

V-404

RCはりのせん断破壊時挙動に及ぼす部材軸方向せん断補強筋の効果

高松工業高等専門学校 正会員 長友 克寛
 豊橋技術科学大学 正会員 角 徹三
 高松工業高等専門学校 松原 三郎

1. はじめに

RCはりのせん断耐力に占めるせん断補強筋の寄与分は、せん断補強筋が降伏時に負担できる軸力の部材軸直交方向成分で評価される。この意味からは、部材軸方向に配置されたせん断補強筋の効果は全く考慮されない。しかし、せん断耐力を増大させるために必要なことは斜めひび割れの成長と開口の抑制である。部材軸方向に配置されたせん断補強筋は、コンクリートを配置方向に締め込み、一度に多くのひび割れを拘束できることから、この抑制効果が期待できる。本研究は、水平スターラップおよび溶接金網の水平筋という部材軸方向の補強筋が、RCはりのせん断耐力の向上にどの程度の効果があるのかを実験的に検討したものである。

2. 実験概要

表-1に実験概要を示す。各試験体は、以下の事項を検討することを目的としている。

①試験体No.1～3：鉛直スターラップのせん断補強効果

（無補強、スターラップ間隔 $Sh=10.0\text{cm}$ 、 6.5cm とした場合の影響）

②試験体No.4：水平スターラップのせん断補強効果

（ Sh を狭くする代わりに水平スターラップを1本配した場合の影響）

③試験体No.5, 6：溶接金網のせん断補強効果

（メッシュ間隔 5cm の溶接金網における直径 $(2.6, 3.2\text{mm})$ の影響）

図-1にNo.3, 4, 6試験体の形状を示す。試験体には、幅 $b=10\text{cm}$ 、有効高さ $d=13\text{cm}$ の単鉄筋長方形断面をもつ、スパン長 $l=83\text{cm}$ の単純ばりを用いた。実験では、せん断スパン比 2.5 の対称2点荷重を、はりが破壊に至るまで単調に荷重した。

表-2に使用鋼材の性質を示す。主鉄筋としてD13を2本、スターラップとして径 6mm 普通丸鋼、溶接金網として間隔 5cm の正方形メッシュ金網を用いた。スターラップは鉛直、水平の両方とも閉鎖型(□型)に、溶接金網は閉鎖したかご状に加工して実験に用いた。

表-3に使用コンクリートの力学特性を示す。コンクリートの配合は、水セメント比 52% 、単位水量 185kg 、細骨材率 40% 、最大骨材寸法 20mm である。スランプは 12.5cm であった。

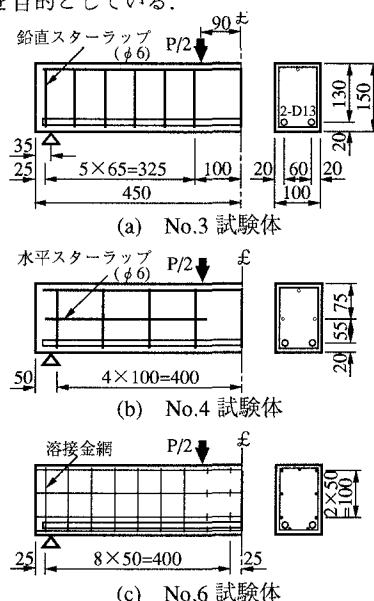


図-1 試験体の形状・寸法(単位mm)

表-1 実験概要

記号	補強方法	1/3 耐力時 たわみ剛性 k_1 (MN/m)	せん断耐力 V_u (kN)
No.1	スターラップなし	33.2	21.7
No.2	鉛直スターラップ ($\phi 6$, 間隔 $Sh=10\text{cm}$)	32.4	26.7
No.3	鉛直スターラップ ($\phi 6$, 間隔 $Sh=6.5\text{cm}$)	27.4	30.5
No.4	水平スターラップ ($\phi 6$, $Sh=10\text{cm}$)	30.1	32.5
No.5	溶接金網 ($\phi 2.6$, 5cm メッシュ)	28.6	28.7
No.6	溶接金網 ($\phi 3.2$, 5cm メッシュ)	33.7	34.7

表-2 使用鋼材の性質

使用鋼材	断面積 A (cm^2)	弾性係数 E ($\times 10^5 \text{MPa}$)	降伏応力 f_y (MPa)*	引張強さ f_u (MPa)
主鉄筋(D13)	1.267	1.88	348	509
スターラップ($\phi 6$)	0.238	2.07	368	477
溶接金網($\phi 3.2$)	0.078	2.04	409	624
溶接金網($\phi 2.6$)	0.051	1.96	392	572

*溶接金網については 2000μ 歪み時の応力度を示している

表-3 使用コンクリートの性質

記号	圧縮強度 f_c (MPa)	引張強度 f_t (MPa)	弾性係数 E ($\times 10^4 \text{MPa}$)
No.1,2,3,6	30.0	2.5	2.48
No.4,5	29.2	2.4	2.34

3. 実験結果およびその考察

図-2にNo.1, 3, 6試験体のひび割れ発生状況を示す。無補強のNo.1試験体からNo.3(鉛直スターラップ), No.6(溶接金網)となるにつれてせん断ひび割れの発生本数は増加している。特に、溶接金網を用いた場合のひび割れの分散が顕著である。全試験体について主せん断ひび割れ角度 θ を計測したところ、補強方法の違いの影響は明確ではなかった。角度 θ の平均値は 26.4° であり、ほぼ $\theta = \cot^{-1}2 = 26.6^\circ$ に一致した。

