再生骨材及び再生微粉の回収率と配合に着目した再生コンクリートの評価

太平洋コンサルタント　正会員　○高木　亮一
東京電力　非会員　吉田　武史
東京電力　正会員　鈴木　健介
東京電力　非会員　梅岡　国芳

１．はじめに

コンクリート廃材の再資源化は殆どが路盤材利用である．この路盤材に関する需給予測[1)]によると，将来コンクリート廃材の発生量が路盤材の使用量を上回るとされている．例えば，将来短期間に大量のコンクリート廃材が発生する原子力発電所の廃止措置の分野においては，路盤材以外での再生利用方法として，再生コンクリートの検討がなされている．この再生コンクリートの課題として，再生骨材を製造する際に大量に発生する再生微粉の利用が挙げられ，著者ら[2)]は細骨材置換による検討を行ってきた．そこで本研究では，再生骨材製造における再生骨材及び再生微粉の回収率が，再生コンクリートでの配合比率と同等となるような再生コンクリートの評価を行うことを目的とした．

２．再生コンクリートの製造

２．１ 再生骨材の製造

再生骨材の製造では，再生粗骨材はすりもみ磨砕処理機（TRASS）を，再生細骨材は磨鉱機（KM ポリッシャ）をそれぞれ使用した．再生骨材及び再生微粉の回収率を**図１**に示す．処理回数が増加するごとに再生粗骨材の割合が小さくなり，逆に再生微粉の割合が大きくなった．また，処理回数の増加に伴い，再生粗骨材及び再生細骨材の品質は向上していた．一般的なコンクリートの配合と比較すると，粗骨材及び細骨材の処理回数が 0 回では粗骨材の割合が多く，また 3 回では微粉の割合が多いため，それぞれの材料が余る可能性が高い．そのため，本研究では粗骨材及び細骨材の処理回数が 1 回及び 2 回の骨材を対象にした．

２．２ 再生コンクリート配合の選定

再生骨材及び再生微粉の回収率が配合比率と同等になるようにするためには，再生骨材の製造で発生する微粉の利用が必要不可欠である．そこで，再生微粉をセメント原料として処理し，更に細骨材代替として用いた．

使用材料を**表１**に示す．なお，再生セメントにはセメント 1t 当り再生微粉を 100kg 以上使用し，セメント化合物の含有量は C_3S:47.8%，C_2S:29.5%，C_3A:9.1%，C_4AF:9.4%であった．これらは定量分析結果及び Bogue 式を用いて算出した．

表１　使用材料

材料及び種類		記号	備考
水		W	上水道水
再生セメント		RC	密度：3.19g/cm³、
フライアッシュ		FA	Ⅱ種、密度：2.32g/cm³
再生微粉		—	再生細骨材及び粗骨材製造の際に発生した微粉
骨材	細骨材	S①	処理一回再生細骨材 M に相当 表乾密度：2.40g/cm³、吸水率：6.87%
		S②	処理二回、再生細骨材 M に相当 表乾密度：2.52g/cm³、吸水率：3.94%
		S	砕砂、表乾密度：2.64g/cm³、吸水率：0.98%
	粗骨材	G①	処理一回、再生粗骨材 M に相当 表乾密度：2.48g/cm³、吸水率：4.10%
		G②	処理二回、再生粗骨材 H に相当 表乾密度：2.56g/cm³、吸水率：2.29%
		G	砕石、表乾密度：2.72g/cm³、吸水率：0.64%
混和剤		AE	空気量調整剤

表２　試験水準

記号	細骨材	粗骨材	再生微粉 細骨材代替	s/a(%)
①P	S①	G①	○	45.0
①	S①	G①	－	55.0
②P	S②	G②	○	45.0
②	S②	G②	－	55.0
N	S	G	－	43.1

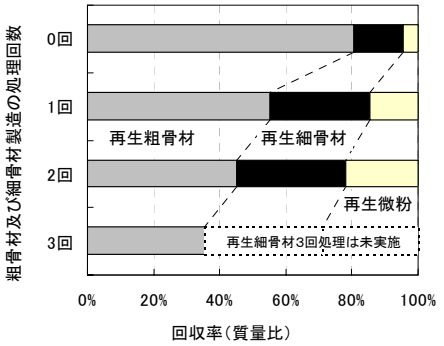

図１　再生骨材及び再生微粉の回収率

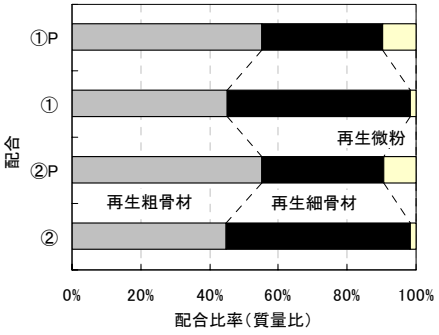

図２　再生骨材及び再生微粉の配合比率

キーワード　コンクリート廃材，再生コンクリート，再生骨材，再生セメント，再生微粉
連絡先　〒285-0802　株式会社太平洋コンサルタント　電力・原子力技術部　TEL:043-498-3859

試験水準を**表２**に示す．配合は，水粉体比（W/P（RC+FA））60%，単位水量 165kg, 単位セメント量 264kg, 単位フライアッシュ量 66kg（全粉体量の 20%）を固定し，目標スランプ（12±2.5cm），目標空気量（4.5±1.5%）の範囲内に収まるように細骨材率, 混和剤の量を調整した．なお，昨年の報告[2)]を参考にし，再生微粉は細骨材代替として細骨材の容積比で 20%を置換した．

