

報告 省 CO₂ に資するコンクリート系新材料の材料試験方法に関する調査

土屋 直子*1・猪瀬 亮*2・玉岡 優児*3・中田 清史*4

要旨: コンクリート系新材料の品質評価の指標の検討の一環として、試験方法の適用是非の確認を行うとともに、当該新材料の基本的な物性のデータ取得を行った。実験では、普通コンクリート、高炉スラグ微粉末を大量に使用したコンクリートおよびジオポリマーを対象とし、施工性、力学特性、熱的特性、耐久性に関する測定を行った。コンクリート系新材料の品質評価にあたっては、既定の試験方法を準用しつつも、各材料に適した柔軟な評価が求められることを確認するとともに、新材料と従来材料の物性を比較することによる同等性の確認の方法を検討した。

キーワード: 材料の評価方法, 高炉スラグ微粉末, ジオポリマー

1. はじめに

カーボンニュートラルの実現に向けて、建設分野の主要材料であるセメント・コンクリートにおける CO₂ 排出量の削減が急務である。大学・民間等で省 CO₂ に資するとされるコンクリート系新材料(以下、「コンクリート系新材料」)について開発が進んでおり、コンクリート系新材料を建築物の構造耐力上主要な部分等に積極的に用いることで、CO₂ 排出量の削減を図ることが期待できる。

一方で、コンクリート系新材料のなかには JIS A 5308 に適合しないと考えられるものも見られる。このような材料を建築物の構造耐力上主要な部分等に用いるためには、建築基準法において大臣認定が必要となる。しかし、大臣認定の審査に関する告示基準では、構成材料やその比率が通常とは大きく異なる材料が想定されておらず、コンクリート系新材料の大臣認定を適切に行うための品質評価に関する検討も十分に行われていない。

本研究では、コンクリート系新材料の品質評価の指標の検討の一環として、実験を通じた試験方法の適用是非の確認を行うとともに、当該新材料の基本的な物性のデータ取得を行った。

2. 実験

2.1 使用材料・配(調)合

実験の対象は、以下の①～③とした。使用材料および配(調)合を表-1、表-2に示す。

- ① JIS A 5308 に適合した普通コンクリート (N: 従来型)
- ② JIS A 5308 で規定されるセメントを用いるものの結合材の構成割合が大きく異なるもの (BC+BFS: 高炉スラグ微粉末大量使用型。以下、「スラグ大量使用型」)。
- ③ JIS A 5308 で規定されるセメントを用いない結合材を用いたもの (GP: ジオポリマー)

表-1 使用材料

| 名称 | 種類 | 記号 |
|--------|---|--------|
| 練混ぜ水 | 上水道 | W |
| セメント | 普通ポルトランドセメント ρ=3.16g/cm ³ | N |
| 混和材 | 高炉スラグ微粉末 ρ=2.89g/cm ³ | BFS |
| | フライアッシュ ρ=2.23g/cm ³ | FA |
| 細骨材 | 陸砂 ρ=2.59g/cm ³ , F.M. 2.65 | S |
| 粗骨材 | 硬質砂岩碎石 ρ=2.65g/cm ³ , 実積率 62.2%, Gmax 20mm | G1 |
| 化学混和剤 | AE 減水剤 高機能タイプ | AD |
| | AE 剤 (樹脂酸塩系界面活性剤) | AE |
| | ジオポリマー用特殊混和剤 | SP |
| アルカリ溶液 | Na ₂ SiO ₃ , 1号の 66.7%水溶液 ρ=1.35g/cm ³ | WG |
| | 水酸化ナトリウム 48%水溶液 ρ=1.38g/cm ³ を 35%水溶液にして使用 | NaOHaq |

表-2 配(調)合

(a) N および BC+BFS の配(調)合

| 水準名 | W/B [%] | BFS 混和率* [%] | s/a [%] | 単位量 [kg/m ³] | | | | |
|--------|---------|--------------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | W | N | BFS | S | G |
| N | 55 | 0 | 49 | 180 | 327 | — | 855 | 906 |
| BC+BFS | | 80 | 48 | 180 | 65 | 262 | 831 | 906 |

