

鋼板・超軽量コンクリート合成はりにおける短繊維および長尺スタッドのせん断補強効果

九州大学大学院 学生会員 ○田北 亮平, 尾上 佑介
 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. はじめに

コンクリート構造物の軽量化の一手法として注目される超軽量コンクリートは、普通コンクリートに比べ引張、せん断強度が低いため、構造部材に適用する際には、特にせん断破壊に対する配慮が必要とされる。そこで本研究では、比重 1.5 程度の超軽量コンクリートの合成構造物への適用を目的として、コンクリートの力学特性の改善に対する短繊維補強に着目し、さらに構造面で合成構造の付着機構であるずれ止めスタッドを長尺化し、せん断補強筋としても機能させることで、せん断特性の改善を図ることを検討している。本報では、これらを用いた合成はりの載荷試験を行い、そのせん断補強効果を検証した。

2. 試験概要

本研究で使用した超軽量コンクリートは目標値として、比重 1.45~1.55 とし、コンクリート補強材として使用した短繊維には、表-1 に示すようにビニロン繊維、鋼繊維の 2 種類を用いた。繊維混入率は過去の材料試験¹⁾から、それぞれ体積比で 1.0%とした。本試験体は、図-1 に示すように支間長 1750mm、幅 200mm、高さ 256mm の単純合成はりとし、載荷方法は中央 2 点線載荷とした。パラメータは表-2 に示すように、コンクリート種別（無補強：N、ビニロン繊維：V、鋼繊維：S）、スタッド長（200mm：L、60mm：S）スタッド間隔（100mm、200mm）とした。また、同表に使用した試験体名の記号は、先頭がスタッド長、続く数字がスタッド間隔、最後にコンクリート種別を示している。長尺スタッドを用いた試験体ではスタッドがずれ止めおよびせん断補強筋としての機能が期待されるが、短尺スタッドを用いた試験体では、ずれ止めとしての機能しか期待できないとした。

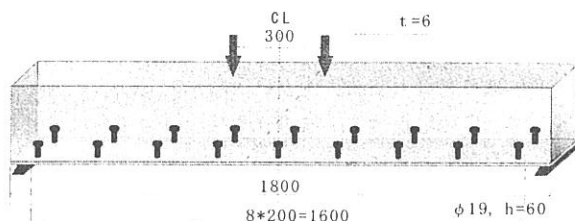


図-1 試験体一般図

表-1 短繊維概要

短繊維の種類	直径 (mm)	繊維長 (mm)	比重	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	繊維形状
ビニロン	φ0.60	30.00	1.30	9.8×10^2	3.00×10^4	ストレート
鋼	φ0.60	30.00	7.85	9.8×10^2	2.10×10^5	インデント

表-2 試験体概要

種類	スタッド長(mm)	スタッド間隔(mm)	繊維種別
L-100N	200	100	無補強
L-200N	200	200	無補強
L-200V	200	200	ビニロン繊維
L-200S	200	200	鋼繊維
S-200N	60	200	無補強
S-200V	60	200	ビニロン繊維
S-200S	60	200	鋼繊維

3. 試験結果及び考察

a) 終局耐力 表-3 に終局耐力および破壊形式についての試験結果とその計算値を示す。曲げ耐力の算出には、等価応力ブロック法による RC 曲げ耐力算定式を使用した。また、せん断耐力の算出には、 $V = V_s + V_c$ （せん断補強筋としてのスタッドが受け持つせん断耐力）+ V_c （コンクリートが受け持つせん断耐力）に基づき、まず V_c に関しては、コンクリート標準示方書に規定されている式を用いた。その中で軽量コンクリートは低減係数として、一律に 0.7 を掛けるとされているが、これでは本研究で意図する引張、せん断強度が改善されるという短繊維補強効果を反映できないため、引張、せん断強度に密接に関係する脆度係数（=圧縮強度/引張強度）を用いた以下の低減係数の評価式 η を採用した²⁾。

$$V_c = \eta V_{co} \quad \eta = 0.84 \times \zeta / \zeta_N + 0.32$$

ここで V_{co} はコンクリートのせん断耐力、 ζ は超軽量コンクリートの脆度の逆数、 ζ_N は普通コンクリートの脆度の逆数である。また、スタッドが受け持つせん断耐力は修正トラス理論を用いた。

