

有機繊維補強コンクリート型枠を用いた再生コンクリート梁部材の基礎的研究

—その2 1年経過時の付着性状—

日大生産工(院) ○浪花 翔馬

日大生産工 師橋 憲貴

1.はじめに 昨年度の学術講演会では有機繊維補強コンクリート型枠(以下、有機繊維補強型枠)を用いた再生コンクリート梁部材の材齢5週時の付着性状¹⁾について報告した。その結果、有機繊維補強型枠を用いた再生コンクリート梁部材は一体打ちの再生コンクリート梁部材と比較して初期剛性が上昇した。また、付着割裂強度についても上昇する傾向が見られた。しかし、再生骨材を使用したコンクリートの特徴である乾燥収縮性状については検討を行っていない。乾燥収縮性状は、鉄筋コンクリート部材の耐久性を考慮する上で重要な要因となる。そこで本報は有機繊維補強型枠を用いた再生コンクリート梁部材の乾燥収縮性状を報告するとともに、材齢の違いおよび型枠の使用の有無が付着性状へ与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体詳細 表-1 に試験体詳細を示す。ハーフPCa試験体は後打ち再生コンクリートに、普通粗骨材(吸水率:0.80%)を再生粗骨材(吸水率:4.52%)で50%置換したFMOPCaシリーズ、さらに普通細骨材(吸水率:2.65%)を再生細骨材(吸水率:11.70%)で50%置換したFMMOPCaシリーズの2シリーズとした。また、同一骨材置換率の一体打ち試験体HFMシリーズ、HFMMシリーズ²⁾との比較を行う。

2.2 調合条件 表-2 に調合表を示す。本研究で用いた後打ち再生コンクリートは、呼び強度60N/mm²を目標とし、試し練りの結果を基

表-1 試験体詳細

試験体名	シリーズ 骨材置換率	試験体 タイプ	載荷時期
1) FMOPCa	FMOPCaシリーズ 再生粗骨材 (50%)	ハーフPCa 試験体	材齢5週時
2) FMOPCaK	再生細骨材 (0%)		材齢1年時
3) FMMOPCa	FMMOPCaシリーズ 再生粗骨材 (50%)		材齢5週時
4) FMMOPCaK	再生細骨材 (50%)		材齢1年時
5) HFM	HFMシリーズ 再生粗骨材 (50%)	一体打ち 試験体	材齢5週時
6) HFM1K	再生細骨材 (0%)		材齢1年時
7) HFMM	HFMMシリーズ 再生粗骨材 (50%)		材齢5週時
8) HFMM1K	再生細骨材 (50%)		材齢1年時

骨材置換率：普通骨材を再生骨材で置換する割合
K：1年保存後の試験体

表-2 調合表

シリーズ	W/C (%)	単位質量(kg/m ³)					
		W	C	粗骨材		細骨材	
				再生 粗骨材	普通 粗骨材	再生 細骨材	普通 細骨材
FMOPCa	31.3	170	543	420	456	0	717
FMMOPCa	33.8	170	503	420	456	322	375
HFM	40.0	170	425	410	456	0	820
HFMM	40.0	170	425	410	456	361	410

表-3 フレッシュ性状

シリーズ	スランプフロー (cm×cm)	空気量 (%)	高性能AE 減水剤 (C/%)	AE剤 (%)
FMOPCa	56.8×57.9	5.7	1.66	0.008
FMMOPCa	50.7×50.9	3.4	1.66	0.008
HFM	58.0×55.0	5.2	1.55	0.004
HFMM	57.0×59.0	3.2	1.80	0.007

表-4 有機繊維補強型枠の力学特性

シリーズ	圧縮強度 σ_B Shell (N/mm ²)	割裂強度 σ_T Shell (N/mm ²)	載荷時期
FMOPCa、 FMMOPCa	146.2	10.4	材齢5週時
	159.7	11.7	材齢1年時

に調合を決定した。また、混和剤についても
試し練りにより添加量を決定した。

2.3 フレッシュ性状 表-3 にフレッシュ性状を示す。本研究では有機繊維補強型枠と主筋のあき間隔を考慮し、自己充填性が高く、優れた材料分離抵抗性を有する高流動再生コンクリートを後打ちした。また、全試験体とも JASS 5³⁾を参考に、目標スランプフロー値を $60 \pm 5\text{cm}$ とした。再生細骨材を置換した FMMOPCa シリーズは目標フロー値を下回り、再生細骨材の品質がフロー値の低下に影響したものとする。FMMOPCa シリーズは良好なフレッシュ性状を得ることはできなかったが、打ち込みに必要な流動性を得られたため打設を行った。

