

東急建設 技術研究所

福井 康

〇正員 西岡 哲

住友セメント(株)

正員 鎌尾 博

I. まえがき

コンクリートの諸強度の改善を図る方法として、近年繊維補強コンクリートが注目されている。又、急結性の超速硬セメントが、開発されている。繊維補強材と超速硬セメントの長所を生かす方法として、吹付けコンクリート工法が考えられる。しかし、繊維補強材と超速硬セメントを吹付けコンクリートに応用した例は少なく、又資料も少ない。そこで、鋼繊維と超速硬セメントを使用した、吹付けコンクリートの性状を把握するため実験を行った。

II. 実験計画 実験は、表-1に示す要因と水準で、

試験材今1hr.2hr.3hr.1日3日については、実験計画法L₈に、材令28日については、供試体製作方法の要因を追加して、L₁₆に割り付けて行った。

III. 実験方法 強制練りミキサーでドライミックスした材料を、乾式吹付け機を使用し吹付けた。吹付けコン

クリートの供試体は、コアまたはカットビームが良いとされているが、若材令供試体には不向きである。そこで

図-1に示すように、リバウンドした材料が自由に落下できるようにした15×15×53cm³曲げ型枠を使用した。

材令28日の試験では、カットビームを併用した。供試体は、温度20

±1℃湿度約80%の恒温室中で養生

した。圧縮強度試験は、JIS-A1114に準じバリ

折片圧縮強度試験を行った。曲げ強度試験は、JIS

A1106に準じ三点荷重試験を行った。又、

スパン中央のタワミ量を、変位計で測定し荷重-タワミ

曲線を自動記録した。鋼繊維入り供試体では、スパン中

央のタワミ量3mmで測定を打ち切った。

IV. 実験結果および考察

1) 付着配合、計画配合と付着配合推定結果を、表-2

に示す。付着配合は、計画配合と比較して、セメント量

が多くなり、鋼繊維、骨材のねね返りが多くなるよう

である。繊維の配向性は、パネル供試体の場合、吹付け方

向に直交する平面内に分布する鋼繊維の単位面積当りの

本数は、上下・左右方向ほぼ同数であったが、曲げ型

供試体では、約11%ほど上下方向に配向するものがあ

表-1 実験の要因と水準

要 因	水 準	等 性 質
セメント種類	普通セメント ^{注1} 超速硬セメント	圧縮強度
鋼繊維混入量 ^{注2}	0 %Vol . 1.0 %Vol	曲げ強度
細骨中 碎 ^{注3}	69 % . 84 %	曲げ靱性
セメント量	350 % . 400 %	付着配合
供試体種類 ^{注4}	型 枠 . カットビーム (15×15×53cm)	配 向 性

注1 普通セメントには急結剤3%を使用した。

注2 0.25×0.55×2.5mm

注3 細骨材はFM 310 粗骨材：6号砕石

注4 材令28日のみ20cm厚に吹付けた。パネル状供試体(70×90cm)より15×15×70cmの供試体を切り出した。(カットビーム)

表-2 計画配合および付着配合

No	セメント種類	セメント量Kg/m ³	水Kg/m ³	砂Kg/m ³	砂利Kg/m ³	鋼繊維混入量Kg/m ³ 〇/Vol	W/C %
1	超 速 硬 セメント	350	140	1290	603	78.5	1.0
		394	160	1715		63	0.8
2	"	400	160	1498	287	78.5	1.0
		365	183	1686		46	0.6
3	"	400	160	1244	580	0	0
		424	152	1732		0	0
4	"	350	140	1600	306	0	0
		384	156	1752		0	0
5	普 通 セメント	400	160	1235	576	78.5	1.0
		443	188	1620		58	0.7
6	"	350	140	1587	303	78.5	1.0
		384	156	1744		69	0.9
7	"	350	140	1314	615	0	0
		372	139	1821		0	0
8	"	400	160	1531	293	0	0
		444	159	1709		0	0

注1 付着配合は、化学分析による方法および洗ひ試験による方法を併用して求めた。

各配合は、上段が計画配合、下段が付着配合を示す。

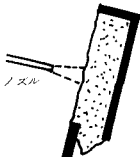


図-1 供試体製作方法

える傾向にあった。吹付け方向の繊維は、上下または左右方向の約18%であった。版厚方向に繊維は、ほぼ均一に分布する傾向があった。曲げ型枠は、繊維を上下方向に強制配向させる傾向があるが、実施工ではパネルの状態に近く、繊維は、ほぼ2次元ランダム配向するものと考えられる。

