

報告 粒状化再生骨材の品質に影響を及ぼす要因に関する報告

齊藤 辰弥*1・船尾 孝好*2・三本 巖*3・小山 明男*4

要旨: 粒状化再生骨材の密度, 吸水率, 微粒分量および粗粒率に影響を及ぼす要因を把握するため, 製造時に混入する洗い水, 粒状化再生骨材の試験材齢, 攪拌方法, 原コンクリートの配合および粒状化材料の種類を変数として検討した。その結果, 粒状化再生骨材の品質の変化は, 攪拌方法の違いによる影響が顕著であり, 細骨材はアジテータ車で攪拌した場合, 重機で攪拌する場合よりも絶乾密度は大きく, 吸水率は小さくなる傾向となった。粗骨材は, 細骨材とは反対で, アジテータ車攪拌の場合, 重機攪拌よりも絶乾密度は小さく, 吸水率は大きくなる傾向となった。

キーワード: 粒状化再生骨材, 骨材の品質, 密度, 吸水率, 微粒分量, 粗粒率

1. はじめに

現在, コンクリート工事現場で余ってしまった残コンクリート, 現場で使用されずに生コンクリート工場(以下, 生コン工場)に戻ってくる戻りコンクリートに, 吸水作用のある高分子系の薬剤や紙粉等(以下, 粒状化材料)を添加し攪拌することで, 生コンの流動性を著しく低下させ, 粒状にした生コン由来の骨材(以下, 粒状化再生骨材)が開発されている。

(一社)生コン・残コンソリューション技術研究会(以下, RRCS)りでは, これらの課題に取り組むために, 2022年度に 42 工場にて粒状化再生骨材の全国試験を実施した²⁾。2023 年度には, 令和 5 年度経済産業省 国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業に採択され, “資源循環ビジネスモデルに資する粒状化再生骨材に関する JIS 開発”³⁾にて, 3 年計画で粒状化再生骨材の規格化を検討する委員会(以下, 粒状化再生骨材 JIS 委員会, 委員長: 阿部道彦・工学院大学名誉教授)を立ち上げた。

本報告では, 2023 年度に粒状化骨材 JIS 委員会活動の一環で行った粒状化再生骨材の骨材試験の結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 骨材試験項目および試験方法

骨材試験項目は, 表-1 に示す通り, 絶乾・表乾密度,

吸水率, 微粒分量および粗粒率とした。粒状化再生細骨材は表面乾燥飽水(以下, 表乾)状態の判別が難しいことが予想されたため, JIS A 1134 の 4.e)の突き棒の先端でフローコーンの約 1/3 の高さの位置を四方から 10 回ずつ軽く叩いて表乾を判定する方法を検討したが, 明らかに表面水が存在する湿潤状態でもスランプすることがあったため, JIS A 1109 の 4.d),e)の細骨材試料の上面から突き棒の重さだけで力を加えず速やかに 25 回軽く突く方法で, 初めてスランプしたときを表乾状態とした。

2.2 実験シリーズおよび実験概要

表-2 に粒状化材料の種別を, 表-3 に実験シリーズおよび実験概要を示す。粒状化再生骨材の製造は, 0.5m³の生コンクリート(以下, 原コンクリート)に粒状化材料を添加して製造し, 細骨材と粗骨材に分級した。製造した粒状化再生骨材は, 製造工場 A, B で骨材試験を実施したほか, それぞれの試料を試験所 C でも試験した。なお, 本報告における試験材齢(以下, 材齢)とは, 粒状化再生骨材を製造した日から試験を開始(密度および吸水率試験であれば吸水を開始)するまでの日数である。

シリーズ 1 では, アジテータ車(以下, アジ車)のホップを洗うことを想定して, 洗い水を原コンクリート 0.5m³ に対して, 無し(0L), 少ない(7L), 多い(19L)の 3 水準を設定した。洗い水以外の試験条件は, 表-3 の通りであるが, 原コンクリートの配(調)合(以下, 配

表-1 骨材試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| 絶乾密度 | JIS A 5023 附属書 A A.5.3 (JIS A 1109 および 1110, 3 回の試験結果の平均) |
| 表乾密度 | |
| 吸水率 | |
| 微粒分量 | JIS A 1103 |
| 粗粒率 | JIS A 1102 |

表-2 粒状化材料の種別

| 粒状化材料記号 | 種別 | 形状 | 作用効果 |
|---------|---------|-----|-------------|
| G1 | 高吸水高分子 | 粉末状 | 高分子が水を吸水 |
| G2 | 高吸水高分子 | 液体状 | 高分子が水を吸水 |
| G3 | セルロース繊維 | 綿状 | 綿状の繊維の隙間に吸水 |