2.4 試験体形状 表-4 に有機繊維補強型枠の力学特性を示す。後打ち再生コンクリートの材齢とは異なるが、梁部材の付着割裂実験を行った 5 週実験時と 1 年経過実験時に円柱供試体を用いて強度試験を行った。有機繊維補強型枠の使用材料は、プレミックス、水、ポリカルボン酸系の高性能減水剤、有機繊維である。有機繊維は直径 0.2mm、長さ 15mm のものを体積比で 1.5% 使用した。また、図-1 に試験体断面、図-2 に有機繊維補強型枠の付着層を、図-3 に試験体形状を示す。有機繊維補強型枠は梁断面に対して側面、底面ともに厚さが 18mm、付着層には直径 10mm、深さ 3.6mm の付着層凹部が設けられている。また、後打ち再生コンクリートを含めた鉄筋からのかぶり厚さを 30mm とした。試験体は純曲げ区間の下端に重ね継手を設けた単純梁形式とし、サイドスプリット型の付着割裂破壊を想定し、重ね継手長さは 570mm とした。また、加力は 2 点集中加力で正負繰返し载荷とした。

3. 乾燥収縮ひび割れ性状 図-4 に梁部材の打設面における 1 年経過時の乾燥収縮ひび割れを示す。有機繊維補強型枠を使用した試験体 a) 図 FMOPCaK、c) 図 FMMOPCaK は一体打ち試験体である b) 図 HFM1K、d) 図 HFMM1K と比較し

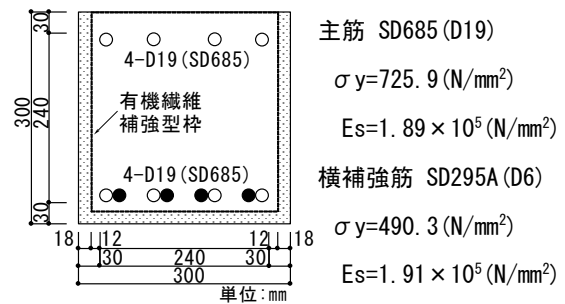


図-1 試験体断面

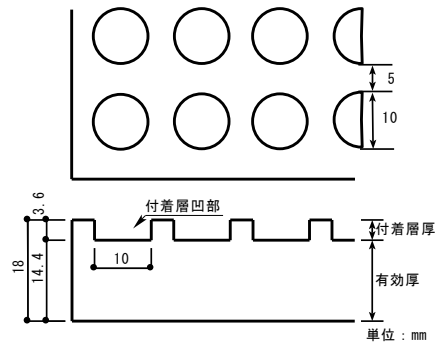


図-2 有機繊維補強型枠の付着層

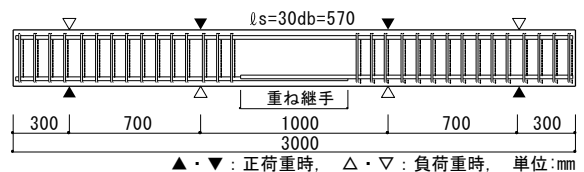


図-3 試験体形状

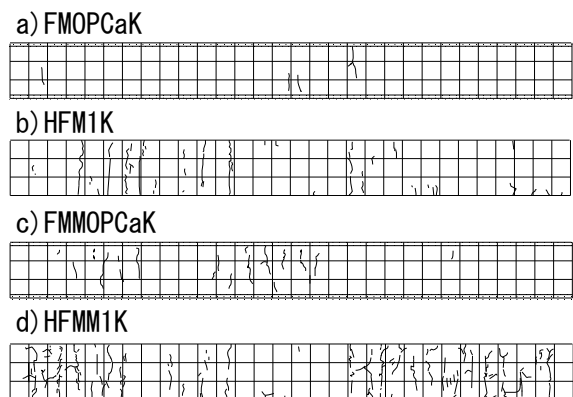


図-4 梁部材の乾燥収縮ひび割れ(打設面)

て、乾燥収縮ひび割れの本数の減少が見られた。再生細骨材の使用の有無について着目し比較を行うと、再生細骨材を置換した試験体の方が乾燥収縮ひび割れの本数が多いと認められる。また、有機繊維補強型枠と後打ち再生コンクリートに肌別れのようなひび割れは

