

[23] 再生コンクリートの舗装への利用に関する実験

正会員 福田 萬大 (大成道路 技術研究所)
 正会員 ○ 中丸 貢 (大成道路 技術研究所)

1 まえがき

コンクリート構造物の解体に伴って発生するコンクリート廃棄物は、これまで、擁壁の裏込め、割栗石等への利用の他は、大部分、埋立て等に投棄されてきたようであるが、近年、特に都市部においては、これの廃棄場所を確保する事も困難となり、処理方法に困窮しているのが現状である。そこで、これをクラッシャーにより破碎し再度骨材として利用する事は、コンクリート廃棄物処理問題の1解決策として、また省資源、省エネルギーの面からも有意義な事であると思われる。

再生骨材の舗装への利用方法としては、路盤材料、舗装用コンクリート材料、アスファルト舗装材料等考えられるが、我が国における利用実績は、現在の所、わずかに路盤材料として使われているにすぎない。一方、欧米では、再生骨材や骨材規格に適合しない低品質骨材をリーコンクリート(貧配合コンクリート)に利用し、これをコンクリート舗装やアスファルト舗装のセメント安定処理路盤として用いたり、また、複合コンクリート舗装(下層にリーコンクリートを打設し直ちに普通コンクリートを一体に打継ぐ舗装)の下層コンクリートとして用いる方法も検討されている²⁾。

本報告は、再生骨材を用いた再生コンクリートの諸性質の一部として、曲げ強度、圧縮強度およびヤング率、乾燥収縮、凍結融解に対する耐久性、すりへり抵抗性について実験的に求め、既往の実験結果と比較検討するとともに、再生コンクリートの舗装への適用について若干の検討を行った結果を述べたものである。

2 実験方法

2-1 使用材料および再生コンクリートの配合

実験に用いた再生骨材は、コンクリート廃棄物をクラッシャーにより破碎し生産販売しているものをベルトコンベアから採取したもので、5mmふるいで分級し再生細骨材および再生粗骨材として使用した。再生骨材の主な品質を表-1、図-1に示す。また、比較用として富士川産の川砂(比重2.62、粗粒率2.81)および川砂利(比重2.66、最大寸法25mm)、セメントは普通ポルトランドセメント(比重3.16)、混和剤は減水剤(リグニン系)およびAB剤を使用した。なお、表中使用規準(案)とは、(財)建築業協会建設廃棄物処理再利用委員会にて提案された「再生骨材および再生コンクリートの使用規準(案)⁴⁾」を指し、本実験ではこの使用規準(案)に適合した品質の再生骨材を使用した。

骨材の組み合わせおよび配合は表-2に示すとおりで、粗骨材には全て再生粗骨材を用い、細骨材は天然細骨材に再生細骨材を容積比で0%、50%および100%置き換えた場合と、比較用として天然細粗骨材を用いたものの4種類を行った。なお、実験は2シリーズに分けて行ったものである。

表-1 再生骨材の主な品質

試験項目	再生細骨材(5mm未満)		再生粗骨材(5mm以上)	
	試験値	使用規準(案)	試験値	使用規準(案)
比重	表乾	2.25	—	2.10
	飽乾	2.00	2.0以上	2.25
吸水率(%)	12.4	13以下	6.3	7以下
すりへり減量(%)	—	—	38.1	—
安定性(%)	17.2	—	16.9	—
単位容積重量(kg/m ³)	1410	—	1440	—
含水率(%)	70.4	—	63.8	53以上
洗水試験(%)	7.3	8以下	0.6	1以下
骨材の破碎試験(%)	—	—	23.5	—

