

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力学特性

九州大学大学院 学生会員 ○尾上 佑介 九州大学大学院 正 会 員 日野 伸一
九州大学大学院 学生会員 合田 寛基 九州大学大学院 フェロー 太田 俊昭

1. はじめに

浮き桟橋や橋梁床版などの鋼・コンクリート合成構造物において、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が有用視されている。また、合成部材の付着機構であるずれ止めを長尺化し、同時に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、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ついて静的曲げ試験を行い、その力学特性および既往の耐力算出方法の適用性について検証を行った。

2. 試験概要

供試体は、高さ 200mm の長尺ずれ止めを溶接した鋼板に、2 本の軸方向鉄筋を配置して超軽量コンクリートを打設した支間長 1750mm、幅 200mm、高さ 256mm の単純合成はりを用いた。使用した超軽量コンクリートは、目標値として比重を 1.45~1.55、圧縮強度を水中養生 14 日時点で 35N/mm² とした。また、ずれ止め間隔 (100mm, 200mm)、ずれ止め種別 (スタッド : S, 異形鉄筋 : D) および載荷方向 (正曲げ : T, 負曲げ : C) をパラメータとし、計 8 体の供試体を製作した。表-1 に供試体諸元、図-1 に供試体一般図を示す。載荷方法は、支間中央から 150mm 支点側への 2 点線載荷とし、破壊まで漸増載荷を行った。

3. 試験結果および考察

3. 1 力学特性 表-2 に試験結果を示す。正曲げ 100mm 間隔の 100S-T, 100D-T が曲げ破壊、他の 6 体がせん断破壊であった。図-2 に正曲げの荷重-たわみ関係を示す。曲げ破壊した 100S-T, 100D-T は終局時に靱性に富んだ挙動を示し、ずれ止めのせん断補強筋効果が確認された。一方、200mm 間隔の 200S-T, 200D-T はひび割れ発生後に曲げ剛性が低下し、鋼板の降伏前にせん断破壊に至っている。また、ずれ止め種別によるたわみ性状の差はほとんど見られず、異形鉄筋はスタッドと同様のずれ止め性能を有することがわかった。図-3 にひび割れ状況図を示す。せん断破壊した供試体は、ひび割れが分散せずに斜め引張ひび割れが発生し、載荷点から斜め下方のずれ止め頭部周辺には水平方向の破断面が確認された。一方、曲げ破壊した供試体は、ずれ止めに沿ってひび割れが分散し、斜め引張ひび割れは見られなかったことから、長尺化した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。

表-1 供試体諸元

Type	ずれ止め			主鉄筋	載荷方向
	間隔 [mm]	種別	径、呼び名		
100S-T	100	スタッド	φ16	D19×2	正曲げ
100D-T		異形鉄筋	D16		
200S-T	200	スタッド	φ19		
200D-T		異形鉄筋	D19		
100S-C	100	スタッド	φ16	D25×2	負曲げ
100D-C		異形鉄筋	D16		
200S-C	200	スタッド	φ19		
200D-C		異形鉄筋	D19		

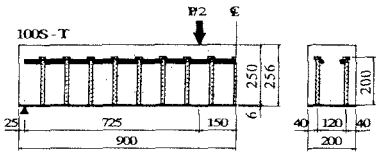


図-1 供試体一般図

表-2 試験結果

Type	破壊形式	最大荷重		P/Pu	せん断耐力			P/Pc
		P [kN]	Pu [kN]		コンクリート	ずれ止め	Pc [kN]	
100S-T	曲げ	247	204	1.21	123	95	218	(1.13↑)
100D-T	曲げ	242	203	1.19	121	105	226	(1.07↑)
200S-T	せん断	215	203	-	116	96	212	1.01
200D-T	せん断	200	203	-	122	90	212	0.94
100S-C	せん断	151	241	-	91	49	140	1.08
100D-C	せん断	151	241	-	95	43	138	1.10
200S-C	せん断	103	241	-	94	31	125	0.83
200D-C	せん断	139	241	-	94	44	138	1.01

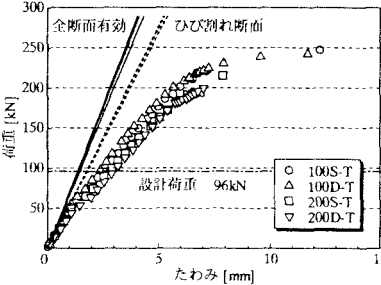


図-2 荷重-たわみ関係

3. 2 耐力照査 曲げ耐力の算出には、等価応力ブロック法による RC 断面の曲げ破壊モーメント式を準用した。曲げ破壊した 100S-T, 100D-T の最大荷重は計算値に対して 1.2 程度で安全側評価を示し、既往の算出方法で評価できることがわかった。また、せん断耐力はコンクリートとせん断補強筋とで分担し、コンクリートの分担分については、コンクリート標準示方書に規定されている式を用いた。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、比重の違いや補強の違いを反映できず、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（＝圧縮強度/引張強度）を考慮した低減係数 η^1 を採用した。

