

報告 複数地域における粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響因子の検討

船尾 孝好*1・白岩 誠史*2・小山 明男*3・土井 雅裕*4

要旨： 戻りコンクリートに高分子系等の粒状化材料等を投入して粒状化し、硬化させたコンクリート用骨材「粒状化再生骨材」の JIS 化を目標に、粒状化再生骨材の品質に与える影響因子を把握するため、大阪、北海道、兵庫、和歌山、香川、埼玉、高知、新潟の生コンクリート工場で複数の配合により実験を実施した。その結果、粒状化再生骨材の品質は、アジテータ車の洗浄で混入する洗剤の量や粒状化後の骨材の材齢による影響は小さいこと、粒状化材料の種類よりも製造方法や原コンクリートの配合による影響が大きいことが確認できた。

キーワード： 戻りコンクリート、粒状化再生骨材、原コンクリート

1. はじめに

コンクリート工事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（以下、戻りコン）は、生コンクリート（以下、生コン）出荷数量の 3～5% 存在するといわれている。一部の生コン工場では自ら再生砕石としてリサイクルしているが、そのほとんどは硬化させた後に小割してコンクリート塊とするか、洗浄して回収骨材とスラッジケーキに分離し中間処理場または最終処分場へ処理委託している。戻りコンの廃棄量は、日本全体で年間約 3 百万 m³ にもなり、生コン業界ばかりでなく、建設業界全体の環境負荷や資源循環の観点で廃棄物の抑制は大きな課題となっている。

このような背景から、(一社)生コン・残コンソリューション技術研究会（以下、RRCS）では、これらの課題に取り組むために、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より粒状化再生骨材の JIS を作成する委員会（以下、粒状化再生骨材 JIS 委員会）を立ち上げ、粒状化再生骨材の品質に関する検討を行っている。RRCS では、この事業に先行して 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¹⁾。その結果、吸水率および微粒分量は JIS A 5023 附属書 A コンクリート用再生骨材 L（以下、再生骨材 L）相当の品質をほぼ満足することが確認できた。しかしながら、生コンは地域によって使用材料や配合が異なり、粒状化再生骨材の品質に影響を及ぼすと考えられ、その影響については明確になっていない。

そこで本稿では、生コンの地域差を考慮して幅広い地域の生コン工場および配合で粒状化再生骨材を製造し、使用材料や配合、製造方法等が粒状化再生骨材の品質に及ぼす影響を検討した結果について報告する。

2. 粒状化再生骨材 JIS 委員会の活動内容

粒状化再生骨材 JIS 委員会は、規格の内容やあり方を検討するため、実験分科会と調査分科会によって構成されている。実験分科会では、粒状化再生骨材の製造方法や地域ごとの配合が骨材の品質に与える影響について検討している。今後は、粒状化再生骨材を使用したコンクリートのフレッシュコンクリートの性状、強度、長さ変化および耐久性等についても実験・検討を計画している。調査分科会では、粒状化再生骨材のサプライチェーンや JIS A 5308 認証を取得する生コン工場での不正使用の防止対策等を検討しており、今後は再生骨材コンクリート L の附属書を参考にしながら、JIS に規定する内容の検討を実施する計画である。

3. 試験概要

試験は、試験 1～3 に分けて検討事項毎に全国の生コン工場に試験を依頼した。また、今回の試験で使用した粒状化材料を種別、形状および作用機構毎に区分し表 1 に示す。

3.1 各試験の目的

試験 1 では、アジテータ車の洗浄で混入する洗剤（以下、洗剤）の量および粒状化後、セメントの水和反応によって粒状化再生骨材の品質が変動すると考え、粒状化後の材齢が骨材の品質に与える影響についてそれぞれ 4 地域で検討した。

試験 2 では、戻りコンを粒状化するための粒状化材料の種類に起因する骨材の品質への影響について 2 地域で検討した。

試験 3 では、呼び強度が異なる様々な戻りコンが粒状化前のコンクリート（以下、原コンクリート）となることを想定し、呼び強度 18～42 の範囲で土木および建築

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合（正会員）

*2 (株)安藤・間 技術研究所 脱炭素技術開発部 工博(正会員)

*3 明治大学 理工学部 建築学科 教授 工博(正会員)

