

再生粗骨材を砕石に置換使用したコンクリートの性質に関する一実験

(財) 建材試験センター 柳 啓 日大生産工 笠井 芳夫
新茨城レミコン(株) 福部 聡 立石建設(株) 細野 知之

1 まえがき

(財) 建築業協会の研究に始まり、建設省総プロの研究成果等を含め、都合30数年間に渡る再生骨材及び再生骨材コンクリートの研究が実を結びつつある。

まず、2005年にJIS A 5021(高品質再生骨材H)が骨材規格として制定された。

次いで、2006年には、JIS A 5023(再生骨材Lを用いたコンクリート)がコンクリート規格として制定された。

更に、現在審議中ではあるが、(再生骨材Mを用いたコンクリート)についても、コンクリート規格として制定される見込みとなっている。

これらの3規格が、JIS A 5308(レディーミクストコンクリート)をはじめとして、建築学会標準仕様書JASS5、土木学会示方書等に引用されることによって、再生骨材及び再生骨材コンクリート使用が拡大してゆくものと期待される。

ここでは、上記の観点から再生粗骨材を対象に、生コンクリート工場において使用頻度が高い石灰石砕石に再生粗骨材を置換使用したコンクリートのフレッシュ性状、圧縮強度及び静弾性係数について、再生骨材コンクリートの専用工場において実機による検討実験を行ったのでその結果について報告する。

2 実験方法および測定方法

(1) 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメント(密度: 3.16g/cm^3)を使用した。粗骨材は再生粗骨材¹⁾(東京建設廃材処理協同組合葛西

工場製)及び石灰石砕石(津久見産)を細骨

材は山砂(万田野産)を使用した。混和剤は、AE減水剤標準型種、練混水は東京都上水道水を使用した。骨材の物理的性質を表-1に示す。

表-1 骨材の物理的性質

骨材種類	記号	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	粗粒率 (FM)
石灰砕石	NG	2.61	1.76	6.64
再生骨材	RG	2.30	5.20	6.55
山砂	NS	2.57	2.06	2.65

(2) コンクリートの調合

表-2にコンクリートの調合条件を示す。水セメント比は、50%及び60%の2水準、石灰石砕石に対する再生粗骨材の置換率は0%を含め4水準とした。

表-2 調合条件

粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	再生粗骨材置換率 (%)
20mm	50, 60	19.5	4.5	0, 30, 50, 100

(3) 練り混ぜ、打ち込み及び養生

a. 実験 (試験室における練り混ぜ)

容量 0.1m^3 傾胴型ミキサを使用し、1バッチ40リットルを練り混ぜた。練り時間は3分間とした。JIS A 1115、1132、1138に従って試料採取、打ち込み等を行った。

b. 実験 (実機における練り混ぜ)

容量 2m^3 強制2軸型ミキサを使用した。練り時間は60秒間とし、 2m^3 練り混ぜたのち、小型トラックアジテータ車に積載した。所定時間アジテートしたコンクリートを、実験同様に試料採取、打ち込み等を行った。供試体の養生は標準水中養生とした。

Experimental Study on Physical Property of Concrete by Using Recycled Aggregates.
- Compressive strength, Resistance to Freezing and thawing etc., -

Kei YANAGI, Yoshio KASAI, Satoshi FUKUBE and Tomoyuki HOSONO

(4) 試験項目及び方法

コンクリートの種類と試験項目を表-3に示す。また、試験方法は下記に示す。

表-3 コンクリートの種類と試験項目

練り混ぜ・打ち込み	W/C (%)	置換率 (%)	圧縮静弾性係数	乾燥収縮	凍結融解	促進中性化
	50, 60	0, 30, 50, 70, 100		×		×
	50, 60	0, 30, 50, 100				

- 圧縮強度試験 (JIS A 1108) 及び静弾性係数試験 (JIS A 1149) を材齢 7 日、28 日及び 365 日に行った。
- 乾燥収縮試験 (JIS A 1129-1) を乾燥期間 21 週まで実施した。
- 凍結融解性試験 (JIS A 1148) は凍結融解 300 サイクルをこえるまで行った。
- コンクリートの促進中性試験 (JISA1153) を促進期間 26 週まで実施した。中性化深さの測定は、JISA1152 に従って行った。

4 実験結果および検討²⁾

(1) コンクリートの調合結果等

コンクリートの調合を表-4に、スランプ及び空気量の測定結果を表-5に示す。表-4から、再生粗骨材 (R.G) を石灰石砕石 (N.G) に置換すると、セメント比に係わらず置換率に比例して単位水量が増加した。又、細骨材率も置換率が大きくなるとともに若干増える傾向を示した。置換率100%では、置換率0%の石灰石コンクリートに比べ、5~7%程度単位水量を多く必要とした。

