

高流動再生コンクリートを用いたハーフ PCa 梁部材の基礎的研究

—その3 1年経過実験時の付着性状—

日大生産工 (院) ○佐藤 毅法

日大生産工 師橋 憲貴

日大生産工 桜田 智之

1.はじめに 昨年度は、高流動再生コンクリートを用いたハーフ PCa 梁部材の基礎的研究として、その 2 60N/mm² 級再生コンクリートの付着割裂強度について報告を行った¹⁾。その結果、高流動再生コンクリート梁部材の最大曲げひび割れ幅は、外郭部に用いたハーフ PCa によると思われる減少が認められた。また、材齢 5 週経過実験時の高流動再生コンクリートを用いたハーフ PCa 梁部材の付着割裂強度は、外郭部に用いたハーフ PCa によると思われる付着割裂強度の上昇が認められた。

作製した試験体を 1 年間保管することによって、その期間再生コンクリートは外気に触れておりそれによる乾燥収縮ひび割れの発生などが予測される。ハーフ PCa は側面、底面を覆っており、乾燥収縮の受けにくい地下構造部材のような状態になっていると考える。一体打ちの試験体は外気に触れる期間が長いほど乾燥収縮ひび割れが発生しているため、実験時のひび割れ幅に影響が出るものと考えられ、1 年経過実験時における UFC 型枠の有無や 5 週実験時との付着割裂強度に差が出てくるものとする。そこで本研究は、これら試験体のコンクリート打設後 1 年経過時における付着性状について検討を行うものである。1 年経過することによってコンクリート強度の上昇及び、ハーフ PCa に側面、底面を覆われた状態で付着割裂強度のどのような影響を及ぼすかの検討を行うものである。

表-1 試験体詳細

シリーズ	試験体名	タイプ 骨材置換率	載荷時期
ハーフ PCa	1) HFMP ¹⁾	HFMPタイプ 再生粗骨材 (50%)	5週経過時
	2) HFMP1K	再生細骨材 (0%)	1年経過時
	3) HFMMPC ¹⁾	HFMMPCタイプ 再生粗骨材 (50%)	5週経過時
	4) HFMMPC1K	再生細骨材 (50%)	1年経過時
一体打ち	5) HFM ¹⁾	HFMタイプ 再生粗骨材 (50%)	5週経過時
	6) HFM1K	再生細骨材 (0%)	1年経過時
	7) HFMM ¹⁾	HFMMタイプ 再生粗骨材 (50%)	5週経過時
	8) HFMM1K	再生細骨材 (50%)	1年経過時

骨材置換率：普通骨材を再生骨材で置換した割合
1K:1年間経過後の試験体

表-2 調合表

タイプ	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
HFMP	31.3	170	543	405	449	0	736
HFMMPC	33.8	170	503	405	449	337	384
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

タイプ	スランブフロー (cm)	空気量 (%)	高性能AE減水剤 (C/%)	AE剤 (%)
HFMP	53.2×51.8	3.0	1.66	0.008
HFMMPC	54.9×54.3	4.7	1.65	0.008
HFM	58.0×55.0	5.2	1.55	0.004
HFMM	57.0×59.0	3.2	1.80	0.007

2. 実験概要

2.1 使用材料 表-1 に試験体詳細を示す。梁試験体は、普通粗骨材を中品質再生粗骨材²⁾で 50%置換し、後打ちコンクリートに高流動

Fundamental Study on the half pre-cast beam of
High Fluidity Concrete with Recycled Aggregate
-Part.3 Bond Properties pass 1 year-

Takenori SATO, Noritaka MOROHASHI and Tomoyuki SAKURADA

再生コンクリートを使用した HFMPc タイプ、さらに細骨材を再生細骨材で 50%置換した HFMMPC タイプの 2 タイプとした。2 タイプともに外殻部に使用したハーフ PCa は、超高強度繊維補強コンクリート型枠(以下 UFC 型枠)を使用した^{1),3)}。

2.2 調合条件 表-2 に調合表を示す。本研究の後打ちコンクリートに用いた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に調合を決定した。

2.3 フレッシュ性状 表-3 にフレッシュ性状を示す。本研究で用いた高流動再生コンクリートは、全試験体ともスランプフロー値の目標を 60cm とし、概ね目標のフロー値結果となったため打設した。

