

V-270

再生骨材を用いた鉄筋コンクリートはり部材の疲労特性

近畿大学理工学部 正会員 ○ 柳 下 文 夫

近畿大学理工学部 正会員 佐 野 正 典

大阪市立大学工学部 正会員 山 田 優

1. まえがき 本研究は、川砂・碎石と再生粗骨材を混合使用したコンクリートによる鉄筋コンクリートはり部材について疲労実験を行い、この種のコンクリートの構造部材への適用性を検討したものである。

2. 実験概要

2.1 試験体および使用材料 試験体の種類および配筋方法を表-1に示す。混合使用した再生骨材は、一次再生骨材[MG-0]と二次再生骨材[MG-1]の2種類である。コンクリートの設計基準強度は20kg/cm²とし、その配合を再生骨材の原コンクリートのものと併せて表-2に示す。使用した鉄筋の機械的性質のうち降伏点応力度(f_{sy})および引張応力度(f_{su})は、D13について $f_{sy}=3500$ ・ $f_{su}=5600$ kgf/cm²、 $\phi 6$ について $f_{sy}=2600$ ・ $f_{su}=3550$ kgf/cm²である。

2.2 加力および測定方法 曲げ疲労試験およびせん断疲労試験の加力および測定方法を図-1・図-2にそれぞれ示す。疲労载荷は、曲げ試験の場合、処女载荷(静的)において引張主筋のひずみが 1000μ ($\epsilon_{sy}=2050\mu$)に達した時の荷重を、せん断試験の場合、同じく処女载荷(静的)において試験区間のいずれかのせん断補強筋のひずみが 800μ ($\epsilon_{sy}=1600\mu$)に達した時の荷重をそれぞれ上限荷重に設定し、下限荷重0.5tonfの間で1万回を5回、計5万回の繰り返し载荷を行った。1万回毎の上限荷重において試験体のたわみ、鉄筋の軸方向ひずみ、ひび割れ幅、ひび割れ状況等を測定・観察した。疲労载荷の後、変形が20mmに達するまで静的漸増単調载荷を行い実験を終了した。

3. 実験結果と考察 表-3に各試験体の実験結果を示す。

3.1 曲げ疲労試験結果 図-3に1万回繰

り返し後毎に測定した上限荷重到達時の剛性の推移を示す。同図より、B1シリーズでは再生骨材混入率が高い試験体ほど低い剛性を示した。しかし、再生骨材の品質から予想されうる差異

はその結果に現れなかった。一方、引張鉄筋比が大きいB2シリーズでは再生骨材混入による影響が余り見られず、繰返し回数に対する剛性低下率もほぼ同様な傾向を示した。図-4は疲労载荷によるひび割れ幅の変化量を示したものであり、B1シリーズにおいて一次再生骨材を混入した試験体は大きな値を示したが、B2シリーズでは置換率による差異はあまり見られなかった。図-5は各試験体のひび割れパターンを示したものである。処女载荷時と5万回終了後のパターンを比較した場合、B1シリーズでは曲げひび割れの進展が見られた程度であり、B2シリーズにおいてもせん断領域に斜めひび割れが発生したが、B1シリーズ同様再生粗骨材の混入による顕著な差は見られなかった。

