

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01405

研究課題名（和文）水圧と外力の同時作用下にあるコンクリートの力学挙動評価

研究課題名（英文）Investigation on mechanical properties of concrete subjected to water pressure and external forces

研究代表者

岩波 光保（Iwanami, Mitsuyasu）

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：90359232

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、既存の高水圧載荷装置での要素実験に加えて、水圧作用下での外力負荷が可能な実験装置を用いたコンクリートの水圧拘束載荷試験を行った。また、コンクリート中の微小破壊の進展をX線CTスキャンで追跡することで、大気中にあるコンクリートに外力が作用した時との力学挙動の違いを明らかにした。さらに、これらの室内試験で得られた知見の妥当性を検証するため、実際の深海底でコンクリートの原位置載荷試験を行い、水圧下にあるコンクリートに生じる応力、変形、損傷の特徴を明らかにした。このような深海底でのコンクリートの載荷試験は世界的に例がなく、学術上、極めて貴重な知見を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今後、大水深海域の広範な利活用が強く期待されている中、このような海洋開発を実現させるためのインフラ整備に必要な高水圧作用を受けるコンクリート構造物の設計・施工方法の確立に資する有用な知見を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：In this study, water pressure confinement loading tests were conducted on concrete using an experimental device capable of applying external forces under high water pressure in addition to elemental experiments using an existing high water pressure loading device. By tracking the progress of microcracks in the concrete using X-ray CT scans, the difference in mechanical behavior was made clear when concrete is subjected to external forces under atmospheric conditions. Furthermore, in order to verify the validity of the findings obtained from these laboratory tests, in-situ loading tests were conducted on concrete on the deep seabed, investigating the characteristics of stress, deformation, and damage that occur in the concrete under high water pressure. There are no examples of such loading tests on concrete on the deep seabed anywhere in the world, and extremely valuable academic findings were obtained from this study.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：大水深海域 コンクリート 水圧作用 外力作用 水の移動

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最近、日本近海での海底資源の存在が確認され、自給できる資源として、高い注目を集めている。例えば、石油や天然ガス、国産の次世代エネルギーとして有望なメタンハイドレートが水深数百～数千 m の海底に存在していることが明らかとなっている。また、深海底における二酸化炭素の貯留や放射性廃棄物の保管など、今後、大水深海域の広範な利活用が強く期待されている。このような海洋開発を実現させるためには、大水深海域での経済活動を支えるためのインフラ整備が不可欠であり、コンクリート構造物の建設が一つの有力な選択肢であると考えられている。しかしながら、大水深海域におけるコンクリート構造物の設計・施工方法は確立されておらず、現在はまだ基礎研究の推進が期待されている段階である。

これまでの研究では、コンクリートに高水圧が作用した場合の破壊進展過程が着目されていたが、実際の構造物では、この水圧作用に加えて、さらに自重や利用に伴う変動荷重が作用する。このような外力が作用した場合でもコンクリート構造物を安全に、かつ、長期間にわたって利用できるように設計する必要があるが、大気中にある一般のコンクリート構造物の設計方法をそのまま適用できるのか現時点では分かっていない。

2. 研究の目的

大水深海域でのコンクリート構造物の建設には、次の 2 つの工法が想定されている。すなわち、陸上で事前に一部または全ての部材を製作し、深海底で部材同士を接合するプレキャスト工法と、原位置で鉄筋等を組み立ててフレッシュコンクリートを打設し、深海底で硬化させる現場打ち工法である。現時点での実現可能性を考えると前者が有力であり、この場合、あらゆる材料や構造形式を利用することが可能であり、品質管理も容易である。また、製作および沈設する部材の寸法や重量が作業船などの使用機材の能力で決定されることとなる。

既往の研究(科研費基盤研究(B)、2018～2020年度)の成果によれば、十分に材齢が経過したコンクリートであれば、50MPa 程度の水圧が作用しても破壊が進行することはなく、深海底での利用に支障がないことが分かっている。しかし、大水深海域の高水圧が作用した状態で、さらに外力が負荷されたときのコンクリートの力学挙動については不明であり、実際の大水深海域での検証も行われていない。これらの点を検討することが本研究の目的である。

