



平成29年度
建築基準整備促進事業報告会

S26 建築材料における回収骨材の
使用に関する検討

平成30年4月26日（木）於：すまい・るホール

事業主体

一般財団法人建材試験センター

一般財団法人日本建築総合試験所

共同研究 国立研究開発法人建築研究所

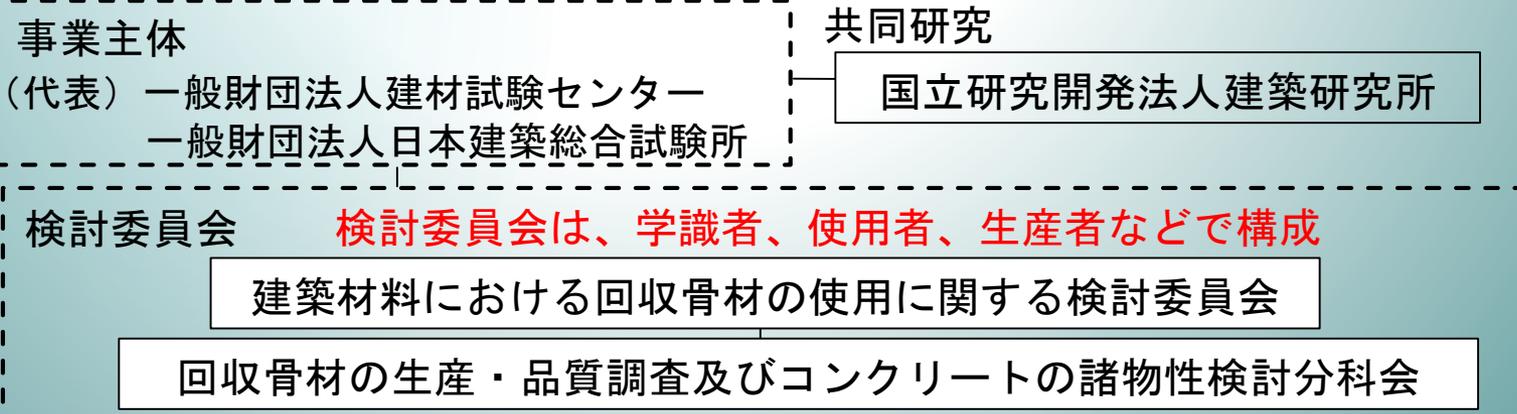
調査目的・概要

【目的】 建築材料として回収骨材の使用を認めるための技術基準を検討

【概要】

①	回収骨材を使用したコンクリートを標準化しているJIS認証工場等の実態把握と工場の現地調査(設備、使用材料等を対象に工場での生産体制)
②	回収骨材の品質に関する確認調査
③	回収骨材を使用した場合と使用しない場合の2種類のコンクリートに係るフレッシュ性状および硬化後の諸物性についての実験的な検討

検討体制

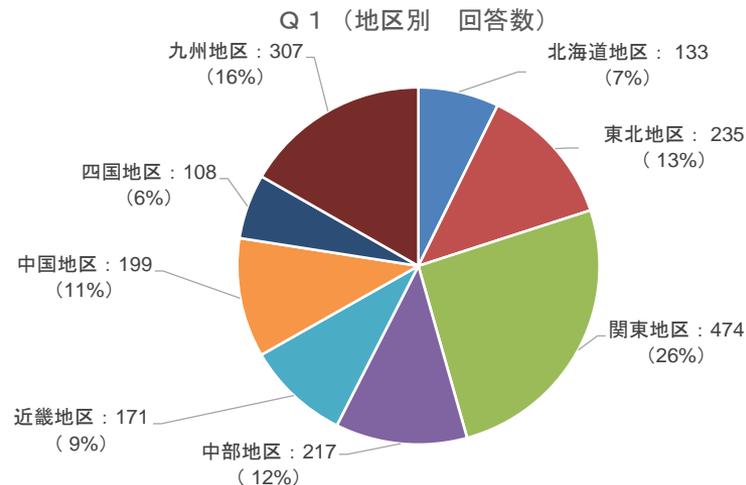


回収骨材に関する実態調査

アンケート調査

生コン工場からの回答率
約70% (1844件)

調査対象	調査数
認証機関	5機関(事業主体2機関含む)
生コン工場	全国生コンクリート工業組合 連合会に加入の45工業組合 2627工場

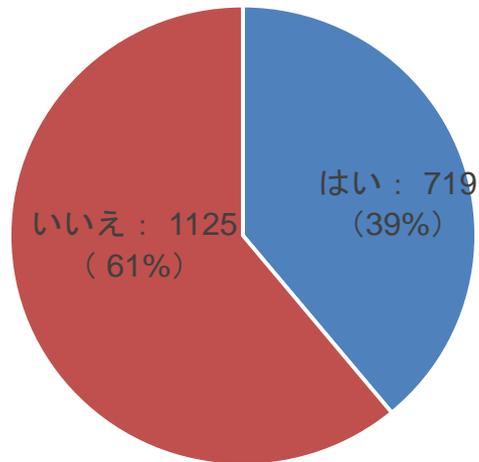


地域別回答数

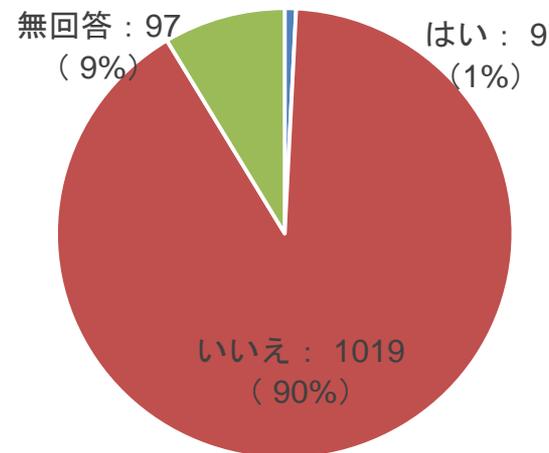
- 回収骨材を使用したコンクリートを標準化しているJIS認証工場は、19工場 [JIS認証工場(2922工場)※に対する割合0.65%]であった。

※JISCホームページ調べ(2017年10月6日時点)

