

V-61

X線画像による連続繊維シート貼付RC断面のせん断変形に関する検討

日本大学大学院 学生員 ○國分 浩史
日本大学工学部 正会員 子田 康弘
東北学院大工学部 フェロー 大塚 浩司

1. はじめに

連続繊維シート(以下 CFRP シート)による鉄筋コンクリート (以下 RC) 構造物の補強工法は、頻繁に行なわれている。このうち、CFRP シートによるせん断耐力の向上を目的とした場合は、ひび割れ面に沿ったせん断伝達力を RC と CFRP シートが担うことになる。しかしながら、CFRP シートを貼付した RC のせん断伝達性状に関しては、未だ明確ではない現状である。

ここでは、CFRP シートを貼付した RC のせん断変形について検討を行なうことを目的とした。本実験では、Push-off 試験体を用いたせん断試験によるひび割れ性状に関して、X 線画像に基づき、せん断力を受ける RC の変形状、およびせん断面付近のひび割れの推移について検討を行なったものである。

2. 実験概要

試験体は、図-1に示すように、高さ 600mm×幅 450mm×厚さ 70mm とし、せん断面を、高さ 250mm×幅 70mm の Push-off 型とした。また、せん断補強筋として SD259A D10 を、125mm 間隔で2本配置した。なお、せん断面との交角 θ_s は、 90° とした。

実験条件は、表-1に示すように、連続繊維シートの有無とし、シートの種類を炭素繊維、およびアラミド繊維、シート幅を40mm、および80mmの計5条件とした。また、シート無貼付の試験体については2体とし、合計6体とした。なお、使用材料の性質は、表-2に示すとおりである。

変位は、高感度変位計(精度 1/1000mm, 容量 25mm)を用い、鉛直変位と水平変位の測定を行なった。また、試験体には、X 線画像より変位測定を行なうため、X 線を透過しないターゲットポイント(以下、TP)を設けた。TP は、縦 6mm×横 6mm×厚さ 4mm の鋼材を、図-2に示すように、試験体中心から、せん断面を跨ぐように、60mm、および15mm 四方で試験体表面に①～⑦を配置した。

載荷板は、X 線造影法を併用し、CRT リアルモニターにより、試験体内部の様子を観察しながら、万能アムスラーによる荷重制御方式で行ない、荷重、鉛直変位、および水平変位の測定を行なった。

X 線画像の撮影は、感度 100 のフィルムを用い、管電流 2mA、管電圧 100kV、照射距離を 70cm、および照射時間を 10 秒とし、初期ひび割れ発生時、最大荷重時、鉛直変位 3mm、および鉛直変位 5mm 時に行なった。なお、撮影範囲は、せん断面を中心に幅 100mm×高さ 300mm の範囲とした。

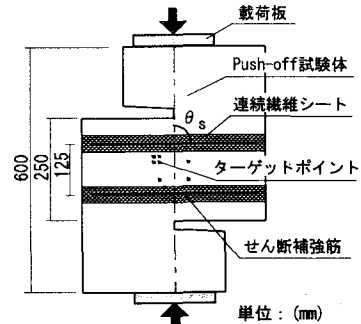


図-1 試験体形状

表-1 実験条件

試験体名	せん断補強筋	p_{sw}	θ_s (deg.)	シートの種類	シート幅
SF-03X-01	2 × D10	0.317	90	-	-
SF-03X-02				-	-
SF-03X-C1				C	40mm
SF-03X-C2				C	80mm
SF-03X-A1				A	40mm
SF-03X-A2				A	80mm

p_{sw} : せん断補強筋比 θ_s : せん断補強筋の角度
C: 炭素繊維 A: アラミド繊維

表-2 使用材料の性質

コンクリート	せん断補強筋 (SD295A D10)	連続繊維シート		
		炭素繊維	アラミド繊維	
圧縮強度 $f'_c=32.1$ (N/mm ²)	降伏点強度 $f_y=351$ (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	3400	2060
引張強度 $f_t=2.61$ (N/mm ²)	引張強度 $f_t=530$ (N/mm ²)	引張弾性率 E_{cfs} (N/mm ²)	2.3×10^5	11.8×10^4
ヤング係数 $E_c=25.2$ (kN/mm ²)	ヤング係数 $E_s=197$ (kN/mm ²)	繊維目付量 (g/mm ²)	300	415
		設計厚さ t (mm)	0.167	0.28