再生コンクリート中の再生骨材及び再生微粉の配合比率を**図２**に示す．再生微粉をセメント原料のみの使用にとどめた①及び②では細骨材の比率が高かった．再生微粉をセメント原料として使用し，更に細骨材代替として使用した①P では再生骨材及び再生微粉の回収率と，再生コンクリートの配合比率とが同等となるような再生コンクリートを製造できた．①及び②では細骨材の比率が高かったが，再生微粉を細骨材代替として用いると粘性が向上する[3)]ことで，①P 及び②P では細骨材の比率が低減され，再生骨材及び再生微粉の回収率に近づけることができたと考えられる．

３．コンクリート試験

試験項目及び試験方法を**表３**に示す．

コンクリートのフレッシュ性状を**表４**に示す．ブリーディング率は N が 3.06%で最も多く，逆に①P は 0.34%と最も少なかった．普通骨材よりも再生骨材を使用した水準で，再生微粉を使用しなかった水準より使用した水準で，それぞれブリーディングは少なかった．

コンクリートの静弾性係数と圧縮強度の関係を**図３**に示す．圧縮強度は②が 30.7N/mm^2 と最も大きかった．微粉の影響により最大で 5N/mm^2 程度圧縮強度が低くなった．図中には NewRC 式を記載しており，概ね圧縮強度と静弾性係数の関係はこの値と一致していた．

長さ変化試験結果を**図４**に示す. 材齢 56 日において N に比べ①P, ②P, ②は 150×10^{-6} 程度大きく，①は更に 120×10^{-6} 程度大きかった．再生骨材を使用した水準は普通骨材に比べ長さ変化率は大きかった．

再生コンクリートの評価を**表５**に示す．普通コンクリートに比べ，再生コンクリートのフレッシュ性状及び強度性状はほぼ同等であるが，長さ変化に関しては若干劣っていた．なお，再生微粉がコンクリートの諸性状に及ぼす影響は少なかった．

４．まとめ

再生骨材の処理回数を少なくし，再生微粉を細骨材代替として用いることで，再生骨材製造における再生骨材及び再生微粉の回収率が，再生コンクリートの配合比率と同等となるような再生コンクリートが製造可能であった．また，このコンクリートは一般的なコンクリートと比較し，フレッシュ性状及び強度性状は同等で，長さ変化に関しては若干劣っていたが，汎用的に使用できるコンクリートであったと考えられた．

謝辞：再生骨材の製造に協力頂いた小野田ケミコ㈱・関西マテック㈱・太平洋セメント㈱に感謝いたします．

表３　試験項目及び試験方法

試験項目		試験方法
フレッシュ	スランプ	JIS A 1101 に準拠
	空気量	JIS A 1128 に準拠
	ブリーディング	JIS A 1123 に準拠
強度性状	圧縮強度	JIS A 1108 に準拠
	静弾性係数	JIS A 1149 に準拠
耐久性	長さ変化	JIS A 1129-2 に準拠

表４　フレッシュ性状

記号	スランプ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング率(%)
①P	12.5	4.2	0.34
①	12.0	4.8	1.72
②P	14.5	4.5	0.72
②	17.5	3.5	1.70
N	11.5	4.3	3.06

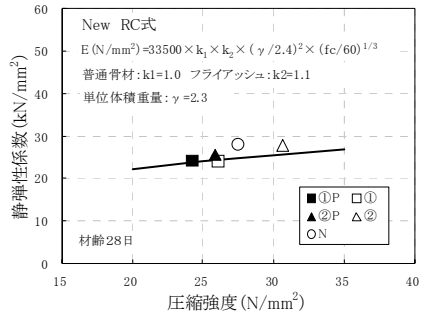

図３　静弾性係数と圧縮強度の関係

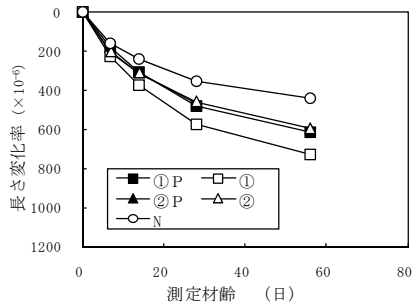

図４　長さ変化試験結果

表５　再生コンクリートの評価

記号	回収率と配合比率の関係	フレッシュ性状	強度性状	長さ変化
①P	ほぼ同等	◎	△	△
①	微粉及び粗骨材が余剰	○	○	△
②P	微分が余剰	◎	○	△
②	微粉及び粗骨材が余剰	○	◎	△

◎：普通コンクリートよりも優れている
○：普通コンクリートとほぼ同等
△：普通コンクリートより若干劣る

【参考文献】 1）渋谷和俊ほか：再生路盤材の需給バランスの予測，土木学会第 63 回年次学術講演会
2）鈴木健介ほか：再生骨材副産微粉の細骨材置換利用に関する実用化研究　その１　本研究の位置付け及び微粉利用技術の現状，土木学会第 64 回年次学術講演会
3）小川秀夫ほか：再生骨材副産微粉の細骨材置換利用に関する実用化研究　その２　微粉混合コンクリートの諸特性評価室内試験，土木学会第 64 回年次学術講演会