

(林間組 技術研究所 正会員 五味 道義

〃 正会員 O 竹内 恒夫

〃 畠山 陽

1 はじめに

鋼繊維補強コンクリート(SFRC)は曲げ引張りやせん断抵抗およびひびわれ後の耐力が普通コンクリートに比べ著しく改善される。一般に鋼繊維はコンクリート中に三次元ランダム状態で分散するが、コンクリート中の鋼繊維の分散と背向によりその特性が大きく変わる。とくにトンネルの一次ライニングの吹付けにおいては、トンネルに作用する外力に対し、鋼繊維が効果的に働き補強効果を高めている¹⁾。しかし、SFRCの圧縮に対する補強効果は認められていない。さらにコスト面で普通コンクリートに比べ非常に不利である。本実験では普通コンクリートの弱点とされる部分にSFRCを局部的に利用し、その層厚と鋼繊維混入率を要因として変化させたときの強度特性を調べた。さらにSFRCのもつ補強効果を損うことなく経済的な施工が可能かどうか検討した。

2 実験概要

実験には $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の曲げ試験用型枠を用い、底面から0, 2.5, 5, 10 cmの層厚(供試体の厚さを1としたとき、SFRCの層厚の割合を0, 1/4, 1/2, 1とする)にSFRCを打設し、その上部に普通コンクリートを打設した供試体。さらに圧縮側にもSFRCを用いた積層状サンドイッチタイプ(SFRCの層厚割合1:1:1, 1:2:1)の供試体を作成した。また鋼繊維混入率を0.9, 1.2, 1.5%volと変化させた。

実験に用いた材料は普通ポルトランドセメント(比重3.17)、細骨材は荒川産川砂(比重2.6、粗粒率2.60)、粗骨材の最大寸法が 50 mm の荒川産川砂(比重2.63)、鋼繊維は $0.5 \times 0.3 \times 20^{\text{mm}}$ (アスペクト比46)を使用した。表-1に試験に用いた配合を示す。

コンクリートの練りませには、90ℓと20ℓの両ミキサーを使用し、鋼繊維は手でほくしながら投入した後、スランパを測定し、所定のスランパになるように、あと添加用高性能減水剤で補正した。SFRCの締固めは振動台を用い、普通コンクリートは突き棒とした。試験体は28日とし、強さ試験は曲げ強度試験(JIS A 1106)とせん断強度試験は図-1に示すような二面せん断試験によった。なお曲げ試験時、供試体の中央点にダイヤルゲージを取付け荷重と変形量の測定を行なった。

表-1 コンクリート配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランパの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 (C×%)
10	10±2	1±1	49	60	196	400	1026	692	0.25

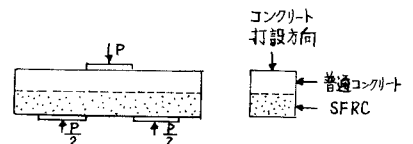


図-1 二面せん断試験

3 試験結果と考察

(1) 鋼繊維混入率と強度比の関係(図-2参照)

引張り側にSFRCを打設したコンクリートは鋼繊維混入率1.2%volで曲げ強度は普通コンクリートの1.1〜1.2倍増加したが、混入率が多くなると曲げ強度が低下するものもある。これは使用した鋼繊維の寸法が短く、かつ締固めによる影響があらわれているものと思われる。この図からみて $0.5 \times 0.3 \times 20^{\text{mm}}$ の鋼繊維を用いる場合、鋼繊維混入率は最低1.2%vol程度混入しないと曲げ強度は期待できない。一方せん断強度はSFRCの層厚を半分にした場合、鋼繊維混入率0.9%vol時で約90%の強度低下がみられた。一方圧縮側および引張り側の両方にSFRCを打設(図中記号E, F)し、中間は普通コンクリートを打設したサンドイッチタイプでは曲げ強度は引張り側に半分SFRCを打設したものと同じ傾向であったが、せん断強度については鋼繊維混入率0.9%vol時で普通コン

クリートの約2~2.5倍を示し、著しい補強効果が認められた。

(2) 層厚と強度比の関係(図-3参照)

鋼繊維混入率0.9%volでは曲げ強度比は層厚にかかわらず、ほぼ一定である。また鋼繊維混入率1.5および1.5%volのときは層厚の増加に伴い強度比も大きくなっている。一方せん断強度は引張り側のSFRCの層厚が厚くなると増加する傾向にある。とくにSFRCの層厚が33cm(全体の1/3)でバラツキが大きいのは鋼繊維の形状寸法、混入率、層厚、締め固め条件などが影響した結果と思われる。