*質量比率

(b) GP の配(調)合

| 水準名 | W/P [%] | s/a [%] | 単位量 [kg/m ³] | | | | | | |
|-----|---------|---------|--------------------------|--------|----|-----|-----|-----|-----|
| | | | WG | NaOHaq | W | FA | BFS | S | G |
| GP | 58 | 44 | 199 | 45 | 21 | 403 | 58 | 627 | 824 |

表-3 練混ぜ手順

| | | | | | | | |
|--------|------------------------|-----|---|------------------|----------|---|----|
| N | G + S/2 + C + S/2 | 10s | → | W+AD | 1.5 min. | → | 排出 |
| BC+BFS | G + S/2 + C, BFS + S/2 | 10s | → | W+AD | 2.5 min. | → | 排出 |
| GP | S/2 + FA, BFS + S/2 | 10s | → | WG, NaOHaq, W+AD | 2 min. | → | G |
| | | | | | 1.5 min. | → | 排出 |

*1 国土技術政策総合研究所 建築研究部 主任研究官 博士(工学) (正会員)

*2 (株) フローリック (正会員)

*3 (株) 八洋コンサルタント

*4 (国研) 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員 博士(工学) (正会員)

従来型およびスラグ大量使用型の目標スランブは18cm、ジオポリマーの目標スランブフローは600mm程度とし、どちらも目標空気量は4.5%とした。なお、GPに関し、粗骨材かさ容積をフローコンクリートと同様に0.54m³/m³とし、A/Wモル比を0.128、Si/Aモル比を0.691とした。

練混ぜは、公称容量55Lの強制二軸練りミキサーを使用し、表-3に示す投入手順で、温度20±3℃、相対湿度60%以上の環境下で練混ぜを行った。材齢3日に脱型後、20℃での封緘養生を基本とした。ただし、試験方法に養生方法等の指定がある場合にはそれに従った。

2.2 試験の項目および方法

コンクリートの施工性、力学特性、熱的特性、耐久性について、本研究で実施した試験項目および試験方法を次に示す。

(1) 施工性

施工性に関する試験項目および試験方法を表-4に示す。表中の試験はいずれもJIS規格の試験および慣例で実施されている試験である。

(2) 力学特性

力学特性に関する試験項目および試験方法を表-5に示す。ここでは、部材レベルでの実験は除いた材料試験項目・方法を挙示している。

JIS A 1132 : 2020により、強度試験用供試体を作製した。それぞれのコンクリート種類につき、3体に対して試験を実施した。

圧縮強度、割裂引張強度、ヤング係数、ポアソン比については、材齢7日、28日、91日および1年後に各JIS試験方法等に従い、試験を実施した。また、鉄筋との付着強度を材齢28日にJSCE-G503-2013に従い試験した。

鉄筋とコンクリートが同等な線膨張を有すことが鉄筋コンクリート材料としての前提であると考えられることから、JIS A 1325を参照し、線膨張係数試験を実施した。ただし、JIS A 1325はコンクリートを対象とした試験方法ではないため、以下の手順で試験を実施した。

供試体は、10×10×40cmの角柱鋼製型枠を使用し、供試体作製前に型枠の中心部に埋込型ひずみ計を設置した。試験開始の材齢56日目では、標準養生とし、試験時は供試体を封緘し、供試体の乾燥収縮の影響が含まれないよう留意した。気中設定温度は、試験槽の制御プログラムにより次の通りとした。80℃から20℃まで、1時間当たり0.4℃下降させた後、20℃一定として5時間作動させ、次に、20℃から5℃まで1時間あたり0.4℃下降させた後、5℃一定で5時間作動させ、これと逆の手順で往復させた。5℃、20℃、および80℃で測定したコンクリートの温度変化量とひずみの関係を、最小二乗法により近似式を求め、直線の傾きを線膨張係数とした。

