

超強度繊維補強コンクリートパネル接着による RC 部材の補強効果の評価

神戸大学大学院 学生員 ○笠松 大輔 神戸大学大学院 正会員 森川 英典
 復建調査設計(株) 高田 裕介 太平洋セメント(株) 正会員 川口 哲生

1. はじめに: 様々な要因により劣化した RC 構造物のせん断破壊に対する補強工法として, 鋼板接着工法¹⁾や繊維シート接着工法などが確立されている²⁾が, 施工性, 耐久性, 補強効果の面において改善の余地がある. そこで本研究では, 高強度, 高靱性, 高耐久性を有した超強度繊維補強コンクリート³⁾(以下, UFC) パネルに着目し, より有効的なせん断補強工法の開発を目的とし, UFC パネル接着による部材の剛性補強効果, RC 部材のせん断補強効果の評価実験を行った.

2. 実験概要: 本研究では, 角柱供試体を用いた剛性補強実験と, RC 部材を用いたせん断補強実験の 2 種類を行った. 供試体概要を図-1, 図-2 に示す. RC 部材

には, 実橋梁を想定して主要な鉄筋には丸鋼(降伏強度 $\phi 6: 338.3\text{N/mm}^2$, $\phi 16: 322.5\text{N/mm}^2$)を用いた. 実験に使用した UFC パネル(圧縮強度: 210N/mm^2)は厚さ 7mm, 14mm の二種類で, 高性能エポキシ樹脂系接合剤(以下, 接着剤: 接着強度: 5.3N/mm^2)を用いて供試体に貼付けた. 図には併せてひずみゲージ貼付け位置も示している. 角柱供試体は一軸圧縮により 98kN を最大として 2 回繰り返し載荷し, RC はりは $a/d=2.5$ で中央 2 点載荷を行った. また, 載荷試験時のコンクリート圧縮強度は 28.2N/mm^2 であった.

3. 剛性補強効果に関する検討:

角柱供試体の載荷試験結果を表-1

に示す. 7mm 厚は 2 体, 14mm 厚は 3 体, 無補強供試体は 1 体で実験を行った. 載荷試験後の剥離形式か

ら判定すると, 本実験の強度および貼付け方法においては, すべて母材であるコンクリートから剥離しており, 接着剤による施工の妥当性が確認された. また, 剥離荷重について比較すると, 7mm 厚の剥離荷重が大きく, 14mm 厚に比べ剥離しにくい結果となった. ここで, 剥離荷重とは UFC パネル上のひずみが減少し始める直前の荷重を示している. 続いて, 荷重-ひずみ関係の傾きについて考察する. 図-3 に一例を示す. ひずみの値は両面に貼付けられた中央のひずみゲージ(C-1, D-1)の平均を用いた. この結果, 14mm 厚よりも 7mm 厚のほうが, UFC パネルとコンクリートの傾きの比率が 1.0 に近く, より一体化していることがわかる. また, 無補強に比べ荷重-コンクリートひずみ関係の傾きが大きくなっていることから, UFC パネル貼り付けによる剛性補強効果がみられる. 最後に 100kN 以内の荷重分担率について考察する. 荷重分担率は, 計測したひずみにそれぞれの弾性係数および断面積を乗じて求めた分担荷重を総荷重で除したものである. これより, パネルの厚みを 2 倍にしても UFC パネルの分担荷重は 1.5 倍程度しか増加しないことがわかる. このことから, この場合 7mm 厚を用いたほうが効率よく荷重を分担するといえる.

