

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04695

研究課題名(和文) コンクリート構造物の生涯性能に及ぼす履歴温度の影響に関する実験的研究

研究課題名(英文) Experimental study on the effect of temperature history on the lifetime properties of concrete structures

研究代表者

佐藤 幸恵 (SATO, SACHIE)

東京都市大学・建築都市デザイン学部・准教授

研究者番号：70408714

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)：コンクリート構造物の生涯性能を評価するため、特に、材齢初期に生じる高温履歴を対象として強度発現および水和生成物の生成量、物理的性質について検討を行った。その結果、高温履歴を受けると水和生成物量は増加するが、C/S比の大きいCSH(II)が生成しやすくなること、また、CSHのビッカース硬度はCHに対して低いため、総じて圧縮強度の増進要因とはならないことを見出した。また、高強度コンクリートを対象とした構造体強度発現を機械学習モデルにより分析し、最高温度の影響を評価したところ、材齢28日までの高温履歴は強度増進の要因となり得るが、それ以降の材齢では強度低下の要因となり得ることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、実施工現場において異なる季節環境で施工され硬化するコンクリート部材が温度履歴を受けた際の品質変化メカニズムを明らかにすることができた。これをもとに、より精緻な性能予測モデルを作成することが可能と考えられ、近年多様化する使用材料や調合設計についてより省力化した合理的な設計手法を提案できると考えられる。学術的には、既往の文献で示された高温履歴時の空隙構造の変化が強度発現に影響するとの知見に対してより詳細にそのメカニズムを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：In order to evaluate the lifetime performance of concrete structures, the strength development, the amount of hydration products formed, and the physical properties were investigated, especially with respect to the high-temperature history that occurs in the early age of the concrete. It was found that hydration products increase with high-temperature history, but CSH(II) with a high C/S ratio tends to be formed, and the Vickers hardness of CSH is low compared to that of CH. Therefore, CSH does not generally enhance compressive strength. In addition, the effect of maximum temperature was evaluated by analyzing the structural strength development of high-strength concrete using a machine learning model, and it was found that a high-temperature history up to 28 days of age can be a factor for strength enhancement, but it can be a factor for strength reduction at later ages.

研究分野：建築構造材料

キーワード：構造体コンクリート 強度発現 温度履歴

1. 研究開始当初の背景

増大する建築ストックの有効活用は社会的な急務であるだけでなく、原子力や火力発電所等の重要構造物においても供用期間を延ばして利用する要求が増加している。

これらを実現するには、構造物の実力評価だけでなく、実力によっては供用期間をどれだけ超えて安全使用が可能かを適切に判断しなくてはならない。しかしながら、そういった観点からのコンクリート工学、セメント化学の観点からの基礎情報は十分でなく、社会の要求にこたえられる学問体系が構築されていないのが現状である。

コンクリート分野においては、申請者は、日本全国の施工実験の結果を統計的に分析しコア強度の強度発現特性を明らかにしてきた。また、セメントペーストの体積変化(熱膨張変化と水和による自己乾燥による収縮、自己収縮)と骨材の体積変化(主として熱膨張変化)が異なることで骨材周囲に微細な損傷が生じることによって、コンクリートの強度が低下することもわかってきた。コンクリートの強度は、特に水和反応が活発な若材齢において温湿度の影響を受けることが知られており、生涯の物性変化は、初期の水和反応が活性な時期の養生に多く依存しているため若材齢時の水和物変化状況を初期値とした長期変化をモデル化する必要があるが、そのメカニズムは明らかにされておらず、定量的予測には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、これらのコンクリート工学領域の背景をもとに、特にセメントペーストの水和物と反応速度の相互依存性が、履歴温度によってどのように変化するかについて明らかにすることを目的とする。