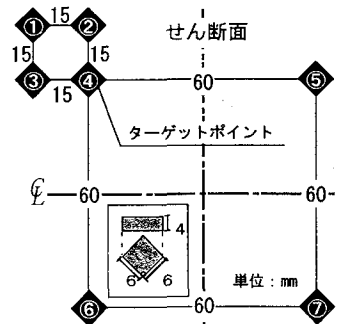


図-2 TPの配置図

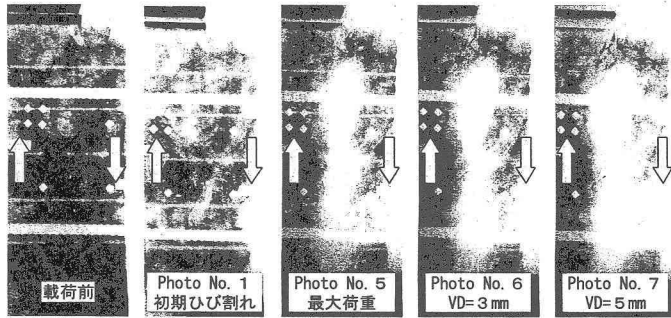


図-3 SF-03X-A2のX線画像：アラミド繊維（シート幅80mm）

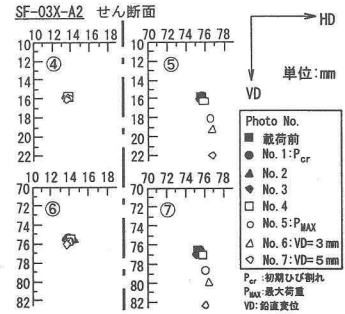


図-4 TPの挙動

3. 実験結果および考察

図-3は、幅80mmのアラミド繊維シートを貼付した試験体の、X線画像を示したものである。図に示すように、せん断伝達面付近では、初期ひび割れ発生後、発生したひび割れが、比較的大きなひび割れへと伸展し、その周辺には微細なひび割れ領域が広がるひび割れ様相を示した。この傾向は、シートを貼付した場合は、より顕著に表れていた。

図-4は、X線画像より読み取ったTPの変化である。図に示すように、ひび割れ発生後のTP④と⑥は、ほとんど変化していない。これに対し、せん断面を跨いで配置した⑤と⑦は、試験体の変位が大きくなるに従い、⑤-⑦間の距離はほぼ一定のまま鉛直・水平方向に変化した。このTPの変化は、図-5に示すように、変位計による鉛直・水平変位の値とほぼ同じ傾向を示した。これより、せん断伝達面付近では、ひび割れが発生した領域が変形領域であり、それより外側の領域は、変形が生じていないと考えて良いように思われる。

次に、図-6は、X線画像より測定したひび割れ面積を、せん断面の高さで除した平均ひび割れ領域 L_s と鉛直変位の関係である。なお、図中には、初期ひび割れ発生、最大荷重、VD=3mm、およびVD=5mm時の順で示してある。図に示すように、各試験体とも、最大荷重まで、平均ひび割れ領域 L_s は、鉛直変位の増加に伴い増加した。しかし、その後の平均ひび割れ領域 L_s は、鉛直変位の増加程の変化はなく、多少大きくなるか、または、ほぼ一定の値で推移する傾向であった。このことから、せん断伝達面における変形領域は最大荷重時でほぼその範囲が定まり、また、その範囲は、無貼付よりCFRPシートを貼付した場合、またCFRPシート補強量を大きくした場合ほど広がる傾向を示していた。

4. まとめ

本検討の結果より、RCのせん断伝達面付近は、ひび割れを含む一定の範囲で変形領域を形成していた。これより、図-7に示すように、せん断伝達面の変形は、ひび割れが生じている領域が変形し、領域外は変形を生じない剛体であると考えて良いと思われた。また、その領域は、CFRPシートを貼付した場合、無貼付と比べ大きく、さらに貼付面積も影響していると思われる。今後は、CFRPシート補強の有無も考慮した変形領域の定量化に関する検討を行なう予定である。

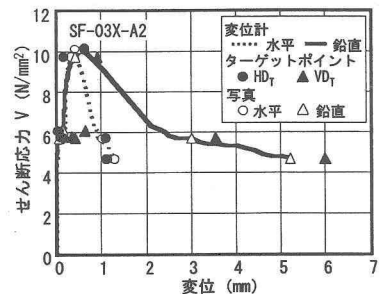


図-5 せん断応力と変位の関係

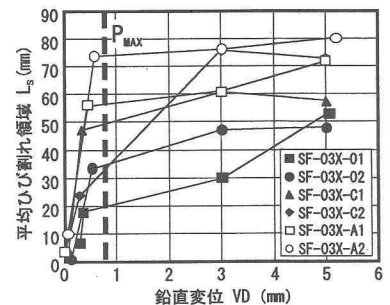


図-6 平均ひび割れ領域 L_s と鉛直変位関係

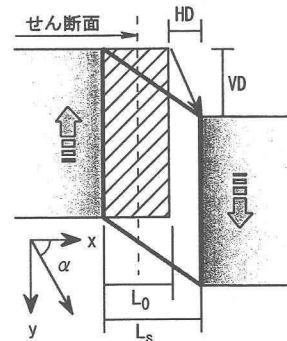


図-7 せん断変形概念図

謝辞：本研究は文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学工学部）：研究課題「中山間地及び地方都市における環境共生とそれを支える情報通信技術（研究代表：小野沢元久）」の一環として実施したものである。