

ずれ止めをせん断補強筋として用いた鋼・超軽量コンクリート合成はりに関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○田北 亮平

九州大学大学院 正会員 日野 伸一

九州工業大学 正会員 合田 寛基

九州大学大学院 フェロー 太田 俊昭

1. 目的

鋼・コンクリート合成構造の経済性、施工性の向上が期待できる軽量化の一方策として、超軽量コンクリートの適用が有用視されている。また、鋼とコンクリートの一体化に用いられるずれ止めを長尺化し、せん断補強筋としても機能させることで、施工の簡略化とさらなる合理的設計が可能になると考えられる。そこで本研究では、超軽量コンクリートおよび長尺ずれ止めの鋼・コンクリート合成構造への適用を目的として、ずれ止めをせん断補強筋として用いた鋼・超軽量コンクリート合成はりの曲げせん断特性について検証を行った。

2. 内容

2. 1 合成はりの力学特性および耐力算定方法

先ず、超軽量コンクリートを使用した鋼・コンクリート合成構造の耐力算定方法を確認するためスタッド間隔の異なる 2 種類の供試体を用いて実験を行った。供試体は、鋼板と超軽量コンクリートを高さ 200mm の長尺ずれ止めで一体化した長さ 1800mm、幅 200mm、高さ 256mm の単純合成はりである。図 1 に供試体一般図を示す。スタッド間隔が 100mm と 200mm の計 2 体を使用し、載荷方法は中央 2 点線載荷とした。表 1 に試験結果を示す。長尺ずれ止めの配置間隔が 100mm の供試体が曲げ破壊、200mm の供試体がせん断破壊で終局に至った。また、本試験結果から耐力算定方法の検討を行った。この際、せん断耐力はコンクリートとせん断補強筋の分担分の和で表され、コンクリートの分担分はコンクリート標準示方書の耐力式のもとになった式を用いて算定を行った。なお、この式を軽量コンクリート部材に適用する場合、一律 70%に低減することが規定されているが、比重や品質の違いを反映できず、耐力を過大あるいは過小評価する可能性があるため、次式に示す脆度係数（圧縮強度/引張強度）を考慮した低減係数 η を採用した。

$$\eta = 0.84 \eta_{\xi} + 0.32, \quad \eta_{\xi} = \xi / \xi_N$$

ここで、 ξ は脆度係数の逆数、 ξ_N は普通コンクリートの脆度係数の逆数である。次に、せん断補強筋の分担分について、本研究のせん断破壊した供試体はスタッドが降伏せず、ずれ止め頭部周辺に水平方向のひび割れが確認され、これが原因で最終的な破壊に至った。

そこで、水平方向ひび割れが発生した領域を水平抵抗領域と定義し、長尺ずれ止めのせん断補強効果を水平抵抗領域におけるコンクリートの引張耐力とみなして耐力の算定を行った。以上の方法で算定された計算値を試験値と比較してみると、0.9～1.2 で比較的一致した。このことから今回検討した算定方法は、超軽量コンクリートの材料特性を反映でき、さらに長尺ずれ止めが降伏しない場合におけるせん断補強効果を評価できることがわかった。

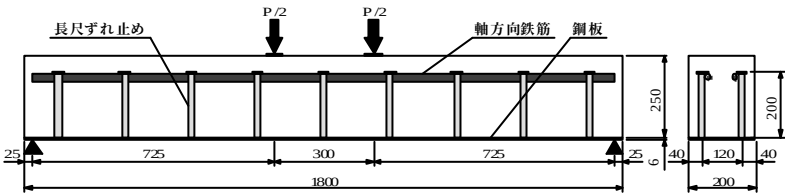


図 1 供試体一般図

表 1 試験結果

Type	試験値	計算値				P/Pu	P/(Pc+Ps)	破壊形式
	最大荷重	曲げ破壊荷重	せん断破壊荷重					
	P [kN]	Pu [kN]	Pc [kN]	Ps [kN]	Pc+Ps [kN]			
100	247	204	118	95	213	1.21	-	曲げ
200	215	204	115	96	211	-	1.02	せん断

キーワード：超軽量コンクリート、長尺スタッド、せん断耐力

連絡先 〒810-0062 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学工学部本館 321 号室 T E L 092-642-3309