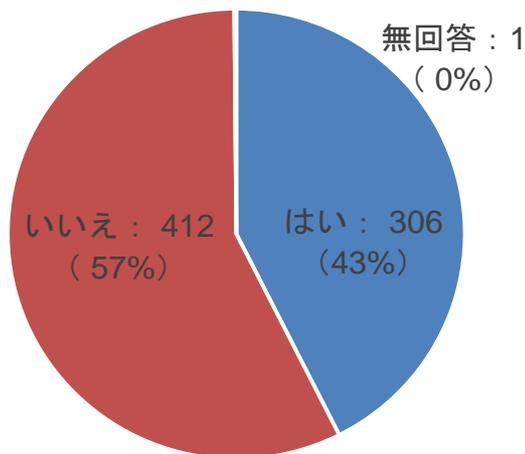
アンケート集計結果



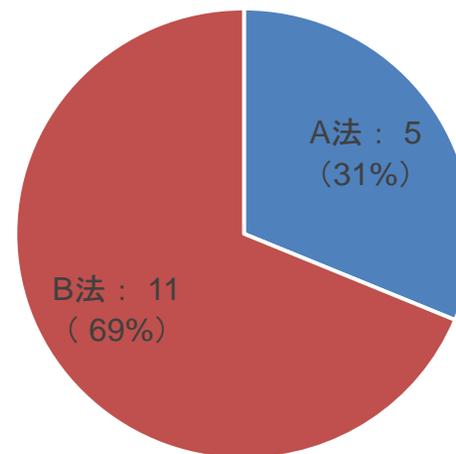
骨材回収装置保有状況



骨材回収装置非保有者の
装置導入予定状況



回収骨材の製造(回収)状況

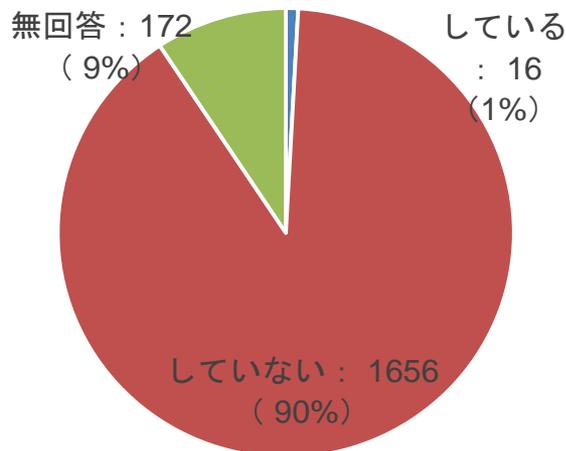


回収骨材の使用方法

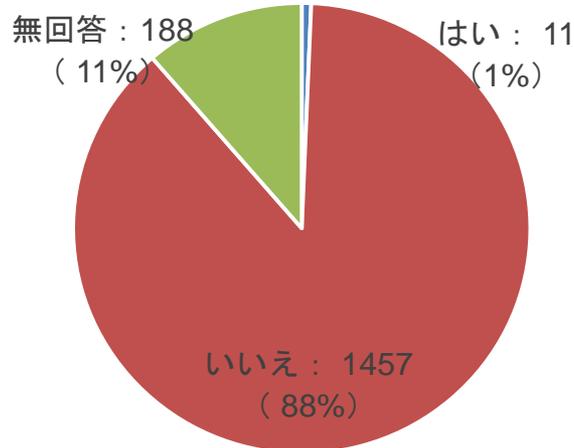
回収骨材を製造(回収)している工場は306工場(全回答工場の16%)

アンケート集計結果

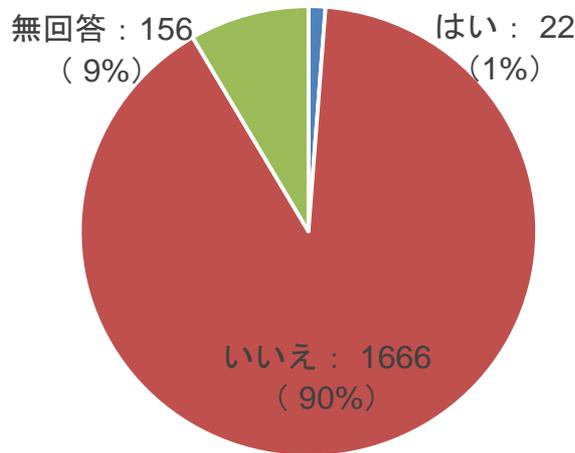
回収骨材を使用したコンクリートを社内標準化している工場(今後、標準化予定工場を含む)は27工場(回答工場の1.5%)



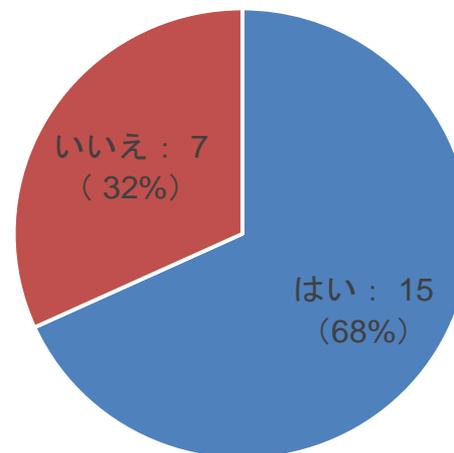
回収骨材を使用したコンクリートの社内標準化状況



社内標準化未実施工場の標準化予定状況



回収骨材を使用したコンクリートの製造実績



回収骨材を使用したコンクリートの製造実績(過去1年間)

回収骨材を使用したコンクリートについて、課題、ご意見・ご要望（自由記述）の概要

項目 [件数]	回答
コスト, 設備投資, 人件費等 [24件]	資源の有効利用の観点から必要性に理解を認める意見もあったが、既存設備の改良, 新規設備導入, 敷地面積の問題, 人的資源等の視点から、コストについて懸念を示している意見が多かった。
品質, 運用, 現状設備等 [28件]	現状の設備では、対応できないとの意見が多くあった。また、標準化が難しいとの意見や品質の安定化や回収骨材の固結に対する不安を示す意見もあった。
顧客ニーズ等 [31件]	需要が見込めないため、回収骨材を使用したコンクリートの生産について否定的な意見が多かった。また、購入者(顧客)の理解を促す施策を期待する意見も一部あった。
制度・規格 [31件]	建築分野への使用制限の緩和を求める意見が多く、また、製造者にとって容易に取り組めるよう回収骨材の使用条件等の緩和を求める意見もあった。
骨材回収量 [5件]	骨材回収量が少ないため使用することが難しいとの意見であった。
その他 [31件]	回収骨材を使用したコンクリートの生産には消極的な意見があった。また、残コンクリート, 戻りコンクリートについては、他の用途(ブロック, 路盤材等)等へ利用している旨の意見があった。

工場の現地調査の概要

使用方法	調査工場数	工場の所在都道府県
A法	4件	岩手, 愛知, 鳥取, 山口
B法	10件	東京, 神奈川, 千葉, 奈良, 広島

JIS認証機関	対象工場数	回収骨材の使用方法	現場調査実施機関	調査項目
日本建築総合試験所 (GBRC)	5	A法(2工場) B法(3工場)	GBRC	<ul style="list-style-type: none"> ・設備 ・使用材料 ・生産体制 ・生産実績 (骨材／コンクリート) <ul style="list-style-type: none"> ・JIS認証※, 大臣認定**の 取得について ・その他
建材試験センター (JTCCM)	6	A法(1工場) B法(5工場)	JTCCM	
日本品質保証機構 (JQA)	2	B法(2工場)	JTCCM	
インターテック・ サーティフィケーション (IC)	1	A法(1工場)	JTCCM	

※ JIS A 5308以外のJIS認証の取得の有無 (例えば、JIS A 5022, JIS A 5023など)

※※ 大臣認定の取得の有無 (高強度コンクリート, 高流動コンクリート, 再生骨材コンクリートなど)