2.4 試験体形状 図-1 に試験体断面を、図-2 に試験体形状を示す。UFC 型枠にあらかじめ組んだ鉄筋を落とし込み、後打ちで高流動再生コンクリートを流し込む方法をとった。UFC 型枠は、側面、底面ともに厚さ 18mm、後打ちコンクリートを含めてかぶり厚さを 30mm とした。試験体は、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。

3. 実験結果

3.1 最終破壊形状 表-4 に材齢 5 週時及び材齢 1 年経過時の実験結果一覧を、図-3 に 1 年経過試験体 HFMPc1K、HF1K の最終破壊形状、5 週経過試験体の最終破壊形状を示す。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。a) 図のハーフ PCa 試験体 HFMPc1K は、b) 図で示す一体打ち試験体 HF1K と最終破壊形状において、HFMPc1K は主筋線上に沿って太いひび割れが破壊時に発生したが、HF1K は主筋線上よりも上部で太いひび割れが発生した。これは、UFC 型枠を用いたことによりサイドスプリット型破壊が発生し

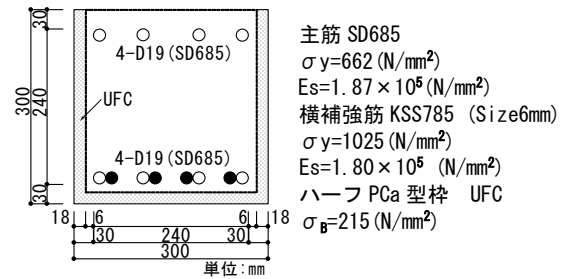


図-1 試験体断面

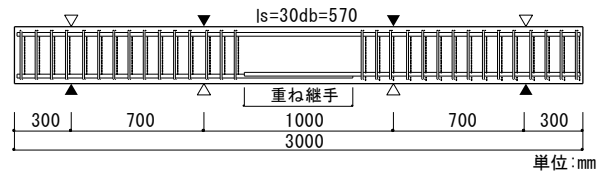


図-2 試験体形状

表-4 実験結果一覧

試験体名	圧縮強度 σ_B (N/mm ²)	最大荷重 Pmax (kN)	付着割裂強度 $\tau_{u \text{ exp.}}$ (N/mm ²)	最大曲げひび割れ幅 Wmax (mm)
1) HFMPc ¹⁾	62.1	480.0	5.39	0.06
2) HFMPc1K	70.1	537.0	6.03	0.04
3) HFMMPC ¹⁾	50.2	475.5	5.34	0.04
4) HFMMPC1K	59.3	552.0	6.20	0.08
5) HF ¹⁾	50.4	344.0	3.86	0.10
6) HF1K	61.1	350.5	3.93	0.20
7) HF ¹⁾	56.6	375.0	4.21	0.11
8) HF1K	67.4	375.0	4.21	0.12

最大曲げひび割れ幅 : $\sigma_t=200\text{N/mm}^2$

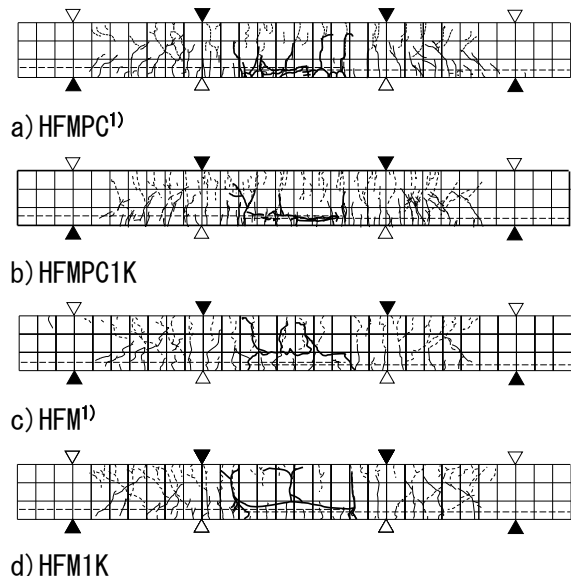


図-3 最終破壊形状

た線上の部分だけが引張に耐え切れず破壊された。また、一体打ちの試験体は同様にサイドスプリット型の付着割裂破壊だったが破壊

に巻き込まれる形で上部まで破壊されたと考える。HFMP1Kは、HFMPと比較して最大荷重の増加に伴い正負繰り返し荷重をかける回数は増えているが、荷重上昇によるひび割れ本数増加による最終破壊形状の違いは見られなかった。また、ハーフPCa試験体においてはUFC型枠に含まれる鋼繊維材の影響で試験体からのコンクリートの脱落は見られなかった。