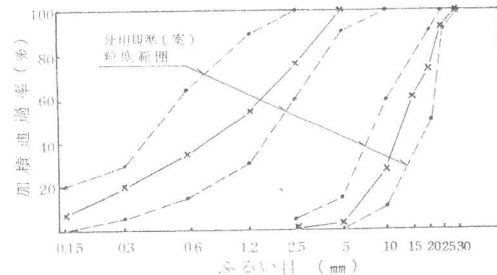


図-1 再生骨材の粒度

表 2 骨材の組み合わせおよび配合

骨材の組み合わせ		記号	再生細骨材の置き換え率 (%)	使用規章(表)による種類	空気量(%)	細骨材率 (%)	シリーズ I				シリーズ II	
細骨材	粗骨材						単位水量 (kg/m ³)		単位水量 (kg/m ³)			
				C/W		C/W		W/C		W/C		
				2.0 2.2		2.4 2.6		5.0% 6.5%				
天然	再生	NS・CG	0	I種	5+1	4.21	161	161	161	163	167	158
(天然+再生)	再生	(NS+CS)・CG	5.0	II種		4.3.9	169	169	169	171	180	173
再生	再生	CS・CG	10.0	III種		4.5.8	176	180	180	182	194	190
天然	天然	NS・NG	比較用			3.8.1	142	142	142	142	147	145

2.2 試験方法

<シリーズI>

(1) 曲げ強度は、10×10×40 cmの供試体を用い、20℃水中養生で3等分点荷重方法(スパン30 cm)により行った。

(2) 圧縮強度は、φ10×20 cmの供試体を用い、20℃水中養生とした。

<シリーズII>

(1) 圧縮強度およびヤング率は、φ10×20 cmの供試体を用い、材令1年まで20℃水中養生で、以後屋外暴露養生を行った。また、試験と同時に供試体にストレインゲージを貼付し応力と歪の関係を求め、強度の1/3での割線ヤング率を求めた。

(2) 乾燥収縮率は、10×10×40 cmの供試体を用い、材令7日まで20℃水中養生で、以後20℃、湿度60%の室内に保存しダイヤルゲージ法(1/100 mm)により長さ変化を測定した。

(3) 凍結融解試験は、10×10×40 cmの供試体を用い、材令14日まで20℃水中養生で、以後-17.8~4.4℃(1サイクル約4時間)の温度範囲で306サイクルまで水中凍結融解を繰り返し相対動弾性係数の変化を求めた。

(4) すりへり試験は、回転円板台に台形供試体を8個設置し、台を毎分100回転(20 km/H相当)の速度で回転させながらチェーン巻きタイヤを走行(接地圧2.5 kgf/cm²)させる事により供試体をすり減らせ、ダイヤルゲージ(1/100 mm)を用いてすりへり断面の平均すりへり深さを求めた。

3 実験結果

3-1 シリーズIの実験結果

(1) セメント水比と曲げ強度の関係

材令4週におけるセメント水比と曲げ強度の関係を骨材の組み合わせごとに示すと図-2のようである。比較用のNs・Ngと粗骨材のみに再生骨材を用いたNs・CGの一部で曲げ強度の増加が止まる傾向にある他は、セメント水比とともに曲げ強度はほぼ直線的に増加するのがわかる。また、どの骨材の組み合わせについてもセメント水比2.0~2.6の間で通常舗装コンクリートに使用される配合曲げ強度σ_{br}=52 kgf/cm²は得られた。