回収骨材の回収状況例



アジテータトラックの洗車状況



洗車場からの回収骨材の洗浄、分離状況の例



回収骨材の洗浄、分離状況の例
トロンメルによる粗骨材、細骨材の分離



回収骨材の洗浄、分離装置とストックヤードの例

回収骨材のヤード等保管状況例



回収粗骨材の例



砕砂・砂混合



山砂のみ

回収細骨材の例

回収骨材の品質に関する確認調査

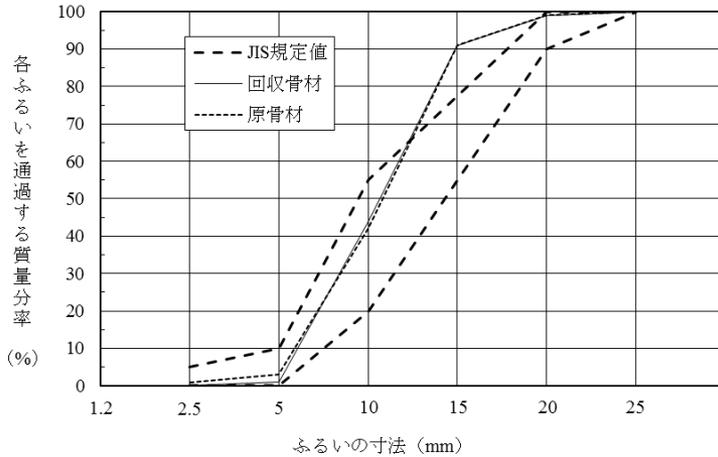
対象とする骨材の種類	試験項目	対象工場			
		コンクリート実験を実施した工場		工場調査のみ	
		粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材
回収骨材 (粗骨材, 細骨材)	密度及び吸水率	○	○	○	○
	粒度	○	○	○	○
	単位容積質量・実積率	○	○	—	
	粘土塊量	○	○	—	
	微粒分量	○	○	○	○
原骨材 (粗骨材, 細骨材)	1.95g/cm ³ に浮く粒子	○	○	○	○
	有機不純物(細骨材)	—	○	—	
	塩化物量(細骨材)	—	○	—	○
	安定性	○	○	—	
	すりへり減量(粗骨材)	○	—	—	
	アルカリシリカ反応性	○	○	○	○

※試験は、各JISあるいはZKTに従って行った。

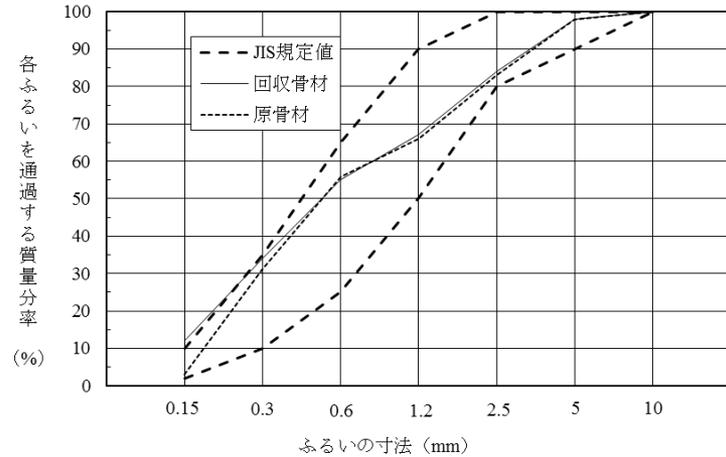
回収骨材の品質試験結果の概要

試験項目	回収粗骨材	回収細骨材
密度・吸水率	<ul style="list-style-type: none"> ・絶乾密度は原骨材とほぼ同じ ・吸水率は若干大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・絶乾密度は原骨材に比べ小さい ・絶乾密度が$2.5\text{g}/\text{cm}^3$を下回るものあり ・吸水率は大きくなる傾向あり 3.5%を超える回収細骨材もあり
微粒分量	<ul style="list-style-type: none"> ・微粒分量は原骨材より<small>小さい</small> ・洗浄方法によらず<u>1%未満</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・微粒分量は工場により異なる ・原骨材よりも小さい／大きい場合あり ・微粒分量は<u>5%以下</u>(最大値は4.3%)
粒 度	<ul style="list-style-type: none"> ・粗粒率(F.M.)が原骨材より0.20以上異なる場合あり ・骨材寸法10mmの分布が原骨材と比較して2倍程度大きく/小さくなることに起因 	<ul style="list-style-type: none"> ・粗粒率(F.M.)が原骨材より0.15以上異なる場合あり ・骨材寸法2.5～0.3mmの粒度分布が原骨材と比較して大きく/小さくなることに起因
	<p style="text-align: center;">原骨材と回収骨材の粒度分布の一例は、次頁参照</p> <p>【推定される原因】 骨材を回収する際のふるい選別により、<u>粗骨材の過小粒または細骨材の過大粒が回収骨材(回収粗骨材、回収細骨材)として含まれない／含まれることが粒度分布に影響</u></p>	

回収骨材と原骨材の粒度分布の例

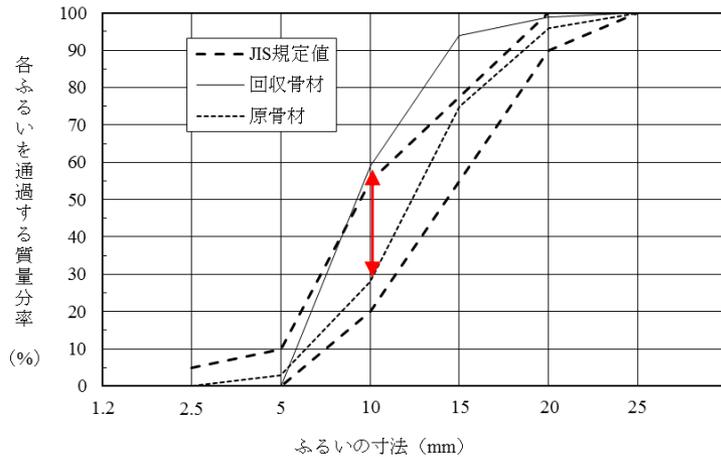


原骨材と回収粗骨材の粒度分布の例
(粒度分布がほぼ同等の例)

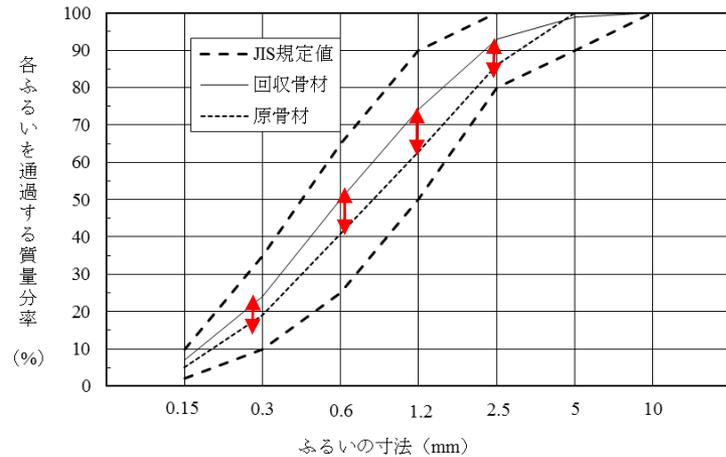


原骨材と回収細骨材の粒度分布の例
(粒度分布がほぼ同等の例)

↑↓ は、各ふるいの粒度差が大きいものを示す



原骨材と回収粗骨材の粒度分布の例
(粒度分布に違いがある例)

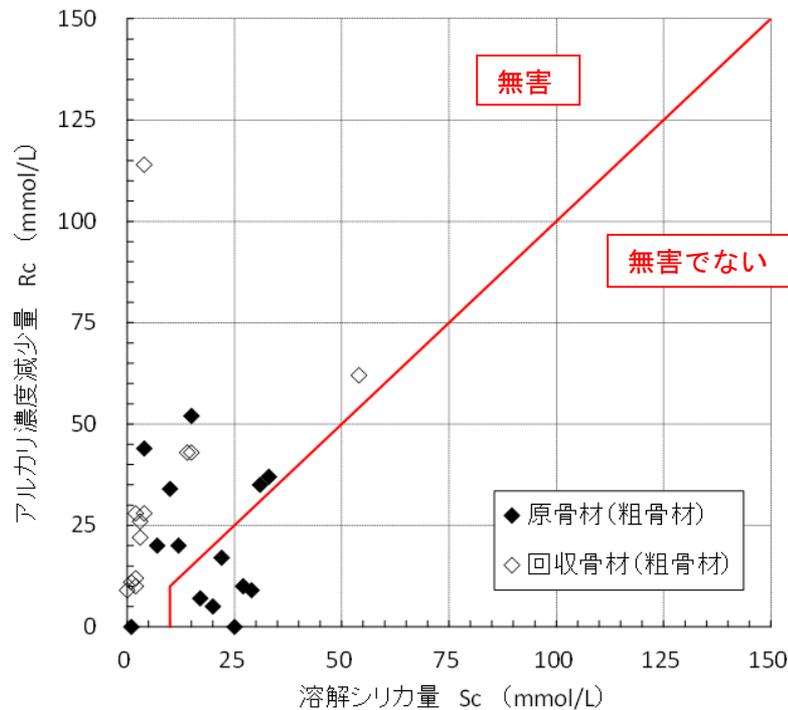


原骨材と回収細骨材の粒度分布の例
(粒度分布に違いがある例)

