

ポリウレア樹脂を併用した炭素繊維シートによるせん断補強実験

矢作建設工業（株）
中日本高速技術マーケティング（株）
清水建設（株）

正会員 ○武藤 裕久 正会員 野村 敬之
正会員 熊谷紳一郎 藤田 鉦治
フェロー会員 奥石 正己 正会員 金丸 清人

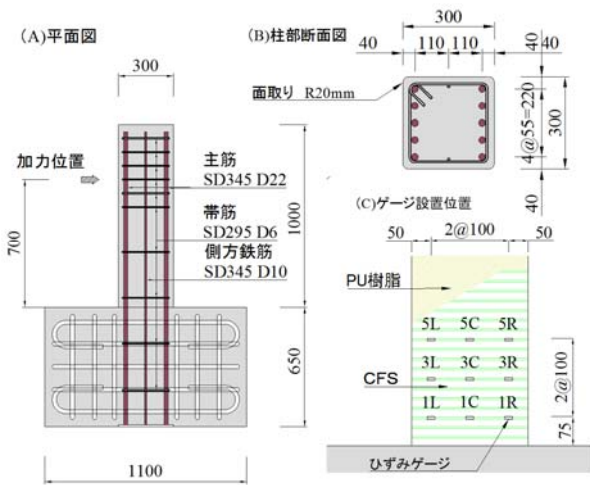
1. はじめに 兵庫県南部地震以来、コンクリート構造物に対し、様々な耐震補強工法が開発されている。その中で、炭素繊維シート（以下、CFS）を用いた耐震補強工法では、緩衝材と組合せて CFS の能力を最大限に発揮させるための研究が多く行われている^{1) 2)}。これらの実験では、補強した試験体が曲げ破壊するモデル多く、緩衝材によるせん断耐力の向上効果が検証できていないのが現状である。

本研究では、せん断破壊する補強試験体を対象として、ポリウレア（以下、PU）樹脂を緩衝材として用いた場合のせん断耐力向上効果について検証を行った。

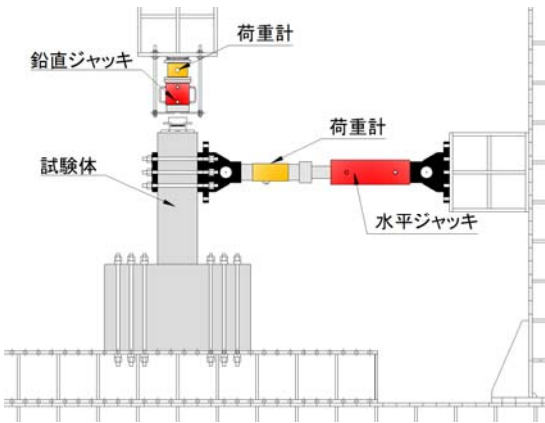
2. 試験体概要 本実験の基準試験体断面図を図－１に示す。柱断面は幅 300mm×奥行 300mm、せん断スパン長は 700mm であり、柱隅角部は R20 の面取りを行った。主筋は片面に D22（SD345）×5 本、側方鉄筋は片面に D10（SD345）×1 本、帯筋は柱基部の上方 50mm を基点とし、D6（SD295）を 250mm ピッチで配置した。コンクリートの骨材は相似則を考慮し、粒径 10mm 以下の豆砂利を使用した。

試験体の補強条件および耐力計算結果を表－１に示す。PU 樹脂の材料特性値は、引張強度 19N/mm²、弾性係数 357N/mm²である。CFS は 1 方向 CFS を使用し、その材料特性値は目付量 200g/m²、引張強度 3.4kN/mm²、ヤング係数 245kN/mm²である。コンクリート強度 f_{cd} は各加力日の圧縮強度である。

3. 載荷方法 載荷概要図を図－２に示す。軸方向圧縮力および水平力は 1MN の油圧ジャッキを用いて載荷した。軸方向圧縮力は、すべての補強試験体をせん断破壊させるため、2 方向繊維補強試験体を用いた予備試験結果から 7.0N/mm² とした。水平力の載荷方法は、50kN の整数倍の振幅で荷重制御による水平方向正負交番載荷とした。なお、本実験では変形が急激に増大したところで載荷を終了した。



