

広島産再生骨材を用いた RC 部材の力学特性

広島大学大学院
オリエンタル建設株式会社
広島大学大学院

学生会員
正会員
正会員

○曾我部 貴久
長谷川 泰聰
佐藤 良一

1. 背景・目的

再生骨材は路盤材等の品質の高くない部分に利用されることが多い。RC 構造物への再利用が拡大すると省資源、省エネルギーに貢献すると思われる。そこで、広島県内のホテルをはじめ、不特定の構造物から採取される一次破砕レベルの再生粗骨材、水セメント比 63%のコンクリートから作製した再生骨材、天然骨材を用いた RC 部材の力学特性をそれぞれ比較検討する。

2. 実験概要

骨材試験は JIS 規格に従い行った。モルタル付着率試験については塩酸による溶解法によって行った。配合は全て水セメント比を 60%とし、骨材の組合せは、広島産再生粗骨材と小笠産陸砂(HI-CRC)，水セメント比 63%のコンクリートから作製した再生粗骨材と相模産川砂 (CRC60)，青梅産碎石と相模産川砂 (VC1)，岩瀬産碎石と小笠産陸砂 (VC2) とした。いずれも RC の載荷試験前日まで湿潤養生とした。VC 1 と CRC60 は材齢 90 日前後、VC2 と HI - CRC は材齢 30～41 日で RC の載荷試験を行った。

RC の供試体寸法を図-1 に示す。RC せん断供試体については主鉄筋の支点、せん断スパン中央、載荷点の位置にひずみゲージを貼付した。RC 曲げ試験の載荷方法は繰り返し載荷、RC せん断試験については破壊時まで単調載荷を行った。

材料の強度特性を検討し、RC はりの曲げ供試体はひび割れ幅・間隔、曲げ耐力、靱性、せん断供試体は斜めひび割れ発生荷重、せん断耐力、主鉄筋のひずみに着目して検討した。

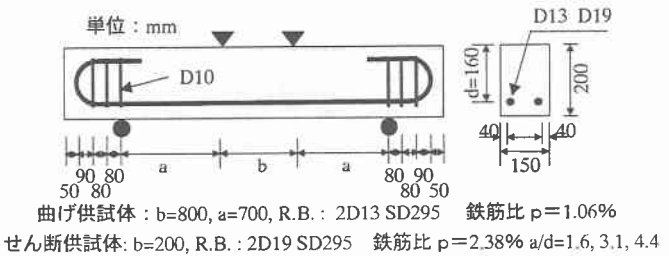


図 - 1 供試体概要

3. 結果と考察

3.1 骨材試験結果

表-1 に骨材試験の結果を示す。広島産再生粗骨材は水セメント比 63%のコンクリートから作製した粗骨材(CR - 60)と、吸水率に関してはほぼ同等である。比重に関してはそれ以上となった。

また、どちらも JIS 規格を満足しないものであった。

3.2 コンクリートの強度試験結果

表-2 に載荷時における強度物性を示す。圧縮強度、ヤング係数、割裂引張強度について使用材料により値がばらつくが、湿潤状態において再生粗骨材を用いたことによる低下はあまりないといえる。

3.3 RC の曲げ特性

表-3 に使用状態（鉄筋応力=200N/mm²）、表-4 に塑性状態における曲げ性状を示す。δ はたわみ、l はひび割れ間隔、w はひび割れ幅で、Exp は実験値、Cal. J は土木学会式¹⁾による計算値、Cal. B はブランソン式による計算値である。l max は最大ひび割れ幅の両隣のひび割れ間隔で括弧内は等曲げ区間で観察される最大ひび割れ間隔である。ε cu は終局時における圧縮縁のコンクリートひずみである。

表 - 1 骨材試験結果

骨材	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率(%)	粗粒率	モルタル 付着率(%)
JIS A 5308	—	≥2.5	≤3.0	—	—
青梅産碎石	2.66	2.64	0.69	6.73	—
岩瀬産碎石	2.64	2.62	0.82	6.68	—
再生粗骨材 (W/C=60%)	2.37	2.23	6.27	6.59	42.3
広島産再生粗骨材	2.46	2.32	6.18	6.37	43.4
相模産川砂	2.63	2.56	2.63	2.97	—
小笠産陸砂	2.60	2.56	1.44	2.64	—

表-2 載荷時における強度物性

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)
VC 1	30.0	23.3	2.83
VC 2	40.7	32.0	3.34
HI-CRC	33.0	25.7	2.68
CRC60	30.6	22.4	2.42

使用状態において再生粗骨材を用いた部材のたわみは VC のたわみよりも 1 割程度大きいもののその差は無視でき、湿潤状態において再生粗骨材が及ぼす影響はないものと考えられる。引張鉄筋降伏先行型の曲げ耐力と塑性変形状態に関し

ては、再生骨材を使用したことによる影響はないといえる。また、終局時の圧縮縁のコンクリートひずみは再生 RC においても 3500μ を大きく上回る値であり、設計における破壊規準を十分に満たす。

