

V-50

せん断伝達作用下のコンクリートと補強筋の性状に関する検討

日本大学工学部 正会員 ○渡辺 亮史
日本大学工学部 正会員 原 忠勝
東北学院大学工学部 フェロー 大塚 浩司

1. はじめに

本研究は、X線造影法を併用した Push-off 試験を行ない、X線画像による可視化情報に基づき、せん断伝達面のコンクリートのひび割れ、およびせん断補強筋の変形性状について検討することを目的としたものである。

ここでは、可視化した画像情報に基づき、せん断伝達面におけるひび割れの領域、およびせん断補強筋の変位を数値化し、弾性床上のはりの理論¹⁾による解析結果との比較を行い、せん断伝達作用下のコンクリートのひび割れ、およびせん断補強筋の変形に関する相互関係について検討したものである。

2. 実験の概要

実験は、図-1の Push-off 型試験体を用い、せん断補強筋量の範囲を細長いはり部材におけるスタールップ程度とし、SF-01X、SF-02X シリーズに分けて行なった。試験体の形状寸法、使用材料の性質、および実験条件は、図-1、表-1、および表-2に示すとおりである。荷重は、静的荷重荷重とし、鉛直変位と水平変位を耐力下降域に至るまで測定した。また、荷重中は、X線発生装置で試験体にX線を照射し、これをX線カメラによって CRT リアルモニターに映し出し、試験体内部の様子を観察した。そして、ひび割れの発生、および伸展に変化が見られた時点で荷重を保持し、画像撮影を行なった。

3. 実験結果および考察

(1) せん断伝達作用荷重下の試験体の性状

本実験のうち、SF-02X シリーズのせん断補強筋を 2D13、2D19 とした試験体は、試験体隅角部から定着部にかけての破壊が先行し、せん断面でのひび割れが観察されなかった。したがって、本実験結果の考察は、SF-01X が 3 体、SF-02X が 1 体の計 4 体を対象としたものである。

図-2 は、SF-02X シリーズの 2D10 試験体のひび割れ様相と、X線写真を示したものである。図に示すように、試験体表面のひび割れは、比較的幅の広いものがせん断面全長に渡って発生している。これに対して、内部のひび割れは、断続したひび割れが帯状にせん断面に分布しており、せん断補強筋の折れ曲がった状況が分かる。これより、図-3 に示すように、X線造影画像に基づき、明視化されたひび割れ領域、およびせん断補強筋の変形の測定を行った。ひび割れ領域の面積からは、軟化した帯状のひび割れ領域に近似できるものと仮定し、せん断面に沿ったひび割れ領域の仮想ひび割れ幅 L_s を求めた。また、せん断補強筋の変形の測定結果からは、せん断補強筋がダウエル作用によって変形したと仮定し、これら変位領域 L_{d0} を求めた。

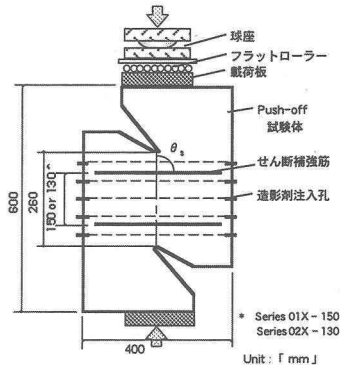


図-1 試験体形状寸法

表-1 実験条件

Series	Specimen	Shear Reinforcement	P_{max} (%)	θ_s (Deg.)
01X	90-A	2 D10	0.679	90
	90-B	2 D13	1.206	
	90-C	3 D10	1.359	
02X	D10	2 D10	0.784	
	D13	2 D13	1.392	
	D19	2 D19	3.149	

表-2 使用材料の性質

SF-01Xシリーズ					SF-02Xシリーズ					
Concrete	Shear Reinforcement				Concrete	Shear Reinforcement				
	SD295A	D10	D13			SD295A	D10	D13	D19	
f _c	25.8	f _y	354	347	f _c	29.0	f _y	333	342	331
f _t	2.49	f _t	502	495	f _t	3.24	f _t	489	503	501
E _c	21.3 ×10 ³	E _s	1.94 ×10 ⁵	1.97 ×10 ⁵	E _c	22.5 ×10 ³	E _s	2.00 ×10 ⁵	1.99 ×10 ⁵	1.93 ×10 ⁵
Unit: (N/mm ²)										

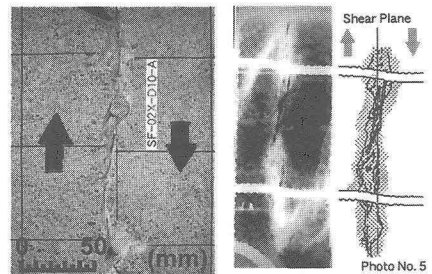
Unit: (N/mm²)


図-2 試験体表面およびX線写真 (SF-02X-2D10)

(VD=5.2 mm, HD=1.6 mm)