(2) 圧縮強度と曲げ強度の関係

セメント水比が2.0~2.6で、材令1週、4週および6ヶ月

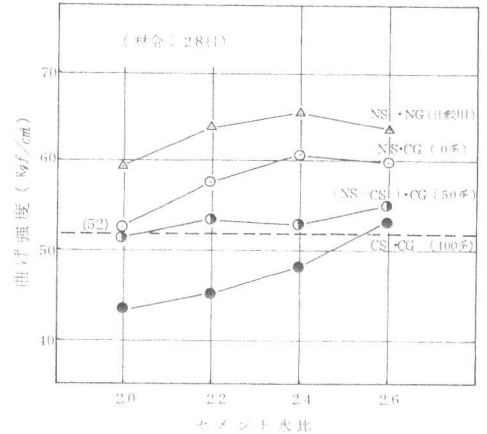


図-2 セメント水比と曲げ強度

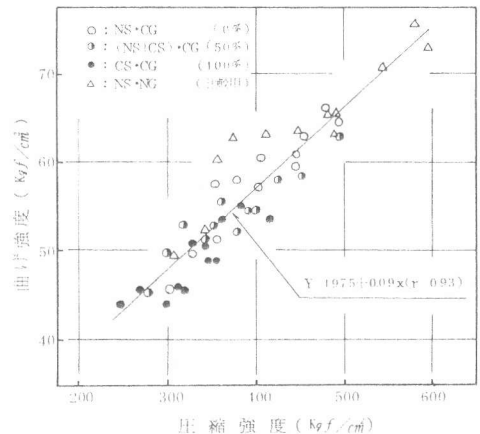


図-3 圧縮強度と曲げ強度

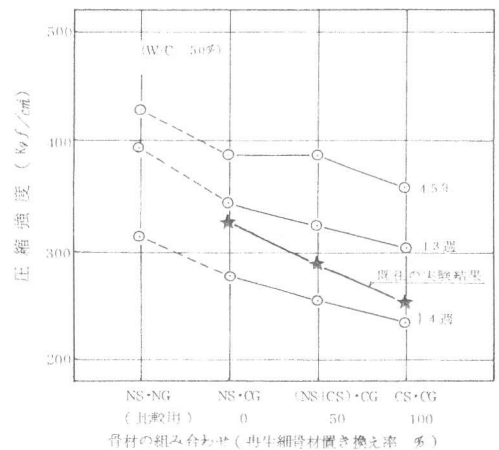


図-4 骨材の組み合わせと圧縮強度

における圧縮強度と曲げ強度の関係を図-3に示す。図から、骨材の組み合わせによらず圧縮強度と曲げ強度との間には直線関係が認められ、その比は普通コンクリートと同様に約 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{8}$ の範囲にあり、既往の実験結果ともほぼ同様の値が得られた。

3-2 シリーズIIの実験結果

(1) 骨材の組み合わせによる圧縮強度の変化

水セメント比が50%の場合について、骨材の組み合わせによる圧縮強度の変化を材令ごとに示すと図-4のようであり、材令4.5年の一部を除き、圧縮強度は再生細骨材の置き換え率が増えるに従ってほぼ直線的に低下する傾向にある。また、図には材令4週での既往の実験結果³⁾を示したが、圧縮強度が低下する傾向はほぼ同様であるものの本実験結果の方がやや小さい強度を示した。

(2) 圧縮強度とヤング率の関係

水セメント比が50%と65%での圧縮強度とヤング率の関係を図-5に示す。図から、各骨材の組み合わせごとに圧縮強度とヤング率はほぼ直線関係にあるが、同一強度に対するヤング率は、再生細骨材の置き換え率が增えるに従ってやや小さくなるのがわかる。

(3) 乾燥収縮率

水セメント比が50%と65%について骨材の組み合わせと乾燥収縮率の関係を材令ごとに示すと図-6のようであり、乾燥収縮率はどの材令でも再生細骨材の置き換え率が增えるに従ってほぼ直線的に大きくなるといえる。また、図には材令13週での既往の実験結果³⁾を示したが、これと本実験結果とはほぼ同様な傾向を示している。

(4) 凍結融解に対する耐久性

凍結融解306サイクルでの骨材の組み合わせによる相対動弾性係数の変化を水セメント比ごとに示すと図-7のようであり、いずれの場合も相対動弾性係数は再生細骨材の置き換え率が增えるに従ってほぼ直線的に低下し、その低下する割合は水セメント比が大きいほど著しい。

