加力方法があるが、本実験では破壊面作用する曲げモーメントが小さく、さらに逆対称曲げとなる条件で加力可能な、いわゆる大野式加力を採用した。試験体パラメータは、i) DM 、ii) 目荒らし方法、iii) 目荒らし面積比 r_{cr} 、さらに iv) 断面修復材の種類である。 DM は100、80、60%の3段階とし、目荒らし方法は、グラインダー処理、びしゃん処理、電動ハンマーによるチップング処理の3水準であり、それぞれに用いた工具を図5に示している。目荒らし面積比は、試験領域の面積 (100 mm × 100 mm) に対する、凹凸部の割合であり、0、0.2、0.5、1.0の4段階とした。また断面修復材として、代表的な材料メーカー2社のポリマーセメントモルタル (PCM) を採用した。

② 実験結果

図6に最大せん断応力度 τ_{max} を示す。ここでは、一例としてびしゃんで目荒らした試験体の結果を示す。同図(a)より r_{cr} が τ_{max} に及ぼす影響は小さい。一方、同図(b)より DM と τ_{max} には、強い相関性が確認された。また、本実験で使用した2種類のPCMでは、 τ_{max} に大きな違いは確認されなかった。

③ 評価

本研究において、断面修復面のせん断強度を評価するため、下式を提案した。

$$\tau_{max} = K_1 \cdot c\sigma'_B{}^{n_1} \cdot r_{cr} + K_2 \cdot (c\sigma'_t + p\sigma_t)^{n_2} \cdot (1 - r_{cr}) \quad (2)$$

式(2)の第1項と第2項は、表層部のせん断強度と凹凸の噛み合いによる支圧抵抗に起因するせん断強度を表している。また、 K_1 、 n_1 、 K_2 、 n_2 は回帰分析から得られる実験係数であり、それぞれ1.0、1.8、0.025および1.6である。 $c\sigma'_B$ 、 $c\sigma'_t$ 、 $p\sigma_t$ はそれぞれ、 DM を考慮した²⁾コンクリートの圧縮強度と割裂強度、および断面修復材の割裂強度である。図7に実験値と計算値の比較を示す。同図より、相関係数0.92、変動係数18%の精度で τ_{max} を推定することができた。

(3) 表層が劣化したRC梁の力学性能と補修効果

① 実験方法

図8と図9に、RC梁の試験体の諸元と目荒らし状況をそれぞれ示す。(1)で提案した本劣化手法を適用できるように、断面サイズをおよそ1/3スケールとし、建築構造物の凍害劣化を想定し、梁側面を劣化(劣化領域は750 mm × 220 mm)させた。表1に試験体パラメータの一覧を示す。試験体パラメータとして、 DM を100%から40%とし、さらに補修の有無、はつり深さ0 mm、10 mm、20 mmとした。はつり深さ0 mmで補修した試験体は、断面を増し厚したことになる。また、コンクリートの劣化の影響を検証するため、破壊形式をせん断破壊とした。

② 実験結果

図10に最大せん断力 Q_{max} を示す。また前掲の表1には、 Q_{max} を示してある。図10(a)および表1より、 $\sigma_B = 26.4 \text{ N/mm}^2$ の試験体では、 DM が低下すると Q_{max} もやや小さくなった。

表 1 試験体パラメータの一覧

はつり深さ (mm)		P_t (%)	P_w (%)	ρ	DM (%)	σ_B (N/mm ²)	E_c (N/mm ²)	σ_p (N/mm ²)	Q_{max} (kN)	α
0	Non	1.45	0.3	0.68	100, 80, 60	26.4	20.2	—	187, 176, 179	1.16, 1.20, 1.36
	Non	2.78	0.3	0.42	100, 60, 40	37.0	27.9	—	200, 229, 238	0.95, 1.38, 1.53
	Rep	1.45	0.3	0.68	80, 60	26.4	20.2	54.9	195, 186	1.10, 1.15
10	Rep	2.78	0.3	0.42	100, 60, 40	37.0	27.9	52.0	235, 227, 243	1.05, 1.22, 1.47
20	Rep	2.78	0.3	0.42	100, 60, 40	37.0	27.9	52.0	241, 208, 232	1.01, 1.04, 1.33