具体的には、高温履歴を受けたセメント硬化体における水和物の構造変化を分析すると同時に、これまで蓄積した高強度コンクリートに関する構造体強度発現のデータを再分析し、高温履歴の影響を明示するとともに、長期的な強度性能への影響予測を行う。また、これらに関連して生じる水和物とコンクリート中の骨材の関係を個々の要素の強度・ヤング係数との関係から分析して考察を行った。

3. 研究の方法

本研究では、高温履歴を与えたセメントペーストの水和進行および水和生成物の強度変化を実験により分析した。方法は、水和生成物量についてはXRD/リートベルト解析、水和生成物の生成状況については走査型電子顕微鏡SEMを、水和生成物の強度についてはピッカース硬さ試験を適用した。それぞれの結果をもとに高温履歴の影響を分析した。

あわせて、硬化初期に高温履歴を生じるようなコンクリート供試体を作製して、温度履歴や水和物の状態、セメントペースト-粗骨材の相互のヤング係数の違いなどから圧縮強度を構成する要素の分析を行った。

また、これまで実施された高強度コンクリートの構造体強度発現に関するデータを収集し、機械学習によって構造体強度発現に及ぼす温度の影響要因を分析した。

4. 研究成果

(1) セメントペースト硬化体による高温履歴の影響

片面加熱による変化

図1に片面加熱の概要を示す。セメントペースト供試体(20×20×500mm)を図1に示すような片面加熱装置により加熱した。加熱時の供試体内部の温度履歴を図2に示す。

加熱面からの距離ごとに、圧縮強度および水和生成物 CH と CSH について求めたビッカース硬さを比較したものを図 3 に示す。なお、ビッカース硬さを求めたサンプルの SEM 画像（反射電子像）を図 4 に示す。図中に示す赤丸内にビッカース打痕がある。

図 3 より、ビッカース硬さの傾向と圧縮強度の傾向は一致し、水和物強度と圧縮強度が密接な関係を有することを見出すことができた。ただし、この時点では CH と CSH のどちらが高温履歴時の強度分布に支配的であるかは明確でなかった。

そこで、XRD/リートベルト解析と SEM 反射電子像による輝度分析のそれぞれの方法から水和物生成量を比較した。XRD/リートベルト解析は質量比率であり反射電子像の分析は面積比率であるため、完全に一致はしないがほぼ近い値となると考えられる。図 5 に練混ぜ直後から 20、40、60 に加熱し画像解析による CH 生成量と XRD/リートベルト解析による CH 生成量を比較した結果を示す。加熱していない 20 や加熱面からの距離が離れている 450mm 位置や 250mm では、両者の関係は差が小さいが加熱面に最も近い 25mm では画像解析が多くなっている。このことから、加熱を受けた場合には、画像解析で CH が多く算出される傾向にあると考えられる。加熱温度が高く、かつ加熱時間が長いと画像解析と XRD/リートベルト解析の結果は乖離する傾向があった。この要因として、反射電子像は対象物の平均原子番号によって輝度が変わるため、この輝度分布より生成物を評価している。CH の平均原子番号は 14.3 であり、CSH の平均原子番号は 11.7-14.2 であることを考慮すると、加熱を受けた際に、CH の平均原子番号に近い CSH が多く生成することが考えられる。水和反応により生成される非結晶質である珪酸カルシウム水和物(カルシウ

