

高性能鋼繊維補強材料を用いた継手構造の疲労実験

オリエンタル建設(株)	正会員	○庭野 隆	非会員	阿部 浩幸
清水建設技術研究所	正会員	栗田 守朗	正会員	木村 克彦

1. 目的

近年、橋梁工事の工費削減が要求される中で、省力化および工期短縮を目的にプレキャスト（PCa）部材の適用が増えている。橋梁上部構造においては、工場等で製作された主桁および床版を、目地部にエポキシ樹脂接着剤を塗布しプレストレスを導入する方法、軸方向鉄筋をラップしたり機械式継手を用いたりして一体化する方法が採用されている。前者の場合、目地部の引張応力許容値が一体構造より小さく設定されているために多くのプレストレス力を必要とすること、後者の場合、鉄筋のラップ長が長くまた過密になるために鉄筋組立が煩雑となるなどの課題がある。今回提案するものは、これらの課題を解決するものとして鋼繊維を混入した高強度材料を継手部に適用するものである。繊維補強材料として、高流動鋼繊維補強材料（SFRC）と Compact Reinforced Composite（CRC）の2種類のタイプを採用した⁽¹⁾。これらの材料をPCa部材の継手に用いた場合の利点は、1）鉄筋のラップ長が従来の半分（鉄筋径の15倍以下）で十分あること、2）配力鉄筋が不要となることから施工が簡易となること、3）プレストレス導入に必要な強度が1日材齢で得られることから従来工法と比べ工程にロスがないこと、4）プレストレス量を減らすことのできるプレストレスト・レインフォースト・コンクリート（PRC）構造の採用が可能となること、などが挙げられる。本研究の目的は、これらの材料を用いた継手部分の疲労特性を確認することにある。

記号	セメントの種類	W/C (%)	S/a(%)	Vf(%)	Air(%)	単位量(kg/m3)					
						水	セメント	砕砂	山砂	砕石	鋼繊維
SFRC-1%	SFCH	27.5	68.3	1	2.0	170	618	428	642	507	78.5

2. 実験概要

表-1 に使用した鋼繊維補強材料の配合表を示す。SFRC は鋼繊維混入率を体積比で 1% とし圧縮強度 100N/mm² 程度としたコンクリート, CRC は鋼繊維混入率を 3% とし圧縮強度 120N/mm² 程度としたモルタルである。表-2 に試験体パラメータを示す。試験体のパラメータは, 継手材料と導入プレストレス量とした。PCa 主桁構造を対象として試験体下縁に 5N/mm² の圧縮応力が発生するようにプレストレスを導入したものと PCa 床版を対象にプレストレスを導入しないものとした。比較として継手の無い試験体 (WOJ5) を疲労载荷せず静的载荷を行った。試験体形状と载荷方法を図-1 に示す。試験体は, 高さ 500mm 幅 385mm の矩形断面, 長さ 5.5m で, 長さ中央部に継手部を設けている。継手部には, 引張鉄筋として D16 (降伏強度 354N/mm²) のみが, 隣り合う鉄筋が接触することなく 40mm の中心間隔で配置された。継手部長さおよび鉄筋ラップ長は,

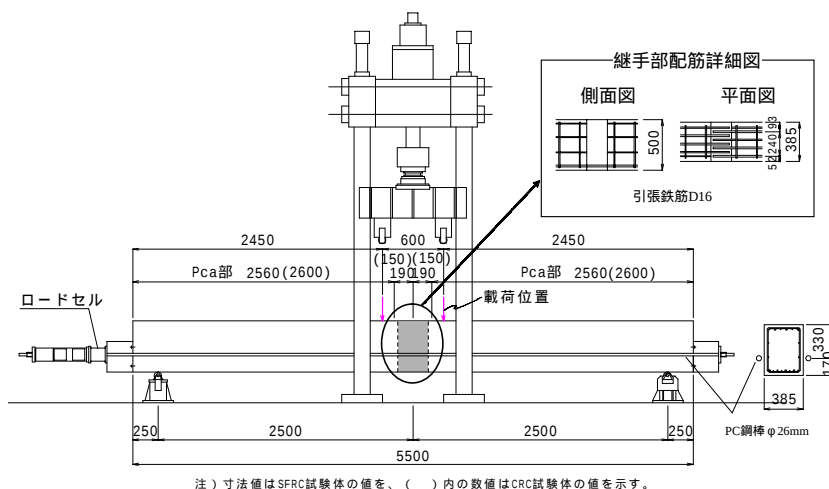
ロードセ

表-1 鋼纖維補強材料配合表

記号	セメントの種類	W/C (%)	s/a(%)	Vf(%)	Air(%)	単位量(kg/m3)					
						水	セメント	砕砂	山砂	砕石	鋼繊維
SFRC-1%	SFCH	27.5	68.3	1	2.0	170	618	428	642	507	78.5
CRC-3%	CRC	16.0	-	3	3.0	155	970	472	708	-	235.5

表-2 試験体パラメータ

試験体 №	試験体名	目地材料	目地幅 (mm)	ラップ長 (mm)	プレストレスト量 (N/mm ²)	備考
1	WOJ5	-	-	-	5	主桁モデル
2	CRC5	CRC	10D 200	160	5	Pca主桁モデル
3	SFRC5	SFRC	15D 300	240	5	Pca主桁モデル
4	SFRC0	SFRC	15D 300	240	0	Pca床版モデル



注) 寸法値はSERC試験体の値を、()内の数値はCRC試験体の値を示す。

キーワード 鋼繊維材料，プレキャスト，継手，疲労

連絡先 〒321-4367 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘5 オリエンタル建設(株)技術研究所 TEL 0285-83-7921