そこで、本研究では、大水深海域にコンクリート構造物を建設することを想定し、その設計・施工方法の確立に資するため、水圧作用下にあるコンクリートが外力を受けた時の挙動を明らかにする。これまでの研究では、コンクリートに高水圧が作用した際の破壊進展過程に着目していたが、実際の構造物では、水圧作用に加えて、さらに自重や利用に伴う変動荷重が作用するため、本研究では「水圧+外力」下におけるコンクリートの力学挙動に着目する。

3. 研究の方法

本研究における検討は、既存の高水圧載荷装置での要素実験に加えて、水圧作用下での外力負荷が可能な実験装置を用いたコンクリートの水圧拘束載荷試験を行った。また、コンクリート中の微小破壊の進展を X 線 CT スキャンで追跡することで、大気中にあるコンクリートに外力が作用した時との力学挙動の違いについて検討を行った。これらの室内試験で得られた知見の妥当性を検証するため、実際の深海底でコンクリートの原位置載荷試験を行い、水圧下にあるコンクリートに生じる応力、変形、損傷について現地計測を行った。

4. 研究成果

4.1 水圧がセメント硬化体の内部損傷に与える影響

高水圧下でのセメント硬化体の損傷をその場観察するため、マイクロフォーカス X 線 CT 装置に設置可能で、かつ X 線を十分に透過できる特殊な耐圧容器を開発した。本容器を用いて X 線 CT 装置で観察し、得られた画像を解析することで、高水圧下でのセメント硬化体のひずみ分布や液状水の浸透挙動を評価することができた。図-1 に、水セメント比が 40% のモルタルに対して 20MPa の水圧を負荷させたときの水分浸透挙動を画像解析で可視化したものを示す。液状水がモルタル中に不均質に浸透していることが分かる。サンプルの中心部では液状水の浸透が上部または下部よりも浸透している状況が確認できる。図-2 に、3 次元デジタル画像相関法に基づく画像解析により、各水圧負荷時の体積ひずみを算出した結果を示す。これによれば、液状水が浸透しているサンプルの中心部では、20MPa の水圧を 1 時間にわたって負荷させた段階で

最も大きな圧縮ひずみを示し、液状水の浸透に伴ってひずみが緩和したことが分かる。また、液状水が浸透しにくかった上部では、水圧作用時間が1時間を超えても大きな圧縮ひずみが残存した。水圧が拘束圧として作用した場合、液状水が浸透する前はセメント硬化体の骨格で応力を負担する必要があるが、液状水が浸透すると間隙水の水圧が拘束圧を負担するため、応力緩和が生じたものと推察された。このように、高水圧下でのセメント硬化体の挙動は拘束圧だけでなく、液状水の浸透挙動も考慮する必要があることが分かった。また、不均質な液状水の浸透は応力集中を生じる可能性があるため、寸法が比較的大きく、複雑な形状を有するコンクリートではひび割れが発生するリスクがあると推察された。

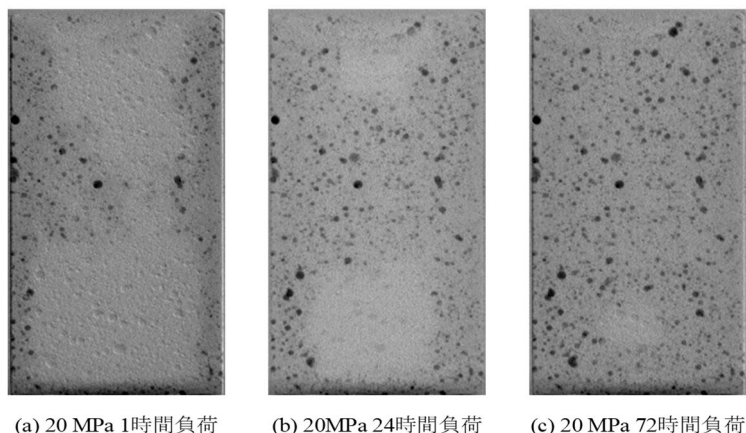


図-1 20MPaの水圧下での水分浸透状況

次に、水圧と外力を受けるセメント硬化体の力学挙動を明らかにするため、モルタルの曲げ載荷試験を高水圧下（10～40MPa）で実施した。試験では、液状水がモルタル試験体内部まで浸透するよう30分間水圧を負荷させた後に曲げ載荷試験を行った。その結果、水圧の程度によってモルタルの曲げ強度は飛躍的に大きくなった。また、10MPaの水圧であれば、水圧の負荷時間はほとんど曲げ強度に影響しなかった。