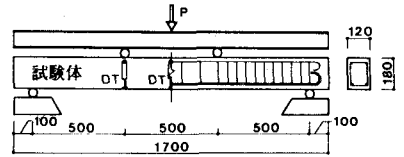


図-1 曲げ加力実験方法

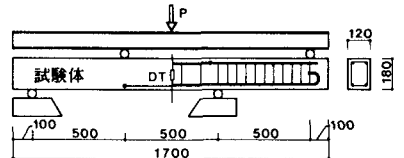


図-2 せん断加力実験方法

表-1 試験体の種類と配筋方法

試験体	記号	置換率 %		引張主筋		圧縮主筋		P_u %	f_c kg/cm ²
		MG-0	MG-1	鉄筋	a_1 %	鉄筋	a_c %		
B1-0-0	△	—	—	—	—	—	—	—	201
B1-1-3	□	30	—	—	—	—	—	—	235
B1-1-6	■	60	—	2-D13	1.34	2- $\phi 6$	0.29	0.47	218
B1-2-3	○	—	30	—	—	—	—	—	246
B1-2-6	◎	—	60	—	—	—	—	—	233
B2-0-0	△	—	—	—	—	—	—	—	181
B2-2-3	□	—	30	3-D13	2.02	2- $\phi 6$	0.29	0.47	175
B2-2-6	■	—	60	—	—	—	—	—	235
S1-0-0	△	—	—	—	—	—	—	—	191
S1-1-3	□	30	—	—	—	—	—	—	255
S1-1-6	■	60	—	3-D13	2.02	3-D13	2.02	0.47	218
S1-2-3	○	—	30	—	—	—	—	—	192
S1-2-6	◎	—	60	—	—	—	—	—	174
S2-0-0	△	—	—	—	—	—	—	—	224
S2-2-3	□	—	30	3-D13	2.02	3-D13	2.02	0.93	212
S2-2-6	■	—	60	—	—	—	—	—	233

MG-0: 原コンクリートをインパクトクラッシャーによりのみ破砕したもの(一次再生) MG-1: 粗骨材再生機の衝撃力のみを与えてMG-0を再生したもの(二次再生) a_1 : 引張鉄筋比 a_c : 圧縮鉄筋比 P_u : せん断補強筋比 f_c : コンクリート圧縮強度(テストピース3本の平均)

表-2 コンクリートの配合

	水セメント比 W/C (%)	スランブ (cm)	細骨材率 s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)				A/E剤
				水	セメント	砂	砂利(大)	
A	73	15	49	182	250	925	284	664
B	73	15	46.1	190	260	824	978	0.052

A: 試験体用 B: 再生骨材の原コンクリート用 セメント: 早強ポルトランドセメント

骨材寸法 A用: (大)15mm~25mm (小)5mm~15mm B用: 5mm~20mm

3.2 セン断疲労試験結果

図-6に1万回繰返し後毎に測定した上限荷重到達時の剛性の推移を示す。S1シリーズでは再生骨材混入率が高い試験体ほど低い剛性を示した。しかし、S2シリーズはその差は小さい。図-7はS2シリーズのせん断補強筋のひずみ分布を示したものである。いずれのせん断補強筋も疲労载荷中には降伏が確認されず、再生骨材混入による顕著な差も認められなかった。処女载荷時と5万回経過後のひび割れパターンを図-8に示す。同図より、再生骨材を混入した試験体には主筋の付着劣化を示すひび割れの進展が目立ち、同時に微細なひび割れも多く発生している。

この傾向は一次再生骨材を混入した試験体ほど顕著である。

3.3 疲労試験後の静的载荷結果

a) 曲げ破壊性状および曲げ耐力 B1・B2シリーズとも再生骨材の混入による破壊モードの変化および耐力低下は見られなかった。

b) セン断破壊性状およびせん断耐力 S1シリーズにおいて、普通骨材コンクリートはりはひび割れ開口部の鉄筋のたばく作用によるコンクリートの割裂と斜めひび割れ延長線上の曲げ圧縮域コンクリートの圧壊により破壊し、一次再生骨材混入の試験体は、引張鉄筋の付着破壊によるコンクリートの割裂、また二次破砕骨材混入の試験体は、混入率30%の場合引張鉄筋の付着破壊および曲げせん断ひび割れ延長線上の曲げ圧縮域に圧壊が生じた。さらに、混入率60%の場合は斜めひび割れが多かったが、他の試験体に比べてせん断補強筋が降伏しなかった。S2シリーズもほぼS1シリーズ同様の破壊形態を示した。一方、最大荷重時せん断応力度については全体的にばらつきが大きく、再生骨材混入の影響が明白に示されなかった。