*4 (一社)生コン・残コンソリューション技術研究会 事務局

工事で出荷頻度の高い配合を原コンクリートとし、配合の違いによる骨材の品質への影響を2地域で検討した。

3.2 試験項目

試験項目および試験方法を表-2に示す。今回の試験では、粒状化再生骨材の品質を再生骨材 L 相当と考え、絶乾密度および吸水率試験は、JIS A 5023 附属書 A.5.3 に従った。なお、微粒分量の多い再生細骨材 L では、表面乾燥飽水状態の判断が難しいため、JIS A 1103 の箇条 5 によって洗った再生細骨材 L を試料とすることができるが、規定されているが、粒状化再生細骨材の試験では洗った骨材を試料として用いないこととした。

また、粒状化再生細骨材の表面乾燥飽水状態の判定は、試験 1 の絶乾密度および吸水率試験のみ JIS A 1134 構造用軽量細骨材の密度及び吸水率試験方法「4.試料 試料の採取及び調整方法 e)」により実施し、表面乾燥状態の判定基準を検討した。

3.3 試験手順

戻りコンとして試験用に練り混ぜた 0.5m³ の生コンに、アジテータ車の洗い水を想定した水量をホップより投入し均一になるように攪拌した。アジテータ車による製造（以下、アジ車攪拌）の場合は、アジテータ車ドラム内の原コンクリートに粒状化材料を添加し、高速回転で 2 分間程度攪拌し骨材を製造した。また、タイヤショベル等の重機による製造（以下、重機攪拌）の場合は、原コンクリートを生コン工場内の土間等に全量排出し、粒状化材料をまんべんなく散布した後にタイヤショベルやバックホウのバケット等で粒状化材料が原コンクリートに行きわたるように複数回かき混ぜて骨材を製造した。今回の試験では、既往の調査により求められた、アジテータ車の洗い水の量を参考にし、ホップのみ洗浄した場合を 7L/0.5m³、ホップおよびシュートを洗浄した場合を 19L/0.5m³ と設定した。また、原コンクリートを粒状化し

た日を材齢 0 日とし、粒状になった骨材同士の固着を防止するために材齢 1 日目で再攪拌を行った。

4. 粒状化再生骨材の試験結果

4.1 試験 1：洗い水・骨材材齢の影響

(1) 試験工場および試験内容

表-3 に示すように、大阪、北海道、兵庫および和歌山の生コン工場で試験を実施した。洗い水の影響に関する検討では、0.5m³ の原コンクリートに対して、洗い水の量を 0L（なし）、7L、19L の 3 水準を設定した。また、骨材材齢による影響に関する検討では、2、4、7 日の 3 材齢を設定し、アジ車攪拌で骨材を製造した。

(2) 試験結果

図-1~6 に試験結果を示す。洗い水が多くなると細骨材および粗骨材ともに、絶乾密度は小さくなり、吸水率と微粒分量は大きくなる傾向がやや見受けられるがその影響は小さいことが確認できた。骨材の材齢は、細骨材および粗骨材ともに骨材の品質に対する傾向は確認できなかった。

北海道は、絶乾密度および微粒分量が大きく吸水率が小さい傾向となり、和歌山は、絶乾密度が小さく吸水率が大きい傾向となった。大阪および兵庫は粒状化材料が異なっても同じような傾向を示していることから、粒状化材料の影響ではなく、原コンクリートの配合や使用する原骨材の影響が考えられる。また、細骨材および粗骨材ともに、吸水率は再生骨材 L の規格を満足しないものがあつた。

(3) 試験 1 のまとめ

それぞれの地域の差もあると考えられるが、今回の試験結果の範囲では洗い水および骨材の材齢が骨材の品質に与える影響は小さいことが確認できた。これらのメカニズムの解明については今後の課題である。

表-1 粒状化材料の種別

記号	種別	形状	作用効果	標準使用量 (kg/m ³)
A	吸水性高分子	粉末状	高分子が水を吸水	0.5
B	セルローズ繊維	綿状	繊維の隙間に吸水	20
C	吸水性高分子	液体状	高分子が水を吸水	1

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	目標値
絶乾密度 (g/cm ³)	JIS A 5023 附属書 A.5.3 (3回の試験結果の平均)	—
吸水率 (%)		細骨材 13以下 粗骨材 7以下
微粒分量 (%)	JIS A 1103	細骨材 10以下 粗骨材 3以下