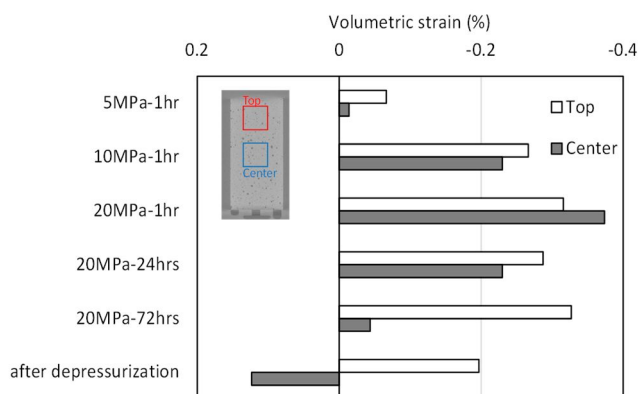


図-2 各水圧負荷時の体積ひずみ

次に、水圧と外力を受けるセメント硬化体の力学挙動を明らかにするため、モルタルの曲げ載荷試験を高水圧下（10～40MPa）で実施した。試験では、液状水がモルタル試験体内部まで浸透するよう30分間水圧を負荷させた後に曲げ載荷試験を行った。その結果、水圧の程度によってモルタルの曲げ強度は飛躍的に大きくなった。また、10MPaの水圧であれば、水圧の負荷時間はほとんど曲げ強度に影響しなかった。また、X線CTでモルタルへの液状水の浸透挙動を確認した結果、水圧の負荷時間が30分になると、マクロな空隙（約50μm以上）はほぼ飽水することが分かった。また、水圧負荷時のひずみ発生挙動を確認すると、水圧負荷直後には約600μ程度の圧縮ひずみが発生した後、30分後で約500μ、3時間後で約400μと緩和していった。ただし、圧縮ひずみは残存していることから、外部からの拘束圧でプレストレスが生じたことが曲げ強度の増加に影響したと考えられたが、経時的な拘束圧の緩和の影響は明確でなかった。

このように、水圧を受けるセメント硬化体の力学挙動は水圧によって生じる拘束による力学特性改善効果があるものの、水圧によって生じる液状水の浸透は拘束圧を緩和させ、かつ硬化体内部での液状水の不均質な浸透によって、複雑な応力（ひずみ）状態になることが分かった。今後、より高い水圧を長期間作用させ、長期的な挙動を明らかにする必要がある。

4.2 原位置載荷試験のための予備検討

深海底においてコンクリートの原位置載荷試験を行うためには、試験を行う航海の機会を獲得する必要があることから、2023年度の海洋研究開発機構の所内利用航海に応募し、その機会を得ることに成功した。

深海底においてコンクリートの原位置載荷試験を行う場合、計測部分が高圧の海水中に暴露されることから、計測系の検討にあたっては、海洋研究開発機構で開発・運用している深海用の電気探査装置の回路設計をベースにした。この回路設計では、海中を移動して計測する制約から送信チャンネルが限定された仕様となっている。今回の目標を達成するには、陸上で利用される電気探査装置と同様な多数の電極組合せでの送受信を行う必要がある。一般的な電気探査装置では金属電極を用いて送信・受信の双方兼用とするが、海中での受信電極に金属電極を用いるとDCレベルのドリフトが生じる可能性がある。そこで、送信と受信の電極を兼用させずに交互に配置して電位計測を安定して行えるようにした。よって、送信の切換え回路を追加し、受信は全7チャンネルと常に計測するシステム構成とした。

また、電極は金属ではなく、細径の炭素棒を利用し、電線と接続した上でプラスチック製のホ

ルダールに入れて実装した。これらの電極群を電極の取付け板に取り付けて電極アレイとした。

深海底への資機材の運搬には、「しんかい6500」を用いた。図-3に示す「しんかい6500」のペイロードスペースに搭載し、電源の供給は「しんかい6500」からDC24Vの供給を受けて作動させた。計測は潜航開始直後から開始し、潜航終了まで連続的にデータを取得した。全電極の計測組合せは28通り、1秒の交番電流とした場合、1サイクルの計測に112秒要するため、2分に1回でコンクリート中に設置したひびみゲージのスキャンが完了する。今回の計測では、海中での電気探査の事例を踏襲し、1秒パルスでの計測として潜航でのデータ取得を実施した。電極配置が通常の電気探査とは異なるため、時系列解析による見掛け比抵抗の算出とそれを用いた解析について、既存手法を改良しながら行った。比抵抗による計測は、簡便な計測で非破壊により物体内部の情報を取得できる点にメリットがある。本研究で高水圧下のセメント硬化体内部の水圧計測とあわせて検討することで、将来的に深海底でのセメント素材によるインフラの劣化診断などへの適用が期待される。