P_t : 引張鉄筋比, P_w : あばら筋比, σ_B : コンクリート圧縮強度, E_c : コンクリートヤング係数, σ_p : PCM 圧縮強度, α : 安全率

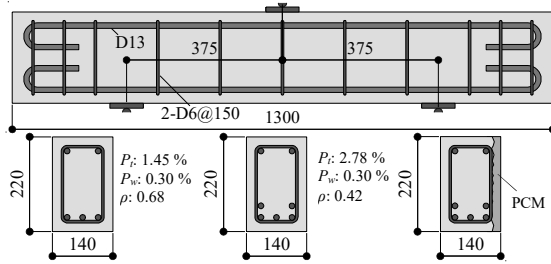
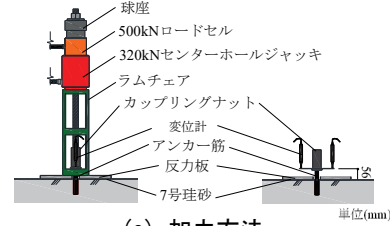
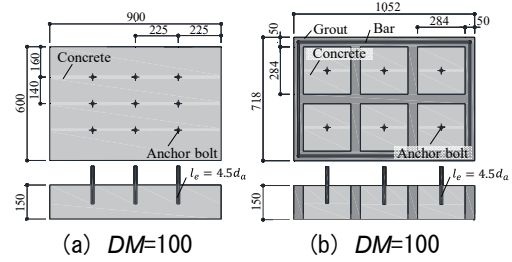


図 8 試験体の諸元



図 9 表層の目荒らし状況



(c) 加力方法

図 11 付着実験の概要

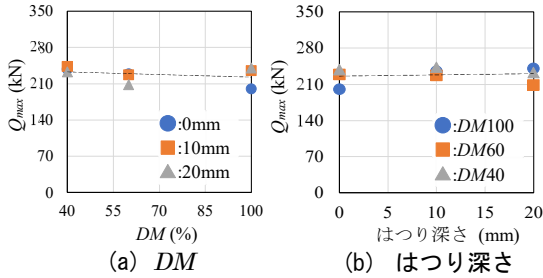


図 10 最大せん断力 Q_{max}

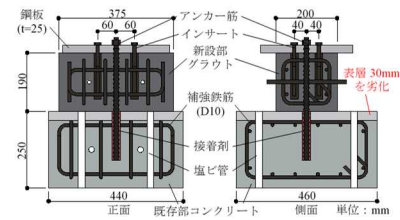


図 12 せん断加力実験の試験体

③ 評価

補修された RC 梁のせん断強度を評価するため、本研究ではトラス・アーチ機構^{例え 3)}に基づくせん断強度式を提案した。

$$Q_{SR} = Q_s + Q_p \quad (3), \quad Q_p = \tan \theta (1 - \beta) B_p \cdot \frac{D}{2} \cdot v \cdot \sigma_p \quad (4)$$

$$Q_s = B \cdot j_t \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} \cdot \cot \phi + \tan \theta (1 - \beta) B \cdot D \cdot v \cdot \frac{\sigma_B}{2} \quad (5)$$

ここに、 Q_s と Q_p はそれぞれ RC 梁と PCM によるそれぞれのせん断強度 (kN)、 σ_{wy} はあばら筋の降伏強度、 B ははつり深さを考慮した梁幅、 B_p は PCM の幅、 D は梁せいである。表 1 に実験値に対する計算値の安全率を示しているが、0.95~1.53 の範囲で評価できた。

(4) 表層が劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能

既存構造物に対し、より高い耐震性能を持たせるためには、新たな耐震部材を付与する必要がある。ここで、既存鉄筋コンクリート部材と新設部材の接合に、あと施工アンカーが使用される。あと施工アンカーは、既存コンクリートを穿孔し、そこに接着剤を用いてアンカー筋を定着する工法である。

① 実験方法

あと施工アンカーの定着性能を調べる方法として、付着実験とせん断加力実験の 2 種類の実験により検証した。図 11, 12 に、両実験の概要を示す。共通のパラメータとして、 DM を 100, 80, 60 % の 3 段階に設定し、有機系接着剤と D16 のアンカー筋を採用した。付着実験では、さらに D13, D19, M16 のアンカー筋と、無機系接着剤を追加した。

