

東京大学生産技術研究所
東京大学大学院

正会員 小林一輔
学生員 ○山王博之

1. まえがき

鋼繊維を用いたモルタル及びコンクリートは、ひび割れ強度、せん断強度、伸び能力、タフネスそして耐衝撃性等が著しく優れている点で、最近とみに注目を集めつつある。

本実験では、鉄筋コンクリート梁のせん断補強材としてスターラップの代りに鋼繊維をとりあげ、主として移動荷重下において、鋼繊維混入率、繊維のアスペクト比などがせん断補強効果に及ぼす影響を検討した。

2. 使用材料及び配合

セメント；早強ポルトランドセメント，細骨材；川砂（表乾比重2.63，吸水量1.99%，FM3.0），粗骨材；碎石（表乾比重2.66，吸水量1.34%，FM6.0），鉄筋；引張鉄筋にD13（ $\sigma_y = 40 \text{ kg/cm}^2$ ），組立て鉄筋とスターラップに $\phi 6 \text{ mm}$ （ $\sigma_y = 70 \text{ kg/cm}^2$ ），鋼繊維；冷延

鋼板をせん断してつくった繊維（台形状断面， $\phi 0.39 \times 14$ ， $\phi 0.39 \times 24$ ， $\phi 0.39 \times 34$ ， $\phi 0.50 \times 37$ ）を使用した。プレーンコンクリートの配合を表-1に示す。繊維補強コンクリートは表-1の配合に対して，それぞれ鋼繊維を外割りで0.2～2.5%（容積百分率）混入して製作した。

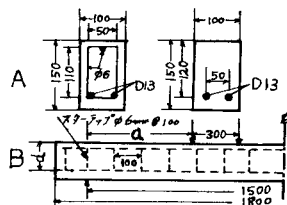
表-1 プレーンコンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラング (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				水灰比 (G/S)
				W	C	S	G	
10	8	55	50	190	345	917	920	0.2

3. 供試体と試験方法

供試体の外形寸法及び配筋を図-1に示す。引張主鉄筋比はすべて2.11%とした。供試体は次の主鉄筋のみを用いたもの、これにせん断補強材としてスターラップ（腹鉄筋比0.47%）を配置したもの並びに鋼繊維を混入したものの3種を製作した。載荷試験材令は2週で行った。載荷方法は、図-1Bに示す様にせん断スパン比 a/d （ a ；支点から載荷点までの距離， d ；梁の有効高さ）をそれぞれ1.25，2.5，3.75そして5.0に変化させて移動2点載荷とした。

図-1 供試体と載荷方法



4. 実験結果とその考察

本実験によって使用した鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度，引張強度（割裂方法）及び直接せん断強度（＝面せん断試験）についての実験結果をそれぞれ図-2，図-3及び図-4に示す。図-4より直接せん断強度においては比較的少量の繊維を混入することにより高い強度比が得られることがわかった。破壊曲げモーメント M_u とせん断スパン比 a/d の関係を図-5に示す。この図からせん断補強材のない梁は， $a/d = 2.5$ で破壊曲げモーメントが最も小さく，典型的なせん断付着破壊を生じた。せん断補強材のある梁の破壊形式はせん断圧縮破壊であった。 $a/d = 5.0$ の時，即ち，中心線に対して対称な2点載荷（曲げ試験）の場合であるが，