2) 力学的性状 圧縮強度は、セメント種類の効果が著しく超速硬セメントは、材令3hrで190%と普通セメント+急結剤の材令3日程度の強度を得た。又、セメント量、細骨材率、鋼繊維の有無が有意差を示した。材令3hrの要因効果を図-2に示す。曲げ強度でも、セメント種類の効果が大きく、材令3hrで超速硬セメントは、普通セメント+急結剤の1.3、5倍であった。鋼繊維の曲げ補強効果は、材令により異なるが、1.6倍程度であった。材令28日の曲げ強度試験では、鋼繊維の有無と供試体製作方法の主効果および交互作用が、99%有意となった。図-6に示したように、鋼繊維無しでは供試体製作方法による強度差が見られないのに対し、鋼繊維有りでは、曲げ型枠供試体の曲げ強度は、カットビームの1.38倍であった。このことは、鋼繊維の配向性によるものと考えられ、曲げ型枠に吹付けた場合、上下方向に繊維が配向しやすいという傾向を裏づけている。曲げ靱性を荷重-たわみ曲線と横軸によって囲まれる面積で表わすと、材令3hrおではセメント種類的主効果が表れたが、全材令を通じ効果があったのは、鋼繊維だけであった。材令3日では、鋼繊維有りは無し

の17.5倍であった。図-8に曲げ靱性と材令の関係を示す。鋼繊維および超速硬セメントを使用する吹付けコンクリートでは、初期材令における力学的性状におよぼす効果は、超速硬セメントの効果が著しく大きく、また補強材として鋼繊維は有効であり、特に曲げ靱性の補強効果は大である。

V. 結 語

今回の実験では、超速硬セメント、鋼繊維1%1、を使用し、乾式吹付け機で施工可能であることがわかった。初期材令での超速硬セメントの急結性は著しくまた、鋼繊維は、混入率1%1の内の60~80%が付着し、曲げ強度・曲げ靱性に対し十分補強効果があることがわかった。繊維の配向は、一般の鋼繊維補強コンクリートが3次元ランダム配向であるのに対し、鋼繊維吹付けコンクリートは、2次元ランダム配向に近く使用目的によっては、有意になると思われる。これらの結果は、自立時間の短い地山のトンネルの1次ライニングのように、初期強度・靱性を必要とする場所の施工に、好条件となるものと思われる。

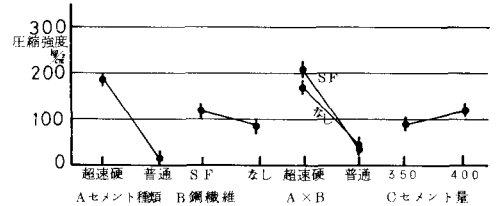


図-2 圧縮強度要因効果図(3hr)99%有意

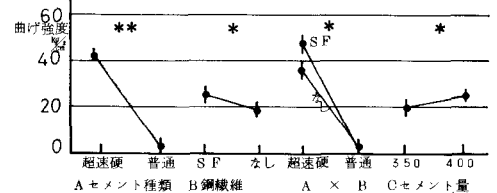


図-3 曲げ強度要因効果図(3hr)

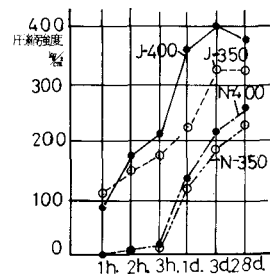


図-4 圧縮強度と材令の関係

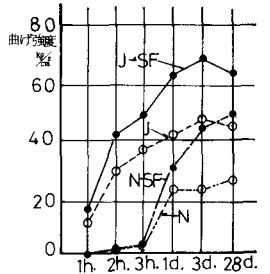


図-5 曲げ強度と材令の関係

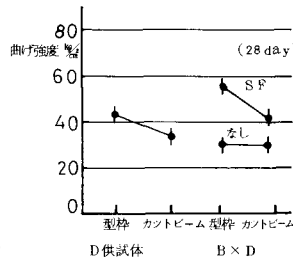


図-6 供試体と曲げ強度

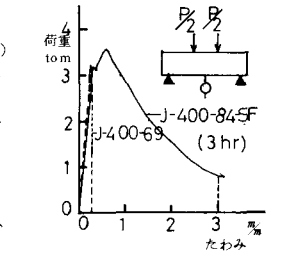


図-7 荷重-たわみ曲線の例

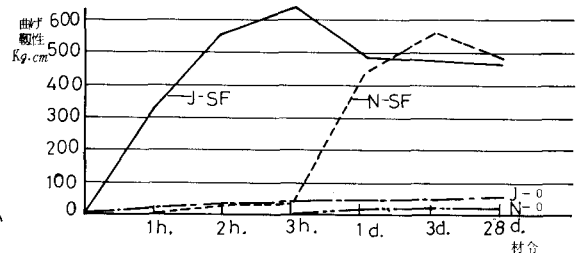


図-8 曲げ靱性と材令の関係