② 実験結果

図 13, 14 に付着実験およびせん断加力実験の結果の一例をそれぞれ示す。図 13 より、付着実験においては、 DM の低下とともに、付着強度が低下した。しかしながら、図 14 を観察すると、せん断加力実験においては、 DM が低下しても、顕著にせん断抵抗性能が下がらなかった。

③ 評価

本研究では、 DM の低下による付着強度 τ_{bmax} の低下を評価するため、下式を提案した。

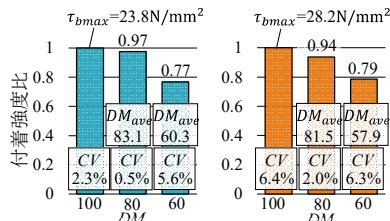


図 13 付着実験結果

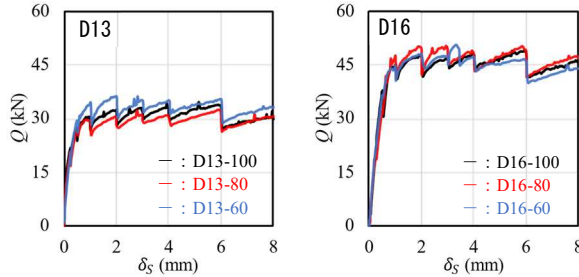


図 14 せん断加力実験の結果

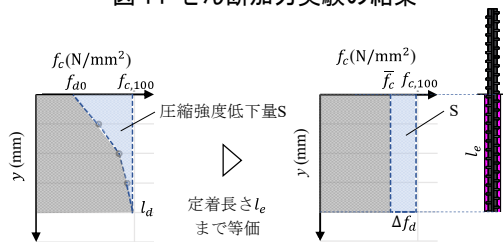


図 15 等価圧縮強度の算出方法

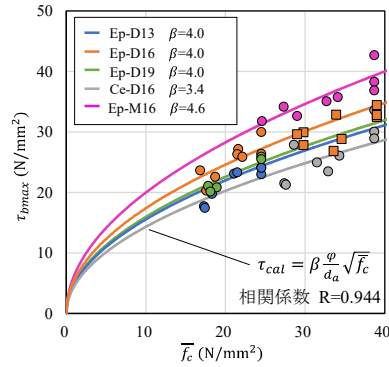


図 16 付着強度の評価

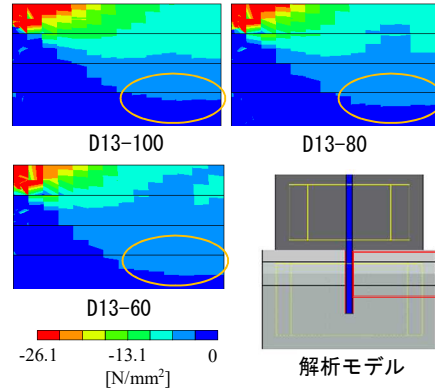


図 17 有限要素解析による最小主応力分布

$$\tau_{cal} = \beta \frac{\varphi}{d_a} \sqrt{\bar{f}_c}, \quad \bar{f}_c = f_{c,100} - \Delta f_a, \quad f_a = \frac{f_{c,100}}{l_e} \int_0^{l_e} (1 - R_{cs}(y)) \cdot dy \quad (6)$$

ここに、 \bar{f}_c は等価圧縮強度であり、その概念および算出方法を図15に示す。 β は回帰式より得られる実験係数であり、有機系異形鉄筋で4.0、無機系異形鉄筋で3.4、有機系全ネジボルトで4.6である。 φ はアンカー筋径に対する穿孔径の比率である。図16に実験値と計算値の比較を示す。同図を観察すると、本提案式により良好に実験値を評価できている。また、せん断加力試験体を対象に有限要素解析した結果、DMが低下すると支圧応力場が広がることが分かった。このため、DMが小さくなくてもせん断抵抗力が顕著に低下しなかったと推察される。