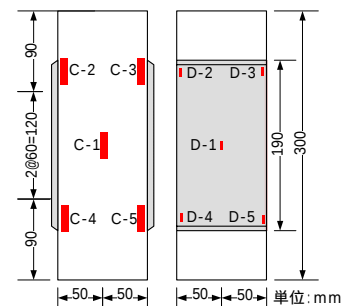


図-1 角柱供試体寸法図

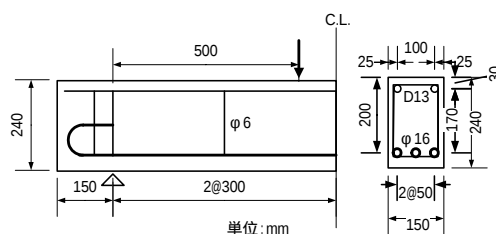


図-2 RC はり寸法図

表-1 角柱供試体載荷試験結果

供試体名	最大荷重(kN)	剥離荷重(kN)	荷重-ひずみの傾き		荷重分担率	
			コンクリート	傾きの比率	コンクリート	UFCパネル
7mm	266.6	253.3	0.39	1.05	0.80	0.20
14mm	248.7	216.3	0.40	1.17	0.72	0.28
無補強	273.7	-	0.32	-	1.00	-

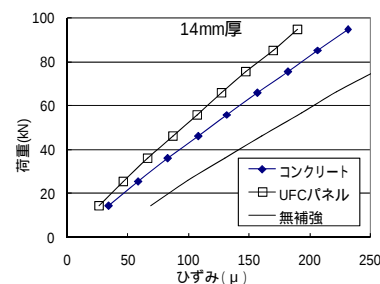


図-3 荷重-ひずみ関係

キーワード 補強, せん断, 剛性, 超強度繊維補強コンクリート, RC 部材

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-881-1212

4. RC はり部材の補強に関する検討:

図-4 に荷重試験後のひび割れ

状況を示す。なお、図には供試体名称および UFC パネル貼付け位置も併せて記載する。

名称に付けられている数字は貼付けられたパネルの厚さを、破壊に対して支配的であったひび割れは太線で示している。

まず、無補強供試体は、斜めひび割れと引張鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが支配的であることから、せん断引張破壊により終局したと考えられ、本供試体はせん断破壊先行型であるといえる。これに対して、UFC パネルを貼付けた場合、ST-7 は曲げ破壊、DB-7 はせん断圧縮破壊により終局するという、破壊形式の変化がみられた。また、無補強供試体で最終的に破壊に支配的であった箇所に UFC パネルを貼付けた CR シリーズでは、パネルの厚みにより破壊形式に違いがみられた。CR-7 はせん断ひび割れが発達しているが、UFC パネルによりひび割れの進展が抑制されている。CR-14 では ST-7 に似たひび割れが見られ、中央の曲げひび割れが進展することで圧縮域に貼付けられた UFC パネルが剥離し、曲げ破壊に至ったものと考えられる。

表-2 に荷重試験結果を、無補強供試体からの耐力比と併せて示す。ここで、 V_{c+d} はコンクリートと UFC パネルによる分担荷重であり、最大荷重 V_{max} とスターラップ分担荷重 V_s の差から求めた。これより、UFC パネルとコンクリートによる分担荷重、ひび割れ進展の抑制、および破壊モードの変化により最大耐力が改善されていることがわかる。 V_{max} でみると、CR-7 が最も大きな値をとる結果となった。これは、他に比べ V_s が大きかったことによるものと思われる。また、CR シリーズではパネルを厚くすることによる耐力の減少が見られたが、他のシリーズではパネルの厚みによる影響はほとんど見られなかった。図-5 に荷重-たわみ曲線を示す。図からわかるように、UFC パネルを貼付けることにより、一様に変形性能が向上している。

表-2 に荷重試験結果を、無補強供試体からの耐力比と併せて示す。ここで、 V_{c+d} はコンクリートと UFC パネルによる分担荷重であり、最大荷重 V_{max} とスターラップ分担荷重 V_s の差から求めた。これより、UFC パネルとコンクリートによる分担荷重、ひび割れ進展の抑制、および破壊モードの変化により最大耐力が改善されていることがわかる。 V_{max} でみると、CR-7 が最も大きな値をとる結果となった。これは、他に比べ V_s が大きかったことによるものと思われる。また、CR シリーズではパネルを厚くすることによる耐力の減少が見られたが、他のシリーズではパネルの厚みによる影響はほとんど見られなかった。図-5 に荷重-たわみ曲線を示す。図からわかるように、UFC パネルを貼付けることにより、一様に変形性能が向上している。