表-4 施工性に関する試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|----------|-----------------------|
| スランブ | JIS A 1101 |
| 空気量 | JIS A 1128 |
| 単位容積質量 | JIS A 1116 |
| コンクリート温度 | JIS A 1156 |
| 塩化物量 | モール法による計測。 |
| 凝結時間 | JIS A 1147 |
| アルカリ総量 | JIS A 5308に記載の方法に準じた。 |

表-5 力学特性に関する試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法・試験材齢 |
|-------------------------------|---------------------------|
| 圧縮強度 (N/mm ²) | JIS A 1101・材齢7,28,91,367日 |
| 割裂引張強度 (N/mm ²) | JIS A 1113・材齢7,28,91,367日 |
| 鉄筋との付着強度 (N/mm ²) | JSCE-G503-2013・材齢28日 |
| ヤング係数 | JIS A 1149・材齢7,28,91,367日 |
| ポアソン比 | JIS A 1149・材齢7,28,91,367日 |
| 気乾単位容積重量 | 単位容積質量の測定 |
| クリープ係数* | |
| 温度ひび割れ抵抗性* | |

※今回の実験では、クリープ係数および温度ひび割れ抵抗性は実施せず。

表-6 熱的特性に関する試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|-------------|-----------------------------|
| 熱伝導率 | JISA1412-2 準拠 試験片φ5×0.5cm |
| 線膨張係数 | JISA1325 準拠 |
| 耐爆裂性※ | |
| 高温時の強度・動弾性※ | 常温から1000℃前後までの複数温度下の圧縮強度試験等 |
| 線膨張係数 | JIS A 1325 準拠 (本文参照) |

※今回の実験では、耐爆裂性および高温時の強度等試験については実施せず。

表-7 耐久性に関する試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|--------------|------------------------|
| 中性化速度係数 | JIS A 1153, JIS A 1152 |
| 初期塩化物イオン量 | JIS A 1144 |
| 相対動弾性係数 | JIS A 1148 |
| アルカリ総量 | JIS A 5308 参考 |
| 乾燥収縮率(長さ変化率) | JIS A 1129 第3部附属書A |

(3) 熱的特性

熱的特性に関する材料試験項目および試験方法を表-6に示す。耐火上必要な性能として、非損傷性、遮熱性、遮炎性が挙げられ、それらに関する材料物性としては、熱による寸法変化、熱の移動のしやすさ、耐爆裂性、高温時の強度・弾性係数が挙げられる。

本実験では、熱の移動のしやすさとして、JIS A1412-2に準拠し、温度傾斜法(定常法)による熱伝導率の測定を行った。φ10×20cmシリンダー供試体より、試験片φ5×0.5cmを切り出し、測定熱流を試料に流した状態で定常状態になるまで放置し、その際の試料両端面温度差を測定し、フーリエの法則に適用して、式(1)より算出した。

$$\lambda = (q/\Delta\theta) \times \Delta x \quad (1)$$

ここに、

$$\lambda : \text{熱伝導率 (w / (m \cdot K))}$$

q : 測定熱流 (kw/m²)
 θ : 試料両端面温度差 (K)
 x : 試料厚さ (m)

(4) 耐久性

耐久性に関する試験項目および試験方法を表-7に示す。鉄筋コンクリート部材の劣化現象には、中性化、塩害、凍害、アルカリシリカ骨材反応、化学的侵食、変形・ひび割れがあり、それぞれ複数の試験方法が存在するが、表-7には本課題で実施した項目のみを列挙した。

乾燥収縮用供試体は、10×10×40cmの角柱鋼製型枠を使用し、供試体作製前に型枠両端にゲージプラグを設置した。測定開始日(基長日)は材齢3日とし、開始から3日、7日、28日、56日、91日に、JIS A 1129に従い、100×100×400mmサイズのコンクリート供試体の長さ変化をダイヤルゲージを用いて測定した。質量の測定は、電子天びんを用いた。