*1 (一財)建材試験センター 中央試験所 材料グループ(正会員)

*2 大阪兵庫生コンクリート工業組合(正会員)

*3 (株)内山アドバンス 生産・技術部門 技術センター センター長代理(正会員)

*4 明治大学 理工学部 建築学科 教授 工博(正会員)

表-3 実験シリーズおよび実験概要

| シリーズ | 検討事項 | 検討項目および水準 | その他の試験条件 | 製造場所 | 試験場所 |
|------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 洗いの影響 | <ul style="list-style-type: none"> ・無 (0L/0.5m³) ・少 (7L/0.5m³) ・多 (19L/0.5m³) | <ul style="list-style-type: none"> ・粒状化材料：G1 (高吸水高分子系) ・原コンクリートの配合：18-8-20BB, 27-18-20N ・アジ車攪拌 | ・製造工場 A | ・試験所 C (材齢 7 日, 8 日) |
| 2 | 試験材齢の影響 | ・材齢 4 日, 7 日 | ・洗いの水：少 (7L/0.5m ³) | ・製造工場 B | <ul style="list-style-type: none"> ・製造工場 B (材齢 4 日, 7 日) ・試験所 C (材齢 4 日, 7 日) |
| | 攪拌方法の影響 | <ul style="list-style-type: none"> ・アジ車攪拌 ・重機攪拌 | | | |
| | 原コンクリートの配合の影響 | <ul style="list-style-type: none"> ・18-8-20BB ・27-18-20N | | | |
| | 粒状化材料の影響 | <ul style="list-style-type: none"> ・G1 (高吸水高分子系) ・G2 (高吸水高分子系) ・G3 (セルロース繊維系) | | | |

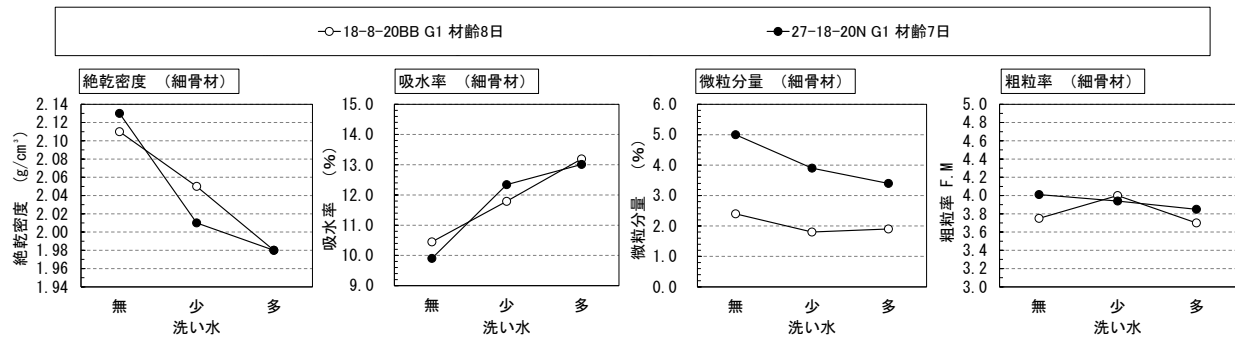


図-1 洗いの影響 (細骨材)

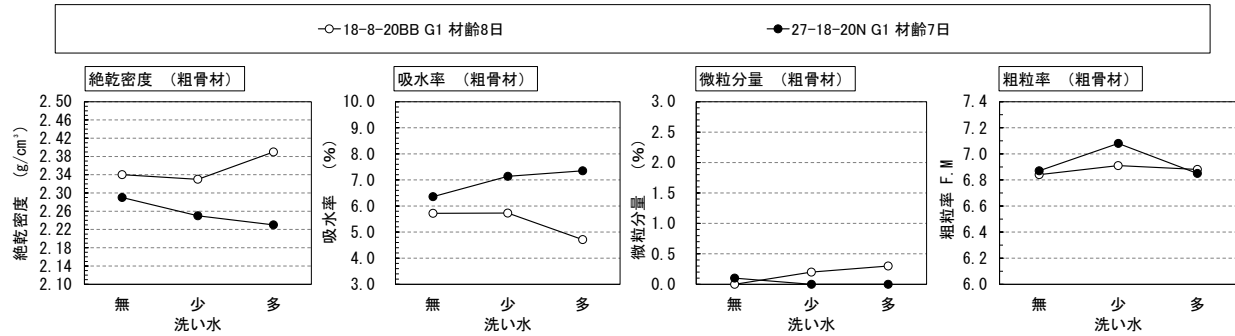


図-2 洗いの影響 (粗骨材)