図－１ 補強前の試験体断面および CFS 上の計測位置



図－２ 載荷概要図

表－１ 試験体補強条件と耐力計算結果（連続繊維シートを用いたコンクリート構造物補修補強指針に準拠）

試験体		PU樹脂厚	炭素繊維補強		コンクリート	計算結果					
					圧縮強度	曲げ耐力時 せん断力	せん断耐力	負担分			耐力比
f _{cd} (N/mm ²)	V _{ud} (kN)		V _{yd} (kN)	コンクリート				帯筋	繊維		
				V _{cd} (kN)				V _{sd} (kN)	V _{fd} (kN)	V _{yd} ／V _{ud}	
No	補強方法	主筋方向	帯筋方向								
A-00	基準	—	—	—	28.2	347.5	136.3	113.3	23.0	—	0.39
A-01	2方向繊維補強	—	1層	1層	24.2	344.6	268.6	107.9	23.0	137.7	0.78
A-02	1方向繊維補強	—	—	1層	23.6	344.2	266.5	107.0	23.0	136.5	0.77
A-03	複合補強	0.5mm	—	1層	24.3	344.7	268.9	108.0	23.0	137.9	0.78
A-04	複合補強	1.5mm	—	1層	25.4	345.5	272.7	109.6	23.0	140.1	0.79

キーワード せん断補強, ポリウレア樹脂, 炭素繊維補強

連絡先 〒461-0004 愛知県名古屋市中区葵 3-19-7 矢作建設工業株式会社 地震工学技術研究所 TEL : 052-935-2413

4. 実験結果 水平力と加力点における水平変位量の関係を図-3、載荷終了後の基準試験体のひび割れ状況を写真-1に示す。基準試験体(以下、A-00)は、写真に示すように柱基部からD(=柱幅)の位置にせん断ひび割れが発生し、その後主筋に沿って付着割裂ひび割れが発生し、帯筋降伏とほぼ同時に柱を分断するせん断ひび割れが生じ、急激に水平力が低下した。最終サイクルの最大水平力 P_{max} は287.7kNであり、表-1のせん断耐力 V_{yd} の約2.11倍であった。この P_{max} はウェブコンクリートの圧壊に対する耐力 $^3)S_{uc}$ (=282.9kN)とほぼ一致する。本実験では、軸方向圧縮力が実構造物や他の研究より大きいことが影響し、表-1で想定している破壊形態と異なった結果になったと考えられる。

各試験体の最大水平力 P_{max} と基準試験体と補強試験体の P_{max} の差 ΔP を表-3に示す。ここで、 ΔP はCFSまたはPU樹脂による補強効果である。2方向繊維補強試験体(以下、A-01)の ΔP は55.5kNであり、表-1に示すCFSのせん断力 V_{fd} の40%程度であった。1方向繊維補強試験体(以下、A-02)では P_{max} が324.3kN、 ΔP が36.6kN、PU樹脂0.5mmおよび1.5mmの複合補強試験体(以下、A-03、A-04)では P_{max} がそれぞれ336.2kN、347.0kN、 ΔP がそれぞれ48.5kN、59.3kNであった。PU樹脂厚が厚いほど ΔP が大きくなり、A-04ではA-01以上となっていることがわかる。これらのことから、軸方向のCFSは最大せん断耐力の増加に寄与するが、軸方向のCFSを用いず、PU樹脂に置き換えても同等以上の最大せん断耐力が得られることを示している。

次にCFSひずみの分散効果について検討する。ここでは帯筋が降伏した-6サイクルの水平力300kN時に着目した。CFS上の各計測位置のひずみ ϵ_{ij} ($i=1, 3, 5, j=L, C, R$)を図-4、計測した9測点の平均ひずみ ϵ_{ave} および標準偏差 σ を表-3に示す。表に示すように ϵ_{ave} および σ ともにA-1、A-4、A-3、A-2の順番で値が大きくなっていることがわかる。このことから、CFSを主筋方向に施工することによって発生する ϵ_{ave} は小さくなり、さらにひずみが分散することが確認できた。また、PU樹脂を厚み1.5mmのものに置き換えた場合、さらに分散効果が高まることが確認できた。