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

ここで、 ξ は脆度の逆数、 ξ_N は普通コンクリートの脆度の逆数である。一方、せん断補強筋の分担分については、せん断補強筋の降伏が成立限界であるトラス理論が用いられるが、本試験では図-4 に示すように破壊時にずれ止めは降伏せず、かなりの過大評価となった。また、せん断破壊した供試体は、ずれ止めの引張力によってずれ止め頭部周辺のコンクリートが引張破壊し、水平方向にひび割れが発生して最終的な破壊に至っている。そこで、ずれ止めのせん断補強効果をコンクリートの水平抵抗領域の耐力とみなし、耐力の算出を行った。図-5 に水平抵抗領域の概念図を示す。図中の太い実線は水平抵抗領域を含む破壊面を示している。水平抵抗領域の始点は、載荷板の端から支点方向に 45° でおろした直線がずれ止め頭部の高さに達した位置とし、領域長さは、破壊時における領域内ずれ止めの引張力の総和と水平抵抗領域のコンクリートの耐力が一致する長さとした²⁾。以上により算出されたコンクリートとせん断補強筋の分担分の和をせん断耐力の計算値とし、試験結果と比較した。図-6 より、せん断破壊した 6 体の最大荷重は計算値に対してほぼ 1.0 以上の安全率をもち、また、既往の研究結果に関しても同様のことが示された。よって、本研究で照査したせん断耐力算出方法は、超軽量コンクリートのように引張、せん断強度が小さく、また、せん断補強筋が降伏しない場合の算出方法として、その妥当性が確認された。しかしながら、せん断補強筋の分担分の算出方法については、試験時のひずみが分からないと耐力が算出できず、事前に算出するにはひずみ量を仮定する必要があるなどの問題点も挙げられる。

4. まとめ

本試験で得られた結果は次の通りである。①異形鉄筋はスタッドと同様のずれ止め性能を示す。②長尺化した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。③曲げ耐力は既往の RC 曲げ耐力式で算出できる。④せん断耐力のコンクリートの分担分は、脆度関数型の低減係数を用いることで引張、せん断特性を反映できる。⑤せん断補強筋の分担分は、ずれ止めが降伏しない場合にはコンクリートの水平抵抗領域の耐力で表すことが有用と考えられるが、定量的な評価を行うためにはさらなる検討が必要である。

参考文献 1) 前田ら：高品質軽量骨材を用いた RC はりのせん断特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.3，2001 2) 立石ら：スタッドジベルの高さが合成版の押抜きせん断破壊に与える影響，土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集，CS2，2001.10

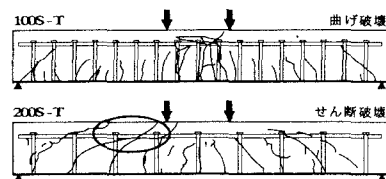


図-3 ひび割れ状況図

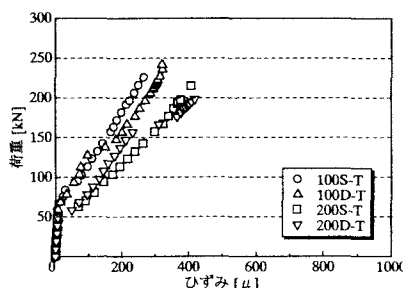


図-4 ずれ止めの軸ひずみ

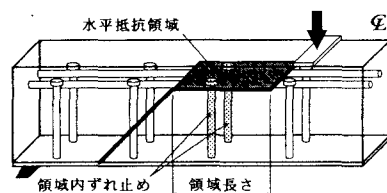


図-5 水平抵抗領域の概念図

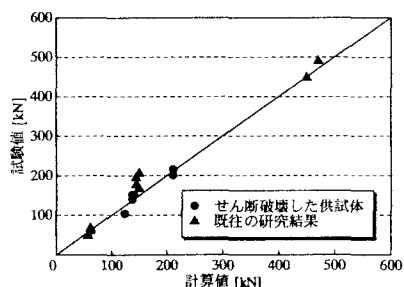


図-6 せん断耐力照査