3.4 RC のせん断特性

図 - 2 に $a/d=3.1$ の RC はりの荷重 - たわみ関係、図 - 3 に荷重 - 支点部軸方向鉄筋ひずみ関係を示す。VC2

と CRC60 はアーチアクションを起こして荷重に抵抗したことにに対し VC1 と HI-CRC についてはアーチアクションへの遷移過程で破壊した。支点部の鉄筋ひずみが急激に増加していることから定着部の付着破壊が原因であると考えられる。表 - 5 にせん断耐力と終局時のたわみを示す。破壊形態が異なるためせん断耐力に差があるが、同様の破壊をした場合は再生 RC と天然 RC に大きな差は見られなかった。また HI-CRC の斜めひび割れ発生せん断力は二羽式²⁾による計算値(Cal. N)よりも小さい。

$$\text{二羽式: } V_c = 0.20 f_{cd}'^{1/3} \beta_d \beta_p \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b_w d$$

表 - 5 $a/d=3.1$ のせん断耐力およびたわみ

供試体名	Vc (kN)		δ_c (mm)	Vu (kN)	δ_u (mm)	破壊形式
	Exp.	Cal. N	Exp.	Exp.	Exp.	
VC 1	36.8	35.8	2.1	36.9	2.1	付着破壊
VC 2	41.2	39.4	2.6	50.0	6.6	せん断圧縮破壊
HI-CRC	33.3	37.0	1.9	34.6	3.5	付着破壊
CRC60	38.2	35.9	2.8	49.9	6.7	せん断圧縮破壊

4. 結論

- 1) 広島産再生粗骨材は $W/C=63\%$ のコンクリートから製造した再生粗骨材と同程度の品質であった。
- 2) HI-CRC の強度特性は VC と大きな差はない。
- 3) 湿潤状態における RC の曲げ特性は、使用、終局状態とも HI-CRC と VC はほぼ同様であった。
- 4) VC2 と CRC60 が斜めひび割れ発生後アーチアクションを起こし荷重に抵抗したことにに対し、VC1 と HI-CRC はアーチアクションへの遷移過程で付着破壊をおこした。同様の破壊をした場合は再生 RC と天然 RC のせん断耐力に大きな差は見られなかった。

謝辞

本研究の一部は中国建設弘済会の助成金を受け、行われたものであることを記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編 pp. 90 - 91 1996. 3
- 2) 二羽淳一郎ほか：せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価 土木学会論文集 NO. 372 pp. 167 - 176 1986.

表 - 3 使用状態における曲げ性状

供試体名	Mcr (kNm)		I (mm)		w (mm)			δ (mm)	
			I_{av}	I_{max}	w_{av}	w_{max}		Exp.	Cal. B
	Exp.	Cal.				Exp.	Cal. J		
VC 1	3.6	2.8	118	123 (137)	0.07	0.12	0.20	3.7	4.3
VC 2	2.9	3.6	111	127 (177)	0.09	0.14	0.20	3.7	4.3
HI-CRC	2.7	2.8	99	92 (139)	0.10	0.13	0.20	4.1	5.0
CRC60	2.0	3.2	113	163 (163)	0.07	0.15	0.20	4.0	4.0

表 - 4 塑性状態における曲げ性状

供試体名	M _y (kNm)	δ_y (mm)	M _u (kNm)	δ_u (mm)	δ_u/δ_y	ϵ_{cu} (μ)
VC 1	13.5	8.9	13.7	49.8	5.6	3957
VC 2	13.1	8.5	16.0	114.7	13.4	4891
HI-CRC	12.8	9.2	15.3	86.8	9.4	5099
CRC60	12.5	8.6	14.1	72.2	8.4	3970

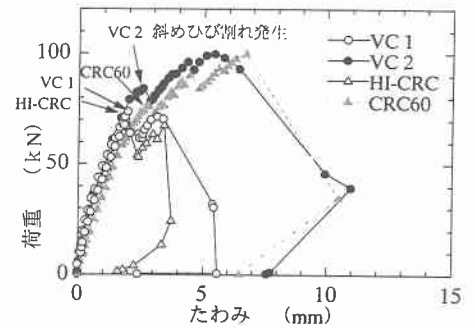


図 - 2 $a/d=3.1$ 荷重 - たわみ

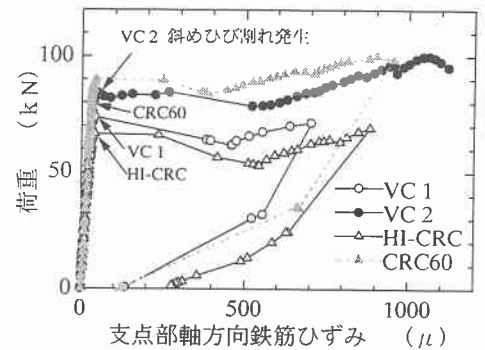


図 - 3 荷重 - 支点部鉄筋ひずみ