図-3 ペイロードの状況

4.3 原位置載荷試験の概要

作製したRCはりの寸法を図-4に示す。使用したモルタルの配合は、水セメント比を30%、空気量を5.0%として設計を行った。セメントには早強セメント（密度： 3.14 g/cm^3 ，比表面積： $4590 \text{ cm}^2/\text{g}$ ），細骨材には八王子市美山町産砕砂（表乾密度： 2.64 g/cm^3 ，粗粒率：3.01）を用いた。材齢2週間のモルタルの想定圧縮強度を50MPaとして耐力計算を行い、曲げ破壊型となるよう設計を行った。主筋端部は機械式定着、フックを用いた定着、曲げ上げ等は行っていない。なお載荷後のRCはりは、全結果の全表面において鉄筋軸に沿ったひび割れは確認されておらず、鉄筋が引き抜かれている様子も確認されなかった。RCはりは打設後1日で脱型をし、載荷実験日まで2週間程の湿空養生を行った。

深海環境原位置での載荷試験のため、RCはりの寸法に合うように載荷フレームおよび載荷装置を作製した。作製した載荷用試験装置を図-5に示す。載荷フレームはSS400製のL形部材で作られ、各部材の厚さは7mmである。地上での同はりの載荷において十分な剛性を満足するように設計を行った。図中のは載荷装置および載荷板である。載荷装置は上側のハンドルの回転によって作動し、時計回りに360度回すことで下側の載荷板が0.28mm下降する仕組みとなっている。このため、実験は変位制御で行った。載荷板は $\Phi 100\text{mm}$ の円形である。図中のは支点であり、支点間距離は720mmである。支点の上にゴム板、供試体の順で設置し、の固定具で軽く拘束することで、載荷地点への移動中における供試体の動きを制御した。

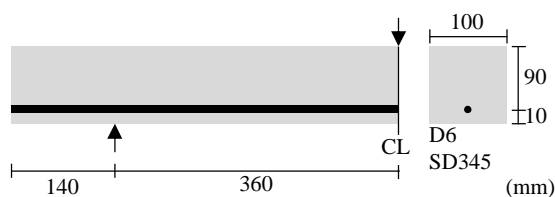


図-4 RCはりの概要

作製したRCはりおよび試験装置を用いて、地上、水深980m地点、水深3500m地点の3条件で載荷試験を実施した。深海環境原位置における載荷試験開始までの条件は次の通りである。供試体と載荷用試験装置を載せた潜水艇はおよそ45m/minのスピードで潜航し、980mの実験水深には約30分、3500mの実験水深には約90分で到達した。水圧は980m地点では9.8MPaが、3500m地点では35.0MPaがそれぞれ等方的に作用している。

載荷試験に関わる条件は次の通りである。5秒間で前述のハンドルを1回転、載荷板移動量として0.28mmを与えるように載荷を行った。5回転(=

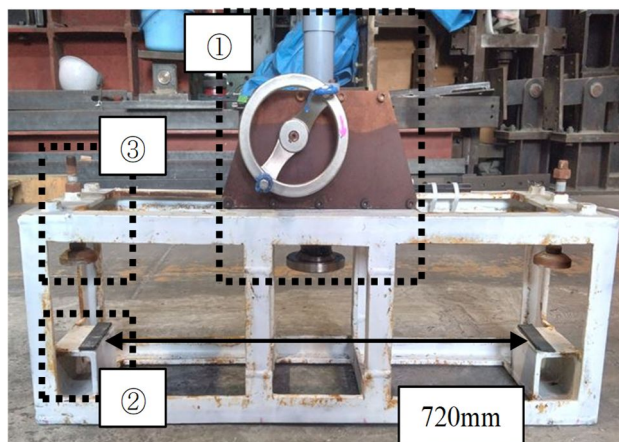


図-5 載荷用試験装置の外観

載荷板移動量 1.40mm) 毎に RC はりの状況を確認し、最大で 120 回転 (= 載荷板移動量 33.60mm) を与えた。また、等曲げモーメント区間をカメラで継続的に撮影し、ひび割れの進展状況を確認した。深海環境における原位置載荷試験では、試験終了後、数時間の深海暴露ののち引き揚げ、RC はり全体のひび割れ進展状況の確認を行った。