長さ変化率および質量変化率の算出は、それぞれ式(2)および式(3)によった。

$$\varepsilon = \frac{(X_{01}-X_{02})-(X_{i1}-X_{i2})}{L_0} \quad (2)$$

$$M = \frac{m_i - m_0}{m_0} \quad (3)$$

ここに、

ε : 長さ変化率 (×10⁻⁶または%)

L_0 : 基長

X_{01} , X_{02} : それぞれ基準とした時点における標準尺および供試体の測定値

X_{i1} , X_{i2} : それぞれ時点*i*における標準尺および供試体の測定値

M : 質量変化率 (%)

m_0 : 基準とした時点における供試体質量 (g)

m_i : それぞれ時点における供試体質量 (g)

ただし、 L_0 , X_{01} , X_{02} , X_{i1} , X_{i2} の長さの単位は同一とする。

3. 結果

3.1 施工性

施工性に関する試験結果を表-8に示す。化学混和剤の調整により、目標とするスランプ、スランプフローおよび空気量とすることができた。また、材料分離抵抗性は、フレッシュ性状の測定時に目視により確認し、各配合でモルタルペースト分の先走り等は見られず材料分離抵抗性は良好であった。

また、ジオポリマーの塩化物イオン量は測定不能となった。採用した塩化物イオン量の測定手法は、測定部をコンクリート試料に差し込み、吸上口から水分を吸水し湿気指示部が水分を含むと色に変化するタイプのもので

表-8 施工性に関する試験結果

| 種類 | N | BC+BFS | GP |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| スランプ ¹⁾ 及びスランプフロー(cm) | 21.0 390×381 | 20.5 368×354 | 645×640 |
| 50cm到達時間及び停止時間(秒) | - | - | 到達:15.9 停止:153.3 |
| 空気量(%) | 4.8 | 5.4 | 5.5 |
| 単位容積質量(kg/m ³) | 2281 | 2242 | 2172 |
| コンクリート温度(°C) | 21 | 20 | 21 |
| 塩化物イオン量(kg/m ³) | 0.06以下 | 0.06以下 | 測定不能 |
| アルカリ総量(kg/m ³) | 1.74 | 0.35 | 32.82 |
| 凝結時間始発(hr:min) | 7:35 | 8:10 | 3:25 |
| 凝結時間終結(hr:min) | 11:10 | 15:20 | 8:15 |

ある。従来型およびスラグ大量使用型は湿気指示部の色に変化があったため測定が行えたが、ジオポリマーは、湿気指示部の色に変化が見られなかったため測定を行うことができなかった。

測定を行えなかった理由として、ジオポリマーは粉体量が多く、練上がった際の表面の余剰水がほぼない状態であったため、塩化物イオンの測定に必要な水分量を吸水できなかったためと考えられる。この対策としては、JIS A 1144の附属書Aを用いることが考えられる。

JIS A 5308によるアルカリ総量は、従来型に比べてスラグ大量使用型は小さく、ジオポリマーは非常に大きい値である。ジオポリマーのようにアルカリ溶液を使用するような材料については、ASRを引き起こすかどうかについて、強度発現の機構の把握とともに、試験方法を含めて検討が必要である。

凝結時間は、従来型と比べてスラグ大量使用型は遅く、ジオポリマーは早い結果となった。打設・運搬の計画においては、凝結時間の他、スランプ・スランプフローの時間経過に伴う低下等も合わせて事前に確認を行い、必要に応じて適切な計画とすることが必要である。

3.2 力学特性

図-1に圧縮強度の試験結果、図-2に静弾性係数と圧縮強度の関係、図-3にポアソン比と材齢の関係、図-4に割裂引張強度試験結果、図-5に付着強度試験結果を示す。図-2については、一般的な結果と比較できるように、既往の知見¹⁾²⁾による推定式を合わせて示す。