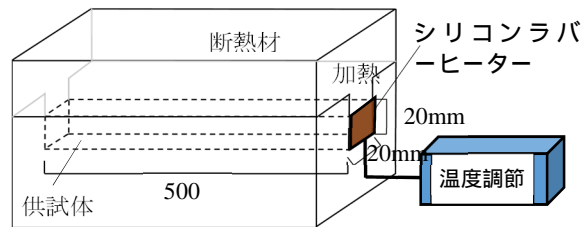


図 1 片面加熱の方法

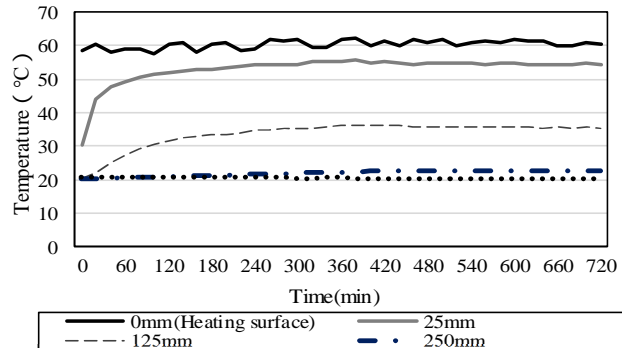


図 2 供試体温度履歴（60 の場合）

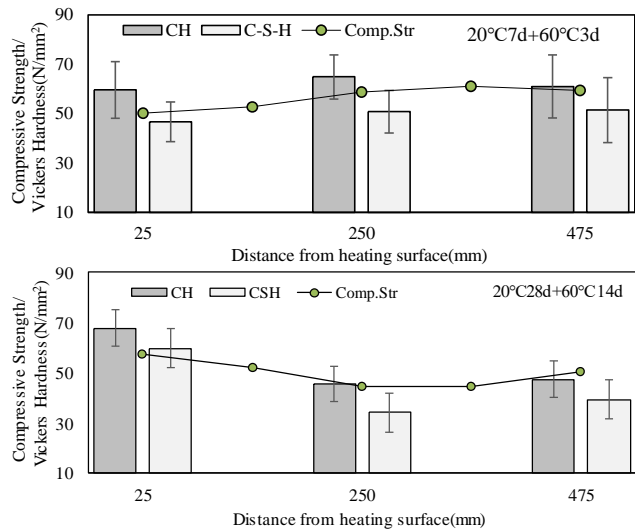


図 3 加熱面からの距離と圧縮強度および CH, CSH のビッカース硬さの比較（上：20 7 日経過後 60 加熱 3 日，下：20 28 日経過後 60 加熱 14 日）

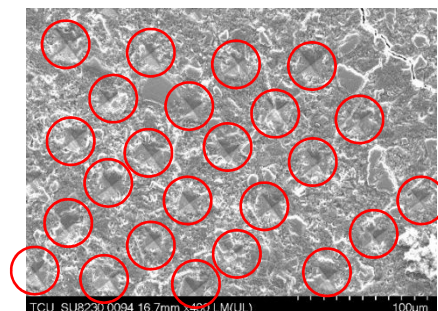


図 4 電子顕微鏡を用いたビッカース硬さ試験による打痕の確認

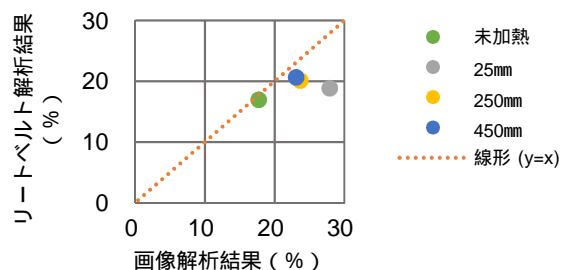


図 5 : CH生成量の比較

ムシリケート水和物 (CSH) の化学式は $n\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ($n=0.8 \sim 2.0$, $m=4.0$) であり、CaO と SiO_2 のモル比 (C/S 比) で表現される。C/S 比が $0.8 \sim 1.5$ を CSH() と称し、形態が巻き込まれた箔状や葉巻状をしている。C/S 比が $1.5 \sim 2.0$ を CSH() と称し、一般的に繊維状である。水和反応初期は急速に反応が進行し、CH の生成とともに CSH() が生成され、後に CSH() が生成される。水和反応が進行するにつれ CH や CSH の生成速度は低下し、C/S 比が約 1.5 に近づ

