

横浜市道路局

中村純平

清水建設(株)

正員 福光健二

正員 ○高木隼二

1. はじめに

のり面防護層の施工方法として吹付けコンクリート工法が広く用いられている。しかし、この吹付けコンクリートには次のような欠点があるとされている。i) 乾燥収縮、熱応力、地山の微妙な動きなどによって、ひびわれが入りやすく、そこから侵入した雨水が地山を脆弱化し、防護層の破損を早める。ii) 凍結融解による損傷を受けやすい。iii) 地山のせん断強度が低い場合には、被覆コンクリートの自重による割れが生じやすい。以上のような種々の問題を解決するためには、コンクリートの諸性能(引張り・曲げ・せん断強度、収縮ひびわれ抵抗性、凍結融解抵抗性など)を改善する必要があるが、それは、鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を用いることによって可能となる⁽¹⁾。今回、風化が著しくせん断強度の低い土の坂上ののり面に防護工を行なう必要が生じた。そこで、SFRCを用いた吹付け防護工法について予備的検討を行なったのち、実施工を行ない良好な結果を得たので報告する。

2. 予備的検討

1) 目的 乾式と湿式の利点を兼ねていると

れるセミ湿式吹付け機を用いて、SFRCを吹付け施工した時の施工性の検討と、吹付けSFRCの繊維混入率(V_f)と強度性状の検討を主目的とした(シリーズA)。しかし、その他に、吹付けSFRCの特性改善の可能性を検討するために、“ポリマーを混入した吹付けSFRC”および“防錆処理をした鋼繊維(SF)を用いた吹付けSFRC”について一部検討した(シリーズB)。

2) 実験の概要 吹付け機はA社製のセミ湿式吹付け機、セメントはO社製普ポ、川砂(5mm以下、 $FM=2.11$)、川砂利(15mm以下、 $FM=6.34$)、SFはNK社製(0.5×0.5×20mm)とSN社製(0.5×0.3×20mm、無機系塗料による防錆処理)のせん断繊維、ポリマーはSBR系ラテックスを用いた。急傾斜は用いていない。配合はC:S:G=1

:3.25:1.25($\rho_a=0.70$)とし、その他の値は、セミ湿式機のため予定値として、 $\eta/c=50\%$ 、(ポリマー混入のものを除く)、 $V_f=0\sim2.0\%$ 、ポリマーセメント比 $P/C=5\%$ とした。検討した配合条件を表-1に示す。供試体は吹付け施工したパネルからバッターで10×10×40cmのビーム、および10×20cmのシリンドラーを切り出し、それぞれ4通および、1、13通(1部のもののみ)を曲げ強度試験(JIS A1106)および圧縮強度試験(JIS A1108)を行なった。また、吹付け施工したSFRCからサンプルを採取し洗い分析試験も行なった。

3) 実験結果の検討 施工性については、セミ湿式吹付け機でSFRCを吹付け施工する場合、 V_f が2%であっても、また、ポリマー系紙液(水:ポリマー=3:2重量比)を添加水として用いても、支障なく施工できることがわかった。表-2に洗い分析試験結果の例を示すが、この表から、繊維付着率(吹付け後と吹付け前

表-1 吹付けSFRCの強度試験結果

シリーズ	(※1) 配合記号	(※1) 鋼繊維混入率(%vol.)	(※1) ポリマーセメント比(%)	曲げ強度(kg/cm^2)				圧縮強度(kg/cm^2)			
				(※2)				曲げ供試体切片			
				7日	28日	91日		7日	28日	91日	28日
A	F0P0	0	0	36.1	33.5	41.6		250	337	408	279
	F10P0	1.0	0	—	44.2	—		—	372	—	382
	F15P0	1.5	0	34.0	54.2	52.4		244	440	435	375
	F20P0	2.0	0	—	56.8	—		—	394	—	304
B	F0P5	0	5	25.4	33.9	43.2		151	225	366	135
	F15P5	1.5	5	37.5	48.4	48.3		207	317	421	184
	NF15P0	1.5	0	53.6	51.1	57.7		392	443	570	372

(※1) NFは防錆処理した繊維を用いたもの、(※2) 抜令

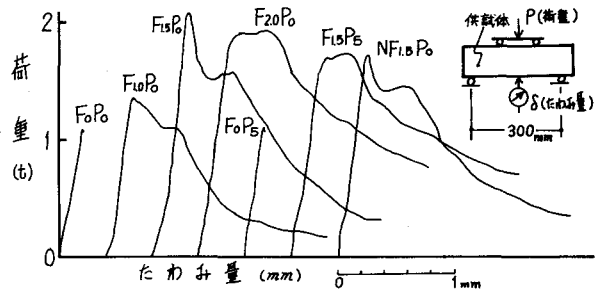


図-1 曲げ荷重-たわみ曲線(抜令28日)

