

東急建設(株) 技術研究所 正員 西岡 哲
 東急建設(株) 土木技術部 岩村 巖
 住友セメント(株) 中央研究所 橋本 栄治

1. はじめに

鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRSC.)は、トンネルの一次覆工や補修等に本格的に使用されつつあるなかで、その特性の解明が望まれている。筆者らは、乾式吹付け機施工による超速硬セメントを使用したSFRSC.の実験を行ない、材料1~3時間で所要強度が得られることを報告した。本報告では、セミ湿式吹付け機を使用したSFRSC.および多層吹付けコンクリートの性状について報告する。

2. 実験概要

SFRSC.の施工性の要因として、吹付け機種による影響が大きい。実験に先立ち、セミ湿式吹付け機3機種を選びおのの模型マージでSFRSC.の施工性について調査を行な。たが、以下の実験では、A機(吹付け能力6~10 m³/h・最大水平輸送距離300m・空気消費量12~14 m³/min)を使用した。

実験は、表-1に示した要因と水準で、SFRSC.の施工性・力学的特性・配向性におよぶ鋼繊維の種類・混入率および配合の影響について行な。た。(シリーズI)

表-1 実験の要因と水準(シリーズI)

要 因	水 準	特性値
セメントの種類	普通ポルトランドセメント	ねり率
セメント比	1:3 1:4	圧縮・曲げせん断強度・変形特性
粗骨材量 %	0 20	付着配合
鋼繊維混入率 %	0, 1.0, 1.5, 2.0	配向性
鋼繊維の種類	a, b, c, d, e	

多層吹付けコンクリートは、特にトンネル施工を考えた場合、

①薄い層吹付けの急ぎ施工によるトンネルライニングの早期閉合②地山の挙動に対応した吹付けコンクリートの施工③超速硬セメントや鋼繊維の使用に際し経済的に有利なものとなると考えられる。そこで図-1に示した供試体について、2層吹付けコンクリートとした場合の効果について実験を行な。た。(シリーズII)

試験項目は、以下の通りである。

- 施工性: 吹付け機の適応性及び施工性について目視観察及びねり率の調査
- 強度試験: 切り出しコア(15×15×60cm)及び型枠供試体(15×15×53cm)による、曲げ強度試験(JISA-1106)、圧縮強度試験(JISA-1114)、2面せん断試験
- 鋼繊維の配向性: X線写真撮影及び各断面の繊維本数の調査
- 付着配合: まだ固まらないコンクリートの洗い分析(JISA-1112)

及び硬化コンクリートの配合推定試験(F-18)による付着した吹付けコンクリートの配合推定

3. 鋼繊維の配向および分散

鋼繊維は、吹付け面内へ配向しやすい。すなわち図-2に示した各面の直角方向への配向係数を求めると、A・B面では $\alpha = 0.48$ C面では $\alpha = 0.14$ 程度であ。た。

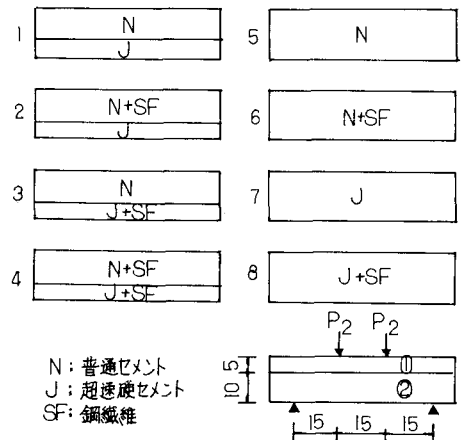


図-1 供試体(シリーズII)

表-2 鋼繊維の種類

繊維の種類	a	b	c	d	e
製 法	せん断ファイバー	せん断ファイバー	せん断ファイバー	せん断ファイバー	EP 削りファイバー
繊維長 l mm	25	25	30	30	25
繊維幅 B mm	0.4	0.7	0.4	0.7	1.0
繊維高 H mm	0.35	0.35	0.35	0.35	0.2

$$\alpha = \rho \times a / p \dots (1) \quad (a: \text{繊維1本の断面積} \quad p: \text{繊維混入率} \quad \rho: \text{繊維密度})$$