表-5から、スランプは、W/C50%、置換率100%の16.5cmを除き、実験及び実機共に目標値の±2.0cmの範囲にあった。また、空気量については、4.0%から5.8%の値を示し、目標値の±1.5%の範囲にあった。

表-4 コンクリートの調合

w/c (%)	置換率 (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	N.S	N.G	R.G
50	0	45.5	181	362	786	955	-
	30		185	370	778	662	259
	50	46.0	187	374	783	468	424
	70		189	378	778	279	590
	100		190	380	786	-	835
60	0	46.5	180	300	828	968	-
	30	47.0	184	307	820	673	261
	50		186	310	825	473	431
	70	47.5	188	313	823	282	600
	100		192	320	823	-	842

表-5 スランプ及び空気量測定結果

W/C (%)	置換率 (%)	実験 : 試験室		実験 : 実機	
		スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
50	0	20.0	5.7	19.5	5.8
	30	19.0	4.7	20.5	4.1
	50	19.5	4.9	18.5	4.0
	70	20.0	5.0	-	-
	100	16.5	4.9	17.5	4.8
60	0	20.0	5.4	19.5	4.2
	30	19.5	4.8	19.0	5.6
	50	20.0	5.2	20.0	4.8
	70	20.5	4.7	-	-
	100	20.0	4.7	19.0	4.4

(2) 圧縮強度

圧縮強度試験結果を表-6、図-1~図-2に示した。再生粗骨材を置換すると、圧縮強度は変化した。

表-6 圧縮強度試験結果

W/C (%)	実験	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)				
			0%	30%	50%	70%	100%
50		7	28.6	32.1	31.3	30.8	31.4
		28	33.9	38.1	37.7	36.8	37.3
		365	44.5	48.3	47.9	45.4	46.6
		7	25.3	26.2	26.0	-	27.3
		28	31.8	34.8	33.3	-	33.7
		365	39.0	41.4	40.1	39.6	37.9
60		7	24.9	25.6	24.9	25.6	24.3
		28	31.6	32.6	31.6	31.3	30.5
		365	39.0	41.4	40.1	39.6	37.9
		7	23.1	21.1	21.1	-	22.6
		28	29.2	26.1	26.9	-	28.8
		365	39.0	41.4	40.1	39.6	37.9

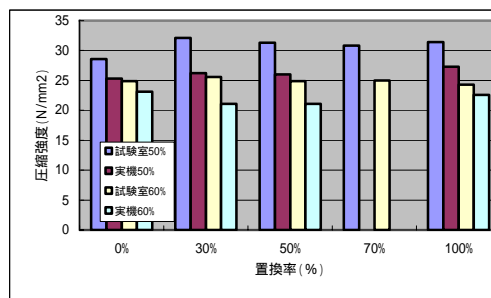


図-1 圧縮強度試験結果 (実験、実機 : 材齢7日)

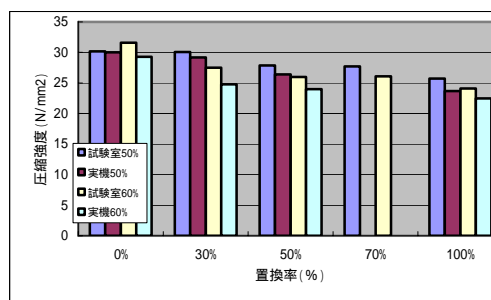


図-2 圧縮強度試験結果 (実験、実機 : 材齢28日)

W/C50%の場合、置換率にかかわらず圧縮強度は、置換しない場合の3～12%の範囲で大きくなった。W/C60の場合は、実験と実験とで異なる傾向を示した。

実験では、置換率が30,50,70%では置換0%に対し、0～6%の範囲で圧縮強度が大きく、置換率100%では、2,3%小さくなった。実験では、何れに置換率の場合も置換率0%に比べ-2～-11%を示し、再生粗骨材の置換に伴って圧縮強度が小さくなった。

また、実験と実験を比べてみると、実験(実機)は実験(試験室)の85～91%の値を示し、約1割程度小さくなる傾向を示した。

(3) 静弾性係数

静弾性係数試験結果を表-7、図-3及び図-4に示す。

静弾性係数は、圧縮強度と同様に、W/Cが小さいほど大きく、且つ、材齢と共に大きくなる傾向を示すと共に、再生粗骨材の置換率が大きいほど、小さくなる傾向を示した。また、試験室と実機では、同一調合であっても試験室で作製した供試体の方が静弾性係数が10%程度大きい値となった。これは、ミキサの容量・型式、コンクリートの練混時間等が影響しているものと考えられるが、本実験の範囲では明らかに出来なかった。