表-3 試験 1：試験内容

試験番号	地域	会社名・工場名	粒状化材料	製造方法	原コンクリート	洗い水 (L/0.5m ³)	骨材材齢
試験1	大阪	加美コンクリート株式会社	A	アジ車攪拌	18-8-20 BB 27-18-20 N	0 7 19	2日 4日 7日
	北海道	株式会社北海道宇部 札幌工場					
	兵庫	海山コンクリート株式会社 西宮工場	B				
	和歌山	株式会社セイシン 第2工場					

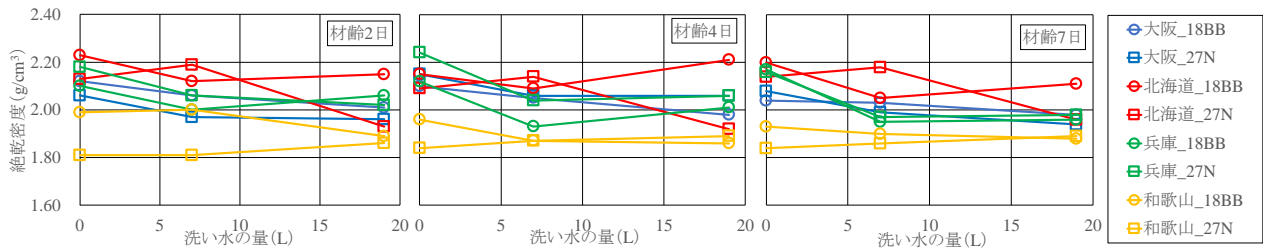


図-1 試験1：細骨材の絶対乾密度

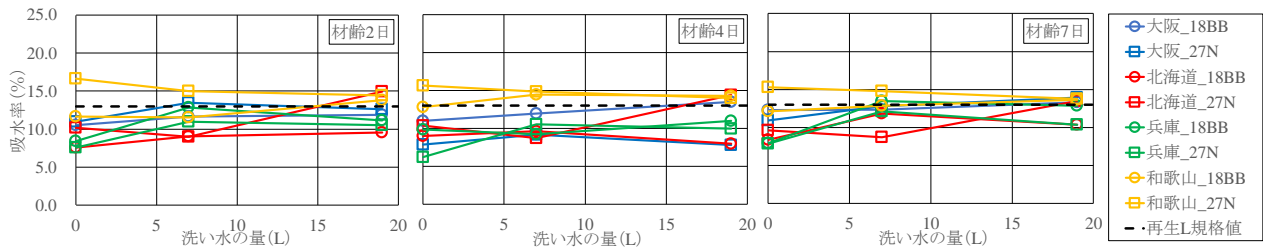


図-2 試験1：細骨材の吸水率

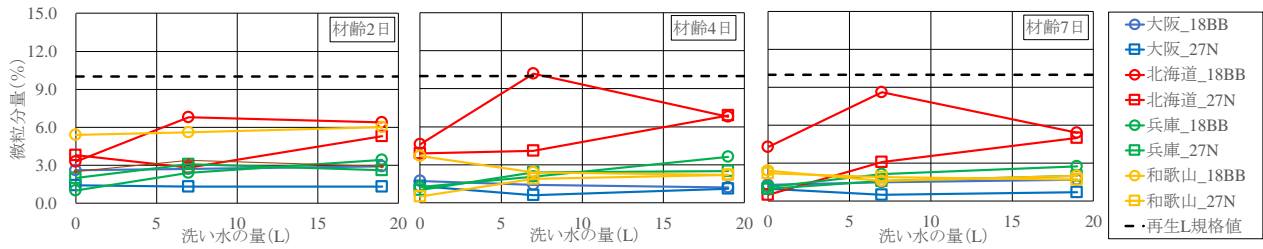


図-3 試験1：細骨材の微粒分量

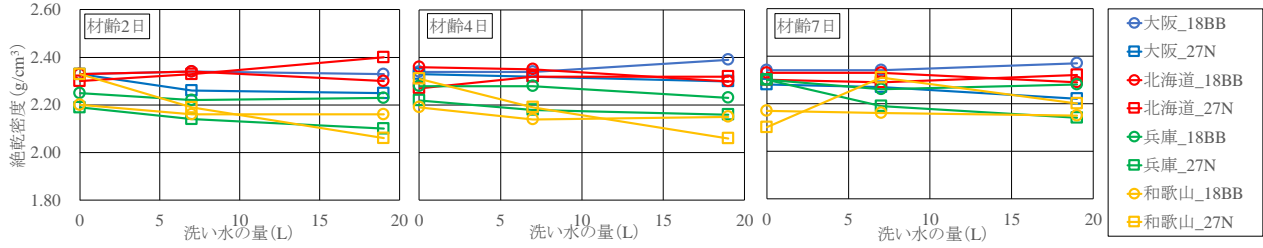


図-4 試験1：粗骨材の絶対乾密度

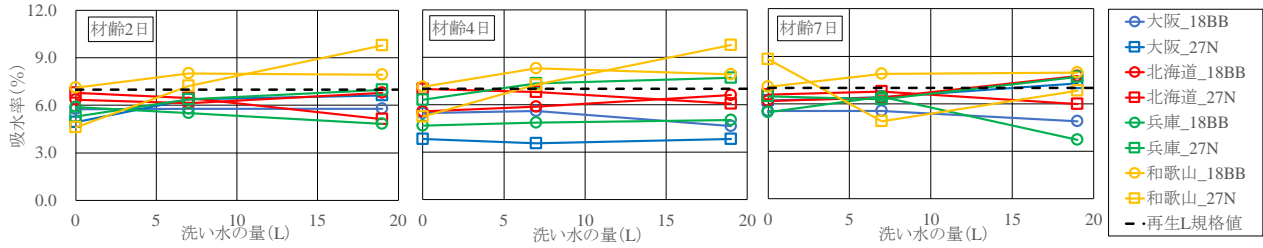


図-5 試験1：粗骨材の吸水率