4. 研究成果

(1) コンクリート試験体の劣化手法

液体窒素を用いた本提案劣化手法により、750 mm × 220 mmの領域であれば、5~10サイクル程度でDMを60%近くまで低下させることができた。したがって、本提案手法は、劣化した構造部材実験を実施する際に極めて有用である。

(2) 断面修復面におけるせん断抵抗性能

本実験では、目荒らし面を形成するため、グラインダー、びしゃん、電動ハンマーの3種の工具を使用し、目荒らし面積比を0~1.0に設定して一面せん断を実施した。その結果、断面修復面のせん断強度は、目荒らし形状や目荒らし面積比には大きな影響を受けず、劣化度合いに強く依存することが明らかとなった。さらに本研究では、DMを考慮したせん断強度式を提案した。

(3) 表層が劣化したRC梁の力学性能と補修効果

本実験結果より、表層コンクリートが劣化すると、RC梁のせん断強度がやや低下することが明らかになった。なおコンクリート強度が高い場合には、この限りではない。これに対し、PCMを用いて断面修復することで、元のせん断強度と同等かそれ以上に力学性能が向上するが、はつり深さの影響はさほど見られなかった。

(4) 表層が劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能

あと施工アンカーのダウエル効果に関しては、表層コンクリートが劣化しても、せん断力に与える影響が小さいが、付着強度は劣化の影響を大きく受けることが分かった。そこで本研究では、DMから換算される等価圧縮強度を提案し、これを用いることで適切に付着強度を評価できた。

参考文献

- 1) 日本産業規格：コンクリートの凍結融解試験方法, A1148, 2010
- 2) 周藤将司, 緒方英彦：凍害劣化の生じたコンクリートの力学特性および現地非破壊試験による動弾性係数の評価法に関する研究, 農業農村工学会論文集, No.303(84-3), pp.I 291-I 299, 2016.12
- 3) 市之瀬敏勝：変形能力を考慮したRC部材のせん断設計法, 日本建築学会構造系論文報告集, Vol.415, pp.53-62, 1990.9

