

## 側面かぶり厚さが再生コンクリート梁の付着性状に及ぼす影響

日大生産工（院） 池田 貴弘

日大生産工 師橋 憲貴

日大生産工 桜田 智之

1.はじめに 筆者らは昨年度の学術講演会で乾燥収縮ひび割れがまだ発生していない再生コンクリート梁の側面かぶり厚さが付着割裂強度に及ぼす影響について検討を行った<sup>1)</sup>。その結果、付着割裂強度は側面かぶり厚さが小さくなるにつれて減少すること、また材齢5週目程度では再生骨材の置換率は付着割裂強度へ影響をさほど及ぼさないことなどを明らかにした。本研究は材齢が1年経過し、乾燥収縮ひび割れが発生した再生コンクリート梁の付着性状にかぶり厚さがどのような影響を及ぼすのかについて検討を行った。

2.実験概要 図-1に断面形状を、また図-2に試験体形状を示す。主筋表面からの側面かぶり厚さ  $C_s$  は純曲げ区間の主筋のあき間隔を変化させずに 10mm(0.5db)、20mm(1.1db)、30mm(1.6db)とした(dbは主筋の公称直径)。純曲げ区間外の幅は300mmと共通にした。主筋は上端・下端とも4-D19を使用し、重ね継手長さは30dbと一定にした。重ね継手区間は主筋と再生コンクリートの基本的な付着性状を検討するため横補強筋は配筋していない。表-1にコンクリートの調合表を、表-2に骨材の吸水率を示す。本実験に用いた再生コンクリートは粗骨材のみに再生骨材を用いたRシリーズ、細骨材に天然砂と再生砂を混合使用したHRシリーズおよびすべて再生骨材を用いたFRシリーズの3シリーズである。本研究で用いた再生骨材は再生コンクリート工場にお

いてコンクリート塊をジョークラッシャーで破碎し製造されたものである。JASS5<sup>2)</sup>によると、再生骨材を建築構造用として利用する場合、粗骨材の吸水率が3.0%以下と定められ

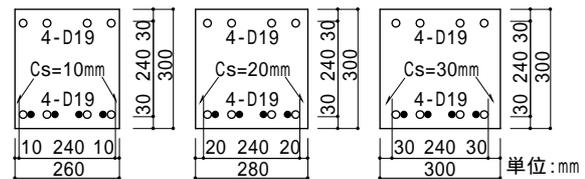


図-1 純曲げ区間の断面形状

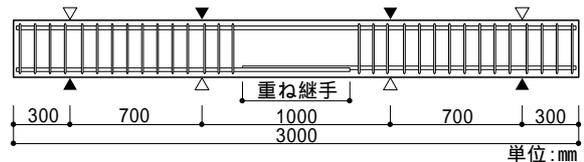


図-2 試験体形状

表-1 コンクリートの調合表

シリーズ	タイプ	W/C (%)	単位質量(kg/m <sup>3</sup> )			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
Nシリーズ	N	62.0	182	294	818	962
	NK					
Rシリーズ	R	58.0	183	316	814	867
	RK					
HRシリーズ	HR	55.0	187	340	再生	835
	HRK				天然	
FRシリーズ	FR	54.0	191	354	713	808
	FRK					

呼び強度:21N/mm<sup>2</sup>、粗骨材の最大寸法:20mm、指定スランブ:18cm

表-2 骨材の吸水率

シリーズ	タイプ	吸水率(%)	
		細骨材	粗骨材
Nシリーズ	N	1.41	0.78
	NK		
Rシリーズ	R	1.80	4.76
	RK		
HRシリーズ	HR	10.04	4.83
	HRK	(再生)	
FRシリーズ	FR	10.89	4.76
	FRK		

The Influence of Thickness of Cover Concrete on Bond Properties of Beams with Recycled Aggregate Concrete

Takahiro IKEDA, Noritaka MOROHASHI and Tomoyuki SAKURADA

ているが、本研究で用いた再生骨材はモルタル分が付着しているため、粗骨材では吸水率が 4.76% ~ 4.83% の範囲であることから、品質のやや低い再生骨材を用いている。

表-3 に試験体種別および実験結果一覧を示す。載荷は2点集中による正負繰返し載荷を行った。加力の履歴は、梁の曲げ強度略算式により計算した主筋の応力度  $\sigma_s$  を 100N/mm<sup>2</sup> ずつ増加させ、それぞれの応力度で各1回正負繰返しを行った。表中の最大荷重 Pmax は正加力時における付着割裂破壊時の荷重である。

