

V-24

X線造影法によるせん断伝達面の性状に関する実験的検討

日本大学大学院 学生員 ○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

せん断力作用下の RC 部材のせん断力は、圧縮側コンクリート、ウエブにおける骨材のかみ合いとせん断補強筋、および主鉄筋によって受け持たれる。このうち、ウエブでの骨材のかみ合い作用は、顕在化したひび割れの凹凸形状から、摩擦力として、また、せん断補強筋は、主変位方向の幾何学的関係から評価される。したがって、ウエブに発生したひび割れは、摩擦の概念による場合、離散型のひび割れとして評価しているものと解釈できる。しかしながら、破壊力学的な概念からは、破壊進行領域の存在が考えられるので、離散型というよりは、分布型も否定できないように思われる。

以上のような背景の下に、本研究では、これらせん断力が作用した RC 断面のひび割れ性状と、せん断補強筋の性状について、X線造影法による可視化手法を用いて実験的に検討を行ったものである。

2. 実験の概要

試験体は、図-1に示すように、外形寸法が高さ 600×幅 400×奥行き 70mm の Push-off 型である。せん断面は、高さ 260mm×70mm とし、せん断補強筋を 130mm 間隔で 2 本配置した。また、試験体には X 線撮影のための造影剤注入孔を設けた。

実験条件は、せん断補強筋量 ($\rho_{sw} \times f_y$) と、せん断面における人工ひび割れの有無とした。せん断補強筋は、D10、D13、および D19 の 3 種類で、せん断面に 130mm 間隔で 2 本配置したもので、人工ひび割れの有無を併せた計 6 条件である。なお、試験体の作製には、普通セメントを用いたレディーミクストコンクリート ($G_{max}=20$ mm、Slump=4.4cm) を使用した。本実験で使用した材料の性質は、表-1に示すとおりで、このうちコンクリートは、試験体の載荷試験における材齢のものである。

図-2は、X線造影法を併用した Push-off 試験の概要を示したものである。実験は、静的荷重載荷とし、鉛直変位と水平変位を耐力下降域に至るまで測定した。載荷中は、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。また、最大荷重以後は、鉛直変位が 5mm までの任意の変位レベルで撮影を行なった。

なお、画像撮影は、感度 100 のフィルムを用い、管電流 2mA、管電圧 100kV、照射距離 70cm とし、照射時間は 10 秒である。

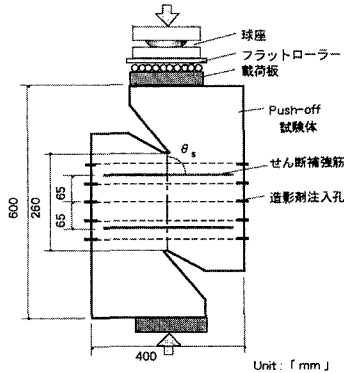


図-1 試験体の形状寸法

表-1 使用材料の性質

コンクリート	せん断補強筋				
	(SD295A)	D10	D13	D19	
圧縮強度 f_c (N/mm ²)	29.0	降伏強度 f_y (N/mm ²)	333	342	331
引張強度 f_t (N/mm ²)	3.24	引張強度 f_t (N/mm ²)	489	503	501
弾性係数 E_c (N/mm ²)	2.25 $\times 10^4$	弾性係数 E_s (N/mm ²)	2.00 $\times 10^5$	1.99 $\times 10^5$	1.93 $\times 10^5$

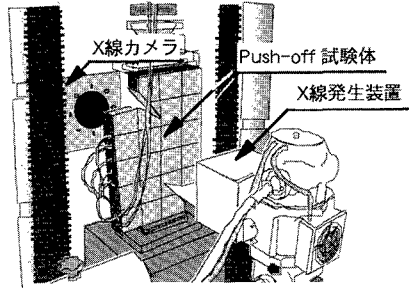


図-2 X線造影法による実験の概要

3. 実験結果および考察

本実験では、せん断補強筋量を3種類(2D10、2D13、2D19)、およびせん断面における人工ひび割れの有無(2種類)を組み合わせた計6体について載荷試験を行なった。このうち、せん断補強筋量を2D19とした試験体(2D19-A、B)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できなかった。したがって、本実験結果の考察は、この試験体を除く、4体を対象としたものである。