表-2 に荷重試験結果を、無補強供試体からの耐力比と併せて示す。ここで、 V_{c+d} はコンクリートと UFC パネルによる分担荷重であり、最大荷重 V_{max} とスターラップ分担荷重 V_s の差から求めた。これより、UFC パネルとコンクリートによる分担荷重、ひび割れ進展の抑制、および破壊モードの変化により最大耐力が改善されていることがわかる。 V_{max} でみると、CR-7 が最も大きな値をとる結果となった。これは、他に比べ V_s が大きかったことによるものと思われる。また、CR シリーズではパネルを厚くすることによる耐力の減少が見られたが、他のシリーズではパネルの厚みによる影響はほとんど見られなかった。図-5 に荷重-たわみ曲線を示す。図からわかるように、UFC パネルを貼付けることにより、一様に変形性能が向上している。

図-5 に荷重-たわみ曲線を示す。図からわかるように、UFC パネルを貼付けることにより、一様に変形性能が向上している。

5. 結論: UFC パネルの接着剤を用いた施工の妥当性が確認され、角柱供試体に UFC パネルを貼付することによる剛性補強効果が得られることがわかった。また RC はりでは、UFC パネル貼付け位置により、破壊形式の変化に伴う耐力の向上と、破壊箇所の補強による耐力の向上という 2 パターンが確認された。また、パネルが厚くなると部材との一体性が弱くなり、十分な補強効果が得られないことを示した。

【参考文献】

- 1) 土木学会: コンクリート構造物の補強指針(案), コンクリートライブラリー95, 1999.9.
- 2) 土木学会: 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, コンクリートライブラリー101, 2000.7.
- 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), コンクリートライブラリー113, 2004.9.

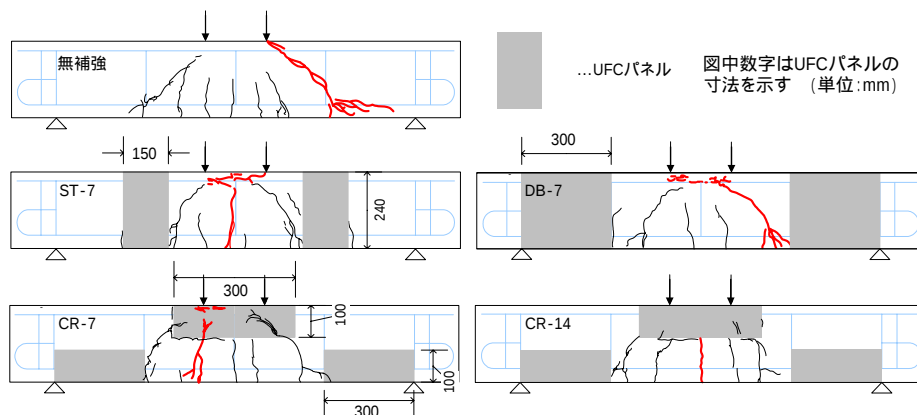


図-4 荷重ひび割れ状況

表-2 RC はり荷重試験結果

供試体名	実験値(kN)			無補強との比率		
	V_{c+d}	V_s	V_{max}	V_{c+d}	V_s	V_{max}
無補強	98.8	45.4	144.2	-	-	-
ST-7	150.9	2.7	153.6	1.53	0.06	1.07
DB-7	154.0	3.1	157.1	1.56	0.07	1.09
CR-7	136.8	25.4	162.2	1.38	0.56	1.12
CR-14	149.0	7.1	156.1	1.51	0.16	1.08

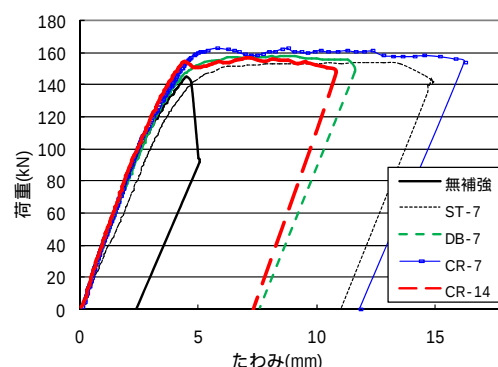


図-5 荷重-たわみ曲線