3.2 主筋長期許容応力度時の曲げひび割れ

図-4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。UFC型枠を用いた試験体 HFMP1K、HFMP1K は、一体打ちの試験体 HFM1K、HFMM1K と比較して W_{max} が 0.04mm～0.16mm 小さくなった。1年経過時と5週経過時を比較して、UFC型枠を用いた試験体は、一体打ちの試験体よりも乾燥収縮ひび割れの抑制に繋がったと考える。また、再生細骨材を置換したことにより1年経過した試験体は、乾燥収縮ひび割れが最大曲げひび割れ幅の増大に影響を受けたと思われるが、UFC型枠を用いた試験体にはそのような傾向は見られなかった。これは、UFC型枠により外郭部が覆われていたことにより、再生コンクリートが外部に曝され難い状態で保管されていたために、乾燥収縮ひび割れの抑制に繋がり実験開始時において側面、底面にひび割れが発生していない状態であり、UFC型枠に含まれる鋼繊維材がひび割れ幅の広がりを抑えたので、最大曲げひび割れ幅の抑制に繋がると考える。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 以内となった。

3.3 変位性状 図-5に荷重-変位曲線(包絡線)を示す。UFC型枠を用いた試験体 HFMP1K は、ハーフPCa型枠を使用していない一体打ちの試験体 HFM1K と比較して、初期剛性が上昇し最大荷重は約50%上昇した。また、1年

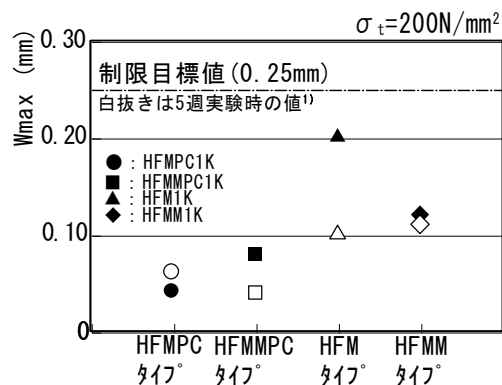


図-4 主筋長期許容応力度時の最大曲げひび割れ幅

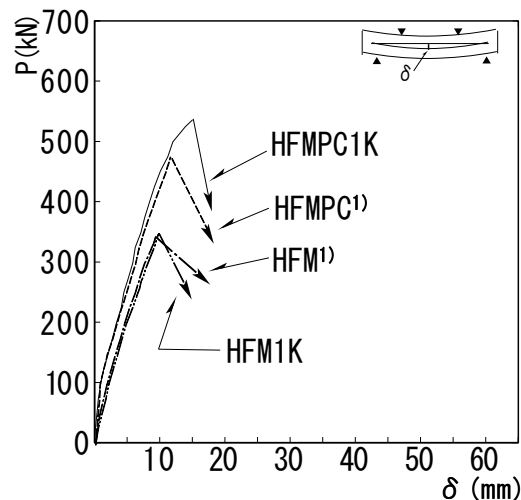


図-5 荷重-変位曲線(包絡線)

経過実験時と5週経過実験時を比較すると、HFMP1KはHFMPと比較して最大荷重が約11%上昇していた。また、一体打ちの試験体 HFM は HFM1K と比較して最大荷重の差が少なかった。1年経過時と5週経過時を比較して、1年保存することによりコンクリート強度上昇しているが一体打ちの試験体では最大荷重の増加はせず変化はあまり見られなかった。UFC型枠を用いた試験体は、コンクリート強度の上昇に比例して最大荷重が増加していた。これはUFC型枠に後打ちでコンクリート流し込んだことで、上面及び仕口のみが外気に触れるだけになり、再生コンクリートが封かん状態のような乾燥収縮を受けにくい状態であったため、コンクリート強度の上昇が最大荷重の上昇に繋がったものと考えられる。