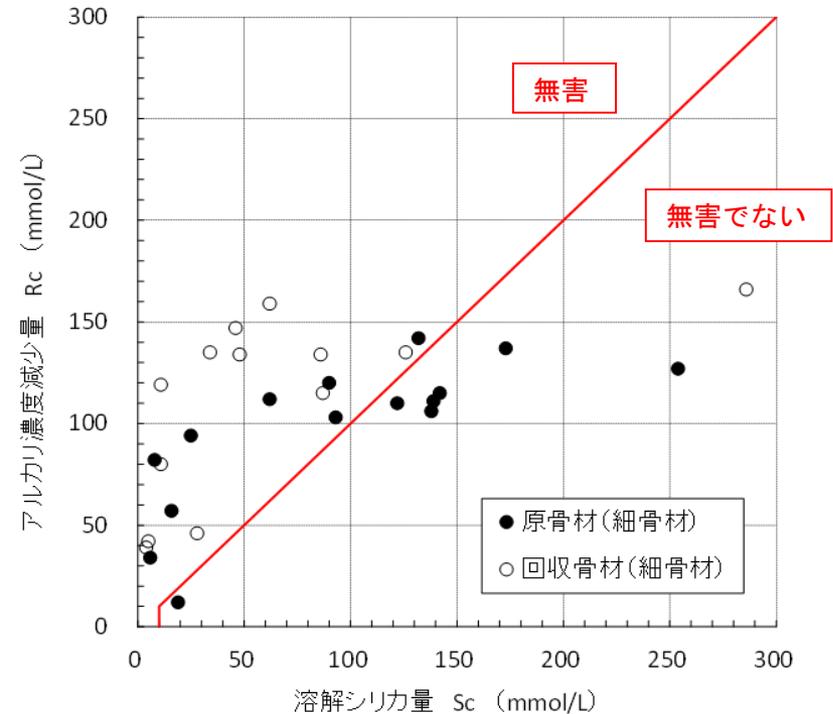
アルカリシリカ反応性(化学法)試験結果

アルカリシリカ反応性(化学法)については、原骨材が“無害でない”との判定となった場合、回収骨材も“無害でない”との判定となる工場があった。

原骨材が“無害”の判定で、回収骨材が“無害でない”との判定となる工場はなかった。

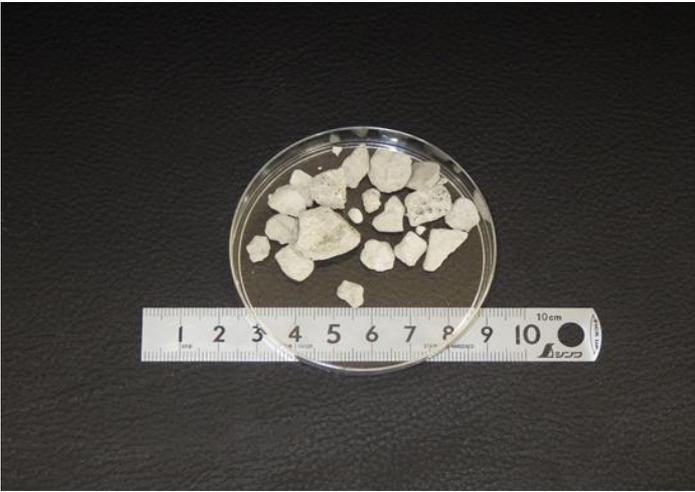


粗骨材のアルカリシリカ反応性
試験結果(化学法)



細骨材のアルカリシリカ反応性
試験結果(化学法)

骨材に含まれる密度 $1.95\text{g}/\text{cm}^3$ の液体に浮く粒子の試験方法 (ポリタンゲステン酸ナトリウム溶液法)の試験結果(一例)

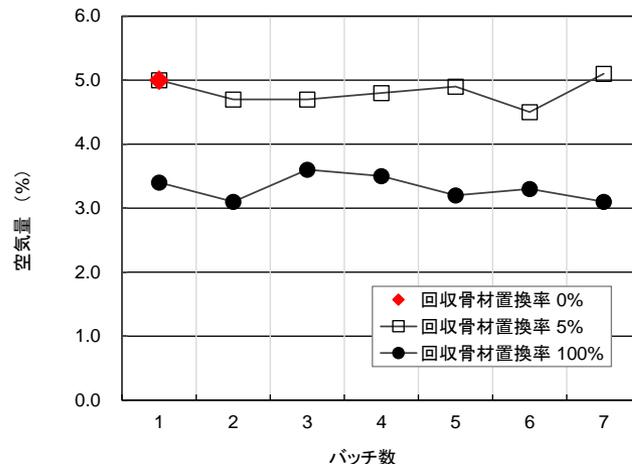
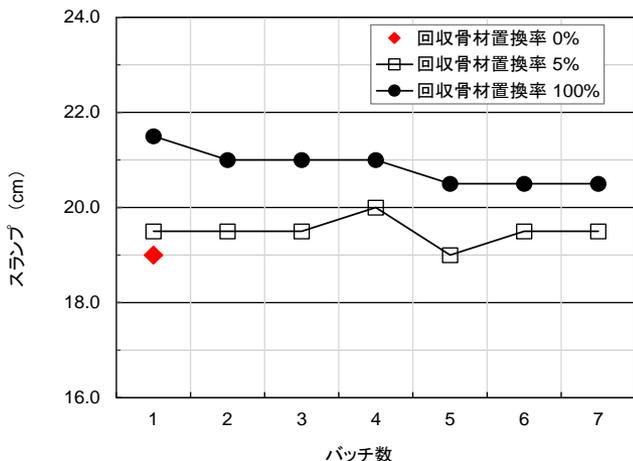
区分	密度 $1.95\text{g}/\text{cm}^3$ の液体に浮く粒子の例	密度 $2.20\text{g}/\text{cm}^3$ の液体に浮く粒子の例
回収 粗骨材	 A petri dish containing coarse aggregate particles (light-colored, irregular shapes) suspended in a dark liquid. A 10 cm ruler is placed below the dish for scale.	 A petri dish containing coarse aggregate particles (light-colored, irregular shapes) suspended in a dark liquid. A 10 cm ruler is placed below the dish for scale.
回収 細骨材	 A petri dish containing fine aggregate particles (small, light-colored grains) suspended in a dark liquid. A 10 cm ruler is placed below the dish for scale.	 A petri dish containing fine aggregate particles (small, light-colored grains) suspended in a dark liquid. A 10 cm ruler is placed below the dish for scale.

