

再生コンクリートの力学特性に対する再生骨材品質の影響

東京都立大学 学生会員 清水 尚志
 東京都立大学 フェロー会員 國府 勝郎
 東京都立大学 正会員 上野 敦

1. はじめに

今日では、膨大なコンクリート廃材を有効に活用することが課題となっているが、強度発現などの信頼性が低いために、再生コンクリートの利用は未だに進展していない。本研究は、再生骨材の品質が再生コンクリートの力学的性能に及ぼす影響を基礎的に検討したものである。再生コンクリートの力学性状を総合的に検討するため、圧縮強度などの通常の試験のほか、破壊エネルギーを試験した。

2. 実験概要

細骨材シリーズ： 再生細骨材の品質水準（原コンクリートの強度）による再生コンクリートの強度発現性状の変化を検討した。また、普通細骨材の一部を再生細骨材によって置換した場合の強度特性の変化も検討した。

粗骨材シリーズ： 再生粗骨材の品質水準（原コンクリートの強度、破碎処理程度）による再生コンクリートの強度発現性状の変化を検討した。

使用した骨材の試験結果を表1および2に示す。なお、F1とF2を質量比8：2で混合したものを普通細骨材（F）として使用した。また、バージン骨材（VF）（VC）とは、再生骨材を製造するための原コンクリートを製造時に使用した普通骨材である。再生骨材の強度区分の高強度、中強度、低強度とは、原コンクリートの圧縮強度が、62.3N/mm²、44.3N/mm²、27.0N/mm²のものである。再生粗骨材の記号中の数字に破碎処理程度を示し、数字の回数だけ処理したことを示す。

コンクリートの配合は、水セメント比50%、スランプ8cm、空気量4.5%を目標とした。細骨材シリーズでは、粗骨材（VC）を一定とし、細骨材を、VF、D1、D2、D3とした。なお、バージン細骨材（VF）を体積で、30および60%再生細骨材（D2）で置換した場合についても試験した。粗骨材シリーズでは、

VC、A1、B1、B2、B3、C1それぞれに、普通細骨材（F）とを組み合わせ使用した。破壊エネルギーは、単位面積のひび割れを作るのに必要なエネルギー量で定義され、「切り欠き梁の3点曲げ試験によって、モルタルならびにコンクリートの破壊エネルギーを測定する方法（RILEMの試験法）」によっておこなった。ただし、供試体寸法は100×100×400mmの角柱形で、供試体の支間中央に梁の高さ1/2（50mm）の切り欠きを設け、支間300mmとした。載荷は、変位制御式載荷装置によって、変位速度0.2mm/minで行い、支間中央のたわみ（変位）をレーザー変位計によって計測し、荷重-変位曲線を求め、荷重-変位曲線で囲まれた面積を破断面の投影面積で除し、供試体自重等の補正がなされた式により破壊エネルギーを求めた。

3. 結果および考察

3-1 強度性状（曲げ強度）

細骨材シリーズにおける強度レベルの相違および普通細骨材の一部を再生細骨材によって置換した場合と

キーワード：再生コンクリート、再生骨材、破壊エネルギー

表1 骨材の物理試験結果（細骨材）

区分 (細骨材)	記号	密度g/cm ³		吸水率 %	粗粒率 F.M	セメントペ スト混入率%
		表乾	絶乾			
普通-砕砂	F1	2.64	2.61	1.16	2.90	-
普通-山砂	F2	2.58	2.51	2.7	1.51	-
普通-混合	F	2.63	2.59	-	2.62	-
バージン	VF	2.63	2.56	2.63	2.97	-
再生高強度	D1	2.32	2.12	9.53	2.77	31.1
再生中強度	D2	2.34	2.14	9.17	2.93	25.3
再生低強度	D3	2.32	2.09	11.02	3.05	22.5

表2 骨材の物理試験結果（粗骨材）

区分 (粗骨材)	記号	密度g/cm ³		吸水率 %	粗粒率 F.M	モルタル 混入率 %
		表乾	絶乾			
バージン	VC	2.66	2.64	0.69	6.73	-
再生高強度	A1	2.43	2.33	4.31	6.58	49.8
再生中強度	B1	2.41	2.29	5.13	6.62	51.3
	B2	2.44	2.33	4.50	6.69	44.6
再生低強度	B3	2.54	2.47	2.68	6.45	21.0
	C1	2.41	2.29	5.28	6.53	51.4

も、コンクリートの曲げ強度（図1）は、バージン骨材（VF）を使用した場合と比較して小さな値となった。すなわち、再生細骨材の使用により曲げ強度が低下することがわかる。粗骨材シリーズに関しては、再生粗骨材の強度レベルの増加に伴いコンクリートの曲げ強度が大きくなり、再生粗骨材の処理回数の増加に伴い、曲げ強度が増加する結果となった。しかし、バージン骨材（VC）を使用した場合と比較すると、再生粗骨材を用いたコンクリートの曲げ強度は、小さな値となった。これは、付着モルタルまたは付着界面が曲げ強度を低下させると考えられる。