発生せず、材齢1年時においても一体化が確認できた。底面および側面は有機繊維補強型枠によって覆われているため、乾燥収縮ひび割れの発生は見られず、型枠そのものについても乾燥収縮ひび割れは発生しなかった。

4. 実験結果

4.1 最終破壊形状 表-5 に実験結果一覧を、図-5 に1年経過実験における各試験体の最終破壊形状を示す。梁の上端に示した点線によるひび割れは負荷荷時の曲げひび割れである。ハーフPCa試験体であるa)図FMOPCaK、c)図FMMOPCaKは重ね継手端部付近の曲げひび割れから上端方向に太いひび割れが見られた。これは試験体内部で、サイドスプリット型の付着割裂破壊が起きたが有機繊維補強型枠に配合した有機繊維材の効果により、梁側面の主筋線上に発生するひび割れが抑制されたものと推察する。また、最終破壊後に後打ち再生コンクリートと有機繊維補強型枠の境界面で破壊が見られなかったことから、一体化されていることが認められた。一方、一体打ち試験体であるb)図HFM1K、d)図HFMM1Kは終局時に主筋線上に沿って太いひび割れが進行し破壊する、サイドスプリット型の付着割裂破壊を起こした。

4.2 主筋長期許容応力度時の曲げひび割れ

図-6 に主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅 W_{max} を示す。有機繊維補強型枠を用いたハーフPCa試験体は、一体打ち試験体と比較して W_{max} が平均約0.06mm小さくなった。これより、ハーフPCa試験体は、有機繊維補強型枠に配合された有機繊維材に曲げひび割れ幅を抑制する効果があり、曲げひび割れ幅の抑制に有効であると考えられる。また、全ての試験体の W_{max} はRC規準⁴⁾のひび割れ制限目標値の0.25mm以下となった。

4.3 変位性状 図-7 に再生粗骨材を50%置換した試験体の荷重-変位曲線(包絡線)を示

表-5 実験結果一覧

試験体名	圧縮強度 (N/mm^2)	最大荷重 (kN)	付着割裂強度 (N/mm^2)	最大曲げひび割れ幅 (mm)
1) FMOPCa	67.3	441.5	4.96	0.06
2) FMOPCaK	71.3	447.0	5.02	0.10
3) FMMOPCa	60.6	397.5	4.46	0.06
4) FMMOPCaK	66.5	450.0	5.05	0.06
5) HFM	50.4	344.0	3.86	0.10
6) HFM1K	61.1	350.5	3.93	0.20
7) HFMM	56.6	375.0	4.21	0.11
8) HFMM1K	67.4	375.0	4.21	0.12

最大曲げひび割れ幅: $\sigma_c = 200N/mm^2$

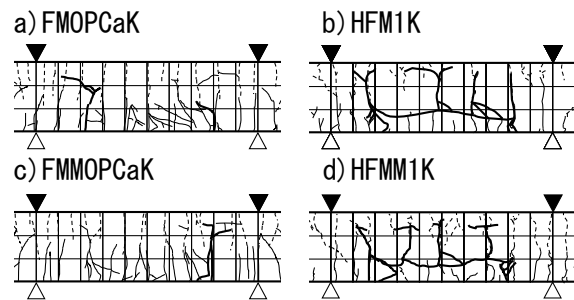


図-5 最終破壊形状

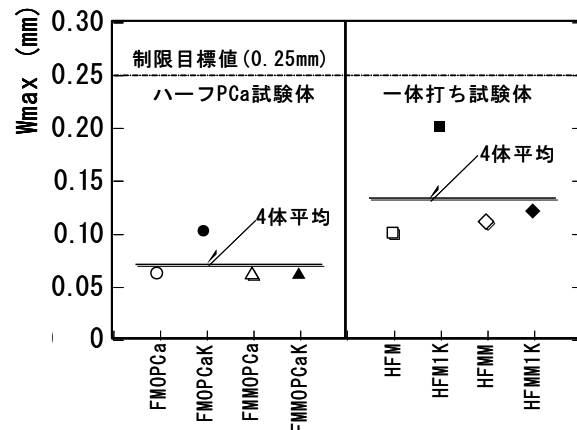


図-6 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

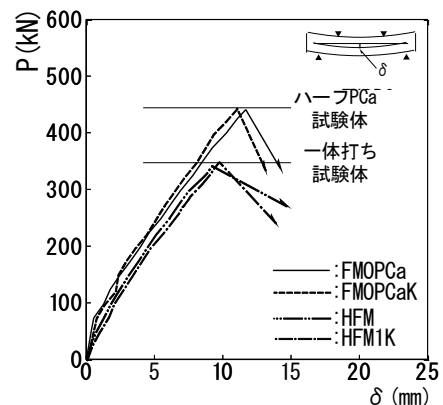


図-7 荷重-変位曲線(包絡線)