回収骨材を使用したコンクリートの実験検討

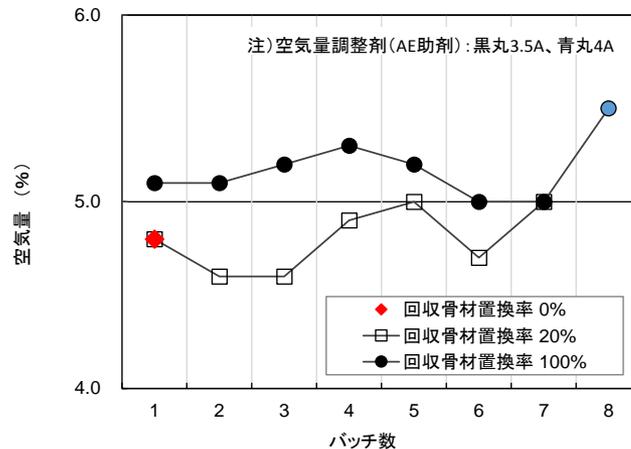
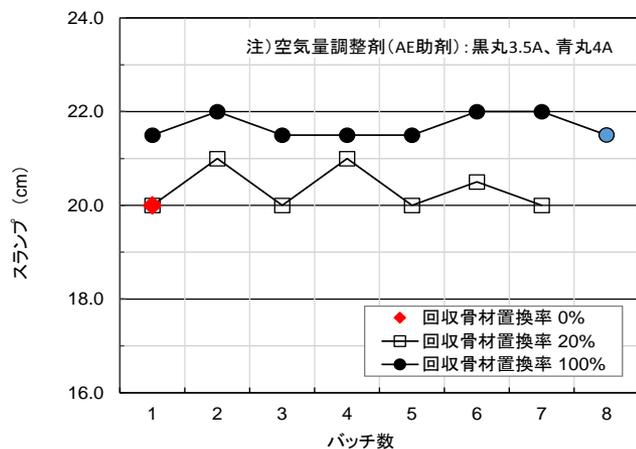
回収骨材の使用方法	回収骨材の種類	室内実験	実機実験
A法	細骨材	置換率に関する検討 (0, 5, 100%) フレッシュ性状 圧縮強度(材齢28日)	—
B法	粗骨材 細骨材	置換率に関する検討 (0, 20, 100%) フレッシュ性状 圧縮強度(材齢28日)	置換率に関する検討 (0, 5, 20%) フレッシュ性状(経時変化) 力学特性(材齢28, 91日) 乾燥収縮(乾燥材齢13週)
B法	粗骨材	回収骨材のロット (約1ヶ月前, 約1週間前, 直前) フレッシュ性状 圧縮強度(材齢28日)	呼び強度(27, 45)と 置換率(0, 20%)に 関する検討 フレッシュ性状(経時変化) 力学特性(材齢28, 91日) 乾燥収縮(乾燥材齢13週)

回収骨材の置換率とフレッシュコンクリートの性状

回収骨材の置換率5%、20%の場合にはスランプ、空気量の変動はほとんどない。
置換率100%の場合には、スランプの変動が大きく、空気量も1~2%程度変動する。



回収細骨材の置換率(0, 5, 100%)とスランプ、空気量の関係



回収粗骨材及び回収細骨材の置換率(0, 20, 100%)とスランプ、空気量の関係

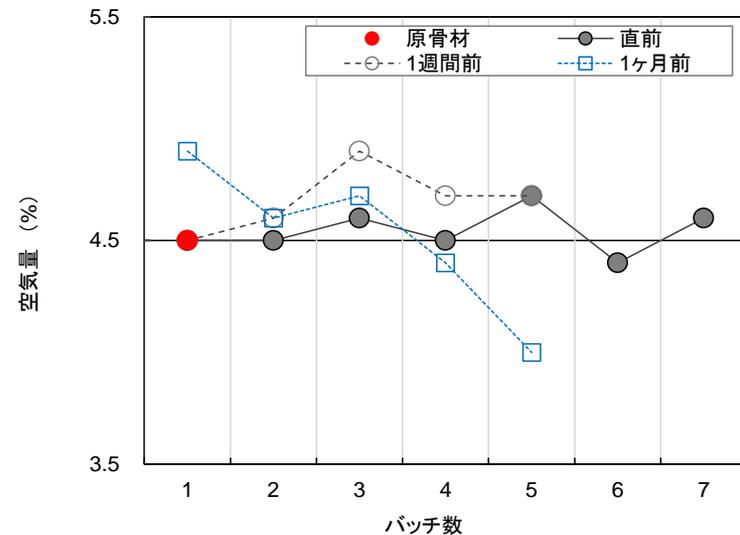
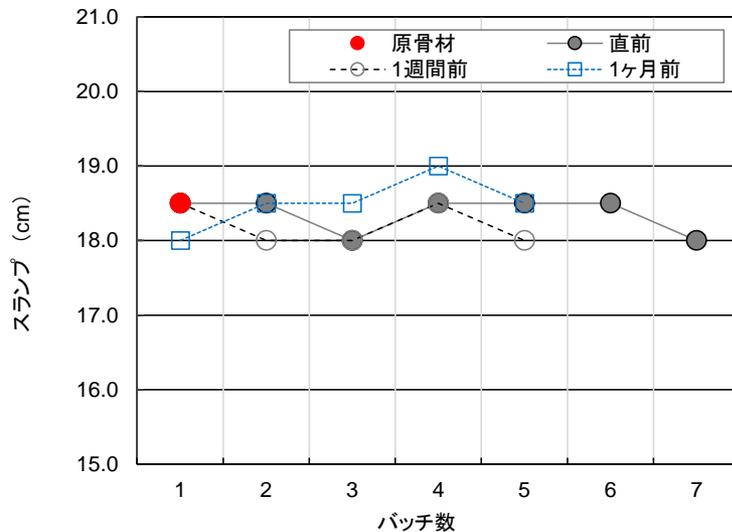
回収粗骨材の採取時期と物性の関係

B法で使用される最大置換率(20%)を想定

回収粗骨材(直前採取、約1週間前採取、約1ヶ月前採取)を使用した配合と原骨材のみを使用した配合を比較

その結果、

フレッシュ性状(スランプ、空気量)へ及ぼす変動、圧縮強度への影響は認められず、材齢28日の圧縮強度は、回収粗骨材であれば1ヶ月程度保管したものを使用しても原骨材と同等の値を示した。

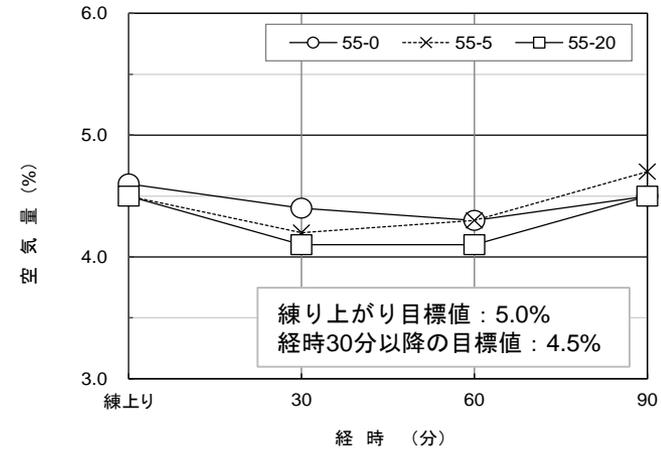
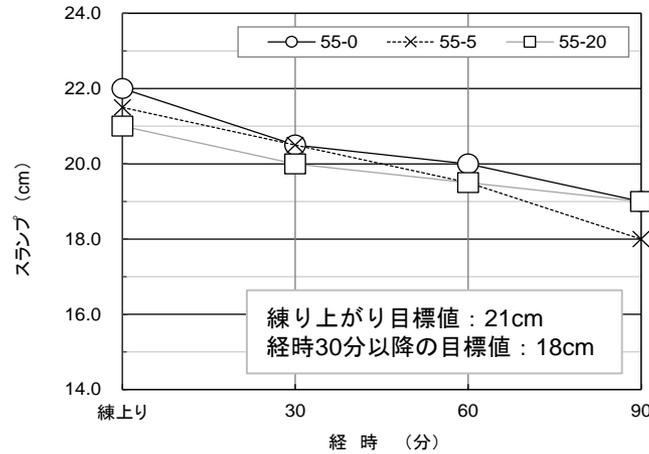