合) 18-8-20BB で試験所 C にて試験を行う粒状化再生骨材は、輸送の都合により材齢 8 日の試験開始となった。

シリーズ 2 では、粒状化再生骨材の吸水率および微粒分量は、材齢 3 日以上で安定するという研究報告例²⁾があることから、試験材齢は 4 日および 7 日とした。攪拌方法の比較は、アジ車攪拌と重機攪拌とし、粒状化材料 G2 については、液体状でアジ車ドラム内に付着する恐れがあったため、重機攪拌のみとした。本報告のアジ車攪拌はアジ車に粒状化材料を投入してドラムを回転させて攪拌し、重機攪拌はアジ車から原コンクリートを 1 度排出した後、粒状化材料を添加し、油圧ショベルで攪拌した。原コンクリートの比較として、呼び方 18-8-20BB と 27-18-20N の配合とした。粒状化材料の比較として表-2 に示す粒状化材料 3 種類とした。

3. 実験結果

3.1 から 3.6 までの試験結果は、試験所 C で行った結

果をまとめたものである。密度、吸水率及び微粒分量の各試験結果は、平均値からの差が JIS の許容値より大きい場合も試験結果として採用し、平均値を算出した。

3.1 洗いの影響 (シリーズ 1)

図-1 および図-2 に細骨材および粗骨材の品質に対する洗いの影響を示す。

(1) 細骨材

18-8-20BB および 27-18-20N のいずれの配合の場合も、洗いの水が多くなるほど、絶乾密度は小さくなり、吸水率は大きくなった。洗いの水が多い (19L/0.5m³) 場合の吸水率は、原コンクリートの配合に関わらず JIS A 5023 附属書 A.3.2 に示す再生細骨材 L の吸水率の規格値 13% よりやや大きくなる結果となった。

(2) 粗骨材

全体的には洗いの影響による明確な傾向はみられなかった。ただし、18-8-20BB で洗いの水が多い場合に、絶

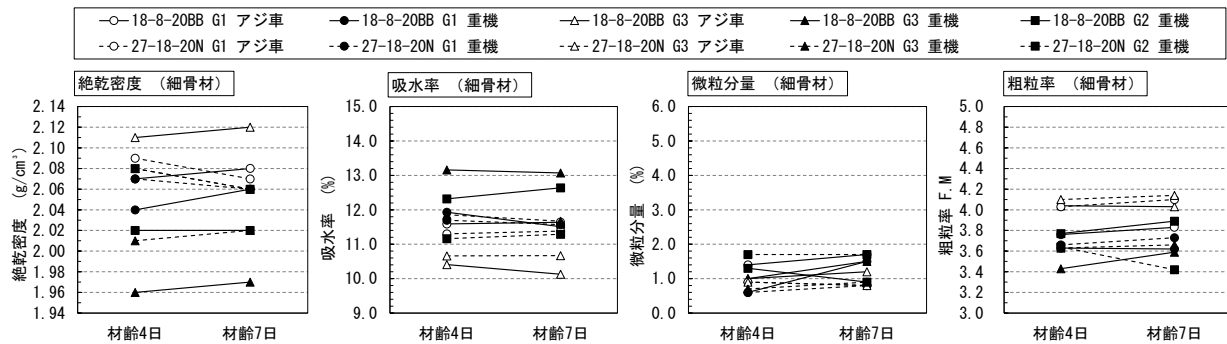


図-3 材齢の影響 (細骨材)

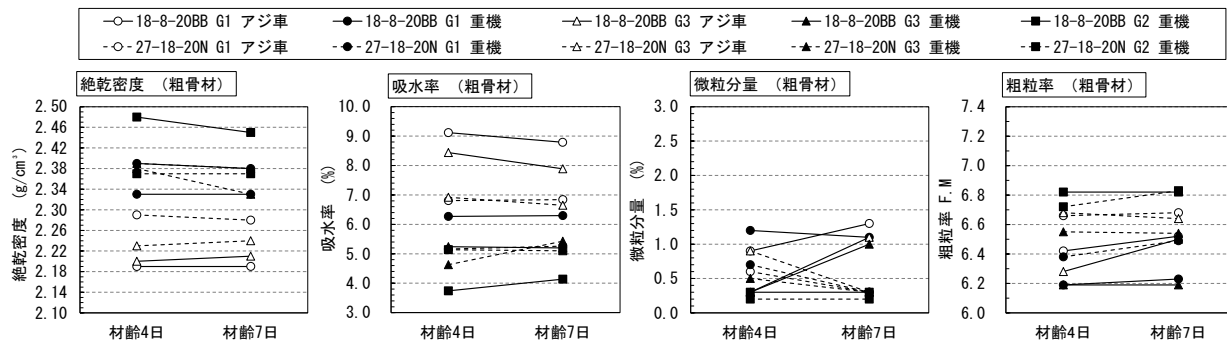


図-4 材齢の影響 (粗骨材)