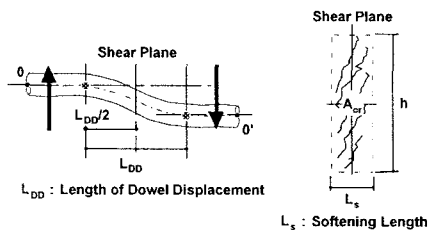


図-3 変位領域 L_{DP} とひび割れ幅 L_s の概念

(2) セン断伝達面の性状

せん断面に配置されたせん断補強筋は、図-4 に示すような弾性床上的のはりモデルとして考えることができる。そして、せん断補強筋の性状を半無限長のはり (Semi-infinite beam) と考えれば、変位、モーメント、およびせん断力の相互関係は、図-5 のとおりである。なお、本解析に際しては、以下のような仮定条件を用いた。

- ①コンクリートとせん断補強筋は、弾性体であると仮定し、また、反力係数は、コンクリートの弾性係数 E_c と等しいものとする。
- ②ダウエル作用によってせん断補強筋下側に発生するひび割れは無視し、ひび割れが発生した後も、一定であると仮定する。

図-6、および表-3は、X線写真より得られたせん断補強筋の変位領域 L_{DP} とせん断面における平均ひび割れ幅 L_s 、および解析結果との比較を示したものである。図、および表に示すように、せん断補強筋の変位領域 L_{DP} は、変位が最大 (y_{max}) の点とよく一致することが分かる。したがって、せん断補強筋の変位領域 L_{DP} は、相対変位が最大となる領域で生じたものと考えられる。そして、変位が最大 (y_{max}) の位置でせん断補強筋の折れ曲がり部が形成されるのではないかと考えられる。また、せん断面におけるひび割れ幅 L_s は、せん断補強筋の変位がゼロ (y_0) となる領域 (または、せん断力が最大 (S_{max})) とよく一致することが分かる。このことは、せん断伝達面に発生したひび割れ幅の領域 L_s は、せん断補強筋の相対変位の領域で生じたものと考えられる。

4. まとめ

これらの結果を要約すれば、以下になる。

せん断補強筋の変位領域 L_{DP} は、半無限の解析モデルと比較した場合、変位が負 (－) において最大となる位置 (y_{max}) とよく一致する結果が得られた。また、せん断面に発生したひび割れ領域の幅 L_s は、せん断補強筋の相対変位の領域と比較的よく一致することが示された。

以上のことより、せん断伝達面におけるひび割れの性状は、せん断補強筋の変形と密接な関係があることが示された。

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。

参考文献 1) Timoshenko, S.: Strength of Materials, Part II; Advanced Theory and Problems, 3rd ed., D. von Nostrand Co. Inc., 1956.

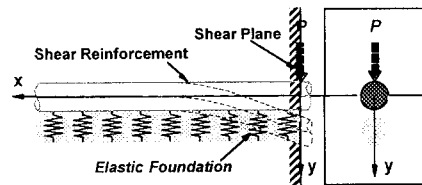


図-4 弾性床上的モデル

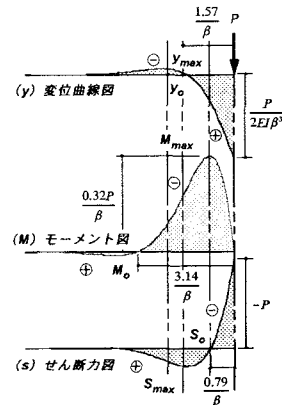


図-5 解析結果 (半無限長のはりモデル)

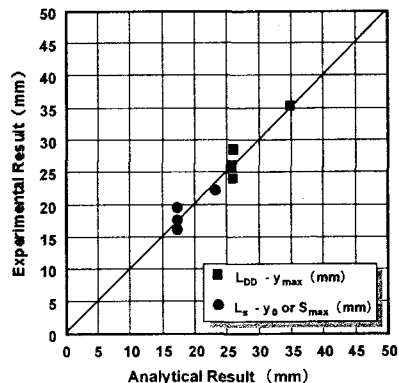


図-6 解析結果と変位領域 L_{DP} 、ひび割れ幅 L_s の関係

表-3 解析結果と変位領域 L_{DP} 、ひび割れ幅 L_s の関係

Specimen	Exp.		Analytical Results					
	$L_{DP}/2$ (mm)	$L_s/2$ (mm)	M_{max} (mm)	M_0 (mm)	y_{max} (mm)	y_0 (mm)	S_{max} (mm)	S_0 (mm)
90-A	24.0	16.2	8.7	34.7	26.0	17.3	17.3	8.7
90-B	35.3	22.1	11.6	46.4	34.8	23.2	23.2	11.6
90-C	28.5	19.5	8.7	34.7	26.0	17.3	17.3	8.7
D10	26.0	17.5	8.6	34.4	25.8	17.2	17.2	8.6