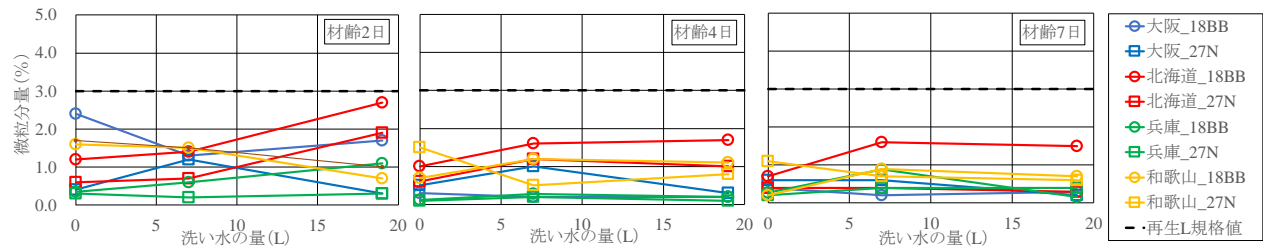


図-6 試験1：粗骨材の微粒分量

4.2 試験2：粒状化材料および製造方法の影響

(1) 試験工場および試験内容

表-4 に示すように、香川および埼玉の生コン工場で試験を実施した。洗い水については 7L/0.5m³ を採用し、骨材の材齢は 4, 7 日を設定した。粒状化材料の影響を確認するために、表-2 に示す A~C の粒状化材料を使用し、アジ車攪拌と重機攪拌によって骨材を製造した。なお、原コンクリートの配合は試験 1 と同じ配合とした。

(2) 試験結果

図-7~12 に試験結果を示す。香川の細骨材の吸水率および粗骨材の微粒分量は埼玉より大きく、再生骨材 L の規格を大きく外れるものも認められる。粗骨材の絶乾

密度は両地域とも同程度であるが、吸水率は埼玉が大きくなり、再生骨材 L の規格を外れる結果も認められる。

粒状化材料の種類による骨材の品質への影響は、明確な傾向が認められなかった。製造方法については、重機攪拌の方が、細骨材は絶乾密度が小さく吸水率が大きい傾向となり、粗骨材は逆に絶乾密度が大きく、吸水率が小さい結果となった。これは粗骨材の周りへのペーストの付着が少ないことが要因として考えられる。