5. まとめ 以上のことから、主筋方向のCFSを施工することにより、最大せん断耐力の向上およびCFSに発生するひずみの分散効果が確認できた。また、1.5mmのPU樹脂を用いた場合、剛性を上げることなく、最大せん断耐力およびCFSに発生するひずみの分散効果は主筋方向にCFSを施工した場合とほぼ同等となることが確認できた。しかしながら、今回の実験では着目した面の計測範囲やPU樹脂厚の範囲が限定されているため、今後、さらに広域に分散効果を検証することによりPU樹脂の効果が明確化されることが考える。また、PU樹脂の剛性がCFSの剛性より小さいため、曲げ剛性を上げることなく効果的にせん断補強を行える。

【参考文献】1)前田, 村上, 森, 小牧: 緩衝材を用いた炭素繊維シートひずみ挙動, 土木学会第55回年次学術講演会, V-579, 平成12年9月, 2)松本, 関谷, 佐藤, 上田: 柔軟層を付与した炭素繊維シート巻き立て補強RC橋脚のじん性性能, 土木学会第58回年次学術講演会, 平成15年9月, 3)道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋橋 P155, 社団法人日本道路協会, 平成14年3月

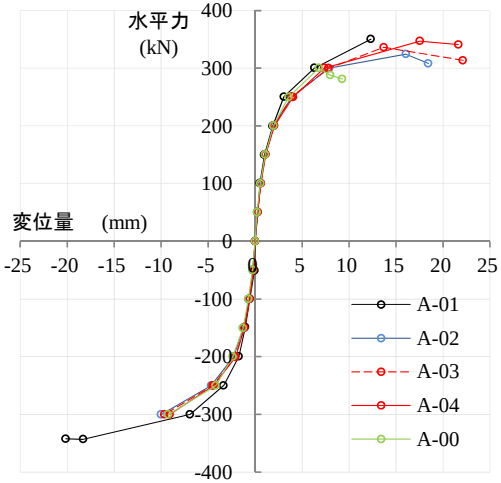


図-3 水平力～変位量の関係(包絡線)

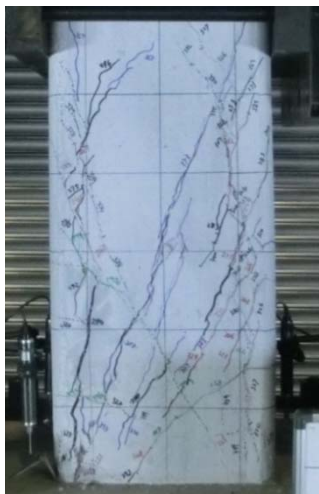


写真-1 ひび割れ状況

表-3 水平力、ひずみ値の比較 ※ () 内は順位

試験体名	P_{max} (kN)	ΔP (kN)	ϵ_{ave} (μ)	σ (μ)
A-00	287.7	—	—	—
A-01	343.2	55.5	2611(1)	686(1)
A-04	347.0	59.3	2991(2)	854(2)
A-03	336.2	48.5	3334(3)	1199(3)
A-02	324.3	36.6	3812(4)	1316(4)

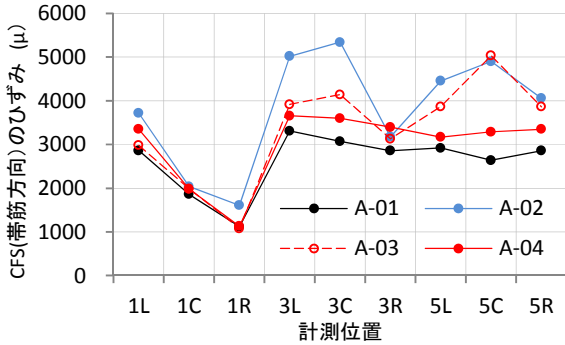


図-4 各計測点のひずみ値分布