一方 Romualdi らの理論値によれば、上記の α の値は、2次元ランダム配向の場合0.64 3次元ランダム配向の場合0.405~0.5であるが、前記の値はこれらに比べやや小さめである。これは配向係数を(1)式で計算するにあたり、鋼繊維混入率を示す配合量で計算したためと考えられ、これらの点を考慮すれば以上の結果は鋼繊維が吹付け面内にはほぼ2次元ランダム配向していることを示している。また鋼繊維の配向は、図-2に示したように繊維の製法、アスペクト比の違いによって極端に相違することはないようである。厚さ方向についても鋼繊維の分布傾向を調べたが、ほぼ均一に分布しており、はね返りの少なくなる恐れがある底面においても特に鋼繊維混入量が減少するということはなかった。

4. 強度試験結果

吹付けコンクリートに鋼繊維を混入することにより、せん断強度、曲げ強度、タフネス等が改善されこの効果は、鋼繊維の種類および混入率により異なる。今回の実験では、混入率が1%ol.ではd,eが良く、それが1.5%ol.,2.0%ol.に増した場合では、bが良いという結果になった。これは、鋼繊維の種類・形状により施工性が左右されること一因と考えられ、ある条件のもとで最適な鋼繊維の種類・形状が存在するものと思われる。切削ファイバーは、施工性は良いが混入率を増加しても補強効果の増加がみられなかった。これは今回用いた試料が試作品であったことや吹付けという特殊条件がマトリックスの品質に影響を与えたことなどが考えられる。打込み供試体による曲げ試験結果では、切削ファイバーの方がせん断ファイバーより高い値を示した。

5. 多層吹付けコンクリートの性質

1層目に超硬セメントを使用した2層吹付けコンクリートの場合、どちらが一層をSF R S C.とすれば、図-4に示したようにせん断補強効果が認められるとともに曲げ強度も増大した。すなわち、図-5に示したように示したように材料令3日までは、普通セメントを使用した単層SF R S C.と同等以上の曲げ強度を示した。

6. まとめ

吹付けコンクリートに鋼繊維を用いた場合、鋼繊維の種類により施工性は大きく左右されるが、配向性は鋼繊維の種類によらず吹付け面内にはほぼ2次元ランダム配向状態となる。最適な鋼繊維形状は、鋼繊維混入率により変化し、1%ol.では $l=30\text{mm}$ アスペクト比54程度、1.5%ol.以上では $l=25\text{mm}$ アスペクト比45程度のものが良かった。多層吹付けも有効であることが確認された。最後に本研究に対し、東大生研小林教授の御指導をいただき、ここに謹んで御礼申し上げます。

参考文献 1) 福井・西田・鎌尾 土木学会第32回年次報告 2) 福井・大谷・西田・鎌尾 昭52年鋼繊維補強コンクリートに関するシンポジウム

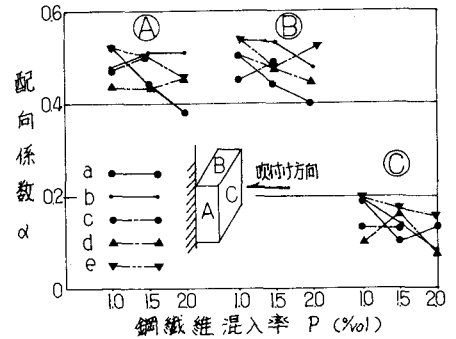


図-2 鋼繊維種類別配向係数

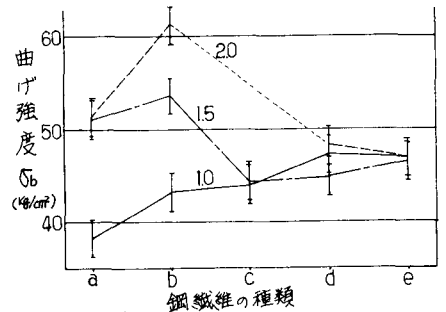


図-3 曲げ試験結果(材令28日)

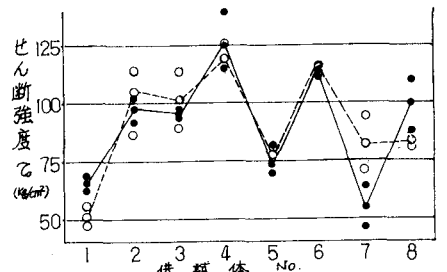


図-4 多層吹付け;せん断試験結果(28日)

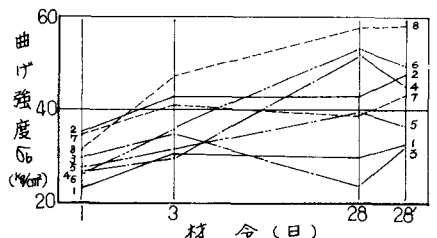


図-5 多層吹付け;曲げ試験結果