表-1 ひび割れ発生が確認時点での載荷板移動量

載荷環境	地上	980m	3500m
回転数 (回)	8	7.5	5
載荷板移動量 (mm)	2.2	2.1	1.4

4.4 原位置載荷試験の結果

深海環境原位置での載荷中 (980m 地点および 3500m 地点) に撮影された動画において、曲げひび割れを視認できた時点での載荷板移動量を表-1 に示す。地上での載荷における同時点での載荷板移動量は、カメラの種類や供試体との距離感が異なり比較が難しいと考えられる。また、設計計算上のたわみの 10 倍以上と何らかの誤差要因を大きく含んでいる可能性がある。これらの要因から、地上での載荷は曲げひび割れの発生時に関する考察から除外した。なお、深海環境原位置での 2 条件においては、供試体とカメラの距離、カメラの種類は同一である。参考までに設計計算上のひび割れ発生時たわみは 0.1 ~ 0.2mm 程度 (0.5 ~ 1 回転程度) である。3500m 地点での載荷においては、980m 地点での載荷と比較して 2.5 回転、載荷板移動量にして 0.7mm ほど早い時点で曲げひび割れの発生を確認することができた。地上、水深 980m 地点、水深 3500m 地点での載荷試験終了後の RC はりの最終的なひび割れ性状を図-6 に示す。地上、980m 地点、3500m 地点の順で曲げひび割れの発生範囲が狭まっていく様子が確認された。また、特に 3500m 地点での載荷においては、曲げひび割れが載荷板端部付近の 2 本のみで破壊に至っていた。なお、地上では載荷板移動量 33mm 時に、980m 地点では 28mm 時に、3500m 地点では 20mm 時に、上側モルタルの圧壊が確認された。

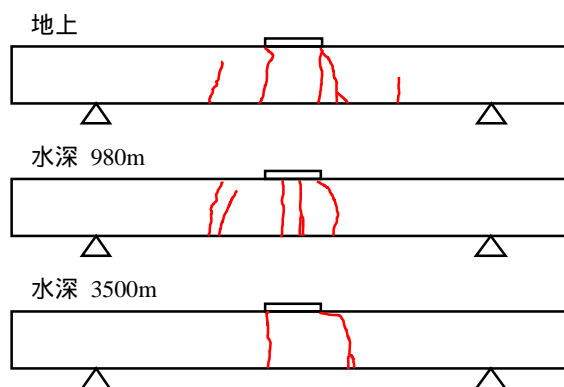


図-6 載荷試験終了後のひび割れ性状

980m 地点、3500m 地点での載荷において、どちらも設計計算上の曲げひび割れ発生時たわみよりも大きい結果が得られた。これは確認方法による影響に加え、水圧による軸方向の拘束が強くと影響していると考えられる。各水深において、外部からの水圧が RC はりを長軸方向に圧縮し、曲げひび割れの発生までに要する載荷板移動量が増加することは、曲げを受ける PC はりの挙動と比較しても妥当な結果であると考えられる。ここでの PC はりとは、PC 鋼材の緊張によって部材の長軸方向に圧縮力を作用させ、ひび割れの発生を抑制させている構造を指す。

しかし、980m 地点と比較して、より大きい水圧が作用している 3500m 地点の条件の方が、曲げひび割れ発生時の載荷板移動量が小さくなるという結果が得られた。この結果は、前述の水圧による拘束から予想される結果とは相反する状況を示している。この原因として、ひび割れの局所化が考えられる。最終的な曲げひび割れ性状においては、980m 地点での載荷では 5 本、3500m 地点での載荷では 2 本の曲げひび割れを確認しており、水圧が大きいほど曲げひび割れが局所的に発生する結果となった。曲げひび割れが初期に発生する載荷板端部直下の 2 本に限定されることで、ひび割れが進展しやすくなったと考えられる。その結果、目視にて確認できるひび割れ幅となった時点での載荷板移動量が、3500m 地点で小さくなった可能性が考えられる。