の繊維混入量の比)が0.80を越えており、湿式吹付け機で施工した場合⁽¹⁾と比べても変わらないことがわかる。強度や相対タフネス(各配合とF₀P₀との曲げタフネスの比;曲げタフネスはたわみ量が1.9mmまでの値をとった⁽²⁾)の結果は表-1, 3, 図-1に示す。これらの図表から、シリーズAではV_fが1.5%までは、V_fの増大に伴って強度も相対タフネスも向上することがわかる。シリーズBでは、ポリマーの混入は断片の改善には余り寄与しないこと、および、防錆処理をしたSFは強度的には問題のないことがわかった。以上の結果を総合的に検討した結果、実施工ではセミ湿式吹付け機を用い、配合はF_{1.5}P₀を主とし、一部には耐久性向上を考慮して防錆処理をしたSFを用いることにした。

表-2 吹付けSFRCの洗い分析試験結果の例

配合記号	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	鋼繊維 (kg/m ³)	水比 (%)	繊維率 (%)	繊維混入率 (%vol.)	繊維付着率
F _{1.5} P ₀	238	455	1100	200	99	52.3	84.6	1.27	0.85
F _{1.5} P ₅	204	456	992	302	97	44.7	76.7	1.24	0.82
NF _{1.5} P ₀	223	444	1061	181	108	50.2	85.4	1.38	0.92

(注) 空気量は1%と仮定した。

3. 実施工

1) 工事概要 SFRC吹付けは、横浜市港南区にある遊陽トンネル改良工事における、取出口の切土部分防護工として行なった。切土の前面部は風化土砂であり、表面が浸食されやすい状態にあった。吹付け工事施工期間は昭和53年7月~8月であった。

2) SFRC吹付け工事実績 i) 工事数量: 施工面積は417m², 施工厚みは計画5cm, 実績5~7cm, アンカーはφ19mm×1,200×1本/10m², φ13mm×500×3本/5m²とした。ii) 使用機械とレイアウト: A社製セミ湿式吹付け機を用い、機械のレイアウトは図-2に示す通りである。iii) 使用材料: 予備的検討で使ったものと同じものを用いた。iv) 配合: W/C=50%, V_f=1.5%とし、C:S:G=1:3.25:1.25とした。

3) 施工状況(写真-1) i) ドライミックスの練りまぜ: 強制練りミキサー(容量0.15m³)を用い現場練りとした。SFはミキサー内に、ほぐすことなく直接投入したが、ファイバーボールの発生はなかった。計量と練りまぜに要した合計時間は、約90秒のドライミックスに対して6分弱であった。ii) 吹付け: 吹付けは吹付け面清掃後、上部から施工し、吹付け厚は検尺針での検測により確保した。圧送ホースは2"径で長さ100m、圧送底さは約15mであった。吹付け能力は3.2m³/hr程度であり、吹付け希望りは全工程平均で70%であった。施工中、ファイバーボールによるトラブルもなく円滑な施工を行なうことができた。

4) 施工後の状況

施工後、約1年の観察結果では、打継ぎ部の一部にハマークラックが発生した。これは、乾燥収縮や熱による収縮が原因と思われるが、このような問題に対処するために、収縮目地を入れることが有効と思われる。なお、SFはのり面表面の美観の上で、問題とはならない。

謝辞 本工事を行なうにあたり東京大学小林教授の御指導を頂きました。記して深甚な謝意を表します。

参考文献 (1) 底木, 稲光他, エアポート港湾会, SFRC誌報集(977)pp.68~171

(2) ACI Committee 544, J. of ACI, July (1978) pp.283~289

表-3 吹付けSFRCの相対タフネス(数A28日)

配合記号	F ₀ P ₀	F _{1.5} P ₀	F _{1.5} P ₅	F _{2.0} P ₀	F ₀ P ₅	F _{1.5} P ₅	NF _{1.5} P ₀
相対タフネス	1.0	9.1	14.9	19.6	1.0	17.0	13.7

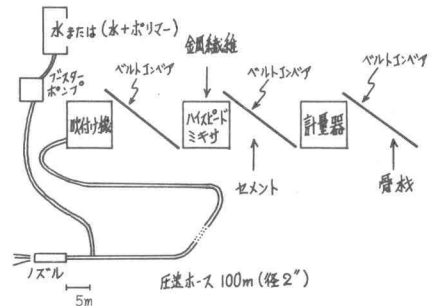


図-2 吹付け機械のレイアウト

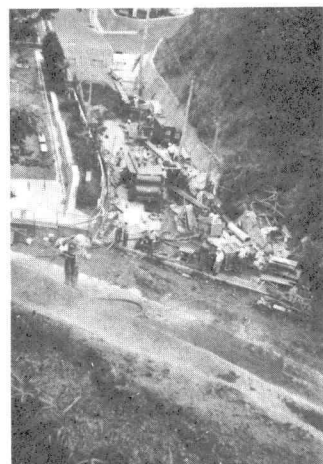


写真-1 吹付け状況