乾密度は大きく吸水率は小さくなっており、付着ペーストが少なくなった可能性など、原コンクリートとの関係も含めて詳細な検討が今後必要である。

3.2 試験材齢の影響 (シリーズ 2)

図-3 および図-4 に細骨材および粗骨材の品質に対する材齢の影響を示す。

(1) 細骨材

材齢 4 日と材齢 7 日を比較すると、絶乾密度は最大で 0.02g/cm^3 の差が生じたが、大きくなる場合と小さくなる場合があり、明確な傾向はみられなかった。吸水率は、最大で 0.42% の差が生じたが、絶乾密度と同様に大きくなる場合と小さくなる場合があり、明確な傾向はみられなかった。微粒分量および粗粒率は、増加する水準や低下する水準が散見されたが、全体に明確な傾向はみられなかった。

(2) 粗骨材

材齢 4 日と材齢 7 日を比較すると、絶乾密度は最大で 0.05g/cm^3 の差が生じたが、細骨材と同様に大きくなる場合と小さくなる場合があり、明確な傾向はみられなかった。吸水率は、最大で 0.80% の差が生じたが、絶乾密度と同様に大きくなる場合と小さくなる場合があり、明確な傾向はみられなかった。微粒分量および粗粒率は、増加する水準や低下する水準が散見されたが、全体に明確な傾向はみられなかった。

材齢 4 日から材齢 7 日にかけて、全体が増加または低下するなどの明確な傾向はみられなかったため、材齢 4 日以降の粒状化再生骨材の品質に材齢の影響は小さいと

推察される。

3.3 攪拌方法の影響 (シリーズ 2)

図-5 および図-6 に細骨材および粗骨材の品質に対する攪拌方法の影響を示す。

(1) 細骨材

アジ車攪拌は、重機攪拌に比べて、全体的に絶乾密度が大きくなり、吸水率は小さくなる傾向となった。また、粒状化材料 G3 を用いた 18-8-20BB の重機攪拌で製造した粒状化再生細骨材は、吸水率が再生細骨材 L の規格値 13% よりやや大きくなった。粗粒率は、アジ車攪拌が重機攪拌に比べ大きくなる傾向となった。

(2) 粗骨材

アジ車攪拌は、重機攪拌に比べ全体的に絶乾密度が小さくなり、吸水率は大きくなる傾向となった。この傾向は細骨材と反対の傾向であった。また、粒状化材料 G1 を用いた 18-8-20BB の配合および粒状化材料 G3 を用いた 27-18-20N の配合のアジ車攪拌で製造した粒状化再生粗骨材の吸水率は、再生粗骨材 L の規格値 7% よりも大きくなった。粗粒率は、アジ車攪拌が重機攪拌に比べ大きくなる傾向となった。

粒状化再生粗骨材の吸水率が、重機攪拌よりもアジ車攪拌の方が大きくなる傾向は、アジ車攪拌はアジ車のドラムを回転させて粒状化材料を攪拌させるため、重機攪拌に比べて粗骨材全体に多くのセメントペーストおよびモルタル分が付着するためと推察される。

3.4 原コンクリートの影響 (シリーズ 2)

図-7 および図-8 に細骨材および粗骨材の品質に対

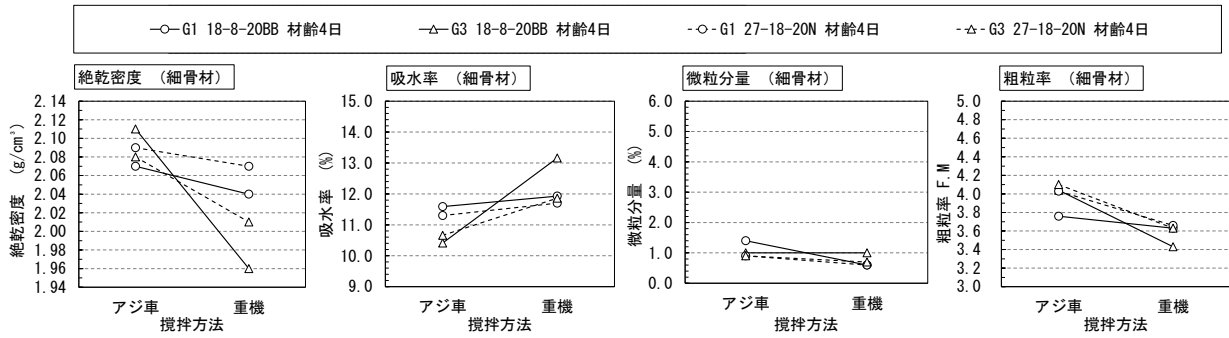


図-5 攪拌方法の影響 (細骨材)

