

間隔をあけた細幅のアラミド繊維シートにより補強された梁のせん断耐力試験

三井住友建設(株)	正会員	○清水	宏一朗
三井住友建設(株)	正会員	工修	野並 優二
ファイベックス(株)	正会員	博(工)	近藤 真一
埼玉大学	正会員	工博	睦好 宏史

キーワード：アラミド連続繊維シート，補強材の配置間隔，せん断耐力

1. はじめに

近年，既設構造物の補強は，一般的に行われており，さまざまな材料や施工方法が存在する。アラミド連続繊維シートも，その材料のうちの一つであり，高強度，高耐久性，軽量かつ柔らかいため施工性が優れていることなどの理由から，狭隘な場所や小さな断面の施工で非常に有力な補強材料である。アラミド連続繊維シートは，橋脚の耐震補強，床版下面の補強，門型橋脚の梁の補強などさまざまな箇所で用いられており，せん断に対する補強量の算定には，文献 1) の棒部材の設計せん断耐力式を用いることが多い。付属物等があることにより，連続して接着することができない構造物は，アラミド連続繊維シートの間隔をあけて接着することになるが，その影響について，文献 1) では，言及されていない。そこで，本試験では，付属物などにより連続してアラミド連続繊維シートを接着できない構造物の補強として，細幅のアラミド連続繊維シートを間隔をあけて配置し，その間隔とせん断耐力の関係について検討した。

2. 試験概要

2.1 試験体の設定

本試験では，梁のせん断耐力を確認することが目的であることから，曲げに対する引張主鉄筋には，鉄筋よりも強度が高い異形 P C 鋼棒 $\phi 26$ (降伏強度=1055N/mm²) を使用し，試験体の端部にナットとプレートで定着させた。帯鉄筋は，アラミド連続繊維シートのせん断分担をなるべく大きくするため，D10@300とした。試験体は，載荷試験機の載荷能力や寸法などを考慮して，なるべく断面が大きくなるようにし，過去の実績からせん断スパンと有効高さの比 (a/d) を 2.5 (=1500/600) とした。図-1 に試験体詳細図を，コンクリート，鉄筋，アラミド連続繊維シート，異形 P C 鋼棒の材料特性を表-1~4 に示す。試験体のせん断耐力は文献1) の算定式(1)で求め，部材係数は1.0とした。アラミド繊維シートの補強量は，試験機の能力や曲げ耐力とせん断耐力の比率などから引張耐力400kN/m相当のシート (AK40) を全面に接着させる量を基本とした。表-5 に試験体のせん断耐力および曲げ耐力を示す。

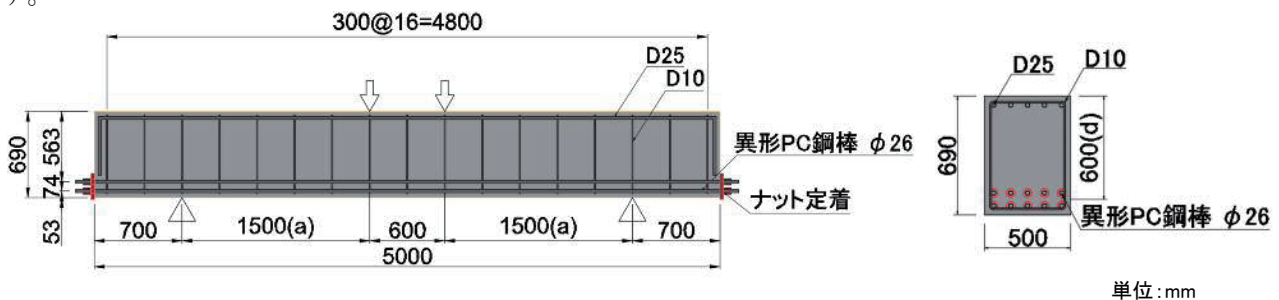


図-1 試験体詳細図

表-1 コンクリートの材料特性

圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	材齢 (日)
24.9	27.0	28~54

表-2 鉄筋の材料特性

降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
382.2	564.8	192.8

表-3 アラミド連続繊維シートの材料特性

目付量 (g/m ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
317.2	2380	132

表-4 異形PC鋼棒の材料特性

降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
1055	1132	201.8

表-5 せん断耐力と曲げ耐力

	載荷荷重
曲げ耐力 (kN)	2255
せん断耐力 (kN)	コンクリート
	帯鉄筋
	アラミド繊維
	合計
曲げ耐力/せん断耐力	1.78

【せん断耐力算出式：文献1)】

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{fd} \quad \dots \dots \text{算出式 (1)}$$