2. 2 合成はりのせん断破壊メカニズムとずれ止め頭部による補強効果

長尺ずれ止めは適正に配置することでせん断補強筋として十分機能することがわかった。しかし、配置間隔が過大なものはずれ止め頭部周辺に水平方向ひび割れが発生し、せん断破壊で終局に至った。そこで、ずれ止め頭部の支圧面積を大きくすると、頭下部に作用する応力が低減され、より高い荷重域まで水平方向ひび割れの発生を抑制でき、終局耐力の増加とさらにはせん断破壊の回避も期待できる。本節では、せん断破壊した供試体 P-200S を対象として、ずれ止め頭部に着目した合成はりの静的載荷試験ならびに FEM 解析を行い、仮定したせん断破壊メカニズムとずれ止め頭部による補強効果について検証を行った。パラメータは表 3 に示すように長尺ずれ止めの頭径とし、計 2 種類の供試体を 2 体ずつ製作した。また、解析モデルは供試体の対称性を考慮して 1/2 モデルとし、軸方向に 106 分割、鉛直方向に 28 分割とした。図 1 に解析モデルを示す。コンクリート、鋼板、長尺ずれ止めの頭部および軸部には 4 節点平面応力要素、軸方向鉄筋には 2 節点はり要素を使用した。また、コンクリートと鋼板の接合面には水平せん断力の伝達による相対的なずれを考慮するため、離散的に分布する長尺ずれ止めを連続的に分布するものと仮定してバネ要素を挿入した。表 4 に試験結果を示す。Type A、B とともにせん断破壊で終局に至ったが、Type A は約 220kN、Type B は約 270kN で終局に至っており、ずれ止め頭部による補強でせん断破壊は回避できなかったものの、頭下部の支圧面積を約 2 倍にすると耐力は約 1.2 倍に増加した。図 2 に 200kN 時のずれ止め頭部周辺の応力分布を示す。ずれ止めの頭下部に局所的な引張応力が作用しているのが確認できる。これは長尺ずれ止めの下方向への引き抜き作用によるものと考えられ、仮定したせん断破壊メカニズムは妥当であるといえる。

3. 結論

①曲げ耐力は、既往の RC 曲げ耐力式を適用して算定できる。②コンクリートの分担せん断耐力は、脆度係数を考慮した低減係数を用いて算定することで、超軽量コンクリートの材料特性を反映できる。③せん断補強筋の分担せん断耐力は、終局時に長尺ずれ止めが降伏しない場合、長尺ずれ止めに作用する引張力とずれ止め頭部周辺のコンクリートに作用する引張力の関係から評価できる。④せん断破壊は、長尺ずれ止めの下方向への引き抜き作用と超軽量コンクリートの脆性的な材料特性にともなう水平方向ひび割れの発生が原因となって起こる。⑤ずれ止め頭部による補強は、より高い荷重域まで水平方向ひび割れの発生を抑制することにより、終局耐力を増加させることができる。

表 3 供試体の種類

Type	長尺ずれ止め					軸方向鉄筋
	配置間隔 [mm]	種別	頭径	軸径	高さ [mm]	
A	200	スタッド	φ32	φ19	200	D19×2本
B			φ45			

表 4 試験結果

Type	試験値	計算値			P/(Pc+Ps)	破壊形式
	最大荷重	せん断破壊荷重				
	P [kN]	Pc [kN]	Ps [kN]	Pc+Ps [kN]		
A1	216	122	83	205	1.05	せん断
A2	231	122	90	212	1.09	せん断
B1	276	123	149	272	1.01	せん断
B2	262	123	144	267	0.98	せん断

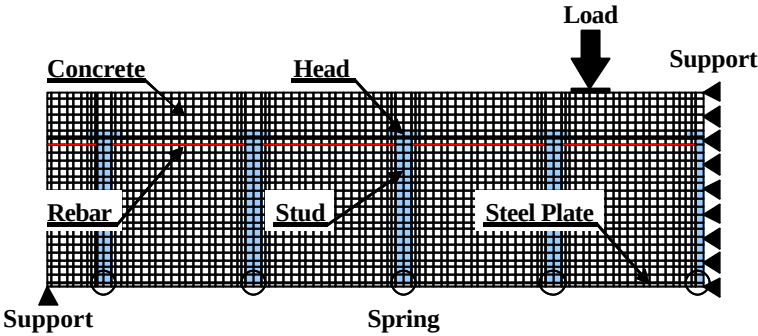


図 1 解析モデル

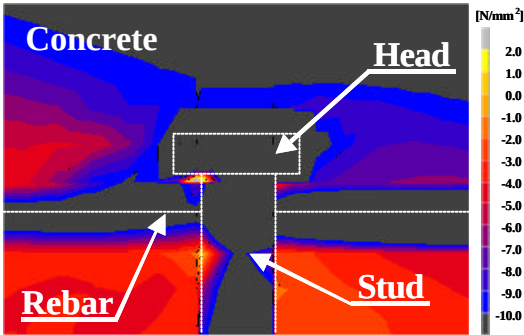


図 2 応力分布（Type A：200kN 時）