

低品質再生骨材を用いた RC 部材模型のせん断耐力に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院 ○学生会員 池川 拓也 (株)住友大阪セメント 正会員 齋藤 尚
大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄 大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

1. はじめに

天然骨材の枯渇,環境面におけるリサイクルの観点から,再生骨材の利用需要はますます増加すると予想される。しかしながら,加熱すりもみなど特別な処理を施さない低品質再生骨材については,フレッシュコンクリートの性状,乾燥収縮の増大,凍結融解抵抗性などの観点から多くの課題が残されているため,RC 構造物への適用がなされていない[1]。

そこで本研究では,低品質再生骨材の構造部材への適用を目的として,骨材の含水状態ならびに骨材の配合方法をパラメータに RC 部材模型のせん断破壊実験を行い,その影響を検討した。

2. 試験方法

表-1 に示す試験パラメータは,破壊形式,使用骨材,骨材の含水状態および骨材の配合方法の 4 種類である。また,表-2 にコンクリートの配合およびフレッシュ性状を示す。配合は既往の研究[2]を参考に,試験練りを繰り返し決定した。コンクリートの水セメント比,目標スランプ,目標空気量は全パラメータ共通でそれぞれ 58%, 10.0±2.0cm, 4.5±1.5%としている。

せん断実験供試体図を図-1 に示す。使用鉄筋は D19 (f_y :359N/mm², E_s :177kN/mm²) を 2 本。また土木学会式[3]より設計せん断耐力および設計曲げ耐力を算定し,せん断破壊するよう供試体サイズを決定した。

供試体作成後,63 日間気中養生したのち載荷試験を行ったが,養生期間中には供試体のコンクリートの収縮ひずみ量を計測し,併せて 100×100×400mm の角柱供試体から長さ変化率をそれぞれ計測することで RC 部材に及ぼす乾燥収縮の影響も検討する。

表-1 供試体一覧

供試体名 (S-配合名)	使用骨材	骨材の 含水状態	細・粗骨材の 処理方法
S-NS	普通	表乾	分離
S-RS	再生	表乾	分離
S-RD		絶乾	分離
S-RD-O		絶乾	混合

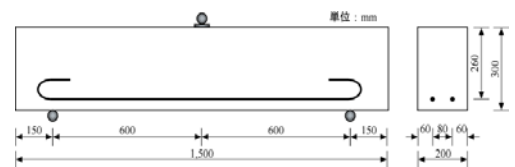


図-1 せん断破壊実験供試体図

表-2 配合およびフレッシュ性状

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								実測値		
			W	C	普通			再生		AE剤	AE 減水剤	空気量 (%)	スランプ (cm)
					S1	S2	G	S	G				
NS	58	44.5	174	300	328	474	1026	-	-	-	3.18	4.0	10.1
RS	58	47.4	171	295	-	-	-	731	903	0.0056	0.71	4.8	9.8
RD		47.4	221	381	-	-	-	549	715	0.0076	1.91 ^{*2}	3.8	10.5
RD-O		60.5 ^{*1}	221	381	-	-	-	1297		0.0076	4.57 ^{*2}	3.7	23.0

*1 ふるい分け試験の結果から算定 *2 RDおよびRD-Oには高性能AE減水剤を使用

3. 試験結果

3.1 材料試験

表-3 に試験結果一覧を示す。材料試験結果は,再生コンクリートにおいて,絶乾状態で用いたもの(S-RD, S-RD-O)の圧縮強度が普通コンクリートの値と比べて大きい。これは骨材自身や骨材に付着しているモルタル分が練混ぜ中に吸水し,その結果,実質の W/C の値が小さくなったと考えられる。しかしながら,引張強度に関しては大きな違いは見られなかった。

3.2 RC 部材の破壊性状

図-2 および図-3 に,せん断耐力比ー中央変位関係およびせん断試験のひび割れ図を示す。なお,せん断耐力比とは,試験の荷重を設計せん断耐力[2]で除した値である。まず,普通 RC と再生 RC を比較すると,表-3 に示すように普通コンクリートに比べて再生コンクリートのヤング率が低い。図-2 のように普通 RC よりも再生 RC の剛性が低いことがわかる。また,表-3 より再生 RC はひび割れ発生荷重が低く,曲げおよび曲げせん断ひび割れの早い段階からの進展が見られ,図-3 のようにひび割れ量が大きくなることがわかった。これは,普通コンクリートに比べて弾性係数や引張強度が若干低いことや,再生骨材の付着モルタルの影響によると考えられる。さらに再生 RC のせん

