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4 付着割裂強度に関する考察―

1. はじめに 本研究におけるハーフプレキャ スト鉄筋コンクリート梁部材¹⁾(以下,ハーフ PCa 梁部材という)は、再生コンクリートの乾 燥収縮対策を目的としてコの字型のプレキャ スト鉄筋コンクリート外殻型枠を梁部材の側 面と底面の一部として用い、後から再生コン クリートを打ち込んで一体化した梁部材であ

る。外殻型枠にはその肉厚を薄くし、後 打ち部分の空き空間を確保して配筋スペ ースを設けるため,近年の新技術である 超高強度繊維補強コンクリートを利用し た(以下, 高強度繊維補強外殻型枠とい う)²⁾。そのため、梁部材の耐荷力には外 殻型枠のコンクリート強度と後から打設 するコンクリートのコンクリート強度が それぞれ影響を及ぼすものと考える。そ こで本研究は外殻型枠と後打ちコンクリ ートのコンクリート強度を考慮した付着 割裂強度の評価について考察を行ったの で報告する。

2. 実験概要 表-1 に試験体詳細を示す。 本研究で使用した再生コンクリートは再 生コンクリート工場で製造されたレディ ーミクストコンクリートである。粗骨材 には再生粗骨材と普通粗骨材を50%ずつ 用いた。細骨材には普通細骨材を 100% とした試験体と,再生細骨材と普通細骨 材を50%ずつ使用した試験体を作製した。

日大生産工	○師橋	憲貴
日大生産工	桜田	智之

載荷は乾燥収縮の影響を考慮して、再生コン クリートを打設後, 材齢5週と1年保存後に 行った。図-1に試験体形状および図-2に試験 体断面を示す。図-1 に示すように, ハーフ PCa 梁部材の内部コンクリートと鉄筋の力学的特 性を把握するため,鉄筋とコンクリートの付 着により耐力を評価する目的で梁部材下端に

表-1 試験体詳細

試験体名	シリーズ 置換率	試験体 タイプ	乾燥収縮 低減剤	載荷時期
1) HFMPCa	HFMPCaシリーズ:	∩-7PCa 試験体	無し	材齢5週
2) HFMPCaK	中品質再生粗骨材50%・ 砕石50% 再生砂0%・			1年 保存後
3) A-HFMPCaK	天然砂100%		有り	
4) HFMMPCa	HFMMPCaシリーズ:		無し	材齢5週
5) HFMMPCaK	中品質再生粗骨材50%・ 砕石50% 再生砂50%・			1年 保存後
6) A-HFMMPCaK	天然砂50%		有り	
7) _{HFM} ³⁾	HFMシリーズ:	, 一体打ち 試験体	無し	材齢5週
8) _{HFM1K} 3)	中品質冉生粗骨材50%・ 砕石50% 再生砂0%・			1年 保存後
9) _{A-HFM1K} ³⁾	天然砂100%		有り	
10) _{HFMM} ³⁾	HFMMシリーズ:		無し	材齡5週
11) HFMM1K ³⁾	中品質再生粗骨材50%・ 砕石50% 再生砂50%・			1年
12) A-HFMM1K ³⁾	₩1K ³⁾ 天然砂50%		有り	保存後
四格 动 、 並 不 马	おた声と鳥おべ男協よて知ら			

普通骨材を再生骨材で置換する割合

 $b \times D = 300 \times 300$ mm 重ね継手長さls=30db=570mm

目標コンクリート強度60N/mm²

注)試験体番号7)~12)のHFMシリーズおよびHFMMシリーズは,参考文献3)に 発表した一体打ち試験体であるが、ハーフPCa試験体との比較検討のため、 本研究のシリーズに加えて表示をした。

Fundamental Study on the half pre-cast beam of High Fluidity Concrete with Recycled Aggregate -Part. 4 Investigation of Bond Splitting Strength-