3. 乾燥収縮ひび割れの性状 図-3 に側面かぶり厚さ  $C_s = 20\text{mm}$  の普通コンクリート(20NK)と再生コンクリート

(20RK および 20FRK) の1年経過時の乾燥収縮ひび割れを例示する。再生コンクリート梁の乾燥収縮ひび割れは材齢約8週目に打設面から発生した。FRK タイプ(図-3 c) は吸水率の大きい再生砂を利用しているため、天然砂を用いた RK タイプ(図-3 b)) に比べてひび割れの発生が著しくなった。普通コンクリートを用いた 20NK(図-3 a)) の側面では上端筋付近に乾燥収縮ひび割れが数本見られた程度であった。 $C_s = 30\text{mm}$  とした 30NK は1年経過した時点で乾燥収縮ひび割れは発生しなかった。

図-4 および図-5 に再生コンクリートを用いた FRK タイプの乾燥収縮ひび割れのひび割れ幅  $W$  とひび割れ深さ  $D$  の推移を例示する。ひび割れ幅はマイクロスコープ(最小目盛り 0.02mm) により、またひび割れ深さは超音波測定器により計測を行った。代表的なひび割れ幅  $W$  は 0.04mm ~ 0.20mm の範囲で実測され、材齢とともに幅は広がる傾向が見られた。一方、ひび割れ深さ  $D$  は材齢の経過に伴う深さの増加は見られず、8mm ~ 14mm の範囲となった。

表-3 試験体種別および実験結果一覧

試験体名	タイプ (載荷時期)	骨材置換率	側面被り 厚さ $C_s$ (mm)	圧縮 強度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	最大 荷重 Pmax (kN)	付着割裂 強度 $u_{exp}$ (N/mm <sup>2</sup> )
1) 10N	Nタイプ (材齢5週)	碎石 100%	10	27.2	223.2	2.51
2) 20N			20		256.5	2.88
3) 30N			30		282.4	3.17
4) 10NK	NKタイプ (1年経過後)	天然砂 100%	10	38.2	244.0	2.74
5) 20NK			20		242.5	2.72
6) 30NK			30		285.5	3.20
7) 10R	Rタイプ (材齢5週)	再生粗骨材 100%	10	22.4	185.5	2.08
8) 20R			20		216.5	2.43
9) 30R			30		224.6	2.52
10) 10RK	RKタイプ (1年経過後)	天然砂 100%	10	31.7	175.0	1.96
11) 20RK			20		222.8	2.50
12) 30RK			30		241.3	2.71
13) 10HR	HRタイプ (材齢5週)	再生粗骨材 100%	10	25.4	185.5	2.08
14) 20HR			20		218.4	2.45
15) 30HR			30		219.0	2.46
16) 10HRK	HRKタイプ (1年経過後)	再生・天然砂 各50%	10	31.5	193.0	2.17
17) 20HRK			20		197.5	2.22
18) 30HRK			30		207.5	2.33
19) 10FR	FRタイプ (材齢5週)	再生粗骨材 100%	10	22.9	174.0	1.95
20) 20FR			20		224.4	2.50
21) 30FR			30		221.4	2.49
22) 10FRK	FRKタイプ (1年経過後)	再生砂 100%	10	32.2	156.8	1.76
23) 20FRK			20		198.4	2.23
24) 30FRK			30		214.1	2.40

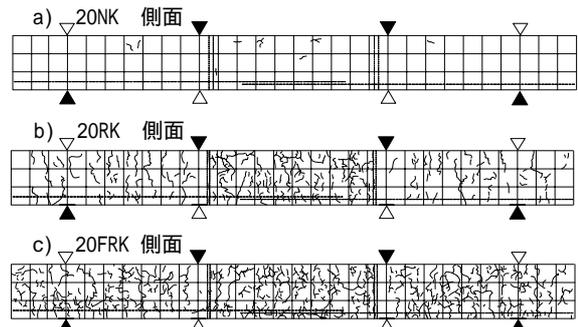


図-3 乾燥収縮ひび割れの例示(1年時 側面)

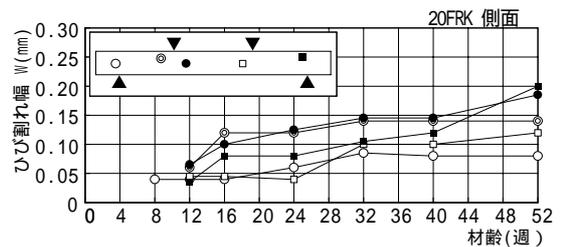


図-4 乾燥収縮ひび割れの幅(20FRK)