表-3 試験結果一覧

供試体名	材料試験			せん断試験				
	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ひび割れ 発生荷重 (kN)	斜めひび割れ 発生荷重 (kN)	せん断耐力		
S-NS	32.5	28.2	2.88	63.0	90.0	計算値	実測値	実測値
S-RS	34.8	19.6	2.44	40.9	70.0	95.8	143.8	1.50
S-RD	44.1	22.7	2.58	45.0	70.1	98.2	114.3	1.16
S-RD-O	42.4	21.9	2.44	40.1	60.0	106.3	130.8	1.23
						104.9	162.8	1.55

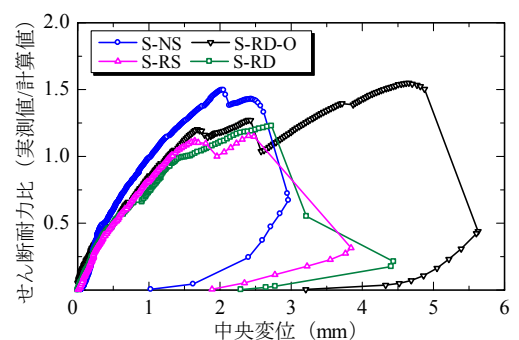


図-2 せん断耐力比ー中央変位関係

key word : 低品質再生骨材 含水状態 乾燥収縮 RC 部材 せん断耐力

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL / FAX : 06-6605-2723

断耐力比は、S-RD-Oを除いて普通 RC よりも 30%程度低下していることがわかる。

次に、再生 RC 同士で比較すると、S-RD-Oを除いてせん断耐力比は同程度であり、骨材の含水状態による影響が小さいことがわかる。S-RD-Oは、右側の斜めひび割れが荷重点下にもぐりこんだ影響で荷重に抵抗し、その後に左側に斜めひび割れが生じてそのひび割れが進展し破壊に至った。そのため、せん断耐力比が高くなったと考えられる。

3.3 乾燥収縮の影響

S-RDを例にして、乾燥収縮の影響を示す。気中養生中に測定したコンクリートひずみ ε_C^T と鉄筋ひずみ ε_R^T 、温度変化によるひずみ $\varepsilon^{temp}(=\alpha\Delta t)$ 、 $100\times100\times400\text{mm}$ の角柱供試体から測定した収縮ひずみを ε_{sh} 、自己拘束によってコンクリートおよび鉄筋に発生する応力ひずみを ε_C^σ および ε_R^σ をすると、以下の式が成り立つ。

$$\varepsilon_C^\sigma = (\varepsilon_C^T - \varepsilon_C^{temp}) - \varepsilon_{sh} \quad (1)$$

$$\varepsilon_R^\sigma = \varepsilon_R^T - \varepsilon_R^{temp} \quad (2)$$

ここで、 $\varepsilon_C^{temp} = \alpha_C \Delta t$ $\varepsilon_R^{temp} = \alpha_R \Delta t$ 、

α ：コンクリートおよび鉄筋の線膨張係数であり、それぞれ $1.0\times10^{-5}/^\circ\text{C}$ および $1.2\times10^{-5}/^\circ\text{C}$ 、

Δt ：気中養生開始日を基準とした温度変化 ($^\circ\text{C}$)

式(1)および式(2)にコンクリートおよび鉄筋のヤング率をそれぞれ乗じることによって、内部拘束応力 σ_C^σ および σ_R^σ を算出することができる。なお算定にあたり、コンクリートのクリープの影響は無視し、RC部材に生じる温度変化は断面に一様に分布するとした。