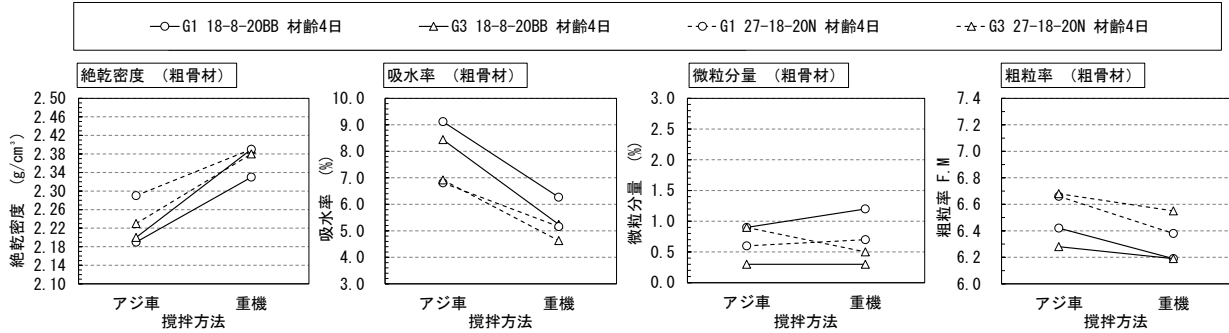


図-6 攪拌方法の影響 (粗骨材)

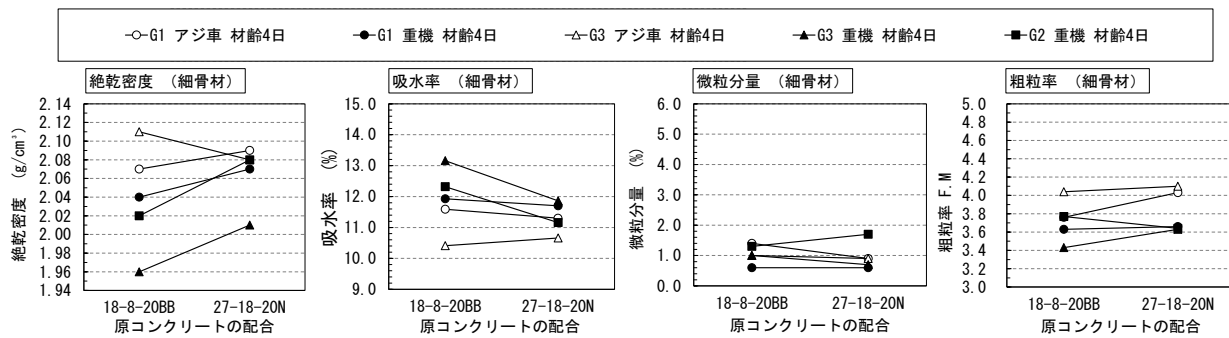


図-7 原コンクリートの影響 (細骨材)

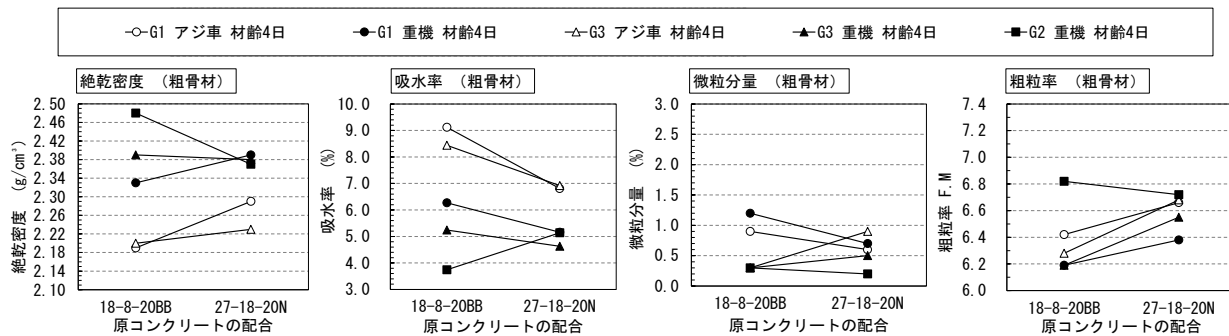


図-8 原コンクリートの影響 (粗骨材)