図-3は、荷重と鉛直変位の測定結果を示したものである。図に示すように、ひび割れの無い試験体の場合、いわゆる骨材のかみ合い抵抗により、せん断強度も大きくなることがわかる。なお、図-3には、X線造影中に写真撮影を行なった荷重(写真番号)も併せて示した。

せん断面にひび割れが無い試験体の場合、図-4に示すように、観察された最初のひび割れは、せん断面に沿った微細なもので、幅が狭く帯状のものであった。さらに荷重を増加させると、せん断面に発生している微細なひび割れの帯は広がり、それに伴って、せん断補強筋の変形が徐々に大きくなっていくのが観察された。一方、せん断面に人工ひび割れを設けた試験体の場合、図-5に示すように、ひび割れは、せん断補強筋とせん断面の交わった付近のごく限られた範囲にしか発生していない。図に示すように、コンクリートのせん断抵抗がない場合、せん断補強筋の抵抗力は、補強筋自身の剛性、およびせん断補強筋下方のごく限られたコンクリート部分と考えられる。

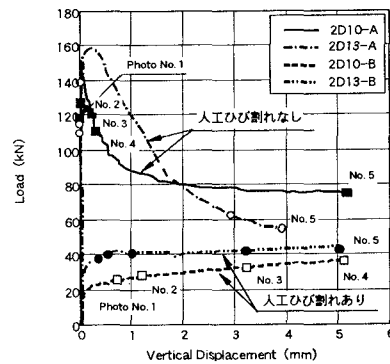


図-3 荷重と鉛直変位の測定結果

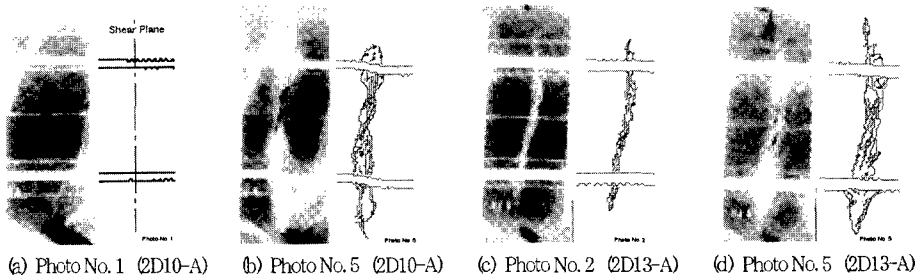


図-4 人工ひび割れが無い試験体のX線造影写真とひび割れのトレース図(2D10-A、2D13-A)

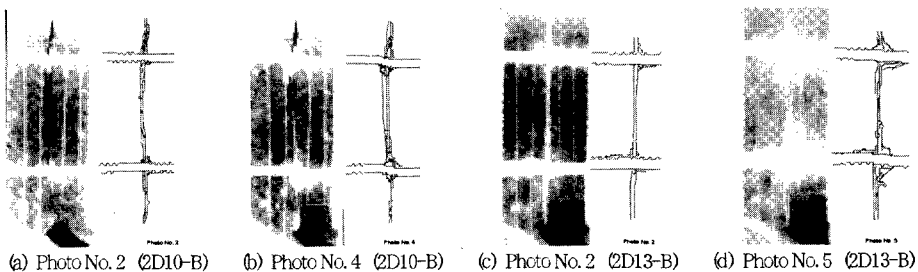


図-5 人工ひび割れが有る試験体のX線造影写真とひび割れのトレース図(2D10-B、2D13-B)

4. まとめ

本実験は、X線造影法を併用した載荷試験を行ない、可視化した内部の情報から、せん断伝達面のコンクリートのひび割れ様相、およびせん断補強筋の性状について観察を行なったものである。これらの結果を要約すれば以下のようになる。X線写真より、せん断補強筋がダウエル作用の影響を受け変形している様相や、せん断ひび割れとその周辺に微細なひび割れ領域があることが認められた。また、通常、目視されるひび割れは、多くても数本以下であるが、これら顕在化したひび割れの周辺には、微細なひび割れが帯状に存在していることが明らかになった。このことより、従来、骨材のかみ合い作用は、目視されたひび割れの凹凸形状から検討されてきたが、ひび割れ領域を考慮した検討も必要であることが明らかになった。