図-1より、いずれの種類においても、材齢1年までの圧縮強度は材齢とともに強度が増進する結果となった。

図-2より、従来型の圧縮強度に対する静弾性係数は、既往知見の推定式¹⁾²⁾と同等の傾向を示した。スラグ大量使用型は、圧縮強度が20N/mm²付近の静弾性係数が推定式よりも小さく、圧縮強度が25N/mm²を超え始めると、おおよそ近い値となった。ジオポリマーは、既往の知

見³⁾で示されるように圧縮強度と線形の関係を示したが、静弾性係数の値としては従来型よりも小さくなる傾向が見られた。

図-3より、ポアソン比は、ジオポリマーの材齢7日の値がポアソン比の一般的な値とされる0.2と比較し0.263と大きい値を示したが、その他については0.180~0.212でありポアソン比の一般的な値とほぼ同等であった。

図-4より、いずれの種類においても割裂引張強度は、材齢とともに強度が増進する結果となった。また、圧縮強度に対しておよそ1割の値を示した。

図-5より、既往の知見⁵⁾から、今回測定した材齢28日の圧縮強度に対する付着強度を推定すると、従来型で7N/mm²程度、スラグ大量使用型で5N/mm²程度、およびジオポリマーで4N/mm²程度である。これに対し、実際の付着強度は従来型で11.7N/mm²、スラグ大量使用型で8.04N/mm²およびジオポリマーで13.5N/mm²であり、いずれも上回ったことを確認した。ただし、比較対象とした既往知見は、結果の一例であり、比較するための標準値として扱うことの是非については、今後の検討が必要と考える。また、ジオポリマーの付着強度は従来型よりも大きく、これは既往の知見³⁾と同様の傾向であった。

3.3 熱的特性

線膨張試験結果を図-6に、見かけの熱伝導率の結果を図-7に示す。

図-6より、5℃から80℃で測定した線膨張係数は、従来型で $8.56 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、スラグ大量使用型で $9.18 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ジオポリマーで $6.63 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であった。試験温度を3段階としたことから、80℃~5℃のデータ、温度帯を80℃~20℃で抜粋したデータ、20℃~5℃で抜粋したデータを用いて、3パターンの線膨張係数を算出した。80℃~5℃の線膨張係数を基準に相対的な大小関係を示すと、80℃~20℃抜粋の温度帯では2~6%小さく、20℃~5℃抜粋の温度帯では12~26%程度大きくなる傾向を示した。相対的に、80℃~20℃では線膨張係数が小さく、20℃~5℃では線膨張係数が大きくなる傾向であった。鉄筋の線膨張係数である $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ⁴⁾とオーダーは同じであるものの、同等として扱えるかどうかについては、鉄筋とコンクリートの一体性の評価も含めた検討が必要と考えられる。

次に、図-7より、熱伝導率の結果は、1.40~1.83W/m・Kを示した。既往の知見⁶⁾では、砕石を使用したコンクリートの熱伝導率は1.3~1.6kcal/m・hr・℃(1.51~1.86W/m・K)であり、既往の知見と同程度を示した。