する原コンクリートの影響を示す。

(1) 細骨材

原コンクリートの配合 18-8-20BB と 27-18-20N を比較すると、絶対乾密度の最大と最小の幅が 18-8-20BB の方が大きくなった。同様に吸水率の最大と最小の幅は、18-8-20BB の方が大きくなった。これは原コンクリートの水セメント比が 18-8-20BB の方が 27-18-20N に比べて大き

かったため、原骨材に付着するセメントペーストの密度が小さくなり、粒状化再生細骨材の絶対乾密度と吸水率への影響が大きくなったと推察される。微粒分量および粗粒率については明確な傾向はみられなかった。

(2) 粗骨材

細骨材と同様の傾向で、絶対乾密度の最大と最小の幅が 18-8-20BB の方が大きくなった。同様に吸水率の最大と

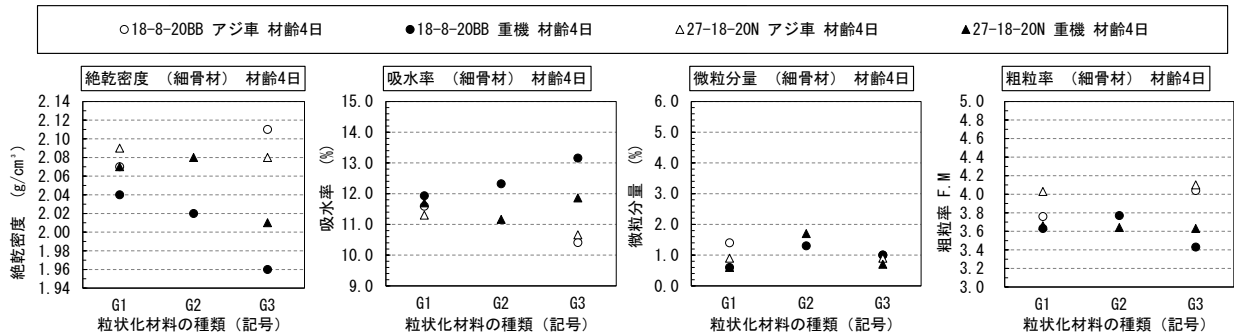


図-9 粒状化材料の影響（細骨材）

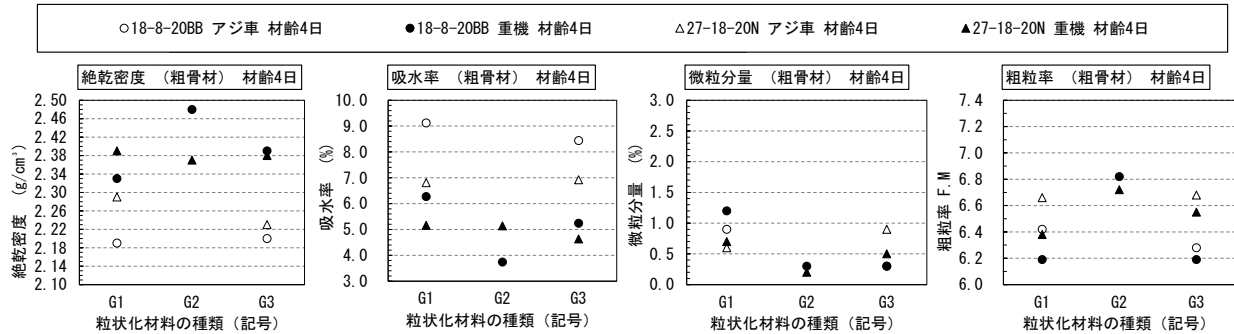


図-10 粒状化材料の影響（粗骨材）

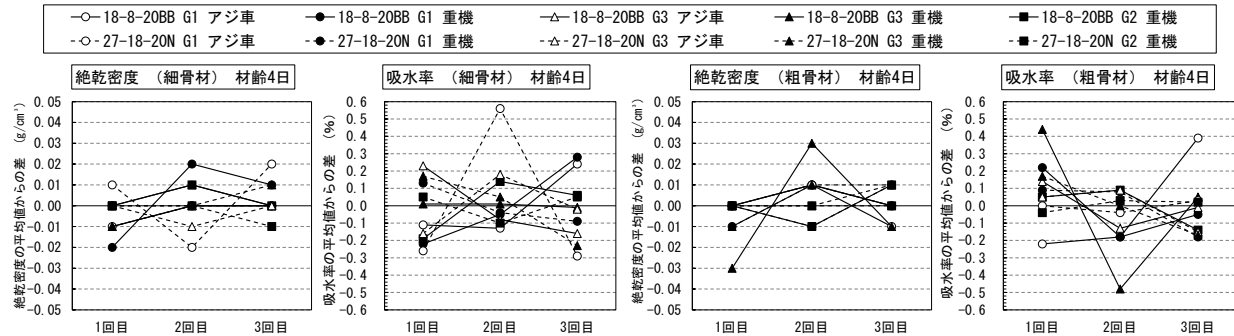


図-11 試験結果の平均値からの差（細骨材）

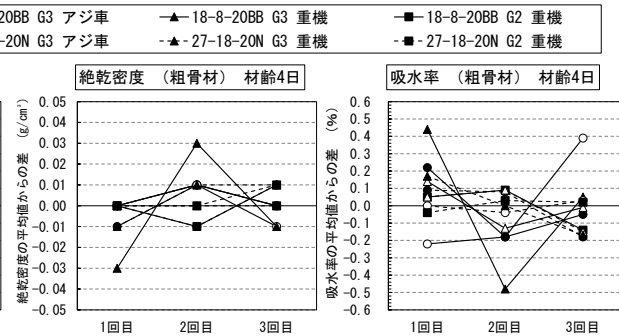


図-12 試験結果の平均値からの差（粗骨材）

最小の幅は、18-8-20BBの方が大きくなった。微粒分量および粗粒率については明確な傾向はみられなかった。