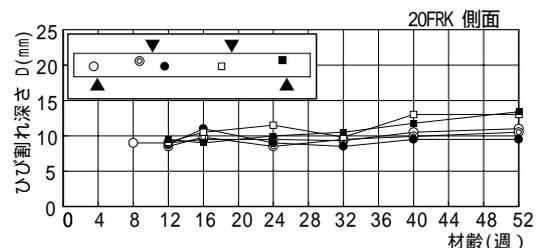


図-5 乾燥収縮ひび割れの深さ(20FRK)

4. ヤング係数 図-6 にNシリーズとFRシリーズを例に上げ、ヤング係数の推移を示す。普通コンクリートのNシリーズのヤング係数計測値はRC規準式と同等な値を示した。一方、再生骨材をすべて用いたFRシリーズの計測値はNシリーズと比較して小さい値となった。これは再生コンクリートでは再生骨材に剛性の低いモルタル分が付着しているためヤング係数の値が小さくなったものと考えられる。

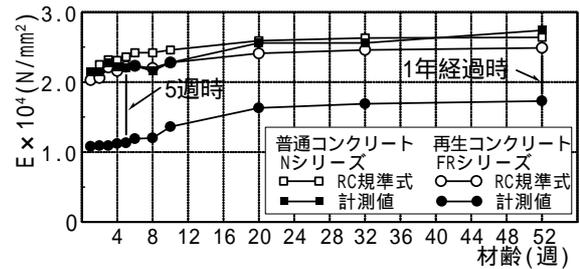


図-6 ヤング係数の推移

5. 実験結果

5.1 最終破壊形状 図-7 に側面かぶり厚さが30mmの試験体を例に最終破壊形状を示す。乾燥収縮ひび割れがほとんど発生していない普通コンクリートを使用した図-7 a)の30NKは、荷重による曲げひび割れや付着ひび割れが新規に発生した。一方、再生コンクリートを使用した図-7 b)の30FRKは微細な乾燥収縮ひび割れが付き、ひび割れが進展して行く様子が観察された。側面かぶり厚さの変化によらず、最終破壊形状は重ね継手区間に付着ひび割れが進展するサイドスプリット型の付着割裂破壊で想定した破壊形式となった。

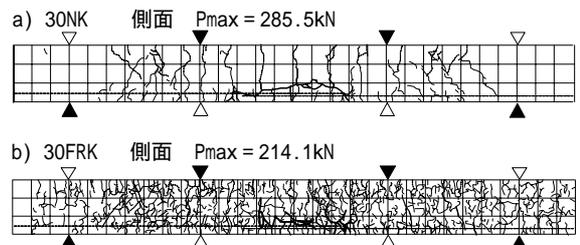


図-7 最終破壊形状の例示(側面)

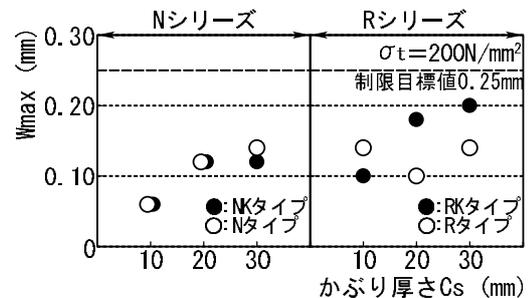


図-8 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

5.2 長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 図-8 に主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅  $W_{max}$  をNシリーズとRシリーズを例に示す。普通コンクリートを使用したNシリーズは5週時と1年経過時で  $W_{max}$  に差が認められなかった。一方、再生コンクリートを使用したRシリーズでは  $W_{max}$  にばらつきがあり、5週時(印)に比べ1年経過時(印)は荷重前に乾燥収縮ひび割れが発生していたため  $W_{max}$  が大きくなる傾向があった。1年経過時に  $W_{max}$  が大きくなる傾向はHRシリーズとFRシリーズにおいても同様であった。図中の長破線はRC規準の制限目標値(0.25mm)であるが、 $W_{max}$  はNシリーズとRシリーズともに範囲内となっていた。

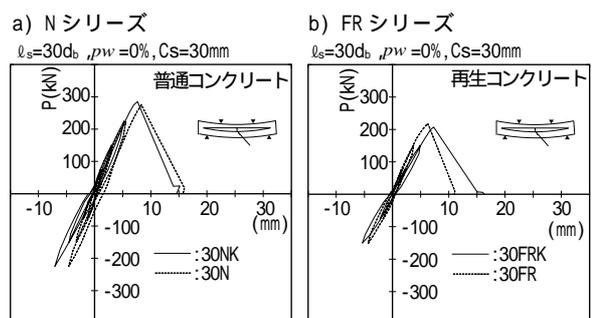


図-9 荷重 - 変位曲線の例示

5.3 荷重 - 変位曲線 図-9 に側面かぶり厚さ

が30mmの試験体の5週時と1年経過時の荷重 - 変位曲線を例示する。変位は支点と梁中央の相対変位を測定した。図-9 a)の普通コンクリートを使用したNシリーズは5週時と1年経過時の正加力時の初期剛性に差は見られなかった。一方、図-9 b)の再生コンクリートを使用したFRシリーズは乾燥収縮ひび割れの