(3) 試験2のまとめ

今回の試験結果では、粒状化材料による骨材品質への影響は認められなかった。製造方法は、重機攪拌の方が細骨材の品質低下、粗骨材の品質向上が確認された。

表-4 試験2：試験内容

試験番号	地域	会社名・工場名	粒状化材料	製造方法	原コンクリート	洗い水 (L/0.5m ³)	骨材材齢
試験2	香川	三豊産業有限会社 生コン工場	A B C	アジ車攪拌 重機攪拌	18-8-20 BB 27-18-20 N	7	4日
	埼玉	株式会社内山アドバンス 草加工場					7日

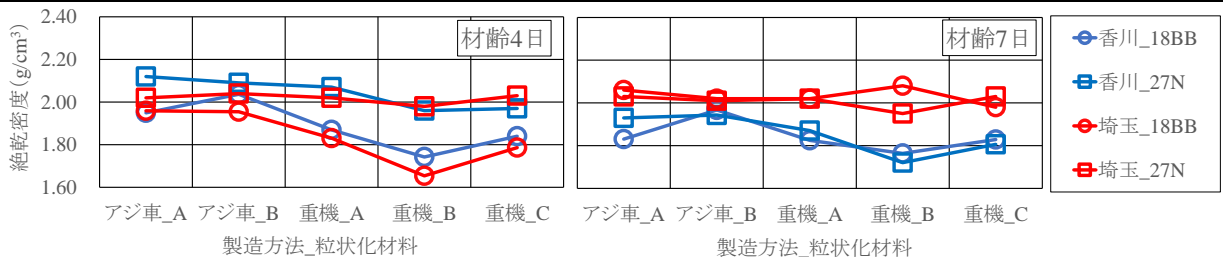


図-7 試験2：細骨材の絶乾密度

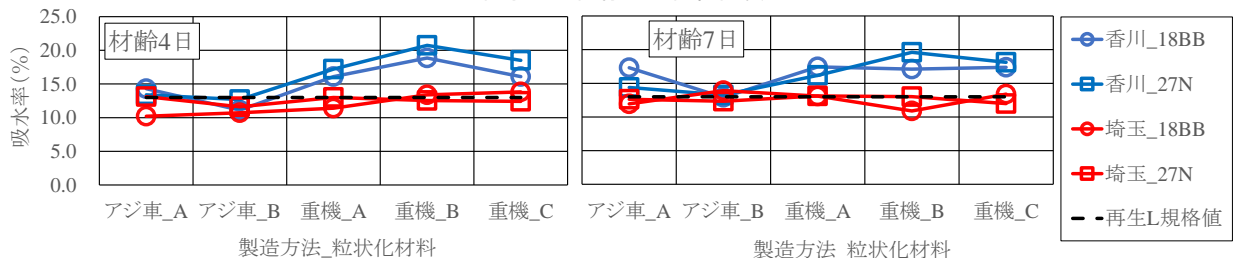


図-8 試験2：細骨材の吸水率

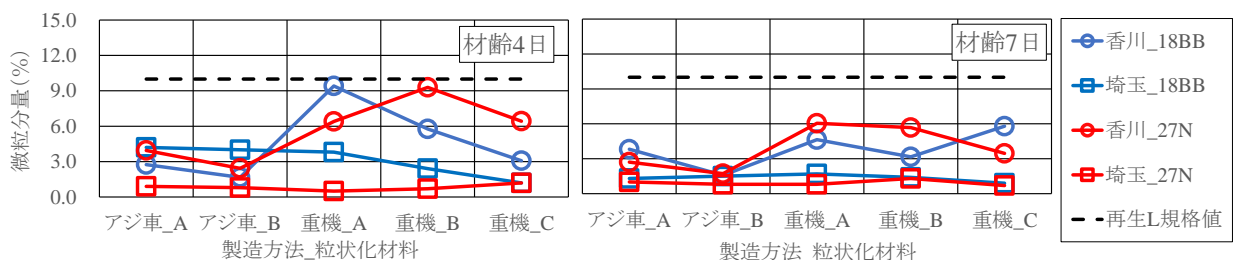


図-9 試験2：細骨材の微粒分量

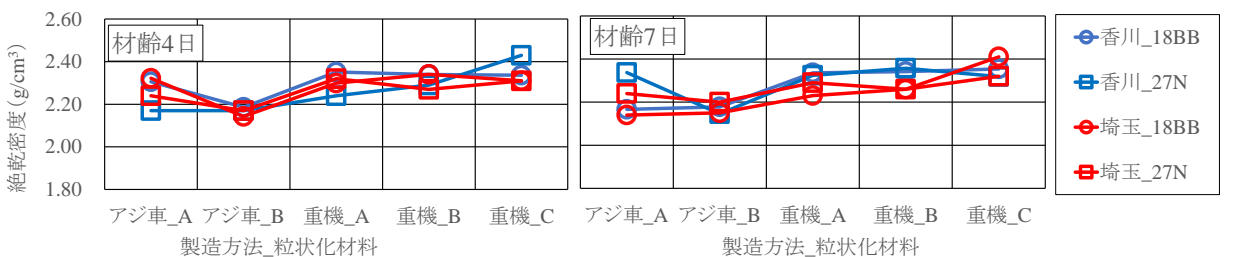


図-10 試験2：粗骨材の絶乾密度