3.4 耐久性

促進中性化試験の結果(中性化深さ、中性化比R⁷⁾および

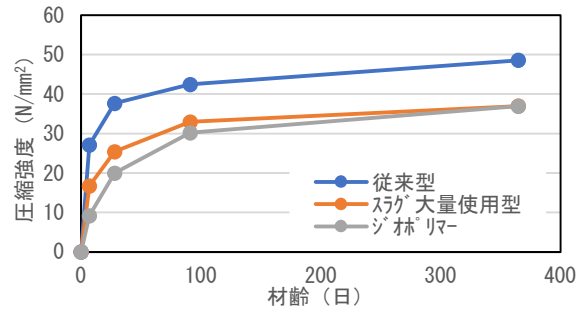
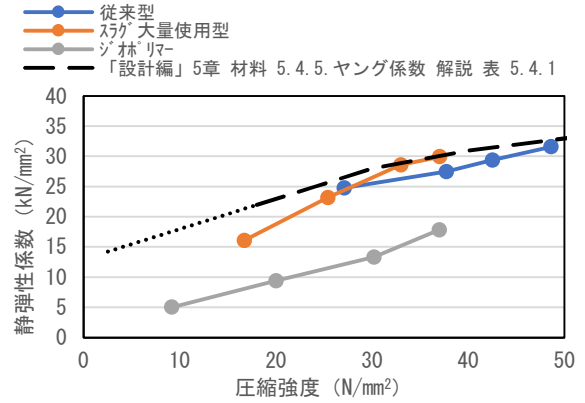
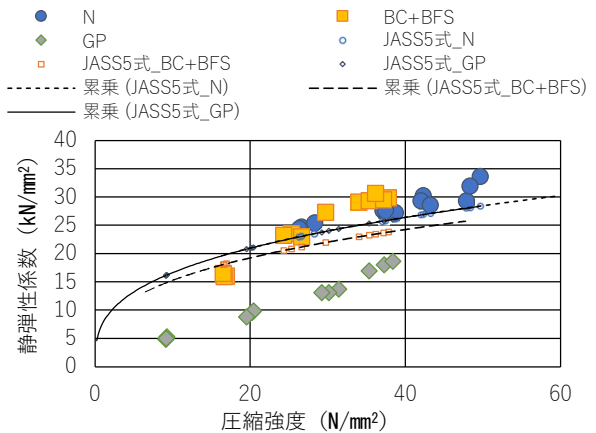


図-1 圧縮強度と材齢の関係



(a) 2022年度制定 コンクリート標準示方書【設計編】¹⁾との比較(3平均データ)



(b) JASS5の解説式3.3²⁾との比較(平均なし)

図-2 静弾性係数と圧縮強度の関係

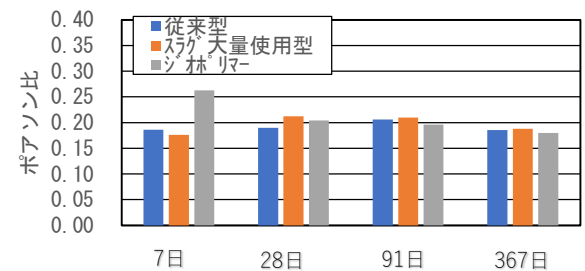


図-3 ポアソン比と材齢の関係

び写真)を図-8に、凍結融解試験結果(相対動弾性係

数、質量減少率および写真)の結果を図-9に示す。

図-8(b)では材齢1年の圧縮強度を用いた。結果より、スラグ大量使用型およびジオポリマーの中性化比は、既往知見の回帰式(普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、フライアッシュセメントA種等を含む検討結果⁷⁾)からは乖離する結果となった。なお、ジオポリマーの測定では、図-8(c)に示すように、フェノールフタレイン1%溶液による呈色部分が薄く、かつただらで縞模様となっていた。中性化深さとして深い部分(33mm)と浅い部分(10mm)が計測された。強塩基により呈色されなかったものと考えられる⁸⁾。なお、促進期13週以降の結果は10mm以下であった。

次に、図-9より、従来型およびスラグ大量使用型は試験サイクル300回まで相対動弾性係数90%以上を保持した。図-9(b)に示されるように、スラグ大量使用型については、試験サイクル100回以降において相対動弾性係数が若干増加する現象も見られた。これは長期的な水和反応による強度増進が一因と推測される。

一方、ジオポリマーについては、水和による硬化反応ではなく、封緘養生していたため、試験開始前に水中に浸漬してから試験を開始した。フレッシュコンクリートの空気量測定では、5.5%であったが、本結果では非常に低い凍結融解抵抗性を示した。また、劣化の生じ方として、図-9(d)に示されるように、打設面よりも先に底面・側面から劣化が生じる現象が見られ、一般的な傾向とは逆であった。