3-2 破壊エネルギー

粗骨材とモルタルマトリックスの関係に着目すると、再生細骨材を用いた場合、モルタルマトリックスのひび割れ抵抗性が低く、バージン細骨材（VF）を用いた場合よりも粗骨材を迂回するひび割れが増加すると考えられる。このことにより、D2-30%、D2-60%、D2-100%およびD1と再生細骨材の使用量が増加するにしたがって、ひび割れの実面積が増えることにより破壊エネルギー（図2）が増大したと考えられる。しかし、D3（低強度）の配合に関しては、ひび割れの実面積の増大よりも、モルタルマトリックスのひび割れ抵抗性の低さによる影響が卓越したため、破壊エネルギーが減少したと考えられる。したがって、粗骨材強度とモルタル強度との関係が破壊エネルギーに影響を及ぼし、そのバランスがよいと破壊エネルギーが増大すると考えられる。また、再生粗骨材の処理回数を増やすと破壊エネルギーが増加した。これは、処理回数の増加に伴い、付着モルタル量が減少し原骨材量が増加するため、骨材破壊または旧界面破壊のいずれを生じてもひび割れの実面積が増大するためと考えられる。C1の配合に関しては、付着モルタルの強度レベルが低いため、界面ひび割れによる破壊を多く起こすことにより、ひび割れの実面積が増大し、破壊エネルギーが増加したと考えられる。すなわち、強度レベルの異なる再生粗骨材を用いた場合、それぞれの原コンクリートにおける粗骨材強度とモルタル強度の関係が再生コンクリートに影響していると考えられる。なお、再生粗骨材を用いたコンクリートの破壊エネルギーは、バージン骨材（VC）を用いた場合と比較して小さな値となった。これは、原骨材量が少ないため、骨材破壊または旧界面破壊のいずれを生じてもひび割れの実面積が減少するためと考えられる。しかし、処理回数を増やすこと、および再生粗骨材と新モルタルとの強度バランスを考慮することによって破壊エネルギーを増大させることができると思われる。

4. まとめ

- (1) 再生細骨材コンクリートの強度特性値（圧縮強度、引張強度、曲げ強度）は、普通骨材コンクリートよりも低下した。また破壊エネルギーは、粗骨材強度とモルタル強度との関係が影響を及ぼし、そのバランスがよいと普通骨材コンクリートよりも増加する場合があり、破壊靱性を向上させることもできる。
- (2) 再生粗骨材コンクリートの強度特性値（圧縮強度、引張強度、曲げ強度）は、普通骨材コンクリートよりも低下する傾向がある。また破壊エネルギーは、普通骨材コンクリートよりも低下しやすい。しかし、処理回数を増やすと普通骨材コンクリートの破壊靱性に近づく。なお、強度レベルが異なる場合は、それぞれの原コンクリートの破壊性状の影響が現れやすい。

本研究は、日本学術振興会未来開拓学術研究プロジェクト96R07601（代表者：長瀧重義）の一環で行ったものであることを記し、謝意を表す。

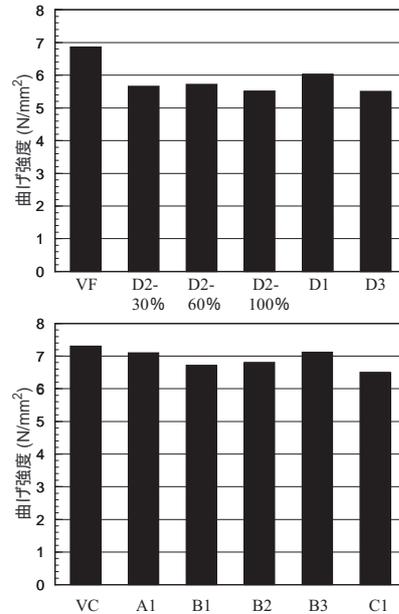


図1 曲げ強度

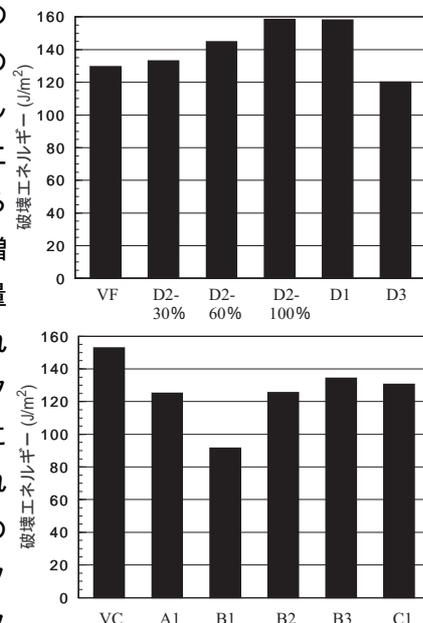


図2 破壊エネルギー