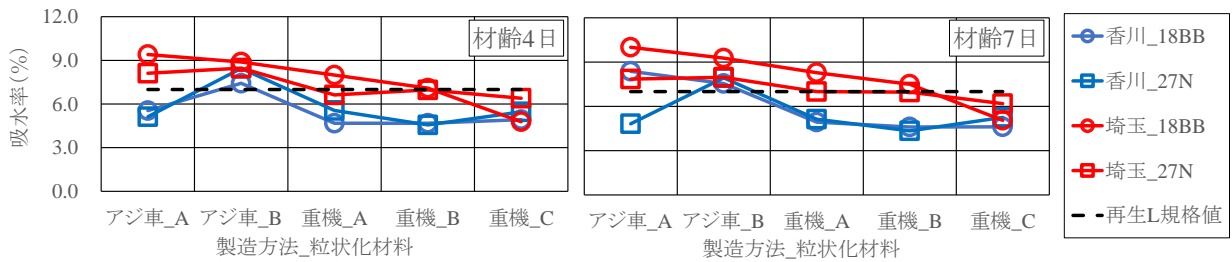


図-11 試験2：粗骨材の吸水率

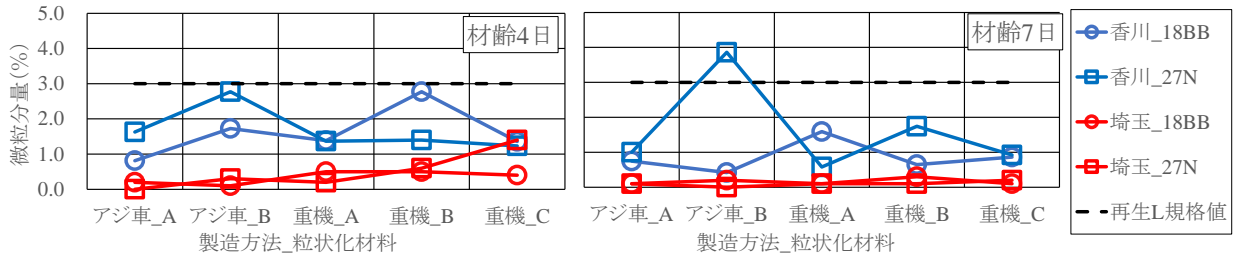


図-12 試験2：粗骨材の微粒分量

4.3 試験3：原コンクリートの影響

(1) 試験工場および試験内容

試験は、表-5 に示すように、高知および新潟の生コン工場で実施した。原コンクリートの影響を確認するために、呼び強度 18~42 の配合を選定した。

新潟においては室内で試験を実施したことから、アジ車攪拌の再現として傾胴型ミキサを用い、重機攪拌の再現としてシャベルによる手練りで骨材を製造した。

(2) 試験結果

試験結果を図-13~18 に示す。細骨材においては両地

域とも同様な傾向を示し、呼び強度が大きくなると絶乾密度が小さく吸水率が大きくなる傾向が認められる。これは呼び強度よりもスランプや単位水量が影響していると考えられる。粗骨材においては高知の方が新潟より絶乾密度が大きく吸水率が小さい傾向となった。また、再生骨材 L の規格を満足しない結果があった。