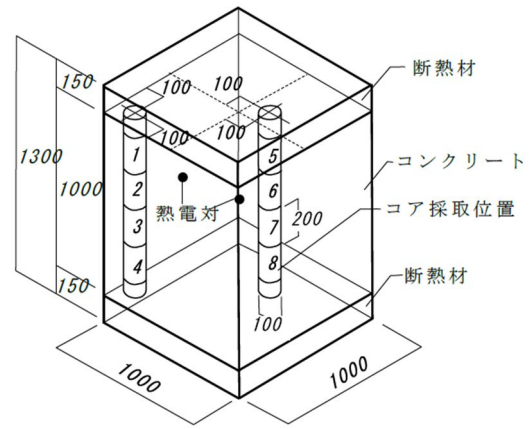


図6 構造体実験供試体 (模擬部材) の例 (JASS 5T-605)

いていく。CSHはこのようにC/S比が異なるものが生成され、反射電子像においてCHとしてカウントされるCSH、すなわちCSH()が増加したことが要因と考えられる。コンクリートが高温加熱を受けた場合には長期的な強度増進は小さくなることが知られているが、これらの結果から、CSH()はピッカース硬さで確認されたような水和物硬度もCHに比べて低く、強度増進に寄与しないため、これが増加しやすい高温履歴下においては長期的な強度増進が小さくなると考えられる。

構造体コンクリート強度発現に関する寄与要因の分析

機械学習アルゴリズムの一つであるランダムフォレストを用い、コンクリートに関する特徴量の中から使用材料の種類、品質、調合条件、施工条件を説明変数として設定し、コア強度の強度発現に対して温度履歴の影響要因はどの程度であるかを分析した。使用したデータは、建築基準法 37 条二号に係る高強度コンクリートの国土交通大臣認定のために実施され、2000 年から 2014 年ごろまでに申請された実験結果のうち、レディーミクストコンクリート工場の単独申請のもの 367 件の性能評価申請書データを使用した¹⁾。これらの実験で作製されている模擬供試体の例を図 6 に示す。実験では、標準養生供試体および模擬供試体から採取されたコア供試体、簡易断熱養生供試体などの強度発現を検討している。これらの実験データから圧縮強度および使用材料や調合条件、フレッシュコンクリートの性状、気温などの気温条件を抽出してデータベースを整備した。機械学習の分析で用いた特徴量 (説明変数) と目的変数を表 1 に示す。

図 7 に各目的変数に対して行った機械学習モデルの特徴量重要度を示す。特徴量重要度とは、それぞれの特徴量がモデルの分類に寄与する度合いを評価する指標である。ここでは特に、模擬

表 1 機械学習に用いた説明変数 (特徴量) と目的変数

説明変数			目的変数	
セメント	セメント水比 C/W	細骨材	S絶対容積 [L/m ³]	標準28日強度 [N/mm ²]
	C ₃ S単位量 [kg/m ³]		S表乾密度 [g/cm ³]	標準91日強度 [N/mm ²]
	C ₂ S単位量 [kg/m ³]		S吸水率 [%]	コア28日強度 [N/mm ²]
	C ₃ A単位量 [kg/m ³]		SFM (粗粒率)	コア91日強度 [N/mm ²]
	C ₄ AF単位量 [kg/m ³]			
温度	当日平均気温 [°C]	粗骨材	G絶対容積 [L/m ³]	
	模擬部材最高温度 [°C]		G表乾密度 [g/cm ³]	
	打込時空気量 [%]		G吸水率 [%]	
			GFM (粗粒率)	

部材の最高温度がコア強度に及ぼす影響について分析した結果を示す。

図 7 より、コア 28 日強度を目的変数とした場合の機械学習モデルにおける特徴量重要度は、C/W やセメント鉱物の含有量などが上位となり、模擬部材の最高温度はその次に位置した。これは低いように見えるが、調合および使用材料に起因するものが最も支配的であることはコンクリート工学的には予測が付くが、その次に位置したことから、材