同表より、まず長尺スタッドを用いた試験体に関して、スタッド間隔 200mm ではせん断破壊を起こしたが、スタッド間隔を 100mm にすること、及びビニロン、鋼短繊維補強することにより曲げ破壊へと移行した。また、曲げ破壊をおこした試験体では計算値に対して 1.2 ～1.35 程度の安全率を保有し、既往の曲げ耐力算定式の適用が可能であることが分かった。続いて、短尺スタッドを用いた試験体では、すべてがせん断破壊を起こし、その中で無補強の試験体では試験値/計算値が 1.21 となり上記の式の適用がほぼ妥当であった。一方、短繊維補強した試験体では試験値が計算値に対して 1.7 程度となり過小評価となった。このことは、本研究で用いた低減係数の評価式は、無補強の超軽量コンクリートを対象としたものであり、短繊維補強した場合には脆度が改善されることから低減係数 η を過小に見積もっていることを示している。よって今後、短繊維補強した試験体に用いる低減係数の評価式の究明が必要である。

h)変形性状 図-2 に短尺スタッドを用いた試験体のひび割れ状況を示す。いずれの試験体も斜めひび割れ発生後に、せん断破壊に至ったが、短繊維補強した試験体は斜めひび割れが十分に発達しても耐力を失うには至らず、さらに荷重の増加に耐えるのが確認された。図-3、図-4 に各試験体の荷重・たわみ曲線を示す。曲げ破壊をした試験体では終局時に靱性に富んだ挙動を示し、特に短繊維補強することにより大きく靱性が向上した。せん断破壊した試験体でも、短繊維補強することにより大幅な耐力の向上が見られ、短繊維補強効果が確認できた。また、短繊維補強した試験体ではひび割れ発生後の曲げ剛性の低下量が小さく、ひび割れ近傍の短繊維が引張力を負担していることが裏付けられた。

4. まとめ

試験結果から以下のことが得られた。①超軽量コンクリートに短繊維を混入すること、ずれ止め併用の長尺スタッドを適度に配置することにより合成部材のせん断耐力の向上効果が期待できる。②短繊維補強することにより斜めひび割れ発生後も急激に耐力を失うことはなく、靱性に富んだ挙動が期待できる。③超軽量コンクリートのせん断耐力は、脆度の逆数を変数にもつ低減係数式を用いることができるが、短繊維補強した場合の低減係数の評価式の確立が今後必要である。

参考文献 1) 日野ら：短繊維補強された超軽量コンクリートを用いた鋼合成はりの曲げせん断性状に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.48A，2002年3月 2) 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

表-3 試験結果

種類	試験値(kN)	脆度	計算値(kN)		破壊形式	試験値/計算値
			曲げ耐力(kN)	せん断耐力(kN)		
L-100N	247	180	204	718	曲げ	1.21
L-200N	215	194	203	537	せん断	0.40
L-200V	255	120	204	571	曲げ	1.25
L-200S	273	84	199	608	曲げ	1.37
S-200N	117	18.7	256	97	せん断	1.21
S-200V	239	11.0	256	137	せん断	1.75
S-200S	254	9.1	253	151	せん断	1.68

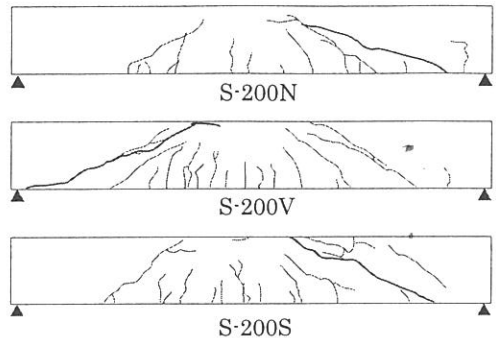


図-2 ひび割れ状況

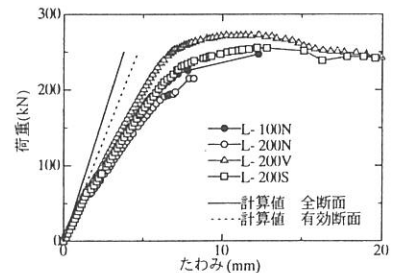


図-3 荷重・たわみ曲線（長尺スタッド）

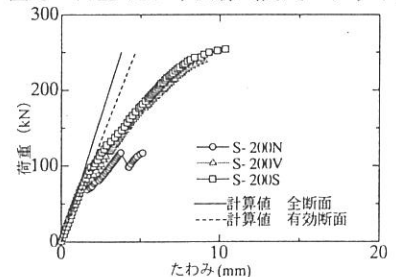


図-4 荷重・たわみ曲線（短尺スタッド）