(3) 試験3のまとめ

今回の試験結果では、呼び強度が大きくなると細骨材の品質低下が認められ、粗骨材については骨材品質への影響は小さいことが確認できた。

表-5 試験3：試験内容

試験番号	地域	会社名・工場名	粒状化材料	製造方法	原コンクリート	洗い水 (L/0.5m ³)	骨材材齢
試験3	高知	株式会社ビルドベース 芸西生コンクリート	A	アジ車攪拌 重機攪拌	18-8-20 BB	7	4日 7日
	新潟	水和生コン株式会社			B		

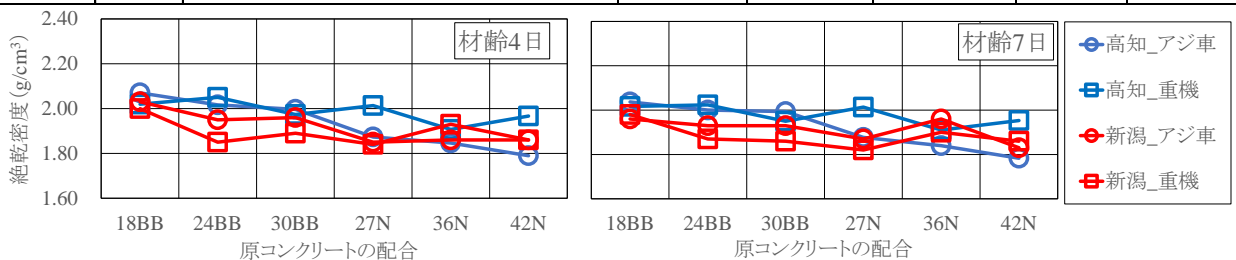


図-13 試験3：細骨材の絶乾密度

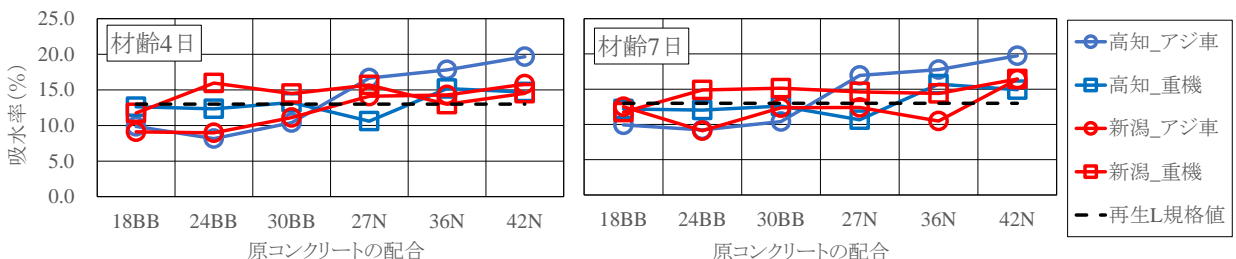


図-14 試験3：細骨材の吸水率

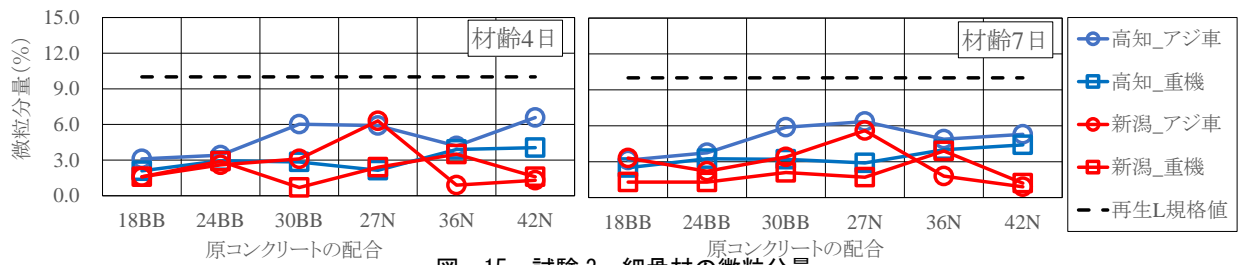


図-15 試験3：細骨材の微粒分量

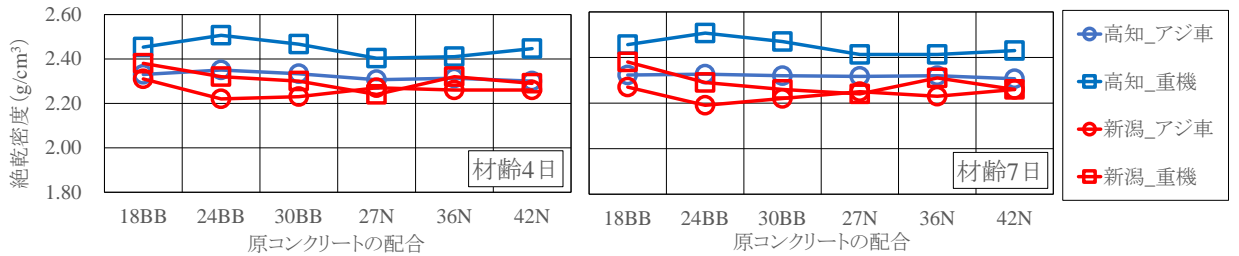


図-16 試験3：粗骨材の絶対乾密度

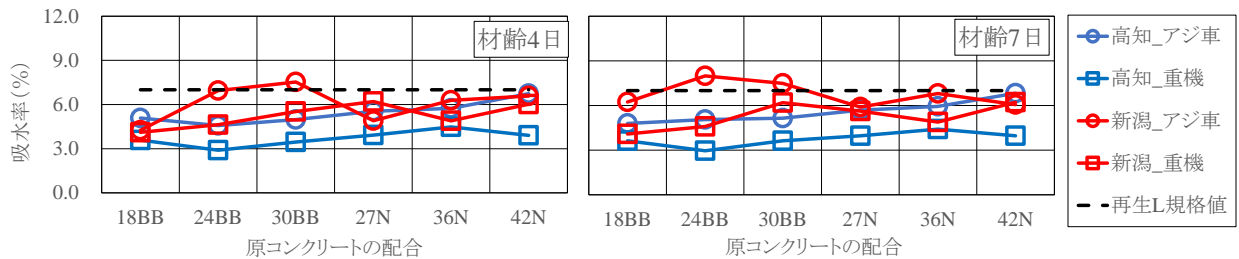


図-17 試験3：粗骨材の吸水率