(3) 荷重～変形曲線(図-4参照)

破壊後の変形能は鋼繊維混入率が増加するほど、またSFRCの層厚が厚い程優れている。図-4は荷重変形(P/Δ)曲線と×軸で囲まれた面積を鋼繊維混入率別、層厚別にプロットしたものを示す。鋼繊維混入率の増加とともに相対タフネスは増加し、またSFRCの層厚が厚くなるとともに増加する。さらにサンドイッチタイア(図中記号E、F)では、引張り側にSFRCを半分打設したものと同様傾向をもつ。

4. 鋼繊維補強コンクリートの効果的な利用について

本実験はトンネルの一次ライニングにSFRCを吹付けに利用することを目的にしたもので、鋼繊維混入率1.2%vol時、引張りが作用する部材ではSFRCを引張側に半分打設しても、全面打設したものとの相違がないと思われる。とくにトンネル掘削後の掘削壁面は凹凸が多く、吹付け当初は骨材がすべてはね返ってしまう。しかし徐々にモルタルが付着し、適当なクッション材ができると粗骨材や鋼繊維が付着する。吹付けの場合一層の吹付け厚が5cmを境にはね返りが極端に相違する。よって掘削後の凹凸の大きい時点でSFRCを吹付けることは高価な材料のはね返りが多く不経済となる。そこで最初の吹付けは掘削面の凹凸を埋め、応力集中を防ぐ目的で普通コンクリートを吹付け、続いてSFRCを吹付け一体化した一次ライニングを施工することが補強効果を損うことなく経済的であると思われる。

5 おわりに

使用した鋼繊維が限定され試験体の作成方法にも問題点があげられるが、普通コンクリートとSFRCを積層状に用いる場合鋼繊維混入率、層厚がその強度特性に大きな影響を与えることがわかった。のでさらに検討を加える予定である。

参考文献 1) 福光建二他: 鋼繊維補強吹付けコンクリート, 鋼繊維補強

コンクリートに関するシンポジウム発表報告文集, 昭和52年11月

2) H.W.Parker 他: A practical New Approach to Shotcrete

rebound losses, Shotcrete for Ground Support, ACI SP-54

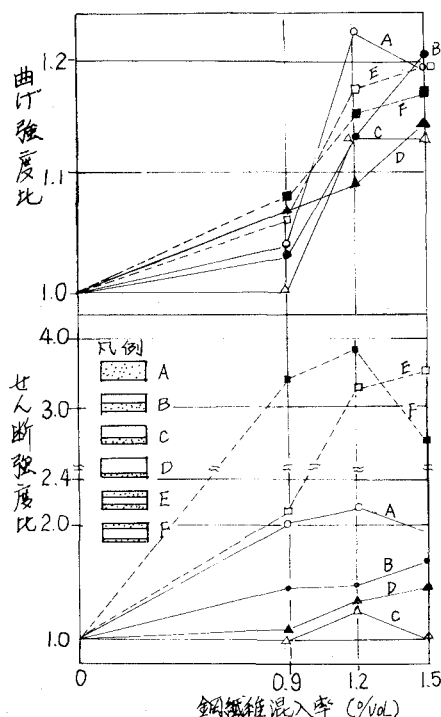


図-2 鋼繊維混入率と強度比の関係

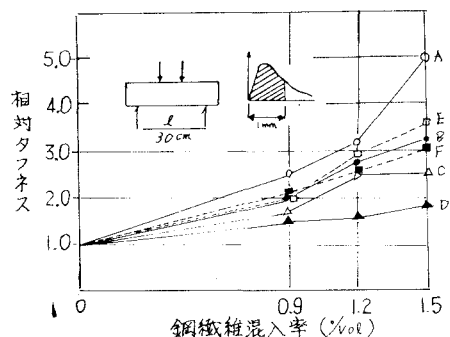


図-3 鋼繊維混入率と相対タフネスの関係

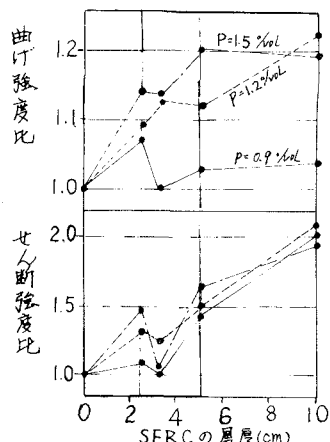


図-4 SFRCの層厚と強度比の関係