図-4の破線は、RDの乾燥収縮試験結果を近似曲線で表したものである。また、図-5はS-RDのコンクリート内部に生じた拘束応力を示している。式(1)および式(2)から弾性を仮定し、さらに図-4で得られた近似曲線より内部拘束応力を算定している。図-5の破線は、材料試験から得られた引張強度である。図-5より、コンクリートの内部拘束応力は全断面引張となっており、材齢の経過とともに引張強度を大きく超える内部拘束応力が作用している。また、養生終了後の供試体表面を観察すると、図-6に示すような供試体上面から部材軸方向に沿って一様にひび割れが発生していた。

このことより、再生骨材供試体に生じる乾燥収縮に起因して引張強度を超える拘束応力がコンクリート内部に生まれ、ひび割れが生じる。この乾燥収縮ひび割れは荷重試験におけるひび割れの発生と進展を助長し、荷重初期に発生した曲げひび割れの多くは乾燥収縮ひび割れに沿って進展することも実験中に確認できた。

また、表-3にも示すようにすべての再生骨材供試体の斜めひび割れ発生荷重が、普通供試体のそれと比べて低い荷重で発生した。乾燥収縮ひび割れに助長され、多くの曲げひび割れが早期に進展したためと考えられる。

これらのことより、再生 RC 部材に見られるせん断耐力の低下は乾燥収縮ひずみの影響が大きいといえる。

4. 結論および今後の課題

本研究における低品質再生骨材を用いた RC 部材におけるせん断特性に関して、得られた結果を以下に示す。

- (1) 普通 RC 部材に比べ、ひび割れ発生荷重が 30～40%低下した。また、せん断耐力はおおよそ 25～35%低下する。
- (2) 普通 RC 部材に比べ、ひび割れの進展やひび割れ量も多くなる。
- (3) (1)(2)の主な原因として、低品質再生骨材表面の付着モルタル分の存在に加え、乾燥収縮の影響も大きい。
- (4) 再生 RC 部材に関し、骨材の含水状態は、フレッシュ性状は大きな影響を与えるが、力学特性への影響は少ない。
- (5) 乾燥収縮ひずみがせん断耐力へ及ぼす影響を、今後解析検討する必要がある。

【参考文献】

- [1] 社団法人土木学会：電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案)，2005.6
- [2] 長門祥男：低品質再生骨材コンクリートの材料特性に関する研究 大阪市立大学工学部土木工学科卒業論文，2008
- [3] 社団法人土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，2007

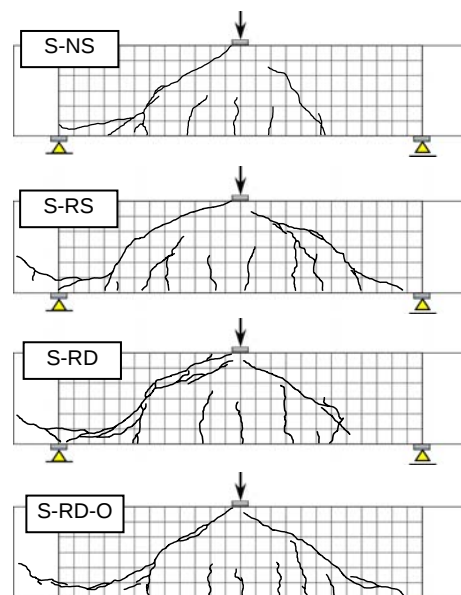


図-3 せん断試験のひび割れ

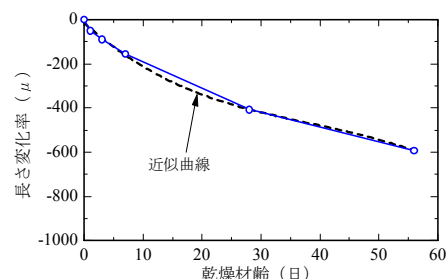


図-4 RDの乾燥収縮試験結果

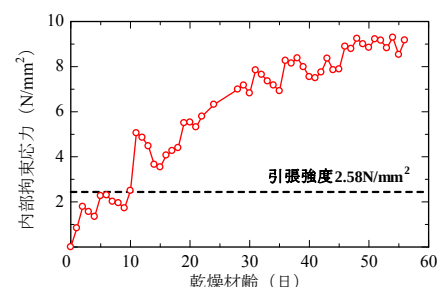


図-5 コンクリートの内部拘束応力



図-6 再生 RC 部材に発生した乾燥収縮ひび割れ