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot 0.2 \cdot f_{cd}^{1/3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{sd} = A_w \cdot f_{wyd} \cdot z/s_s$$

$$V_{fd} = K \cdot (A_f \cdot f_{fid} \cdot z/s_f)$$

2.2 試験体の種類

試験体の一覧を表-6に示す。No.1は、アラミド連続繊維シートで補強していないRC梁である。No.2~No.6は、No.1と同じ寸法、配筋の試験体をアラミド連続繊維シートで補強した梁である。アラミド連続繊維シートはあらかじめ5cm幅に加工された「アラミドバンド」を使用し、No.3~No.6は、間隔をあけて接着し、層数を増やしてNo.2と同じ補強量とした。No.2の補強図を図-2に、No.6の補強図を図-3に示す。

表-6 試験体一覧

No.	帯鉄筋	アラミド繊維 (幅50mm)		せん断耐力 (kN)	備考
		配置間隔	層数		
1	D10@300	なし	-	631	無補強
2		AK40	1層	1270	
3		AK40@100	2層		
4		AK40@200	4層		
5		AK40@300	6層		
6		AK40@300	6層		

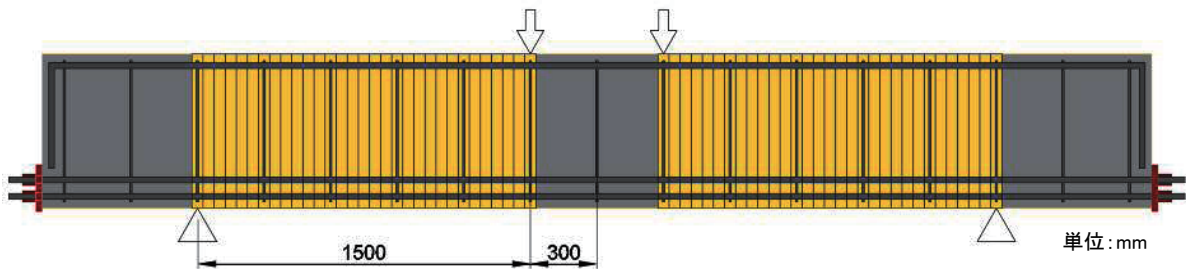


図-2 No.2 試験体補強図

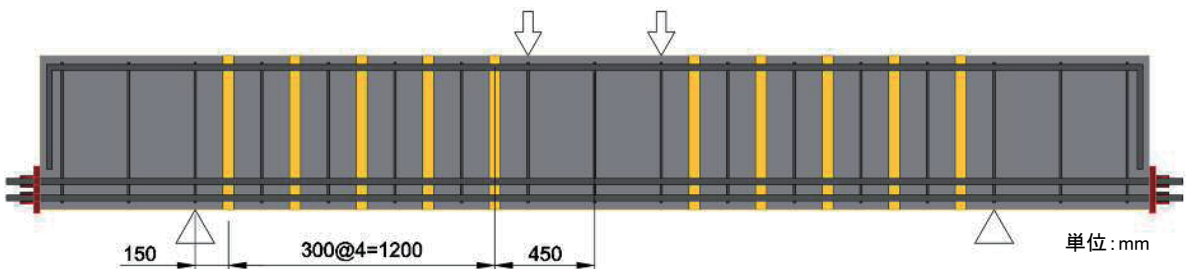


図-3 No.6 試験体補強図

2.3 載荷試験

載荷方法は、載荷スパン0.6m、せん断スパン1.5mの2点曲げ載荷とし、荷重を試験体が破壊するまで漸増させた。載荷試験状況を写真-1に示す。測定項目は、載荷荷重、支間中央変位、コンクリート、主鉄筋、帯鉄筋およびアラミド連続繊維シートひずみとした。