回収粗骨材の採取時期(置換率0, 20%)とスランプ、空気量の関係

回収骨材の置換率,W/Cとフレッシュ性状の関係(実機)

回収骨材の置換率20%までの配合と原骨材のみの配合を比較

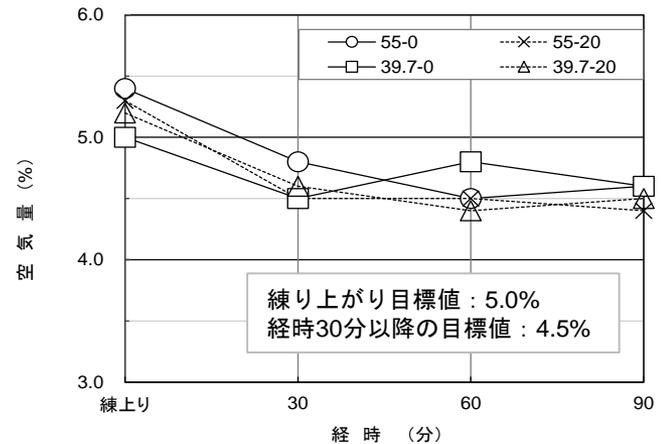
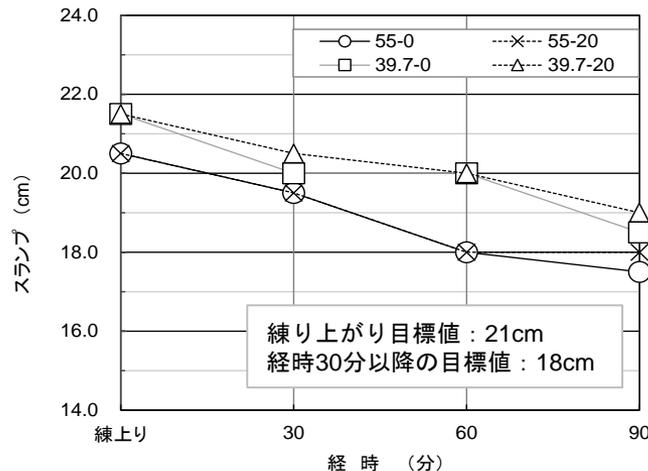
注水後、経時90分までのスランプ、空気量などのフレッシュ性状へ及ぼす影響は認められない。



回収骨材の置換率(0,5,20%)とスランプ、空気量の関係

呼び強度45(水セメント比40%相当)と呼び強度27(水セメント比55%)における回収粗骨材の影響

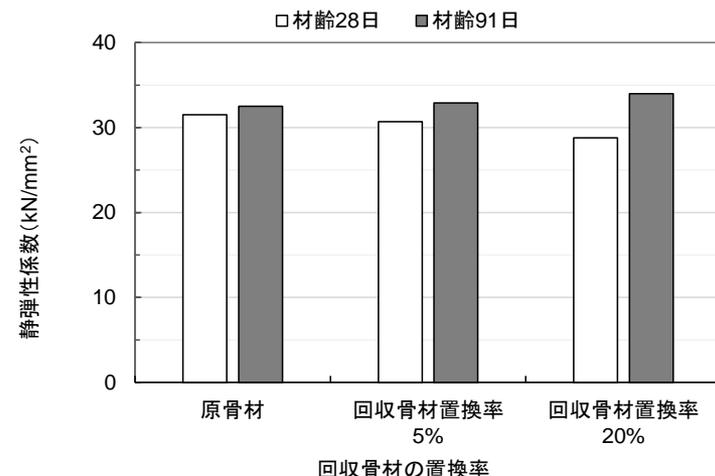
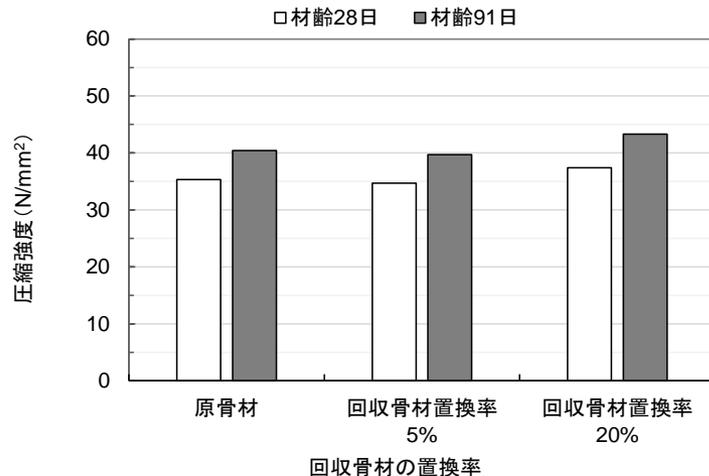
注水後、経時90分までスランプ、空気量などのフレッシュ性状へ及ぼす影響は認められない。



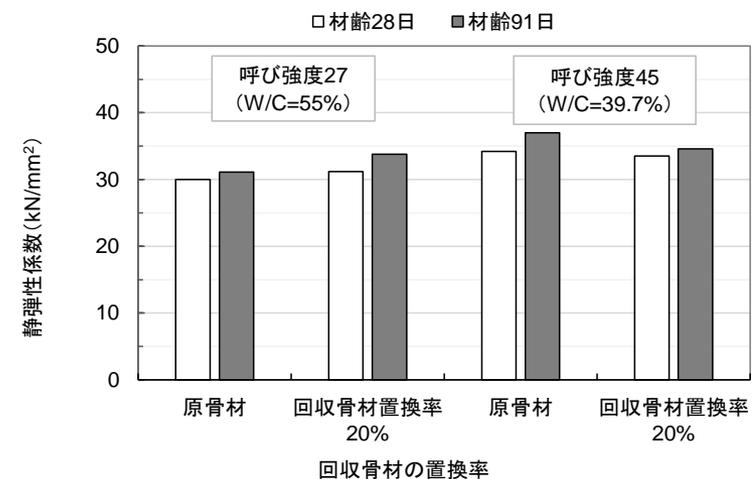
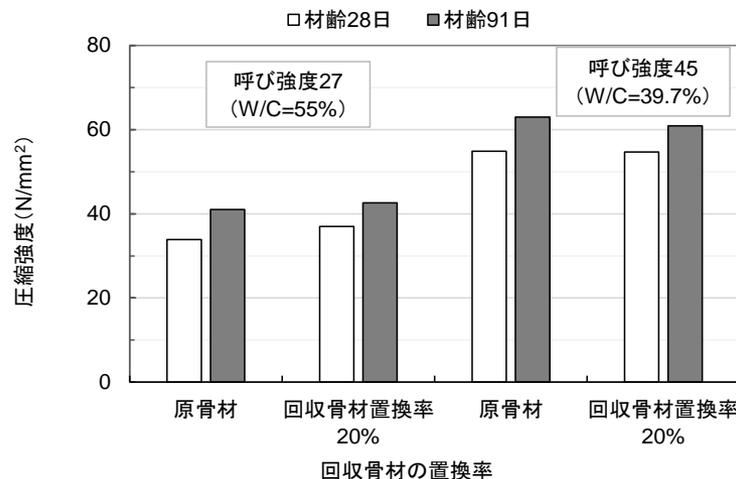
回収粗骨材の置換率(0,20%)およびW/Cとスランプ、空気量の関係