それぞれ CRC で 200mm および 160mm , SFRC で 300mm および 240mm である . プレストレスは , $\phi 26$ の PC 鋼棒を偏心量 80mm の位置に外ケーブル配置し , 継手材料打設 1 日後に導入を行った . 実験は , 支間 5m そして載荷スパン 0.6m に試験体をセットし , 200 万回の定点載荷を継手打設後 28 日以降に行った . 荷重振幅は , CRC5 および SFRC5 について継手部下縁引張応力が $0 \sim 3 \text{ N/mm}^2$ となるように $61 \sim 106 \text{ kN}$ とし , SFRC0 について引張鉄筋応力が 180 N/mm^2 に達するように $5 \sim 38 \text{ kN}$ とした . 疲労載荷終了後、破壊までの静的載荷を行った . 表 - 3 にプレストレス導入時および疲労載荷開始日の材料強度試験結果を示す .

表-3 材料強度試験結果

	プレ導入時	試験開始時			
	圧縮強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)
CRC	72.8	125.4	39833	11.83	13.35
SFRC	54.4	98.2	38567	8.46	11.09
PCa	59.3	61.6	33900	3.53	5.85

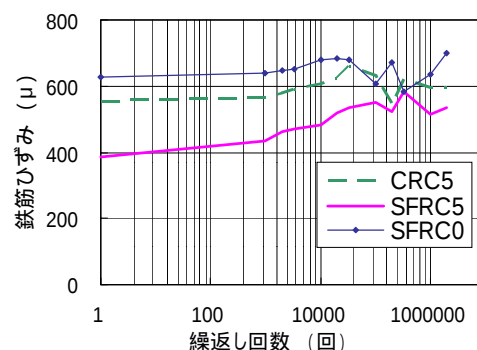


図-2 繰返し回数と鉄筋ひずみ

図-2に繰返し回数と継手部近傍の引張鉄筋ひずみの関係を示す . 鉄筋ひずみは , 3 試験体とも 10 万回まで漸増しているもののそれ以降比較的安定する傾向を示した . 図-3~4 に 200 万回疲労載荷後に行った静的破壊実験結果を示す . 同図には , 継手が無しで疲労載荷をせずに静的破壊実験を行った WOJ5 の結果も合わせて示す . 図-3 より , プレストレスを導入した CRC5 および SFRC5 の荷重とたわみの関係は , WOJ5 の結果とほぼ同じ挙動であったことがわかる . また , 図-4 の荷重と引張鉄筋ひずみの関係も , WOJ5 と比べ多少降伏現象を示す荷重が小さいもののその差は約5%と小さく , ほぼ等しいと言える . 次に , プレストレスを導入していない SFRC0 について , 材料強度試験結果を用いて計算した鉄筋降伏荷重および最大荷重の結果は , それぞれ 108.8 kN および 160.8 kN であるのに対し , 疲労載荷後に行った静的載荷の結果は , それぞれ 109.3 kN (図-4 参照) および 153.4 kN (図-3 参照) と計算結果に概ね等しいものであった . 3 試験体とも疲労載荷時において , ひび割れは継手部接合面に目視で確認されず , その後の静的載荷においても接合面に集中することなく PCa 部に分散して発生するものであった . 破壊は , 接合面 PCa 部側のコンクリート圧縮破壊によるもので , 継手部の引張鉄筋の抜け出しは確認されなかった . これらのことより , 継手部の性能は , 疲労により大きな変化がないこと , 200 万回疲労載荷後においても一体構造のものとほぼ同じ曲げ耐荷力を保持していることが示された .

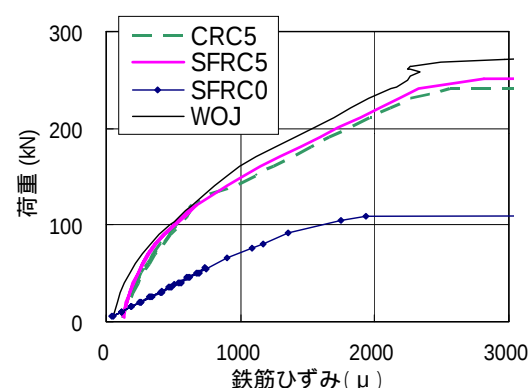
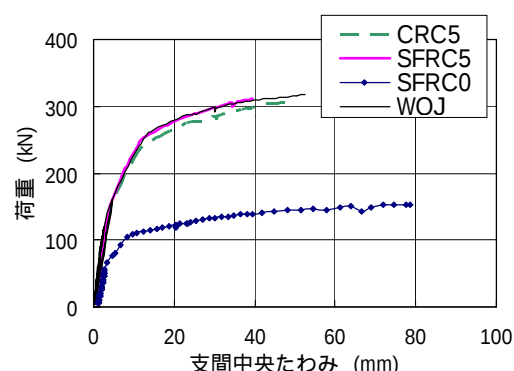


図-4 荷重と鉄筋ひずみ

4. まとめ

今回の実験より , 高性能鋼繊維補強材料である CRC および SFRC を用いた PCa 部材継手構造は , 鉄筋ラップ長がそれぞれ鉄筋径の 10 倍および 15 倍で , かつ , 隣り合う鉄筋が接触することなく一定間隔で配置された状態で , 200 万回疲労に対して問題がないこと , 疲労載荷後においても十分な曲げ性能を有していることが確認された .

参考文献

- (1) 吉武ら : 高強度鋼繊維補強材料で接合されたプレキャストコンクリートはりの曲げ挙動 , コンクリート工学年次論文集 , Vol.23, No.3, pp.859 ~ 864 , 2001