表-7 静弾性係数試験結果

W/C (%)	実験	材齢 (日)	静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)				
			0%	30%	50%	70%	100%
50	試験室	7	29.8	29.7	27.3	26.1	23.8
		28	30.2	30.1	27.9	27.7	25.7
		365	33.9	33.3	31.5	29.8	28.1
	実機	7	27.3	26.3	24.1	-	21.7
		28	30.0	29.2	26.4	-	23.7
		365	33.1	30.6	28.3	27.9	26.1
60	試験室	7	29.6	26.2	23.9	23.3	19.9
		28	31.6	27.5	26.0	26.1	24.1
		365	33.1	30.6	28.3	27.9	26.1
	実機	7	25.9	21.7	22.0	-	19.8
		28	29.3	24.8	24.0	-	22.5
		365	33.1	30.6	28.3	27.9	26.1

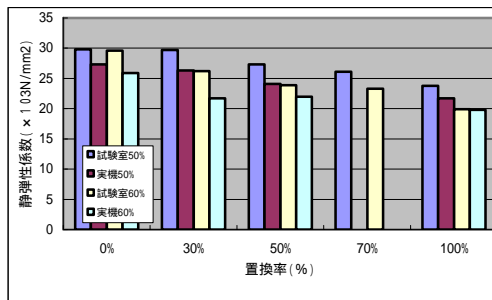


図-3 静弾性係数 (実験、実機; 材齢7日)

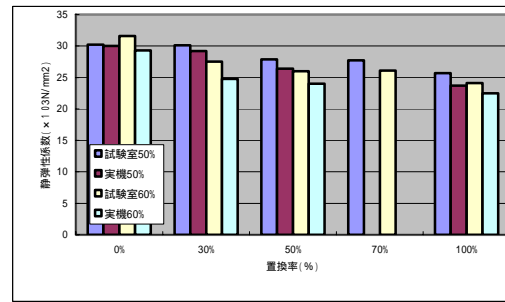


図-4 静弾性係数 (実験、実機; 材齢28日)

(4) 乾燥収縮

乾燥期間21週における長さ変化及び質量測定結果を表-4に示す。長さ変化率は再生粗骨材の置換率に比例して大きくなり、置換率100%では、置換率0%の1.75～1.96倍に達した。また、質量減少率も同様に1.33～1.56倍であった。

表-8 乾燥収縮試験結果 (実験、実機)

置換率 (%)	長さ変化率 × 10 ⁻⁴		質量減少率%	
	W/C 50%	W/C 60%	W/C 50%	W/C 60%
	0	-4.94	-5.53	2.5
30	-6.97	-6.92	3.1	3.8
50	-7.86	-7.40	3.0	4.2
100	-9.66	-9.68	3.9	4.4

(5) 耐凍結融解性

図-5～図-10に凍結融解試験結果の一例を示す。(実験、実機; W/C60%)また、実験及び実験の耐久性指数をまとめて図-9に示した。再生粗骨材の置換率が大きくなるほど、W/Cが大きいほど耐久性指数は小さくなる傾向を示した。また、試験室と実機では、実機の耐久性指数が10～30%程度小さい値となった。耐久性指数80%以下になったコンクリートは、実験では、W/C60%・置換率100%のみであり、実験では、W/C50%・置換率100%、W/C60%・置換率50、100%の場合であった。図-10に質量減少率を示した。W/Cが大きいほど、置換率が大きくなるほど質量減少率は大きくなる傾向を示した。

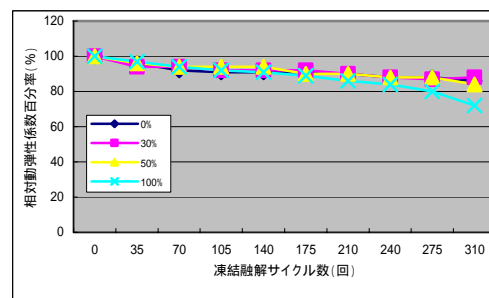


図-5 相対動弾性係数 (実験、実機; W/C60%)

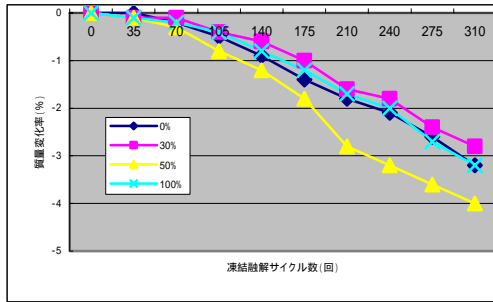


図-6 質量変化率 (実験 : W/C60%)