す。実験時の荷重制御は主筋の応力度が $\sigma_t=100$ (N/mm²) ずつ増加するよう行った。また、変位は中央変位 δ を示した。有機繊維補強型枠を用いたハーフ PCa 試験体は同一骨材置換率の一体打ち試験体と比較して初期剛性が上昇し、最大荷重も上昇した。また、各シリーズで材齢の違いによる付着割裂強度の差はそれほど見られなかった。有機繊維補強型枠の圧縮強度 ($\sigma_{B\ Shell}$) は 5 週実験時に 146.2 (N/mm²)、1 年実験時に 159.7 (N/mm²) と後打ち再生コンクリートに比べ、高強度になっている。高強度である有機繊維補強型枠が引張側となる底面部で、引張応力を負担したことが初期剛性および最大荷重の上昇につながったと考える。

4.4 付着割裂強度の検討 付着割裂強度は式(1)により求めた。

式(1) 付着割裂強度算定式

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

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)
 ϕ : 鉄筋周長 (4-D19 240mm)
 l_s : 重ね継手長さ (30db 570mm)

図-8 に付着割裂強度を示す。有機繊維補強型枠を用いたハーフ PCa 試験体の付着割裂強度は、一体打ち試験体と比較して上昇した。これは有機繊維補強型枠を用いたことで梁部材の平均的なコンクリート強度が上昇し、付着割裂強度が高くなったと考える。また、材齢 5 週時と材齢 1 年時、再生細骨材の有無の比較において差異はさほど見られなかった。材齢 5 週時と材齢 1 年時の付着割裂強度に大きな差が見られなかったことから、梁部材の乾燥収縮ひび割れの影響は少なかったと考える。以上より、ハーフ PCa として用いた有機繊維補強型枠の力学特性が、外殻部の型枠としての役割のみならず構造材として部材耐力を分担していると考えられる。

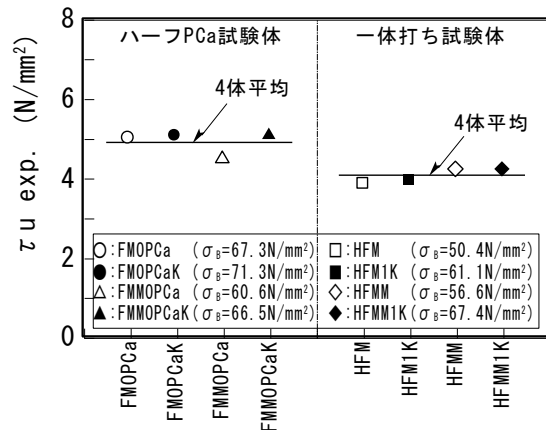


図-8 付着割裂強度

5. まとめ 有機繊維補強コンクリート型枠を用いた再生コンクリート梁部材の基礎的研究として、1 年経過時の付着性状を検討した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 有機繊維補強型枠をハーフ PCa 梁部材に用いることで、一体打ちの再生コンクリート梁部材と比較して、初期剛性および付着割裂強度が上昇した。
- 2) 有機繊維補強型枠を用いたハーフ PCa 試験体は、骨材置換率が同一の一体打ち試験体と比較して、打設面での乾燥収縮ひび割れの減少が認められた。
- 3) ハーフ PCa 試験体、一体打ち試験体ともに乾燥収縮ひび割れが付着性状へ与える影響は少ないことが分かった。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、葛西再生コンクリート工場には再生コンクリートの手配で御協力をいただきました。混和剤メーカー F 社の方々には調査計画において貴重な御助言をいただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 浪花翔馬, 師橋憲貴, 桜田智之: 日本大学生産工学部第 46 回学術講演会講演概要, pp. 631-634, 2013 年 12 月 7 日
- 2) 師橋憲貴, 桜田智之, 三橋博巳: 高流動再生コンクリートを適用した梁部材の付着特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 58B, pp. 1~8, 2012 年 3 月
- 3) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2009 年
- 4) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2010 年