(5) すりへり抵抗性

テーブル回転数5万回での骨材の組み合わせによる平均すりへり深さの変化を水セメント比ごとに示すと図-8のようであり、いずれの場合も平均すりへり深さは再生細骨材の置き換え率が增えるに従ってほぼ直線的に増大し、その傾向は水セメント比が大きいほど著しい結果を示した。なお、図には、同一すりへり条件での舗装コンクリート(Gmax=40mm、スランブ2.5cm、水セメント比40%、川砂、川砂利使用)の平均すりへり深さの一例を参考として示した。

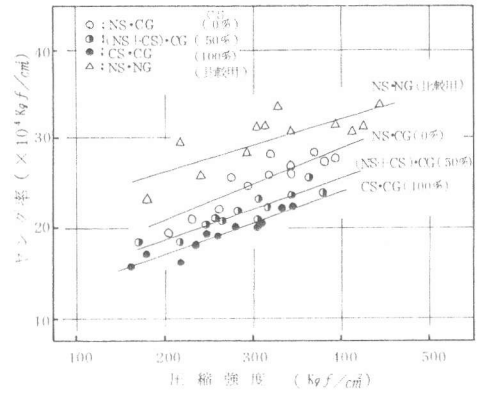


図-5. 圧縮強度とヤング率の関係

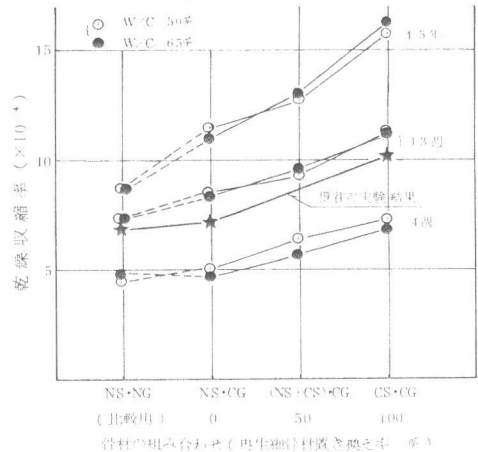


図-6. 骨材の組み合わせと乾燥収縮率

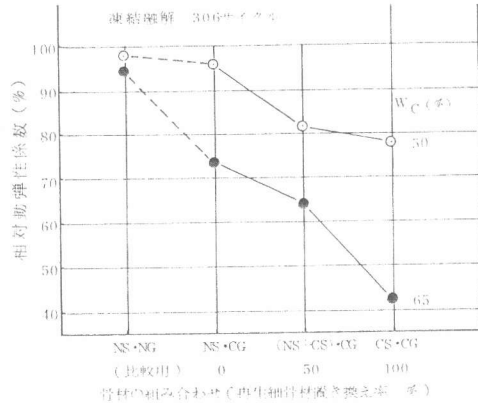


図-7. 骨材の組み合わせと相対動弾性係数

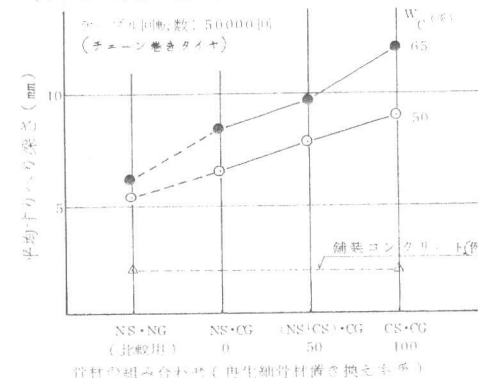


図-8. 骨材の組み合わせと平均すりへり深さ

4 再生コンクリートの舗装への適用性についての検討

再生コンクリートの舗装への適用性について、主に曲げ強度、すりへり抵抗性および経済性の面から若干の検討を行った結果を以下に示す。

(1) 舗装用コンクリートへの利用

図-2に示した再生コンクリートのセメント水比(2.0~2.6)と曲げ強度の関係から、どの骨材の組み合わせについても通常使用されている配合曲げ強度 $\sigma_{br}=5.2 \text{ kgf/cm}^2$ は得られたが、曲げ強度の変動がかなり大きいのではないかと予想される事や、また、図-8に示したすりへり抵抗性の結果から、一般道路等ですりへのり激しい場所での利用はやや疑問であると考えられるため、現時点では再生コンクリートを歩道、自転車道、

