

内在する鉄筋がRC要素の純せん断ひび割れにおよぼす影響

山口大学大学院 学生会員 ○山田亮太郎 (株)エイトコンサルタント 正会員 海野達夫
オリエンタル建設(株) 正会員 濱岡洋亘 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

せん断破壊のメカニズムを解明することは、鉄筋コンクリート(RC)構造の設計等において重要な課題のひとつである。RC構造のせん断耐力や鉄筋のせん断補強効果に関する研究の多くは、部材レベルを対象としたものがほとんどであり、要素レベルではあまり検討されていない。そこで本研究では、中型純せん断実験装置を用いて、コンクリート要素に内在する鉄筋がコンクリートのひび割れ発生におよぼす影響を調べることを目的とした。

2. 純せん断実験方法

2.1 実験装置と純せん断力導入方法

本研究で用いた純せん断実験装置(図-1)は、複数の加力装置を必要とせず、汎用のアムスラー型試験機内に設置できるものである。この装置は、図-2に示すように一軸圧縮荷重を回転载荷治具の回転により、45°方向に分配することで二軸応力場となる純せん断力に変換することができる。

2.2 実験パラメータと実験供試体

本研究で作製した供試体の詳細を表-1に示し、実験に用いた供試体の模式図を図-3に示す。Case1, 2, 3, 5~9の供試体は、コンクリートの収縮の影響をできるだけ小さくするため、十分な湿布養生を施し、材齢7~8日で実験を行った。Case4の供試体のみ気中養生を施し、材齢15日で実験を行った。また、鉄筋を十分に定着させるために、両端にフックを設けた比較的小径の細い鉄筋(D13・D10)を用いた。

2.3 配合条件

本研究で使用したコンクリートの配合条件を表-2に示す。本研究では、一般的な強度レベルのコンクリートの純せん断特性を調べるため、水粉体比(W/P)を60%とした。

3. 実験結果

3.1 純せん断ひび割れ発生形態

純せん断実験における各Caseの実験結果を表-3に示す。無筋コンクリート要素のひび割れ形態は、引張主応力成分が卓越するため、供試体中心近傍での縦方向

表-1 実験供試体の詳細

Case	試験体	鉄筋径	膨張材, 収縮低減剤
1	NS-M0	—	—
	D13(0°)-M0	D13	
2	NS-M20	—	膨張材 20 kg/m ³
	D13(0°)-M20	D13	
3	NS-M0	—	—
	D10(0°)-M0	D10	
4	NS-M0	—	—
	D10(0°)-M0	D10	
5	NS-M0+	—	収縮低減剤 10 kg/m ³
	D10(0°)-M0+	D10	
6	NS-M10	—	膨張材 10 kg/m ³
	D10(0°)-M10	D10	
7	NS-M20	—	膨張材 20 kg/m ³
	D10(0°)-M20	D10	
8	NS-M30	—	膨張材 30 kg/m ³
	D10(0°)-M30	D10	
9	NS-M40	—	膨張材 40 kg/m ³
	D10(0°)-M40	D10	

表-2 配合条件

配合 記号	W/P (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	Ex	S	G
M0	60	160	267	—	790	1092
M0+			257	10		
M10			247	20		
M20			237	30		
M30			227	40		
M40						