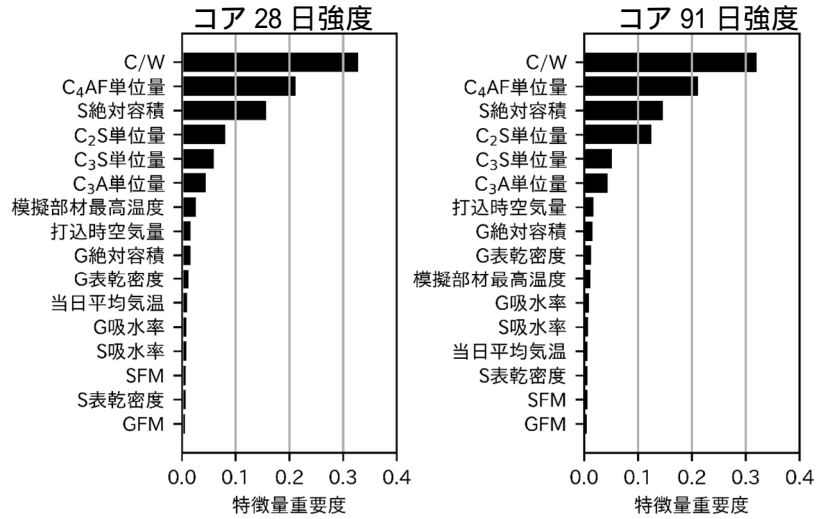


図 7 機械学習モデルの特徴量重要度

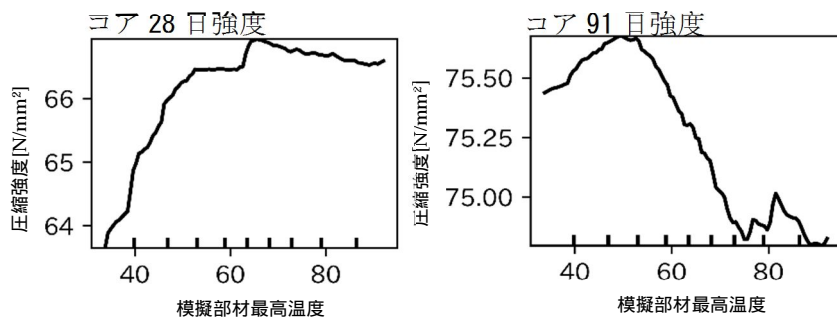


図 8 機械学習モデルの特徴量重要度

齢 28 日では最高温度が材料調合要因の次に影響を与えていることがわかる。また、打込み当日の平均気温はさらに下位となり、季節の影響などは小さいと考えられる。材齢 91 日になると、物理的に空隙としてカウントされる打込み時空気量のほうが上位となり、重要度は低下した。この影響度をより詳細に分析するため、PDP (Partial Dependence Plot) による学習パラメータの影響を評価した。図 8 に各材齢のコア強度に対して模擬部材最高温度の PDP 図を示す。図より、材齢 28 日では最高温度が高くなると圧縮強度も増加しており、材齢 28 日以前の温度履歴は強度発現を促進させる要因と評価できる。一方、コア 91 日では最高温度が高くなるとコア強度は低下する傾向を示している。詳細にみると、55 以下の範囲では強度は増加したが、最高温度が高くなるにつれてコア強度は低下する傾向にあった。その低下幅は小さいが高温になるほど長期強度は停滞すると評価できる。示したセメント硬化体の温度による強度特性の結果と照合しても、より長く、より高温の環境下に置かれた場合には、水和反応によって生成する水和物の比率が変化し、特に強度に寄与しにくい CSH が生成することが長期的な強度に影響を与えることが明らかとなった。