4. まとめ 疲労载荷において再生骨材混入

のRCはり部材では剛性および付着性状に全般的な性能低下が見られた。図-6 上限荷重時の剛性の推移

表-3 実験結果一覧

疲労载荷	P _u	P _u /P _{u0}	RY	SY	静的 載荷		破 壊
					実験値	計算値	
0.47	×	×	1.53	1.47	1.04	○	B
0.49	×	×	1.57	1.53	1.03	○	B
0.45	×	×	1.45	1.49	0.98	○	B
0.47	×	×	1.46	1.49	0.98	○	B
0.46	×	×	1.50	1.49	1.00	○	B
0.44	×	×	2.18	1.92	1.13	○	B+DT
0.43	×	×	2.10	1.88	1.12	○	B+DT
0.45	×	×	2.17	2.08	1.05	○	B+DT
0.75	×	×	37.3	34.0	1.10	×	ST-d
0.59	×	×	47.6	38.5	1.24	×	SC
0.77	×	×	41.2	36.2	1.14	×	ST-b
0.65	×	×	37.4	34.1	1.09	×	SC
0.94	×	×	55.8	32.9	1.69	×	ST-b
0.58	×	×	46.9	40.7	1.15	×	ST-b
0.48	×	×	40.6	39.3	1.03	×	SC+ST-b
0.60	×	×	60.9	41.1	1.48	×	SC+ST-b

P_u: 疲労荷重上限値 P_{u0}: 静的載荷による最大荷重

RY: 主筋の引張降伏の有(○)無(×)

SY: セン断補強筋の降伏の有(○)無(×)

実験値: (曲げ)最大荷重時曲げモーメント [tonf・m]

(せん断)最大荷重時せん断応力度 [kgf/cm²]

計算値: (曲げ)学公式 (せん断)大野・荒川式

$\tau_u = K_u \cdot K_p (180 + f_c) [0.12 / (M / Qd + 0.12)] + 2.7 \sqrt{p_u} \cdot s \cdot \sigma_v$

破壊モード: (B)曲げ破壊 (DT)斜張力破壊

(SC)せん断圧縮破壊 (ST-b)せん断引張破壊・付着破壊型

(ST-d)せん断引張破壊・たばく作用による割裂破壊型

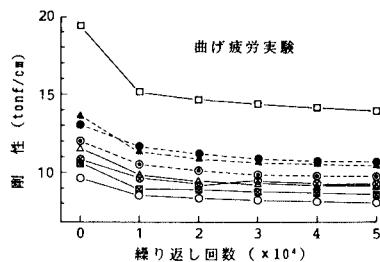


図-3 上限荷重時の剛性の推移

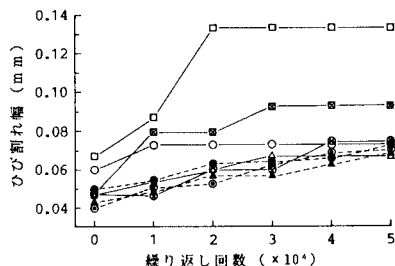
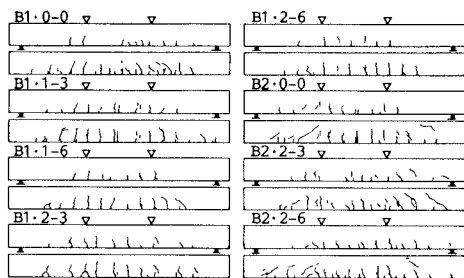


図-4 上限荷重時のひび割れ幅



上段: 処女载荷時 下段: 5万回終了時

図-5 ひび割れパターン

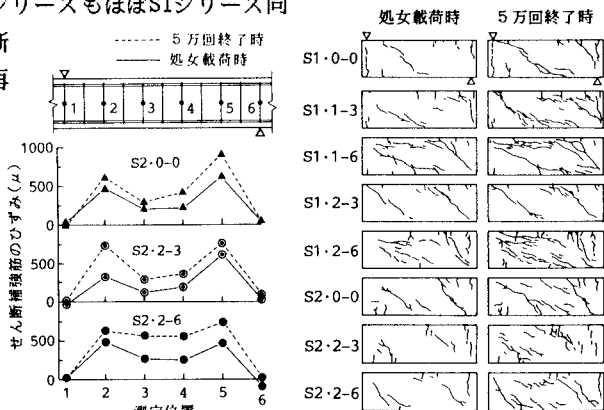


図-7 セン断補強筋のひずみ分布

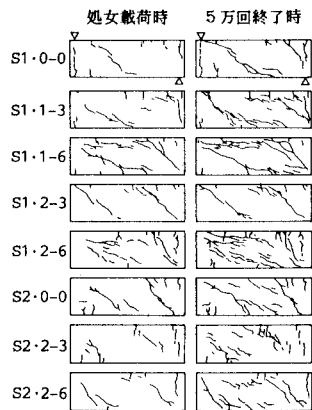


図-8 ひび割れパターン