図-3に荷重 P —中央たわみ δ_{av} 関係を示す。無補強の試験体(実線)は、最大荷重到達後に荷重が急激に低下する典型的なせん断破壊性状を示している。それと対照的に、鉛直スターラップを6.5cm間隔で補強した試験体(太破線)や太径溶接金網で補強した試験体(太点線)は、非常に靱的な変形性状を示している。これは、図-2のひび割れ性状に対応している。図-3において、最大荷重の1/3の荷重点に関する割線荷重たわみ剛性 k_1 を計算すると、 $k_1 = 27.4 \sim 33.7 \text{ MN/m}$ (平均 30.9 MN/m) となり、補強方法の違いによる影響は明確ではなかった。

図-4にせん断耐力 V_u —せん断補強筋比 ps ($\theta = \cot^{-1}2$) 関係を示す。ここに、 $ps(\theta)$ は角度 θ をもつせん断ひび割れ面の面積 A_{crack} に対する、このひび割れ面を横切るせん断補強筋断面のひび割れ面への投影面積 A_w の比 A_w/A_{crack} である。本研究では、上述の結果を基にひび割れ角度 $\theta = \cot^{-1}2$ を採用して整理した。同図より、各補強方法とも V_u と $ps(\theta = \cot^{-1}2)$ とはほぼ直線関係にあることがわかる。各実験線を直線近似した場合の勾配は、鉛直スターラップを1.0とした場合、水平スターラップは1.6、溶接金網は2.8へと増加した。鉛直スターラップ間隔 Sh を10cmから6.5cmへと狭くするよりも $Sh = 10\text{cm}$ のまま水平スターラップを1本配置する方が V_u が大きくなることは興味深い。なお図中の一点鎖線は、示方書のせん断耐力式(全安全係数 $=1.0$, $f_{cd}' = f_c'$)を用い、鉛直スターラップの場合の計算耐力を求めたものである。鉛直および水平スターラップの実験値は危険側に、溶接金網の実験値は安全側になっている。

図-5にせん断耐力 V_u —せん断補強筋体積比 p_v 関係を示す。ここに、 p_v は試験体のせん断スパン体積 V_{shear} に対する同スパン内のせん断補強筋体積 V_w の比 V_w/V_{shear} である。鉛直スターラップの場合、 p_v の増加とともに V_u は2次曲線的に増加しており、水平スターラップの V_u はその曲線の延長線上に乗ってきているように思われる。溶接金網の実験線は鉛直スターラップの実験線よりも上にあり、補強筋体積の面からみてもせん断補強効果が大きくでている。

4. まとめ

本実験の結果より、RCはりの部材軸方向に配置した水平スターラップは補助的せん断補強筋、溶接金網は主せん断補強筋として利用できる可能性のあることが明らかとなった。

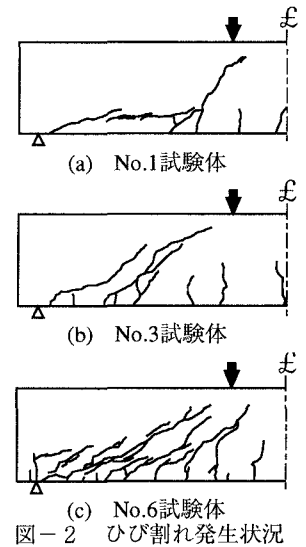


図-2 ひび割れ発生状況

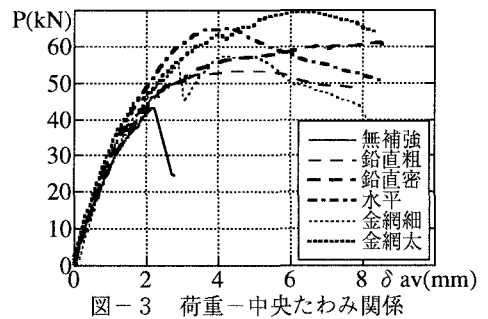


図-3 荷重—中央たわみ関係

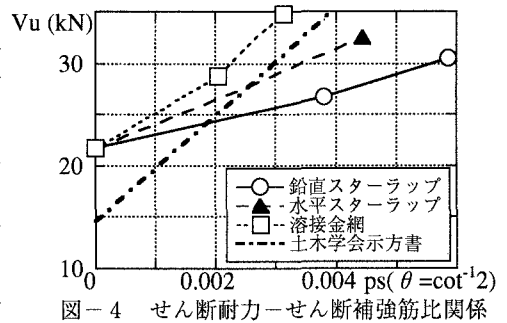


図-4 せん断耐力—せん断補強筋比関係

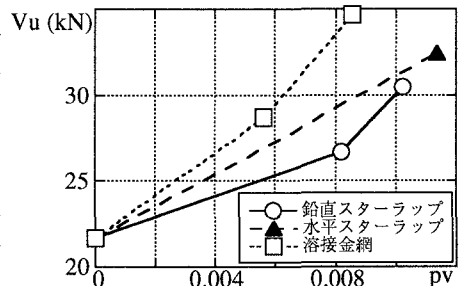


図-5 せん断耐力—せん断補強筋体積比関係