写真-1 載荷試験状況

表-7 最大荷重と破壊形態

No.	解析値 (kN)	計測値 (kN)	破壊形態
1	631	926	コン圧壊
2	1270	1431	アラミド破断
3		1505	アラミド破断
4		1458	アラミド破断
5		1477	アラミド破断
6		1446	アラミド破断

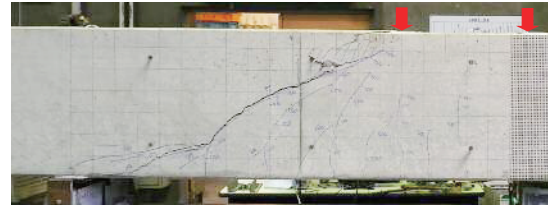


写真-2 No. 1の破壊状況

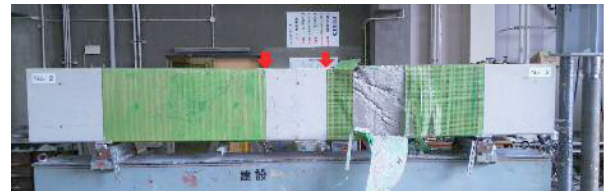


写真-3 No. 2の破壊状況

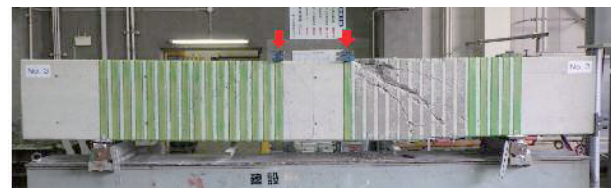


写真-4 No. 3の破壊状況

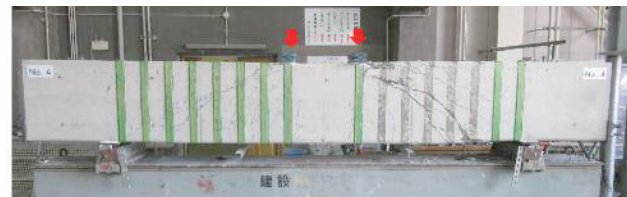


写真-5 No. 4の破壊状況

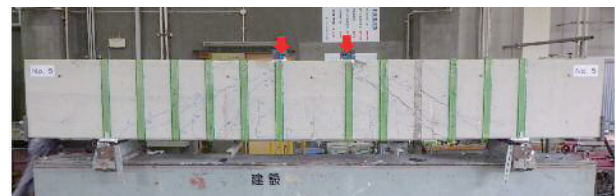


写真-6 No. 5の破壊状況



写真-7 No. 6の破壊状況

3. 試験結果

3.1 試験体のせん断耐力と破壊状況

表-7に最大荷重と破壊形態、写真-2~7に各試験体の破壊状況を示す。すべての試験体で試験結果が解析値を超える結果となった。アラミド連続繊維シートで補強していないNo.1の破壊は、斜めひび割れ幅が急激に大きくなったあとに、その斜めひび割れに沿うように発生した載荷点付近のコンクリートの圧壊であった。アラミド連続繊維シートで補強したNo.2~No.6は繊維シートが破断したせん断引張破壊であった。No.1は、載荷点付近のコンクリートが圧壊後、載荷荷重が下がっていったため、試験を終了した。No.2~No.6はアラミド連続繊維シートの破断と同時にコンクリートが圧壊し、試験を終了した。アラミド連続繊維シートが破断した箇所は、載荷点付近と斜めひび割れ部のコンクリートが剥離、圧壊していた。アラミド連続繊維シートの間隔をあけていないNo.2とアラミド連続繊維シートの間隔をあけたNo.3~No.6の最大載荷荷重に、大きな差はなかった。