載荷実験終了後の最終的な曲げひび割れ性状に関して、3500m 地点でのみ曲げひび割れ発生本数の減少が見られ、ひび割れの局所化が深海環境原位置での RC はりの破壊挙動にとって重要な現象であると考えられる。また、このような現象が生じ得る原因として、次に述べる通常の PC はりとの 2 つの相違点が挙げられる。

1 つ目は、長軸方向以外の 2 方向も併せて等方的な圧縮が作用していることである。これによって、RC はり内部の応力状態に変化が生じ、特有な曲げひび割れ性状をもたらす可能性がある。2 つ目は、圧力伝達媒介が水であることである。形成されたひび割れに水が侵入することによって、そのひび割れ周囲における高水圧による変形拘束状態が著しく変化する可能性が考えられる。あるいは、コンクリート表面近傍の空隙への水分浸透が生じることによる圧縮応力の緩和や鉄筋 - モルタル界面の脆弱層に水分浸透が生じることによる付着性能の低下などが考えられる。これらは、PC はりでは見られない深海環境特有の現象として、今回の原位置載荷試験の結果をもたらした可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Y. Kawabata, D. Takano, K. Takahashi, and M. Iwanami	4. 巻 216
2. 論文標題 In situ observation for the influence of hydraulic pressure on internal damage of cement-based materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials & Design	6. 最初と最後の頁 110556
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山口慶祐, 岩波光保, 中山一秀	4. 巻 44
2. 論文標題 高水圧作用下における水分移動に着目したコンクリートの力学特性に関する研究	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 220-225
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 笠谷貴史, 川田佳史, 岩本久則	4. 巻 75
2. 論文標題 鉛直電極アレイを用いた海底電気探査法で得られた海底熱水鉱床域における比抵抗構造	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 物理探査	6. 最初と最後の頁 sp42-sp49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3124/segj.75.sp42	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 岩波光保	4. 巻 77
2. 論文標題 深海におけるセメント硬化体の力学特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木技術	6. 最初と最後の頁 26-31
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 無
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 高橋恵輔, 川端雄一郎, 笠谷貴史, 小林真理, 木村俊則, 岩波光保, 山中寿朗	4. 巻 896
2. 論文標題 深海という海洋極限環境でのセメント系材料の利活用に向けた研究と最新の取り組み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 セメント・コンクリート	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 無
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 川端雄一郎, 高橋恵輔, 笠谷貴史, 岩波光保, 山中寿朗	4. 巻 60
2. 論文標題 深海の利活用に関する最近の動向と深海インフラ構築に向けた取り組み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学	6. 最初と最後の頁 51-55
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 無
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 Y. Kawabata, D. Takano, K. Takahashi, M. Iwanami	4. 巻 216
2. 論文標題 In situ observation for the influence of hydraulic pressure on internal damage of cement-based materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials & Design	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) 10.1016/j.matdes.2022.110556	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 岩波光保	4. 巻 77
2. 論文標題 深海におけるセメント硬化体の力学特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木技術	6. 最初と最後の頁 26-31
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 無
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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋恵輔, 小林真理, 川端雄一郎, 岩波光保
2. 発表標題 深海での水圧作用がセメント硬化体の細孔分布に及ぼす影響
3. 学会等名 第76回セメント技術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口慶祐, 岩波光保, 中山一秀
2. 発表標題 高水圧作用下におけるモルタルの体積ひずみ挙動に関する研究
3. 学会等名 土木学会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩本大輝, 岩波光保, 中山一秀
2. 発表標題 深海環境におけるコンクリートの物性変化に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野村瞬, 高橋恵輔, 小林真理, 川端雄一郎, 笠谷貴史, 岩波光保, 山中寿朗, 牧田寛子, 後藤慎平
2. 発表標題 深海3515mにおけるポルトランドセメント系材料の力学挙動原位置計測
3. 学会等名 海と地球のシンポジウム講演集
4. 発表年 2021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	川端 雄一郎 (Kawabata Yuichiro) (10508625)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・グループ長 (82627)	
研究 分担者	笠谷 貴史 (Kasaya Takashi) (90373456)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋機能利用部門(海底資源センター)・グループリーダー (82706)	

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