次に、長さ変化率の結果を図-10に、質量変化率の結果を図-11に示す。

結果より、ジオポリマーの長さ変化率は既往の知見⁹⁾と比較して大きな変化量を示したが、測定手法においては従来と同様に扱うことができた。また、質量変化率も同様で、ジオポリマーは大きな変化量を示した。

3.5 評価方法に関する考察

フレッシュ性能および強度の測定は、概ね従来の試験方法で評価することができた。強度増進の挙動や静弾性係数については、参考となる従来型のコンクリートの知見が多くある一方、鉄筋との付着強度については、個々の研究論文結果はあるもののまとまった知見がなかった。新しく開発されたコンクリート材料の性能が、従来型の性能と同等であることを確認するためには、参考とする図式あるいは標準値が必要であると考えられる。

また、スラグ大量使用型やジオポリマーは従来型と比べて材齢28日以降の強度増進が大きいことから、構造物の強度の確認の考え方、すなわち試験材齢や構造物強度補正值等の品質管理のための試験方法等において、注意が必要であると考えられる。

線膨張係数の試験については、一般的な試験では、水

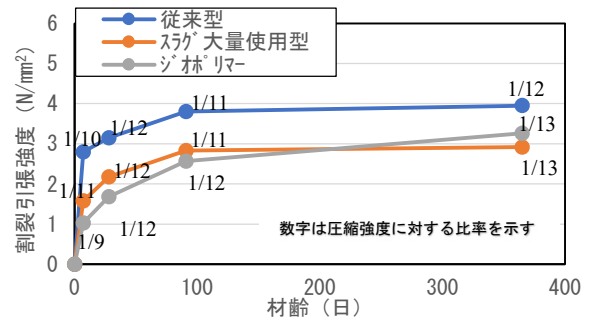


図-4 割裂引張強度試験結果

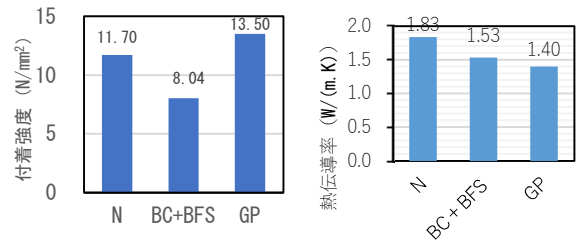


図-5 鉄筋付着強度試験 図-7 見かけの熱伝導率結果

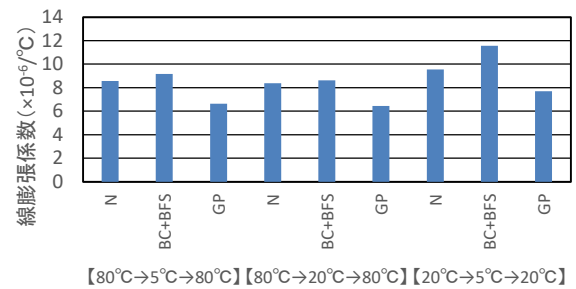
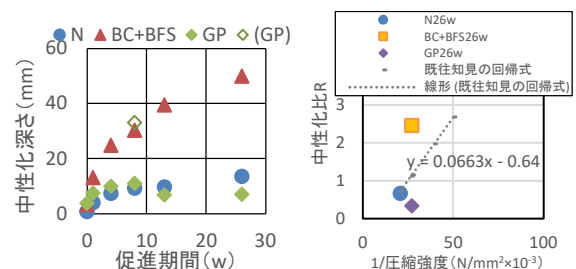


図-6 線膨張試験結果一覧



(a) 中性化深さ (b) 中性化比^{R7)}



(c) 試験結果写真 左から N, BC+BFS, GP (8w)

図-8 促進中性化試験による結果

中温度を20°C~60°Cの温度帯で推移させ、往路と復路の温度とひずみの関係から線膨張係数が求められる。今回の試験では、一般的な建築物部材が曝される気中環境を考慮して、より低温・高温領域を測定した。また、試験