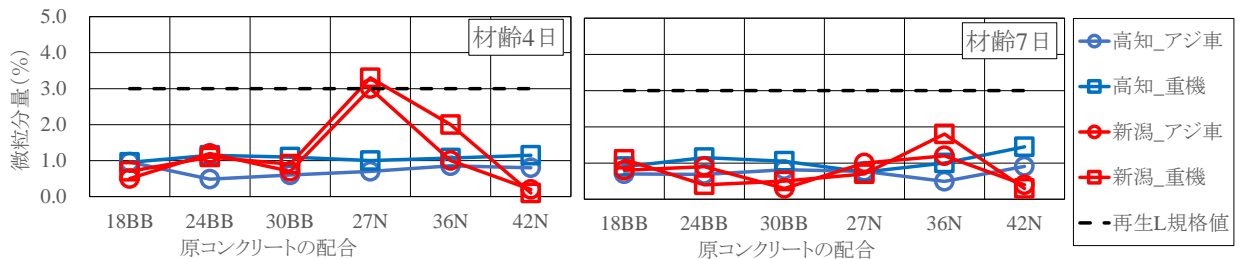


図-18 試験3：粗骨材の微粒分量

5. まとめ

(1) 試験1：洗い水・骨材材齢の影響

洗い水や骨材の材齢による骨材の品質への影響を検討し、洗い水および骨材の材齢による骨材品質への影響は、今回の試験範囲では小さいことが確認できた。

(2) 試験2：粒状化材料および製造方法の影響

骨材の品質に対して、粒状化材料の影響は認められず、製造方法については重機攪拌の方が細骨材の品質低下、粗骨材の品質向上傾向が確認された。要因としては重機攪拌の方が粗骨材周りへのペースト付着が少ないことが考えられる。

(3) 試験3：原コンクリートの影響

細骨材では、呼び強度が大きくなると骨材の品質低下が確認され、粗骨材では呼び強度による影響は小さい傾向となった。要因としては、呼び強度の大きい原コンク

リートほど、細骨材にセメントペースト分が多く残留し、細骨材の品質低下につながったと考えられる。

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) 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