回収骨材の置換率、呼び強度の違いと力学特性の関係

回収骨材の置換率20%までの力学特性は概ね原骨材コンクリートと同程度使用する骨材の特性によっては変化する可能性があるため各工場で確認が必要



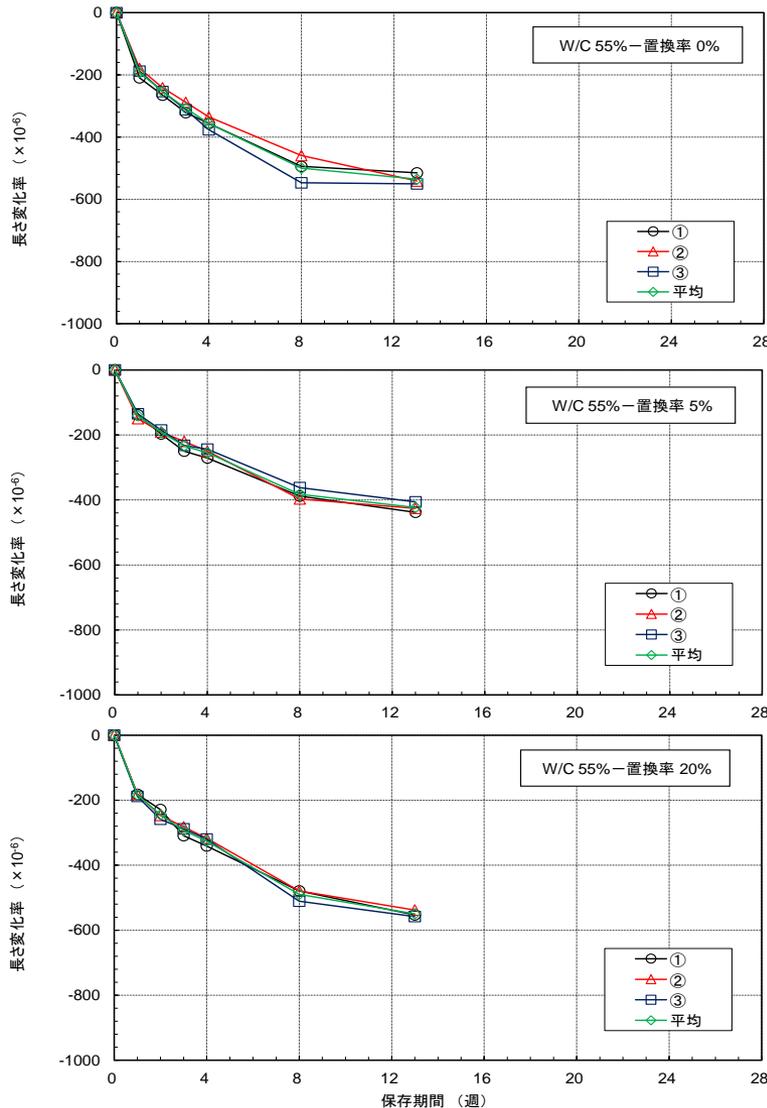
回収骨材の置換率(0,5,20%)と力学特性(圧縮強度、静弾性係数)の関係



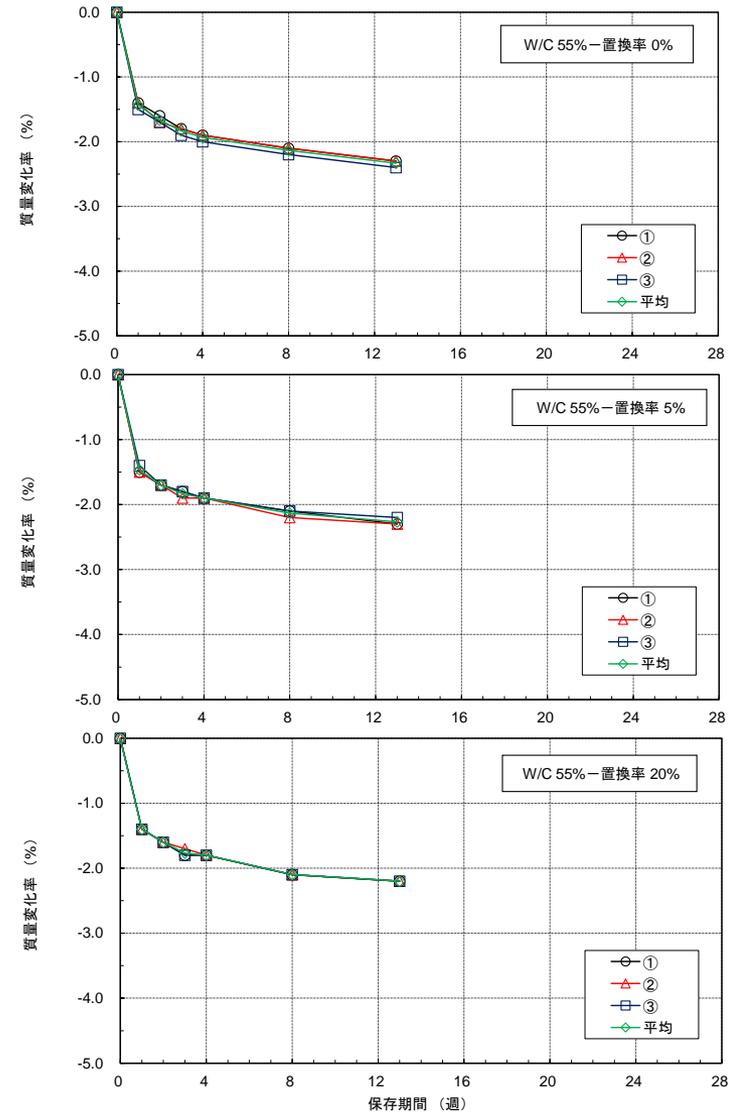
回収骨材の置換率(0,20%)、呼び強度(27,45)と力学特性(圧縮強度、静弾性係数)の関係