参考文献

1) 棚野博之、鹿毛忠継、宮内博之、土屋直子、梶田佳寛、中田 善久、大塚 秀三、佐藤 幸恵：建築研究資料 (169)、2016 年 3 月

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 0件）

1. 著者名 Sachie Sato, Yoshihiro Masuda, Hiroyuki Tanano	4. 巻 80
2. 論文標題 Strength development properties of core specimens taken from structural concrete test specimens prepared all over Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Note in Civil Engineering, ICSCEA 2019	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） 10.1007/978-981-15-5144-4	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 磯部亮汰, 佐藤幸恵, 山田義智, 比嘉龍一	4. 巻 29
2. 論文標題 機械学習による構造体コンクリート強度発現の予測に関する基礎的研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 591-596
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.29.591	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 Isobe Ryota, Sato Sachie, Kurihara Norihiko, Sudo Seiichi	4. 巻 268
2. 論文標題 Estimation of Strength Development of Concrete Using Dielectric Measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Civil Engineering	6. 最初と最後の頁 459-466
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-981-19-3303-5_39	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 佐藤幸恵, 川田直輝, 西 祐宜, 小山明男, 陣内浩	4. 巻 29
2. 論文標題 石炭ガス化スラグ細骨材を用いた高強度コンクリートの基礎物性に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 585-590
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.29.585	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 小山 善行, 陣内 浩, 小山 明男, 佐藤 幸恵	4. 巻 29
2. 論文標題 石炭ガス化スラグ細骨材を用いた高強度モルタルに関する基礎的研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本建築学会技術報告集	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aijt.29.1	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30件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 小山明男, 佐藤幸恵, 齊藤辰弥, 西 祐宜, 松沢晃一, 三島直生
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その1 全体計画
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松沢晃一, 佐藤幸恵, 小山明男, 三島直生, 鈴木澄江, 齊藤辰弥
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その4 強度発現性状
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口円, 齊藤辰弥, 佐藤幸恵, 小山明男, 鈴木澄江, 陣内浩
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その7 耐凍害性
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦忠孝, 高木智之, 小山明男, 佐藤幸恵, 阿部道彦
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その8 コンクリートの圧送性に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤幸恵, 小山明男, 松浦忠孝, 陣内浩, 高木智之, 阿部道彦
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その9 構造体強度補正值
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高木智之, 松浦忠孝, 小山明男, 佐藤幸恵
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その10 積算温度による圧縮強度の発現性に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 棚野博之, 佐藤幸恵, 川田直輝
2. 発表標題 再生粗骨材Mを使用したコンクリートを建築構造物で活用するための検討 (その1 骨材物性)
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川田直輝, 棚野博之, 佐藤幸恵,
2. 発表標題 再生粗骨材Mを使用したコンクリートを建築構造物で活用するための検討 (その2 コンクリート特性)
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯部亮汰, 佐藤幸恵, 栗原哲彦, 須藤誠一
2. 発表標題 誘電測定によるコンクリートの初期養生度評価に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sachie Sato, Masaru Kakegawa, Yoshihiro Masuda
2. 発表標題 An Evaluation of Chloride Ion Penetration of Reinforced Concrete with Surface Coating Materials Exposed for 25 Years Under Coastal Environments
3. 学会等名 2nd International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Isobe, Sachie Sato, Norihiko Kurihara, and Seiichi Sudo
2. 発表標題 Study on Estimation of Hydration Progress of Concrete Using Dielectric Measurement
3. 学会等名 2nd International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Kawata, Sachie Sato, Hiroyuki Tanano
2. 発表標題 Study of the Properties of Concrete using Mixed Recycled Coarse Aggregates of Different Qualities
3. 学会等名 2nd International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤幸恵, 小山明男, 松浦忠孝, 陣内浩, 高木智之, 阿部道彦