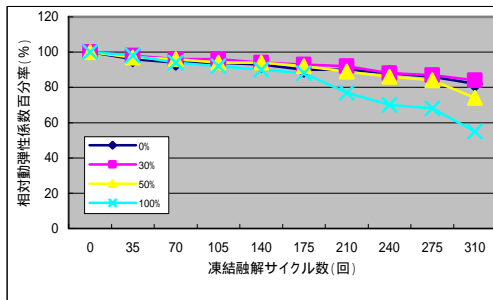


図-7 相対動弾性係数 (実験 : W/C60%)

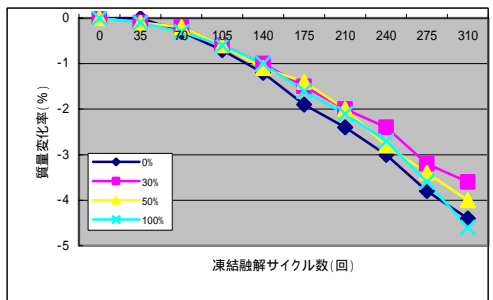


図-8 質量変化率 (実験 : W/C60%)

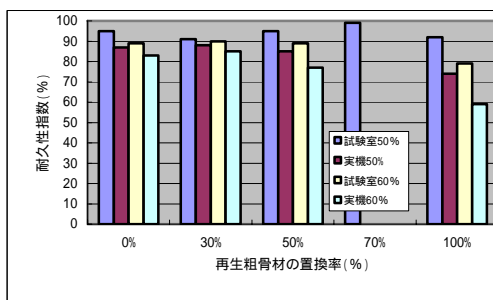


図-9 耐久性指数 (実験、実験 : 全体)

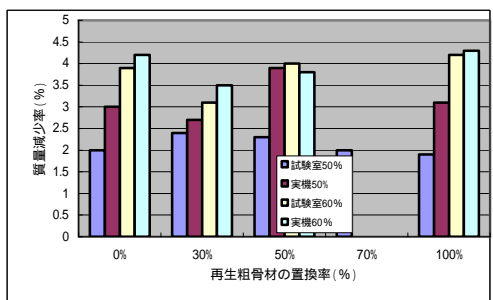


図-10 質量減少率 (実験、実験 : 全体)

(6) 促進中性化

図-11及び図-12に中性化深さ測定結果を、表-9に中性化速度係数をまとめて示した。中性化

速度係数は、W/C60%がW/C50%より大きな値を示したが、再生粗骨材の置換率の影響は特に認められない結果となった。

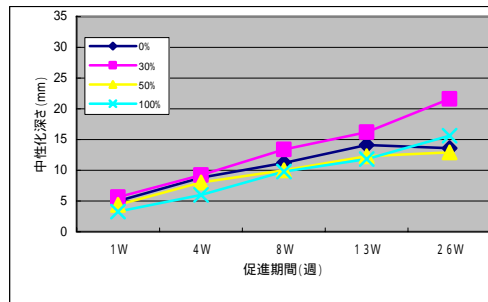


図-11 中性化深さ (実験 : W/C50%)

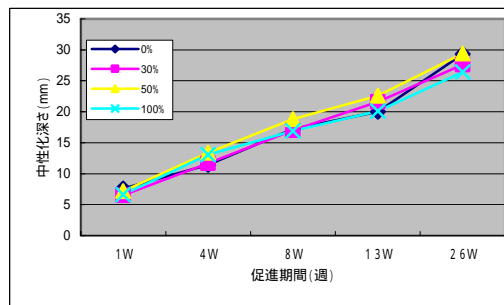


図-12 中性化深さ (実験 : W/C60%)

表-9 中性化速度係数 (実機 : W/C50, 60%)

置換率 (%)	中性化速度係数 (mm/ week)	
	W/C 50%	W/C 60%
0	2.7	5.7
30	4.2	5.4
50	2.5	5.8
100	3.1	5.2

5 まとめ

以上、再生粗骨材を石灰石砕石に置換使用したコンクリートの圧縮強度、静弾性係数、乾燥収縮、凍結融解及び促進中性化について実験検討した結果の概要について述べた。本実験は、「再生コンクリート検討委員会(委員長: 笠井芳夫日本大学名誉教授)」の検討課題として実施したものである。ここに関係各位に対し謝意を表する次第です。

「参考文献」

- 1) 柳、福部、飛坂：実機プラントで製造した再生コンクリートのスランプ及び空気量の経時変化、建材試験情報1、97、pp.6~10
- 2) 笠井、阿部、柳：再生コンクリートの諸物性に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集 50、1996.12、pp.802~807