駐車場等の比較的簡易な舗装に適用し、実施工を通じて強度の変動やすりへり作用等の資料の蓄積を行なっていく事が望ましく、車道部への適用に関してはさらに今後の検討を待つべき問題であると思われる。

(2) 再生コンクリートの経済性

再生コンクリートのセメント水比と曲げ強度の関係(図-2参照)から、配合曲げ強度を $\sigma_{br}=5.2 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定した場合のコンクリートの配合を各骨材の組み合わせごとに推定し、再生コンクリート1 m^2 当りの材料単価について比較した結果を図-9に示す。図から、再生細粗骨材の1 m^2 当りの単価は、再生粗骨材100%、再生細骨材の置き換え率が0、50および100%の場合、天然骨材の単価に対してそれぞれ71%、55%および26%となり、再生細粗骨材の単価がこれ以下であれば経済的に有利となるものと想像される。

5 まとめ

本実験結果をまとめると以下のようである。

- (1) 再生コンクリートの骨材の組み合わせとしては、破碎した再生骨材の5mm未満(細骨材)は30%程度であることから、粗骨材には全て再生粗骨材を、細骨材には天然と再生の混合砂を使用する可能性が最も大きいと思われる。
- (2) 再生コンクリートの曲げ強度、圧縮強度、ヤング率、乾燥収縮率、凍結融解に対する耐久性およびすりへり抵抗性は、再生細骨材の置き換え率が増えるに従って低下する。
- (3) 再生コンクリートの圧縮強度と曲げ強度との関係は、どの骨材の組み合わせについてもほぼ直線関係にあり、圧縮強度に対する曲げ強度の値は $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{8}$ の範囲で普通コンクリートと同程度である(図-3参照)。
- (4) 再生コンクリートの圧縮強度とヤング率との関係は、各骨材の組み合わせごとにほぼ直線関係にあるが、同一強度に対するヤング率は再生細骨材の置き換え率が増えると小さくなる。
- (5) 再生コンクリートを舗装に用いる場合は、すりへり作用の少ない場所(歩道、自転車道、駐車場等)に用いるのが適当と考えられる。

<参考文献>

- 1) 笠井芳夫：コンクリート廃棄物のコンクリート用骨材としての利用 コンクリート工学 Vol 14 No.9 1976.
- 2) 松野三郎：欧米コンクリート舗装技術の動向(その1)(その2)道路とコンクリート No.55 No.56 1982.
- 3) (財)建築業協会：再生骨材コンクリートに関する研究 コンクリート工学 Vol 16 No.7 1978.
- 4) (財)建築業協会：再生骨材および再生コンクリートの使用規準(案) コンクリート工学 Vol 16 No.7 1978.

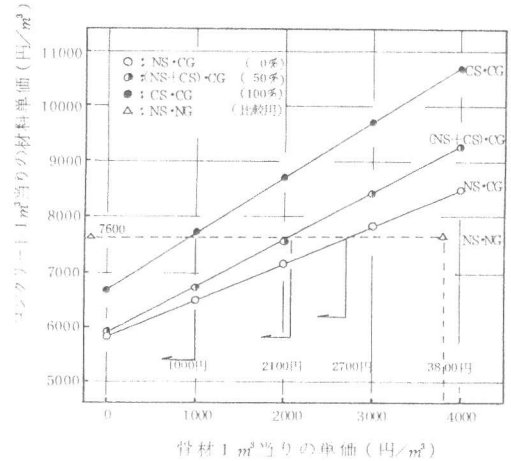


図-9. 骨材単価とコンクリートの材料単価