Noritaka MOROHASHI and Tomoyuki SAKURADA

重ね継手を有する試験体とした。本研究 では高強度繊維補強外殻型枠を用いたハ ーフ PCa 梁部材と,外殻型枠を用いてい ない既往の一体打ち試験体を比較しコン クリート強度の評価について検討を行っ た³⁾。図-2a)図の外殻型枠と後打ち再生 コンクリートとの接合面は,十分な一体 性が得られるよう直径約 10mm,深さ約 3.6mmの付着層凹部を設けた。表-2 に実 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。表中の最大 荷重は正載荷時における付着割裂破壊時 の荷重である。

3. 重ね継手主筋の応力度 ここでは後打ち再 生コンクリート内に配筋した主筋の応力状態 を確認するため,重ね継手主筋のひずみ測定 値から求めた個別鉄筋の存在応力度(隅主筋, 中間主筋それぞれの平均)と,荷重を基に求め た平均応力度を比較した。重ね継手主筋のひ ずみ測定値による存在応力度は式(1)により 求めた。

 $\sigma s = Es \cdot \epsilon$

$$(N/mm^2)$$
 (1)

 σ s:重ね継手端部の存在応力度 (N/mm²)
 E s:鉄筋のヤング係数(N/mm²)
 ε:重ね継手端部のひずみ度

また,載荷した荷重による平均応力度は梁 の曲げ強度略算式⁴⁾を基として式(2)により 求めた。

M = at· σs· j (N·mm) (2) ここで M:曲げモーメント(N·mm) at:主筋の断面積(4-D19 1148mm²) σs:主筋の応力度(N/mm²) j:応力中心間距離(7/8)d (d:梁有効せい 260.5mm)

式(1)を計算する際の主筋のひずみは図-3 に示すように重ね継手主筋に a~h の順で,図 -4 に示すような重ね継手始点と終点位置に1



表-2 実験結果一覧

衣 Z 天歌和木 見						
試験体名	載荷時期	最大荷重	付着割裂 強度			
		Pmax	τ _{u exp.}	破壊形式		
		(kN)	(N/mm ²)			
1) HFMPCa	材齢5週	480.0	5.39			
2) HFMPCaK	1年保存後	537.0	6.03			
3) A-HFMPCaK	1年保存後	525.0	5.89			
4) HFMMPCa	材齢5週	475.5	5.34			
5) HFMMPCaK	1年保存後	552.0	6.20			
6) A-HFMMPCaK	1年保存後	495.0	5.56	付着割裂		
7) HFM ³⁾	材齢5週	344.0	3.86	破壞		
8) HFM1K ³⁾	1年保存後	350.5	3.93			
9) A-HFM1K ³⁾	1年保存後	372.0	4.18			
10) HFMM ³⁾	材齢5週	375.0	4.21			
11) HFMM1K ³⁾	1年保存後	375.0	4.21			
12) A-HFMM1K ³⁾	1年保存後	371.5	4.17			

τ_{uexp.}: 4節の式(3)による

~8 のゲージ番号をふり,計測したひずみ度 を用いた。図-5 にひずみ測定値と荷重(略算 式)による主筋応力度の関係を示す。荷重 P=150kN 付近まではゲージによる応力度は略 算式に比較して小さい値を示しているが, 150kN 以降の大きい荷重では,ゲージによる 応力度と略算式はほぼ良い対応を示した。こ のことより以降の節で検討を行うハーフ PCa 梁部材における付着割裂強度の評価において も,試験体に載荷した荷重により求まる付着 割裂強度の評価が可能と考える。

4. 付着割裂強度の評価 図-6 に荷重により求

めた付着割裂強度 $\tau_{u exp.}$ を後打ち再生コンク リートのコンクリート強度の平方根で除し無 次元化して示した。 $\tau_{u exp.}$ は式(3)により求め た。

 $\tau_{u \exp.} = \frac{Mu}{j \cdot \phi \cdot ls}$ (N/mm²) (3) ここで Mu: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) $ls: 重ね継手長さ(30d_b 570mm)$