図-2 プレーンコンクリートに対する圧縮強度比

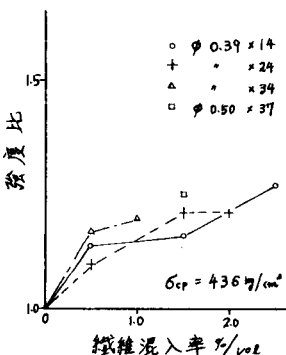


図-3 プレーンコンクリートに対する引張強度比

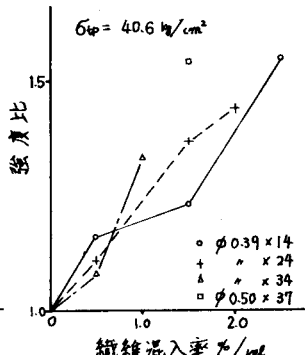


図-4 プレコンクリートに対する直接せん断強度比

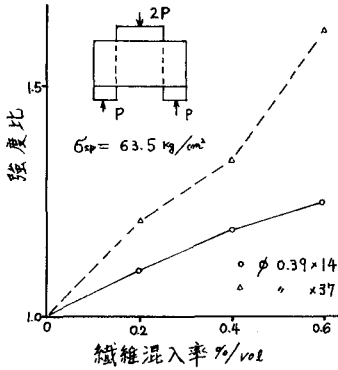


図-5 破壊曲げモーメントとせん断スパン比 a/d の関係

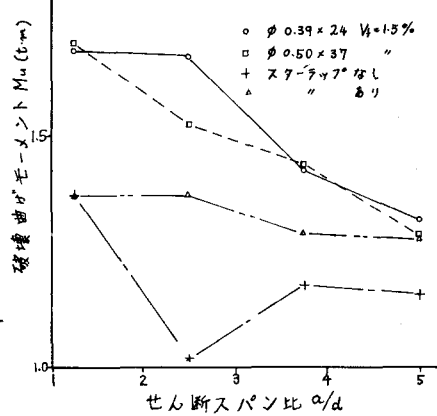
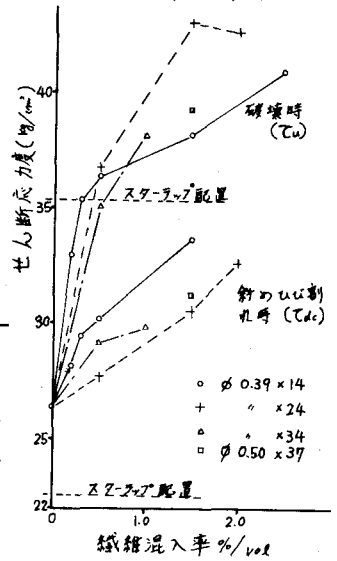


図-6 中立軸での見掛けのせん断応力 ($a/d=2.5$) と繊維混入率との関係



鋼繊維を混入しても破壊曲げモーメントは向上しない。繊維混入率と中立軸における斜めひび割れ時並びに破壊時の見掛けのせん断応力 ($a/d = 2.5$) との関係を図-6に示す。但し、上記のせん断応力は次式で計算した値である。
 $T_u = V / \Sigma b$ (kg/cm^2) 式中での V , Σ と b はそれぞれせん断応力, 抵抗偶力のアーム長さとして梁の幅とする。図-6からわかるように鉄筋コンクリート梁 (以下RC梁) の場合, せん断補強筋の代りに鋼繊維 (中 0.39×14) を約 $0.3\%/\text{vol}$ 混入することにより本実験で用いたスターラップと同程度のせん断補強効果が得られる。斜めひび割れが生じてから破壊までのせん断補強能力 ($a/d = 2.5$, 中立軸での斜めひび割れ時の見掛けのせん断応力に対する破壊時の見掛けのせん断応力の強度比) と繊維混入率との関係を図-7に示す。図-7から本実験で用いた鋼繊維の中でせん断補強能力が最もよいのはアスペクト比62の鋼繊維である。このせん断補強能力と繊維混入率との関係を図-8に示す。このグラフの頂点がある鋼繊維に対して最も有効な繊維混入率である。上記の結果によれば, せん断補強筋を有しない梁のせん断耐力が小さいのは, せん断付着破壊を生ずるからである。総括的に, スターラップを有しないRC梁に鋼繊維を混入することによりせん断補強効果を生ずる場合について以下のように考えられる。一般に曲げ荷重を受けるスターラップを有しないRC梁のせん断破壊は, 斜めひび割れが鉄筋部分にまで達し, 最終的には鉄筋の付着破壊によって決まる。一方鋼繊維を混入したRC梁の場合には, コンクリート中における鋼繊維のひび割れ拘束作用によって鉄筋の付着強度が改善されるので, 梁内部にアーチを考える時に, 鉄筋降伏しない限り斜めひび割れが発生した後も力が外部支承に伝達される。このことは最終的には圧縮側のコンクリートの圧縮破壊で決ってしまう。従って鋼繊維を入れたRC梁は, せん断補強効果が大きいことが推測される。

図-7 中立軸における T_u/T_d ($a/d=2.5$) とアスペクト比 L/D との関係

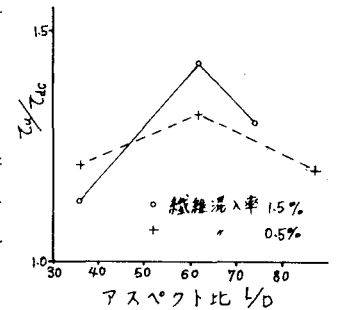
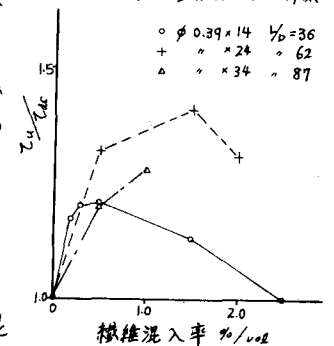


図-8 中立軸における T_u/T_d ($a/d=2.5$) と繊維混入率との関係



本実験の結果を要約すると

- 1) RC部材にせん断補強材として, 鋼繊維 (中 0.39×14) を約 0.3% 混入すれば, せん断補強効果が得られる。
- 2) 本実験で用いた鋼繊維のうちアスペクト比62のものが最もせん断補強能力がよい。

※ 換算断面で単位はmmとする。