3.4 付着割裂強度の検討 付着割裂強度は式

(1)により求めた。

$$\tau_{u \text{ exp.}} = \frac{M_u}{j \cdot \phi \cdot \cdot s} \quad (1)$$

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-6 に付着割裂強度を示す。UFC 型枠を用いた試験体 HFMP1K、HFMMPC1K と、一体打ちの試験体 HFM1K、HFMM1K の付着割裂強度を比較すると、HFMP1K、HFMMPC1K の方が平均で約 50% 上昇していた。これは、高流動再生コンクリート梁部材は UFC 型枠で補強したことで UFC 型枠を用いた試験体の最大荷重が上昇し、付着割裂強度が高くなったものとする。1 年経過時と 5 週経過時を比較して 1 年経過によるコンクリート強度の上昇は、全ての 1 年経過試験体においてあるが、一体打ちの試験体は付着割裂強度の上昇が全く見られなかった。しかし、UFC 型枠を用いた試験体は付着割裂強度の上昇が見られた。これは、一年経過によって発生する乾燥収縮ひび割れが、一体打ちの試験体では外部に触れる面積が広いため発生しており、それによる曲げひび割れ幅の増大が付着割裂強度に影響を与えたと考える。また、UFC 型枠を用いた試験体は外気に触れる面積が少なく乾燥収縮が受け難くひび割れが発生し辛かったため、曲げひび割れも UFC 型枠に含まれる鋼繊維材により減少したため付着割裂強度の上昇に繋がったと考える。

4. まとめ 高流動再生コンクリートを用いたハーフ PCa 梁部材の UFC 型枠に後打ちで再生コンクリートを流し込んだ梁試験体の打設後 1 年経過時と 5 週経過時の付着性状を比較し検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

(1) UFC 型枠を用いた試験体は、一体打ちの試

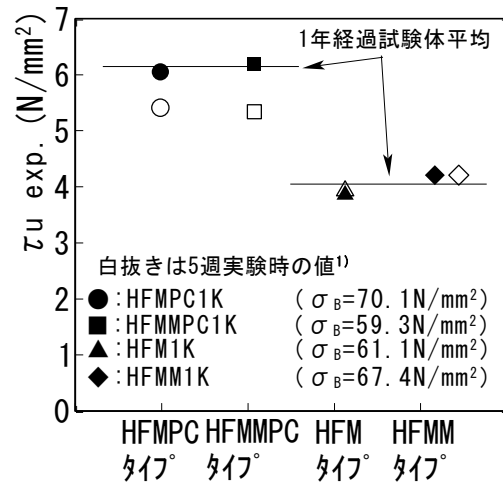


図-6 付着割裂強度

験体と比較して乾燥収縮ひび割れが発生しにくかったため最大曲げひび割れ幅の抑制に繋がったと考える。

(2) UFC 型枠に後打ちでコンクリート流し込むと乾燥収縮を受けにくい状態が出来て最大荷重の上昇に繋がったものとする。

(3) コンクリート強度が上昇しても曲げひび割れ幅などにより付着割裂強度が上昇しない。

本研究では、ハーフ PCa 型枠を用いた試験体において付着性状の検討を行った。今後は、ハーフ PCa 型枠を用いたことによって上昇した付着への寄与分について、定量的な評価を行っていきたい。

謝辞 本研究は文部科学省、平成 20 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」(研究代表者: 土木工学科教授木田哲量)の一貫として行われたものであり関係各位に感謝の意を表します。また、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) 伊勢大祐、師橋憲貴、桜田智之: 高流動再生コンクリートを用いたハーフ PCa 梁部材の基礎的研究- その 2 60N/mm² 級再生コンクリートの付着割裂強度-、日本大学生産工学部第 43 回学術講演会、2010 年 12 月、pp. 105-108
- 2) 日本工業規格: JIS A 5022 (再生骨材 M を用いたコンクリート)、2007 年 3 月
- 3) 土木学会: 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案)、平成 16 年 9 月
- 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