ハーフ PCa 試験体と一体打ち試験体を 比較するとハーフ PCa 試験体の付着割裂 強度が高く, 高強度繊維補強外殻型枠の コンクリート強度の高さが付着割裂強度 に寄与していることがうかがえた。そこ で図-7に示すように外殻型枠のコンクリ ート強度 σ B shell と後打ち再生コンク リートのコンクリート強度 σB を重ね継 手の上端側と下端側の主筋表面から30mm の面積比で平均化し, σB2 として評価を 行った。τ_μ exp. を平均コンクリート強度 σB2の平方根で除し、無次元化した付着 割裂強度を図-8に示す。ハーフ PCa 試験 体と一体打ち試験体の付着割裂強度はほ ぼ同等となり、平均コンクリート強度 σ B2の考え方の妥当性が示された。

 5. 付着割裂強度の算定 ここでは 60N/mm² 級のコンクリート強度までを対 象にして,普通コンクリートによる付着 割裂実験を基に筆者らが誘導した重ね継 手の付着割裂強度算定式が,ハーフ PCa 梁部材の本実験に適用可能であるか検討 を行った⁵⁾。付着割裂強度の計算値は式 (4)~(6)により求めた。

$$\tau_{\rm u\ cal.} = \tau_{\rm co\ cal.} + 0.7 \ \tau_{\rm st\ cal.} \ (N/mm^2)$$
 (4)

 $\tau_{\rm co\ cal.} = \{0.\ 12+0.\ 07b_{\rm si}+5.\ 54/(l_{\rm s}/d_{\rm b})\}\sqrt{\sigma_{\rm B}}$ (N/mm²)(5)

$$b_{si} = \frac{b - \Sigma \, d_b}{\Sigma \, d_b'} \tag{6}$$







ここで

d_b:主筋径(mm) *l*s:重ね継手長さ(mm) b:梁幅(mm)

 Σd_b :重ね継手の主筋の直径の総和(mm) (重ね継手の主筋1組は2本と数える) Σd_b :重ね継手の外側での主筋の直径の総和 (mm)(重ね継手の主筋1組は1本と数える) σ_B :コンクリート強度(N/mm²) $\tau_{st cal.}$:横補強筋による付着割裂強度増分

(本研究では、重ね継手部に横補強筋を 配筋していないので考慮していない)

図-9 に付着割裂強度の実験値($\tau_{u exp.}$)と計 算値($\tau_{u eal.}$)の比較を示す。実験値/計算値を 求めた付着強度比mは 1.19,標準偏差 SD は 0.05 となり,実験値と計算値は概ね類似した 傾向を示し,実験値が計算値を上回る安全側 の評価となった。これにより,ハーフ PCa 試 験体の付着割裂強度の評価にあたり外殻型枠 と後打ちコンクリートのコンクリート強度を 平均したコンクリート強度 σ B2 が適用可能で あることを示せたものと考える。

6. まとめ 高流動再生コンクリートを用いた ハーフ PCa 梁部材の付着割裂強度について外 殻型枠と後打ちコンクリートのコンクリート 強度を考慮して検討した結果,本実験の範囲 内で以下に示す知見が得られた。

- 付着割裂強度を外殻型枠と後打ち再生コンクリートの平均コンクリート強度の平方根で除し無次元化した場合,ハーフPCa 試験体と一体打ち試験体はほぼ同等の値となった。
- 2) 普通コンクリートで誘導した重ね継手の 付着割裂強度算定式は,外殻型枠と後打ち コンクリートのコンクリート強度を平均 したコンクリート強度を用いることでハ ーフ PCa 試験体の付着割裂強度へも適用 の可能性があることが認められた。

参考文献

- 日本建築学会:プレキャスト複合コンクリー ト施工指針(案)・同解説,2004 年
- 2) 土木学会: 超高強度繊維補強コンクリートの



図-7 平均コンクリート強度 √σB2 の考え方



図-8 平均コンクリート強度 √σB2 で無次元化 した付着割裂強度



図-9 付着割裂強度の実験値と計算値の比較

設計·施工指針(案), 2004年

- 3)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, 2012.3
- 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
- 5) 師橋憲貴, 桜田智之:60MPa 級の高強度コンク リートを用いた重ね継手の付着割裂強度に 関する研究, コンクリート工学論文集, 第 11 巻第1号, pp. 9~18, 2000 年1月