2. 発表標題 石炭ガス化溶融スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状その9構造体強度補正值
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯部亮汰, 佐藤幸恵, 栗原哲彦, 須藤誠一
2. 発表標題 誘電測定によるコンクリートの初期養生度評価に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Kawata, Sachie Sato, Hiroyuki Tanano
2. 発表標題 A Study on the Properties of Concrete Using Mixed Recycled Coarse Aggregates of Different Quality
3. 学会等名 The Second International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Isobe, Sachie Sato, Norihiko Kurihara, Seich Sudo
2. 発表標題 Estimation of the Strength Development of Concrete Using Dielectric Measurements
3. 学会等名 The Second International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sachie Sato, Yoshihiro Masuda, Masaru Kakegawa
2. 発表標題 Long-term Performance of Repaires to Reinforced Concrete Exposed to Coastal Conditions
3. 学会等名 15th International Conference Durability of Building Materials and Components (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤幸恵, 神代泰道, 桜本文敏, 小島正朗, 丸山一平
2. 発表標題 マスコンクリートの構造体強度補正值と平均養生温度に関する検討
3. 学会等名 日本犬築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 谷口 円, 齊藤 辰弥, 西 祐宜, 小山 明男, 鈴木 澄江, 佐藤 幸恵
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その16 気泡組織と凍結融解抵抗性
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤 幸恵 , 川田 直輝 , 西 祐宜 , 小山 明男 , 陣内 浩 , 松沢 晃一
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その18 構造体強度補正值の検討
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 陣内 浩 , 小山 善行 , 小山 明男 , 佐藤 幸恵
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その19 高強度モルタルによる基礎実験（実験計画）
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山 善行 , 陣内 浩 , 小山 明男 , 佐藤 幸恵
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その20 高強度モルタルによる基礎実験（実験結果）
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 磯部 亮汰 , 佐藤 幸恵 , 山田 義智 , 比嘉 龍一
2. 発表標題 機械学習を用いた高強度コンクリートの圧縮強度予測
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松沢 晃一, 小山 明男, 佐藤 幸恵, 西 祐宜, 鈴木 澄江, 阿部 道彦
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの材齢 1 年までの強度特性
3. 学会等名 日本建築学会関東支部研究報告集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松浦 忠孝, 小山 明男, 佐藤 幸恵, 西 祐宜, 阿部 道彦
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その11 CGS種類・セメント種類・高強度領域を加えた調合試験結果
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西 祐宜, 佐藤 幸恵, 小山 明男, 松沢 晃一, 三島 直生, 齊藤 辰弥
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その12 化学混和剤の使用量およびブリーディング
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齊藤 辰弥, 西 祐宜, 佐藤 幸恵, 谷口 円, 鈴木 澄江, 陣内 浩
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その14 細骨材の組合せおよびCGSの混合率が乾燥収縮に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松沢 晃一, 佐藤 幸恵, 小山 明男, 三島 直生, 鈴木 澄江, 齊藤 辰弥
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その13 異なるCGSおよびセメントを用いた場合の強度発現性状
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木 澄江, 齊藤 辰弥, 佐藤 幸恵, 小山 明男, 谷口 円, 陣内 浩
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 その15 CGS混合率が中性化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高木 智之, 松浦 忠孝, 木村 博, 小山 明男, 佐藤 幸恵
2. 発表標題 石炭ガス化スラグ細骨材を使用したコンクリートの基礎性状 - その17 材齢1年経過の実構造物の調査結果 -
3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 桜本文敏, 神代泰道, 小島正朗, 丸山一平, 荒金直樹, 稲葉洋平, 今本啓一, 菊池俊文, 黒岩秀介, 佐藤 幸恵, 栖原健太郎, 中山英明, 端直人, 兵頭彦次	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本建築学会	5. 総ページ数 333
3. 書名 マスコンクリートの温度ひび割れ制御設計・施工指針・同解説	

1. 著者名 桜本文敏, 黒岩秀介, 神代泰道, 小島正朗, 丸山一平, 荒金直樹, 稲葉洋平, 今本啓一, 菊池俊文, 佐藤幸恵, 栖原健太郎, 中山英明, 端直人, 兵藤彦次, Aili Abudushalamu	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本建築学会	5. 総ページ数 46
3. 書名 Recommendations for Practice of Thermal Cracking Control of Massive Concrete in Buildings (2019 Edition)	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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