3.5 粒状化材料の影響（シリーズ2）

図-9および図-10に細骨材および粗骨材の品質に対する粒状化材料の影響を示す。

(1) 細骨材

粒状化材料 G3 を用いた粒状化再生細骨材は、G1 に比べて、全体に絶対乾密度と吸水率の最大と最小の幅が大きくなった。

(2) 粗骨材

全体的に粒状化材料の影響による明確な傾向はみられなかったが 18-8-20BB の G2 において絶対乾密度は大きく吸水率は小さくなった。付着ペーストが少なかったためと考えられるが、原因については今後の検討課題である。

3.6 試験結果の平均値からの差（シリーズ2）

図-11 および図-12 に細骨材および粗骨材の試験結果の平均値からの差を示す。密度および吸水率試験について、行った各3回の試験結果における平均値からの差

を比較した。

(1) 細骨材

絶対乾密度は、平均値から最大 0.02 g/cm³の差が生じた。吸水率は、平均値から概ね±0.20%程度の差となっているが、最大 0.56%の差が生じた水準もあった。

(2) 粗骨材

絶対乾密度は、平均値から最大 0.03 g/cm³の差が生じた。吸水率は、平均値から最大 0.48%の差が生じた。

粒状化再生細骨材および粗骨材の吸水率は、試験結果の平均値からの差が 0.2%よりも大きくなる水準がみられた。これは、粒状化再生骨材の吸水率が天然骨材よりも大きいことや、原骨材に付着するセメントペーストまたはモルタルの量が吸水率に影響するためと推察される。