※P=C+Ex

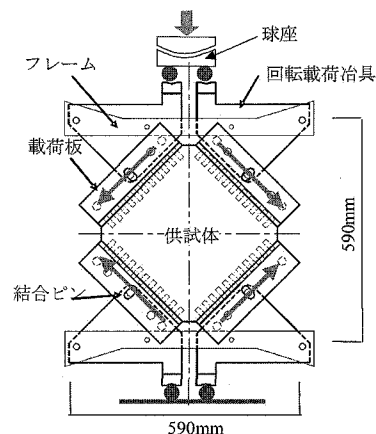


図-1 純せん断実験

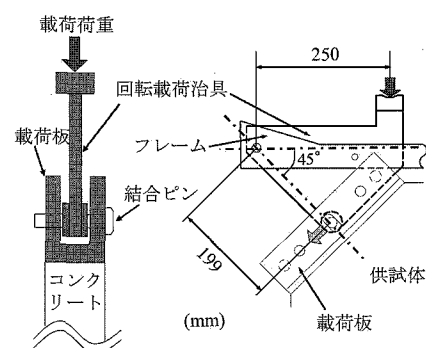


図-2 せん断力の導入方法

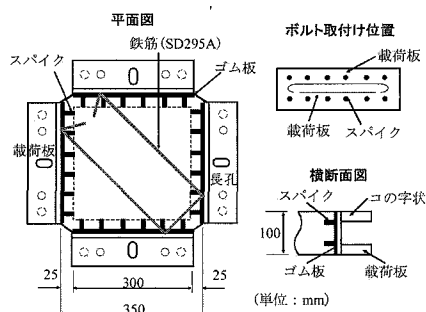


図-3 純せん断実験用供試体

のひび割れ(純せん断ひび割れ)が発生・進展し、劈開破壊となった。RC 要素では、鉄筋径の違いにより補強効果が異なる。鉄筋径 D13 では、補強効果が高くなり過ぎ、載荷板近傍の相対的に弱い箇所にはひび割れが移行した。鉄筋径 D10 では、供試体中心近傍での縦方向のひび割れのみが発生・進展したことから、以降の実験では、D10 鉄筋を用いて純せん断特性について検討を行った。

3.2 純せん断強度と強度比

本研究では、ひび割れ発生時の荷重を応力換算した値を「みかけの純せん断強度 f_{ps} 」として評価を行った。各 Case につき同一バッチから無筋コンクリート要素と RC 要素供試体を 1 体ずつ作製し、それぞれのひび割れ発生荷重の強度比により評価を行った。Case3 の強度比は 0.90 となり、無筋コンクリート要素の純せん断強度に比べ、RC 要素の純せん断強度が低い結果となった。これは、コンクリートの収縮を鉄筋が一部拘束することによって、コンクリートに引張力が生じ無筋コンクリート要素より低くなったものと思われる。気中養生を施した Case4 の供試体では、強度比が 0.86 となり D10 鉄筋を使用した Case3~9 の中で最も低い結果となり、コンクリートの収縮の影響が窺えた。また、収縮の影響をなるべく小さくするため、収縮低減剤を添加した Case5 では、強度比が 1.00 となり無筋コンクリート要素と RC 要素の純せん断強度がほぼ同等の値となった。以上より、RC 要素では、無筋コンクリート要素に比べ、コンクリートの収縮の影響により純せん断強度が低下すると考えられる。

また、膨張材を用いて、膨張材量の異なるコンクリートについて同様の実験を行った。Case6~9 の膨張材を添加した供試体をそれぞれ比較すると、膨張材量 10kg/m^3 、 20kg/m^3 、 30kg/m^3 添加した供試体では、膨張材量の増加に伴い、1.00 以上の強度比の増加がみられた。しかし、膨張材量 40kg/m^3 の Case9 では、強度比が 0.97 となり減少した。これは膨張材量の増加により、同じ鉄筋比の供試体では大きくなる膨張ひずみを拘束しきれず、組織のゆるみによって強度比が低下したものと考えられる。RC 要素では、適切な膨張材量(30kg/m^3 以下)を添加することで、収縮に伴う潜在的な初期応力作用を緩和できるばかりでなく、無筋コンクリート要素より、強度向上をもたらすことが分かる。

4. まとめ

RC 構造では、コンクリートの収縮を鉄筋が拘束することによって、潜在的に引張力が生じ、要素レベルにおいても無筋コンクリートに比べ、純せん断強度が低下する。また、適切な膨張材量(30kg/m^3 以下)を添加すれば、ケミカルプレストレス効果により、無筋コンクリート要素よりも純せん断強度は高くなる。

表-3 純せん断実験結果の一覧

Case	1		2	
	NS-Ex0	D13(0°) -Ex0	NS-Ex20	D13(0°) -Ex20
ひび割れ 形態				
f_{ps}	2.04N/mm ²	1.66N/mm ²	1.66N/mm ²	1.64N/mm ²
強度比	0.81		0.99	
Case	3		4	
	NS-Ex0	D10(0°) -Ex0	NS-Ex0	D10(0°) -Ex0
ひび割れ 形態				
f_{ps}	1.93N/mm ²	1.74N/mm ²	2.53N/mm ²	2.17N/mm ²
強度比	0.90		0.86	
Case	5		6	
	NS-Ex0+	D10(0°) -Ex0+	NS-Ex10	D10(0°) -Ex10
ひび割れ 形態				
f_{ps}	2.27N/mm ²	2.27N/mm ²	1.43N/mm ²	1.51N/mm ²
強度比	1.00		1.05	
Case	7		8	
	NS-Ex20	D10(0°) -Ex20	NS-Ex30	D10(0°) -Ex30
ひび割れ 形態				
f_{ps}	1.56N/mm ²	1.74N/mm ²	0.93N/mm ²	1.08N/mm ²
強度比	1.12		1.17	
Case	9			
	NS-Ex40	D10(0°) -Ex40		
ひび割れ 形態				
f_{ps}	0.85N/mm ²	0.82N/mm ²		
強度比	0.97			