回収骨材の置換率と長さ変化率・質量変化率の関係

回収骨材の置換率20%までは、原骨材コンクリートと長さ変化率・質量変化率は同等



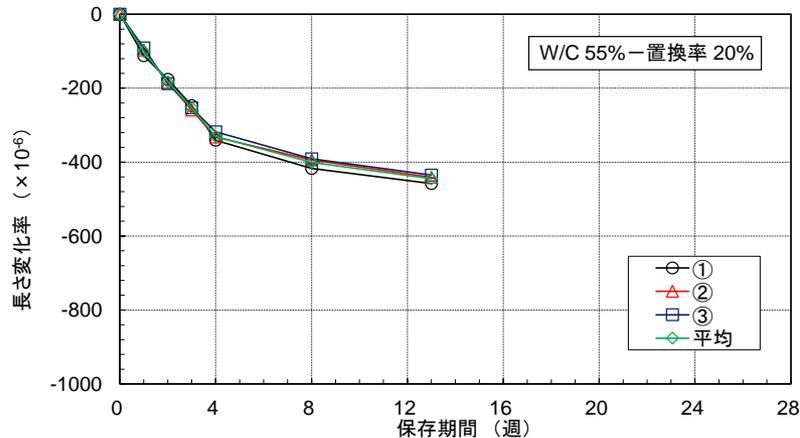
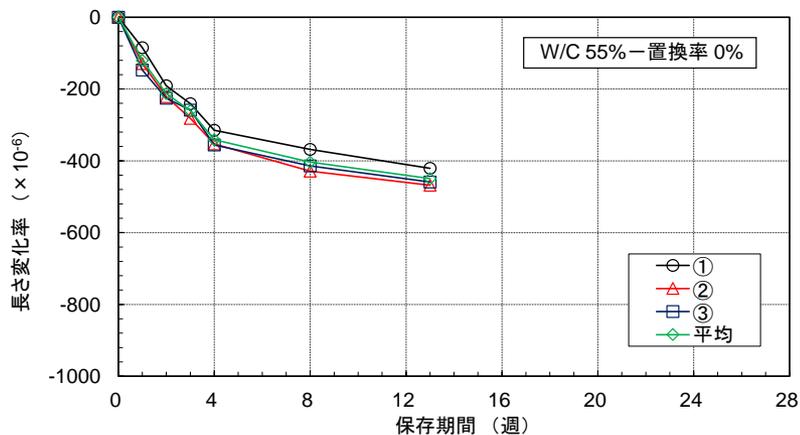
回収骨材の置換率(0, 5, 20%)と長さ変化率の関係



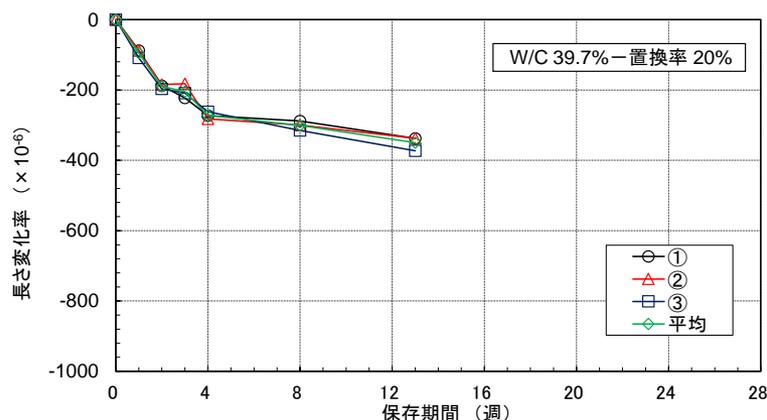
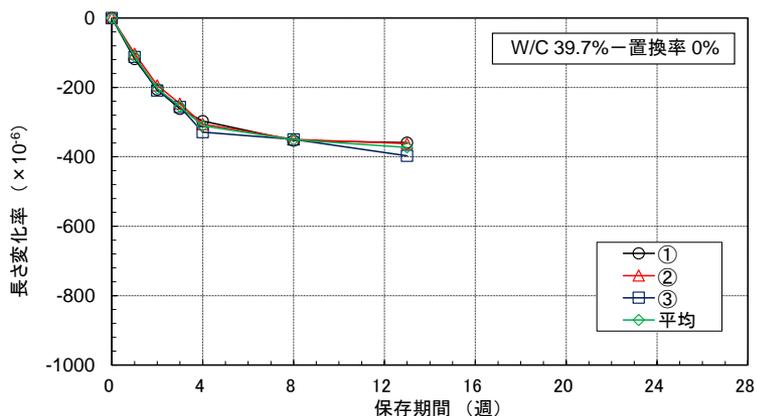
回収骨材の置換率(0, 5, 20%)と質量変化率の関係

回収骨材の置換率、呼び強度 (W/C) と長さ変化率の関係

呼び強度45まで、回収粗骨材の置換率20%の配合は原骨材コンクリートの長さ変化率、質量変化率と同等の値
回収骨材を使用した際の乾燥収縮の増加は認められない。



呼び強度27 (W/C=55%) の回収粗骨材の置換率 (0,20%) の長さ変化率



呼び強度45 (W/C=39.7%) の回収粗骨材の置換率 (0,20%) の長さ変化率

回収骨材の使用条件に関する検討

回収骨材を採取するコンクリート	JIS A 5308-2014 箇条8.5 b),c)項に定められている普通コンクリート、舗装コンクリート、高強度コンクリート
回収(洗浄)方法	JIS A 5308-2014 箇条8.5 a)項に規程される回収・洗浄方法
回収骨材の使用限度	<p><u>回収骨材の使用限度は、回収骨材を使用したコンクリートのフレッシュ性状、強度など要求されるコンクリートの品質に影響がなく、品質管理上の変動がないことを確認し設定する。</u></p> <p><u>回収細骨材は乾燥を回避して管理し速やかな使用が望ましい。</u></p> <p><u>回収粗骨材はコンクリートの品質や品質管理上の変動を確認し、1ヶ月以内を目安として使用する。</u></p>
回収骨材の品質	<p><u>回収骨材の品質は、原骨材と同等であること。原骨材のアルカリシリカ反応性が”無害でない”との判定となる場合には回収骨材のアルカリシリカ反応性も”無害でない”となる可能性がある。</u></p> <p><u>原骨材の一部にアルカリシリカ反応性が”無害でない”と判定された骨材が混合される場合は、コンクリート中のアルカリ総量が3.0kg/m³以下となるように管理する等、アルカリシリカ反応性抑制対策を行う。</u></p>
回収骨材を使用するコンクリート	回収骨材を使用するコンクリートの種類と呼び強度は、JIS A 5308-2014で規定する普通コンクリート(呼び強度45まで)とする。

回収骨材の使用条件に関する検討

回収骨材の
使用方法(A法・B法)
と置換率

回収骨材の使用方法は、JIS A 5308-2014 箇条8.5で定めるA法またはB法とする。ただし、A法については、回収骨材の原骨材への添加時に回収骨材が偏らないように工夫し、置換率が5%以下となるように添加する。B法は置換率を20%以下とし、使用する計量器の動荷重精度を勘案し、回収骨材の置換率を定める。

コルゲートサイロの一例



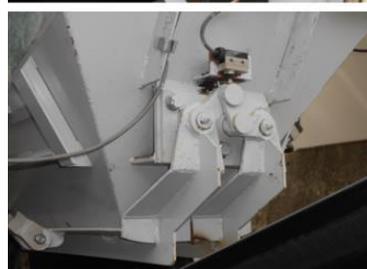
グランドホッパーへの投入例



A法の場合には、回収骨材をグランドホッパーなどに投入する。その際には、**回収骨材が偏らないように工夫する。**



A法の工場では、ベルトコンベア上に、回収骨材混入装置(例)などを設置するなどの工夫をすると、均一に混入できる。



まとめ・結論

- ▶ JIS A 5308-2014に規定する回収骨材の置換率の範囲では、原骨材を用いたコンクリートの性能と同等であり、実用上影響がないことを確認した。なお、置換率を100%とした場合は、原骨材を使用したコンクリートよりもやや性能が低下する結果となった。
- ▶ 回収骨材の粒度分布等の物性の変化も、原骨材に混合した場合には、その影響はほとんどないと考えられる。
- ▶ 回収骨材を原骨材に混合した時の回収骨材の偏在、自工場以外の未使用コンクリートの混入等の可能性については、JIS A 5308の規定の理解・遵守して回収骨材を適切に取り扱えば大きな問題はない(全国生コンクリート工業組合連合会から本検討結果を踏まえた注意事項等を各工場に周知徹底)。

上記を踏まえて、建築基準法(材料告示)における回収骨材の使用制限については、緩和することとして問題ないと考えられる。