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 三好慶大, 及川雄大, 高瀬裕也, 濱幸雄	4. 巻 21
2. 論文標題 凍害劣化を模擬したコンクリートに対する断面修復材の付着すべり特性に関する基礎的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 544-549
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 Matsunaga, K., Takase, Y. and Abe, T.	4. 巻 245
2. 論文標題 Modeling of dowel action for cast-in and post-installed anchors considering bond property	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering Structures	6. 最初と最後の頁 112773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.engstruct.2021.112773	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山田 太蔵, 高瀬 裕也, 阿部 隆英	4. 巻 33
2. 論文標題 目荒らしと接着系アンカーを併用した耐震補強接合部の組み合わせ応力下における力学挙動	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学論文集	6. 最初と最後の頁 33-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/crt.33.33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松永健也, 高瀬裕也, 阿部隆英, 折田現太, 安藤重裕	4. 巻 87
2. 論文標題 氷点下で定着した無機系あと施工アンカーの特性と力学挙動評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 556-566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.87.556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松永健也, 高瀬裕也, 阿部隆英, 折田現太	4. 巻 43
2. 論文標題 有機系・無機系接着剤および定着方法の違いを考慮したアンカー筋の ダウエルモデル	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 67-72
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 山田太蔵, 奥山裕希恵, 高瀬裕也, 阿部隆英	4. 巻 43
2. 論文標題 目荒らしとあと施工アンカーを併用した接合部の形状モデルを用いたせん断耐力と包絡曲線の評価手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 643-648
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 松永健也, 菊地成美, 高瀬裕也, 溝口光男	4. 巻 42
2. 論文標題 先付けとあと施工の違いを考慮した組合せ応力下のアンカー筋のダウエルモデル	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 97-102
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 菊地成美, 松永健也, 窪田凌平, 高瀬裕也	4. 巻 42
2. 論文標題 付着特性の違いと多数回繰り返しせん断荷重がアンカー筋の力学挙動に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 865-870
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 Suenaga D., Takase Yuya, Abe T., Orita G. and Ando S.	4. 巻 50
2. 論文標題 Prediction accuracy of Random Forest, XGBoost, LightGBM, and artificial neural network for shear resistance of post-installed anchors	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Structures	6. 最初と最後の頁 1252-1263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.istruc.2023.02.066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 末長大佑, 高瀬裕也, 阿部隆英, 折田現, 安藤重裕	4. 巻 88
2. 論文標題 決定木とニューラルネットワークによる機械学習を用いたあと施工アンカーの包絡曲線の予測精度	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会構造系論文集	6. 最初と最後の頁 645-654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijs.88.645	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada, T., Takase, Y. and Abe, T.	4. 巻 21
2. 論文標題 Cyclic Behavior of Interfaces for Seismically Retrofitted RC Buildings	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Concrete Technology	6. 最初と最後の頁 92-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3151/jact.21.92	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takase Yuya, Yamada Taizo	4. 巻 45
2. 論文標題 Shear strengths of joints with roughened concrete surfaces and post-installed dowel bars subjected to normal and shear stresses for seismically retrofitted structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Structures	6. 最初と最後の頁 900-911
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.istruc.2022.09.069	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 矢野悠佑雅, 末長大祐, 松永健也, 高瀬裕也	4. 巻 22
2. 論文標題 表層部が凍害劣化したコンクリートに対する接着系アンカーの付着特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 463-468
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 及川雄大, 三好慶大, 高瀬裕也	4. 巻 22
2. 論文標題 側面が凍害劣化した鉄筋コンクリート梁のせん断耐力と断面修復効果に関する基礎的研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 213-218
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 末長大祐, 木林巧, 矢野悠佑雅, 松永健也, 高瀬裕也	4. 巻 22
2. 論文標題 表層部が凍害劣化したコンクリートに定着したあと施工アンカーのせん断抵抗性能	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 469-474
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 末長大祐, 松永健也, 高瀬裕也, 阿部隆英	4. 巻 44
2. 論文標題 3次元FEM解析および機械学習による無機系アンカーのせん断荷重 - 変位関係の評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 163-168
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10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山田太蔵, 高瀬裕也, 阿部隆英
2. 発表標題 あと施工アンカーとコンクリート目荒らし面を併用した接合部の形状モデルを用いた包絡曲線の評価手法
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 及川雄大, 三好慶大, 高瀬裕也, 濱幸雄
2. 発表標題 凍害劣化を模擬したコンクリートに対する断面修復材のせん断抵抗性能
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 及川雄大, 三好慶大, 高瀬裕也, 濱幸雄
2. 発表標題 凍害劣化を模擬したコンクリートに対する断面修復材のせん断抵抗性能
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三好慶大, 高瀬裕也, 濱幸雄
2. 発表標題 液体窒素を用いた凍結融解作用によるRC構造実験用試験体の劣化手法とその劣化程度の評価
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松永健也, 菊地成美, 高瀬裕也
2. 発表標題 施工方法と鋼種の違いにより付着特性を変えた組合せ応力下のアンカー筋のダウエル効果
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢野悠佑雅, 末長大佑, 高瀬裕也
2. 発表標題 表層部が凍害劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの付着性能に関する基礎的研究
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村遼太郎, 及川雄大, 高瀬裕也
2. 発表標題 表面処理の違いが凍害劣化したコンクリートと断面修復材の付着特性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 及川雄大, 中村遼太郎, 朱俊彦, 高瀬裕也
2. 発表標題 凍害劣化した鉄筋コンクリート梁の力学特性 側面の劣化と補修効果を考慮したせん断強度ー
3. 学会等名 日本建築学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 朱俊彦, 高瀬裕也, 中村遼太郎
2. 発表標題 凍結融解作用により劣化したコンクリートと断面修復材の付着面のせん断強度
3. 学会等名 日本建築学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村遼太郎, 朱俊彦, 高瀬裕也
2. 発表標題 コンクリートの劣化と補修効果を考慮したRC梁のせん断耐力評価
3. 学会等名 日本建築学会学術講演会
4. 発表年 2022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	濱 幸雄 (Hama Yukio) (70238054)	室蘭工業大学・大学院工学研究科・教授 (10103)	
研究分担者	金澤 健 (Kanazawa Takeru) (80823773)	北海学園大学・工学部・准教授 (30107)	

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
---------	---------