3.2 No.1の荷重変位曲線

No.1の荷重変位曲線を図-4に示す。載荷荷重

が約150kNで曲げひび割れが発生した。その後、ひび割れが進行し、約450kNで鉛直方向のひび割れから斜め方向にひび割れが進展していった。約710kNで帯鉄筋が降伏した後も、主鉄筋のひずみが増加しながら、荷重変位曲線は緩い傾きで進行した。最大荷重となる916kNで、載荷点付近のコンクリートが圧壊し、荷重が下がっていったため、試験を終了した。図-5に主鉄筋の荷重ひずみ曲線を示す。

3.3 No. 2~No. 6の荷重変位曲線

No. 2~No. 6の荷重変位曲線を図-6に示す。どの試験体も載荷荷重が約100~150kNで曲げひび割れが発生した。載荷荷重840kN~930kNで帯鉄筋が降伏したが、その後も傾きは変わらずに、荷重変位曲線が進行した。載荷荷重が1200kN程度から荷重変位曲線の傾きが緩やかになった。試験体No. 2, No. 3およびNo. 5は、最大荷重を計測後、荷重変位曲線は横ばいの状態となり、アラミド連続繊維シートが破断した。試験体No. 4およびNo. 6は、アラミド連続繊維シートの破断時が最大荷重となった。どの試験体も、アラミド繊維シート破断時は、破断したアラミド繊維シートとコンクリートの付着が切れた状態であった。

4. まとめ

本試験で得られた結果を以下に示す。

- (1) アラミド連続繊維シートの間隔が有効高の1/2以下であればせん断耐力は低下しない。
- (2) アラミド連続繊維シートの間隔が有効高の1/2以下であればトラス理論による文献1)の算定式を適用できる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 伊藤ほか：壁を想定した鉄筋コンクリート柱のアラミド繊維補強，コンクリート工学年次論文集，Vol.27, No.2, pp.1069-1074, 2005
- 3) 西ほか：粗い間隔でアラミド繊維補強を施したRC柱の変形性能，コンクリート工学年次論文集，Vol.28, No.2, pp.1429-1434, 2006
- 4) 花井ほか：粗い間隔でアラミド繊維補強を施したRC柱の曲げせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.29, No.3, pp.1531-1535, 2007
- 5) 齋藤ほか：軸方向鉄筋を多段に配置したディープビームのせん断耐力評価に関する実験的研究，土木学会論文集，No.746/V-61, pp181-195, 2003
- 6) ファイベックス(株)：ハイゼラス工法 技術評価資料，2014.12

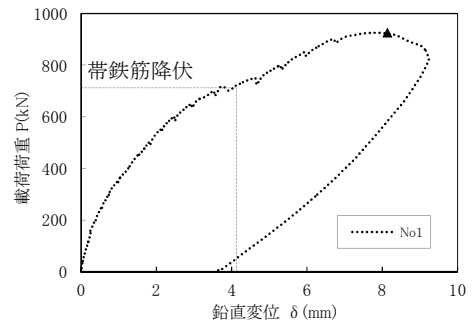


図-4 No. 1の荷重変位曲線

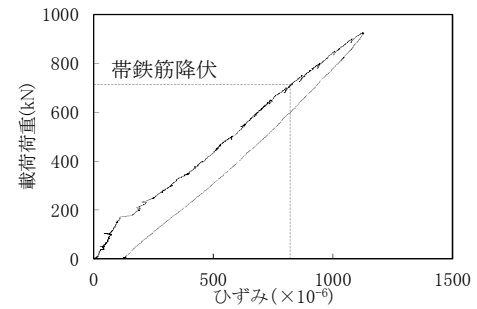


図-5 主鉄筋の荷重ひずみ曲線

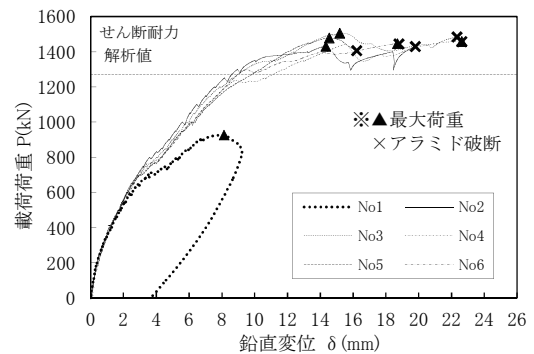


図-6 No. 2~No. 6の荷重変位曲線