開始時期については、強度増進の挙動に対して短期材齢で試験を開始した場合には、試験中の強度増進が見込まれることに留意した設定が必要である。

次に、促進中性化試験や凍結融解試験において、試験体製作において養生方法が適切であるかが懸念された。試験体製作方法において養生方法が規格化されている場合、目的によってはそれが最適な方法ではない可能性はあり、目的に応じて柔軟に設定することが望ましいと考える。

4. まとめ

本研究では、コンクリート系新材料の品質評価の指標の検討の一環として、実験を通じた試験方法の適用是非の確認を行うとともに、当該新材料の基本的な物性のデータ取得を行い、品質評価方法の検討を行った。その結果、コンクリート系新材料の品質評価にあたっては、既定の試験方法を準用しつつも、各材料に適した柔軟な評価が求められることを確認するとともに、新材料と従来材料の物性を比較することにより同等性を確認する場合には、鉄筋付着強度などの一般的な値の整理が必要であることを明らかにした。

参考文献

- 1) 土木学会：2022 年度制定 コンクリート標準示方書【設計編】，p. 45, 2022
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2022，p.213, 2022 年
- 3) Balamurali Kanagaraj et. al.：Investigation of physical, chemical, mechanical, and microstructural properties of cement-less concrete - state-of-the-art review, Construction and Building Materials, Vol.365, 2023
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，p.50, 2018
- 5) 日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点'22，p.73, 2022
- 6) 日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック，p.10, 2017
- 7) 和泉 意登志ほか：コンクリートの中性化に及ぼす

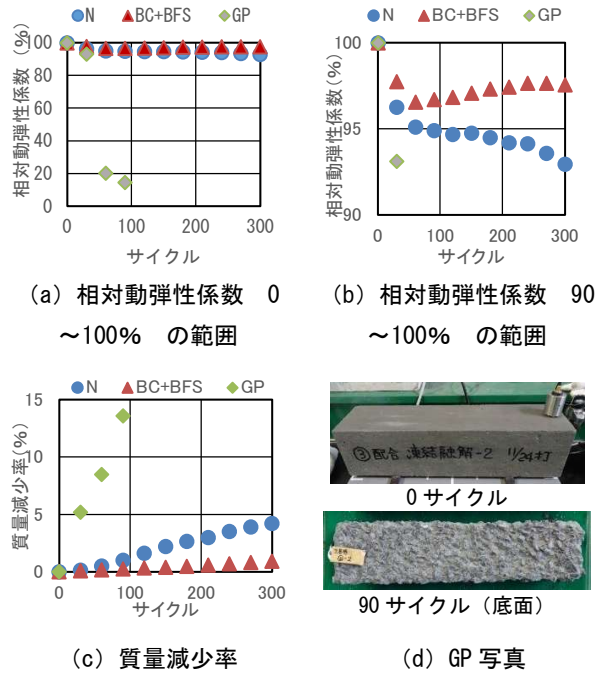
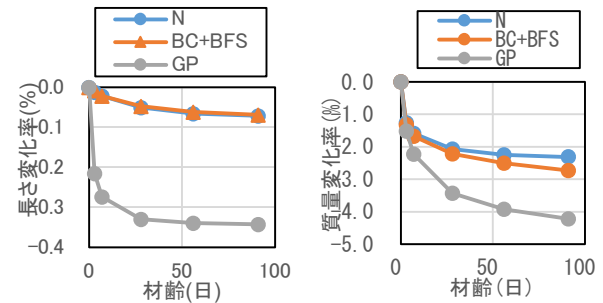


図-9 凍結融解試験結果



セメントの種類、調合および養生条件の影響について、コンクリート工学年次講演会論文集，pp.117-120, 1985

- 8) 平松 茂樹：「化学」の授業で色の変化を見る一酸塩基指示薬を中心に、化学と教育，pp.396-399, 65 巻 8 号, 2017
- 9) 日本建築学会：膨張材・収縮低減剤を使用するコンクリートの調合設計・製造・施工指針(案)・同解説，p.70, pp.78-79, p.122, 2017