影響により1年経過時(実線)の初期剛性が5週時に比較して低下した。

6. 付着割裂強度の評価 付着割裂強度は式(1)により求めた。

$$\tau_{u \text{ exp.}} = \frac{M_u}{j \cdot \psi \cdot \ell_s} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

ここで  $M_u$ : 最大曲げモーメント(N・mm)

$j$ : (7/8)d (d: 梁有効せい 260.5mm)

$\psi$ : 鉄筋の周長(4-D19 240mm)

$\ell_s$ : 重ね継手長さ(30db 570mm)

本研究では主筋のあき間隔は変えずにかぶり厚さのみを変化させているので付着割裂強度とかぶり厚さの関係を検討した。図-10に各シリーズの5週時と1年経過時の付着割裂強度とかぶり厚さの関係を示す。普通コンクリートと再生コンクリートともに付着割裂強度は側面かぶり厚さが小さくなるにつれて減少する傾向が認められた。このことはかぶり厚さが小さい場合には隅主筋を拘束する側面かぶりコンクリートの付着が早期に劣化するためと考える。5週時と1年経過時で付着割裂強度は概ね同等の結果が得られたが、細骨材に再生砂を含めて使用したHRシリーズ(図-10 c))とFRシリーズ(図-10 d))は1年経過時の付着割裂強度が5週時に比較して若干低下した。このことは再生コンクリートに再生砂を利用したことで著しく発生した乾燥収縮ひび割れの影響を受けたものと考えられる。

7. 結論 再生コンクリート梁の付着割裂強度について側面かぶり厚さの影響を検討した結果、本実験の範囲内で以下に示す知見が得られた。

- 1) 細骨材に再生砂を利用した場合は天然砂を用いた場合に比べ乾燥収縮ひび割れの発生が増加した。
- 2) 1年経過時の最大曲げひび割れ幅は乾燥収縮ひび割れの影響により5週時に比較して大きくなる傾向を示した。

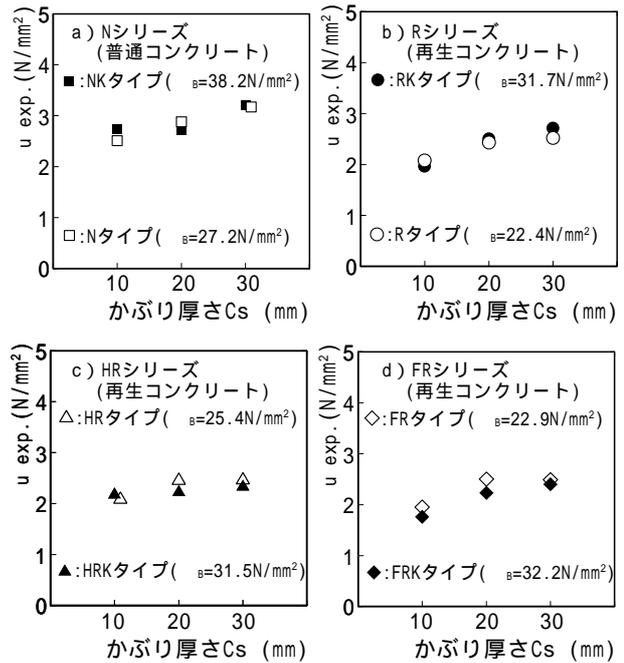


図-10 付着割裂強度とかぶり厚さの関係

- 3) 付着割裂強度は、普通コンクリートと再生コンクリートともに、かぶり厚さが小さくなるにつれて減少する傾向が認められた。
- 4) 再生砂を利用した場合は1年経過時の付着割裂強度が5週時に比較して若干低下する傾向が認められた。

以上、本研究では1年経過時の再生コンクリート梁の付着性状を検討した結果、再生骨材の置換率を変化させて再生砂を利用した場合は、乾燥収縮ひび割れの影響を受けることが明らかとなった。今後、保存期間をさらに長くし、置換率が付着性状にどのような影響を及ぼすのか検討する必要があると考える。

#### 謝辞

本研究に際し、東京建設廃材処理協同組合葛西再生コンクリート工場よりコンクリートを供与していただきました。ここに深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 池田貴弘、鈴木由香里、師橋憲貴、桜田智之：かぶり厚さを変化させた再生コンクリート梁の付着性状、日本大学生産工学部第36回学術講演会、2003年12月、pp.33-36
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003