3.7 試験場所による差（シリーズ2）

図-13 および図-14 に細骨材および粗骨材の品質に対する試験場所による比較を示す。

(1) 細骨材

試験所 C と生コン工場 B の試験結果を比較すると、粒

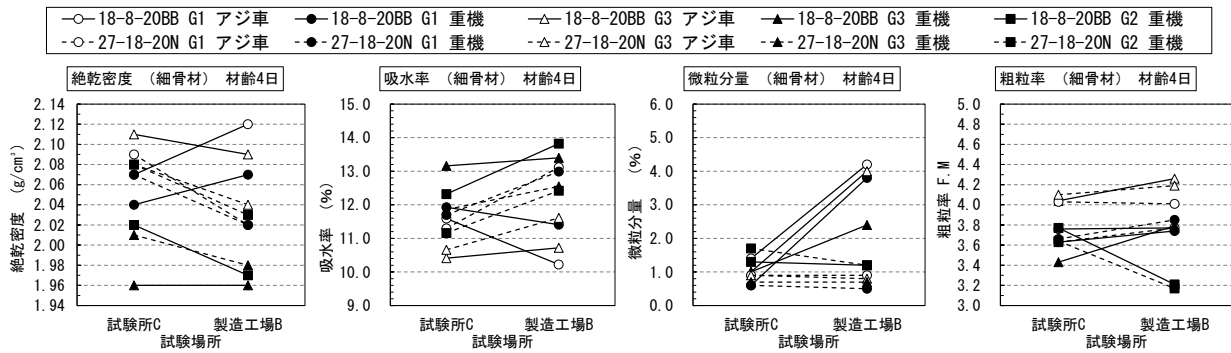


図-13 試験場所による差（細骨材）

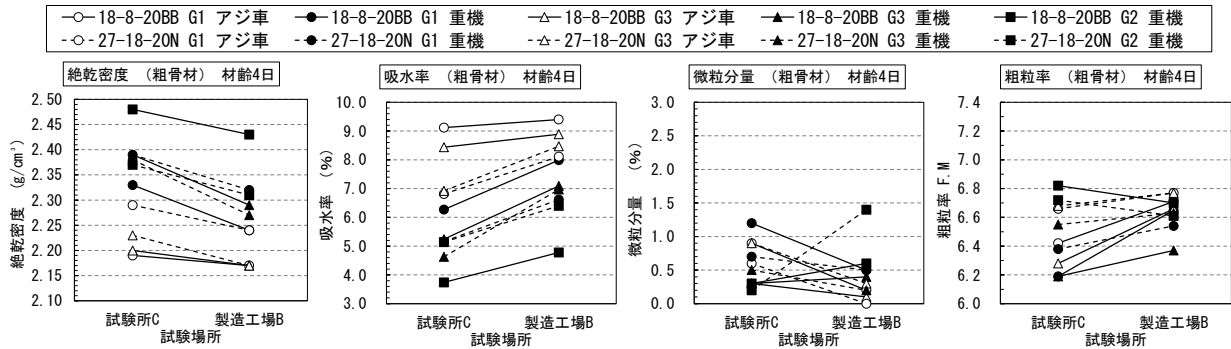


図-14 試験場所による差（粗骨材）

状化再生細骨材の絶対乾密度は、最大 0.07 g/cm³、平均 0.04 g/cm³の差が生じ、吸水率は最大 1.82%、平均 1.00%の差が生じた。吸水率の差は、試験所および試験者の表乾の判定による差が生じたと推察される。微粒分量は、最大 3.2%、平均 1.1%の差が生じた。これは、洗いが 75μm ふるいに詰まる場合があり、試験誤差が大きかったと推察される。粗粒率は、最大 0.56、平均 0.22 の差が生じた。

(2) 粗骨材

試験所 C と生コン工場 B の試験結果を比較すると、粒状化再生粗骨材の絶対乾密度は、最大 0.11 g/cm³、平均 0.06 g/cm³の差が生じ、吸水率は最大 2.34%、平均 1.33%の差が生じた。試験所 C が生コン工場 B に比べて、全体に吸水率が小さくなっていることから粒状化再生粗骨材の表乾の判定に試験場所および試験者の差が生じたと推察される。微粒分量は、最大 1.2%、平均 0.5%の差が生じた。粗粒率は、最大 0.46、平均 0.20 の差が生じた。

4. まとめ

粒状化再生骨材の品質に影響を及ぼす要因に関して検討した結果、本実験の範囲から以下の知見が得られた。

- (1) 粒状化再生骨材の絶対乾密度、吸水率、微粒分量および粗粒率は、材齢 4 日と 7 日を比較すると、原コンクリートの配合、粒状化材料の種類および攪拌方法に関わらず、全体に増加または低下するといった明確な傾向はみられなかった。
- (2) 粒状化再生細骨材の攪拌方法がアジテータ車攪拌の場合、重機攪拌よりも、絶対乾密度は大きく、吸水率は

小さくなる傾向となった。粒状化再生粗骨材は、細骨材とは反対で、アジテータ車攪拌の場合、重機攪拌よりも、絶対乾密度は小さく、吸水率は大きくなる傾向となった。

- (3) 粒状化再生骨材の吸水率の試験結果は、平均値からの差が 0.2%よりも大きくなる水準があり、最大 0.56%の差が生じた。

謝辞

この成果は”令和 5 年度 経済産業省 国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業費（戦略的国際標準化加速事業：産業基盤分野に係る国際標準開発活動）”における委託業務の結果得られたものです。ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) (一社)生コン・残コンソリューション技術研究会ホームページ：<https://rccs-association.or.jp/index.html>（閲覧日：2023.12.26）
- 2) 白岩誠史，船尾孝好，小山明男，土井雅裕：戻りコンクリート由来の粒状化再生骨材の品質に関する全国共通試験結果，コンクリート工学年次論文集，Vol.45，No.1，pp.940-945，2023.7
- 3) 日本規格協会ホームページ：国費の再委託事業等に関する公募のお知らせ https://webdesk.jsa.or.jp/common/W10K0500/index/dev/stdz_kokuhi/（閲覧日：2023.12.26）