

V-330

鋼繊維補強超速硬セメントコンクリートの若材齢における曲げ疲労強度特性

豊田工業高等専門学校 正会員 河野 伊知郎

豊田工業高等専門学校 正会員 中嶋 清実

名古屋工業大学 正会員 梅原 秀哲

小野田ケミコ(株) 正会員 湯浅 晃行

1. まえがき

近年、大型車の交通量の増加に伴って、舗装道路におけるコンクリート床版の損傷件数が増加しており、その維持管理のための補修工事から、損傷した床版の補強工事、さらに床版全体を打ち替えるような大規模な工事が多く報告されている。これらの工事のほとんどは交通遮断を伴う場合が多く、短時間に工事を完了し、早急に交通開放をしなければならない。そのため、鋼繊維補強超速硬セメントコンクリートが多く用いられているが、若材齢における疲労強度特性に関する研究はほとんど行われていない。よって、本研究では鋼繊維補強超速硬セメントコンクリートを用いて強度発現過程の曲げ疲労強度特性に関する研究を行った。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料は、セメント：C社製で最近開発された超速硬セメント，粗骨材：静岡県天竜川産の川砂利（比重=2.67，吸水率=0.84，FM=6.76，最大寸法=15mm），細骨材：岐阜県揖斐川産の粗砂（比重=2.61，吸水率=2.27，FM=2.88）と三重県長良川産の細砂（比重=2.67，吸水率=1.73，FM=2.23）を重量比8.1:1.9の割合で混合した混合砂，凝結遅延剤：ヘプトン酸ソーダと有機カルボンサン系凝結遅延剤をセメント量に対して0.5%ずつ合わせて1.0%添加，高性能減水剤：K社製高性能減水剤（MT-150）を単位セメント量に対して2.0%添加，鋼繊維：インデント型で長さ50mmを60kg/m³添加，である。コンクリートの配合は試し練りにより決定した。所要のスランブを5.0±1.5cm，単位セメント量を420kg/m³とし，スランブ試験を行い，同じワーカビリティを得るために必要な単位水量，最適細骨材率および凝結遅延剤添加量を決定した。その配合を表-1に示す。

3. 実験概要

実験には10×10×40cmのはり供試体を使用し，供試体の内部温度を測定するため供試体の側面に熱電対を埋め込んだ。コンクリートの練り混ぜは55ℓのパンタイプ強制練りミキサを使用し，細骨材，粗骨材，水，セメントの順で投入し，1分間練り混ぜた後，鋼繊維材料を徐々に投入し更に2分間練り混ぜた。供試体は外気で打設してから曲げ強度が目標強度に達するまで+20℃の恒温恒湿室で保管した。目標強度（曲げ疲労試験を開始する目標の曲げ強度）は6N/mm²，24時間強度の2種類とした。ここで，24時間強度とは打設から24時間後の強度を示している。次に，供試体が所定の目標強度付近に達した時の強度を初期強度とし，その初期強度を元に応力レベルを設定し，疲労試験を開始した。この時，初期強度を測定してから疲労試験を開始するまで数分要するので，疲労試験開始時の強度（疲労開始強度）を曲げ強度と積算温度の関係より算定した。次に，所定の疲労試験終了後，疲労した供試体および同じ条件で放置した供試体の曲げ強度を測定した。これらの曲げ強度をそれぞれ残存強度および比較強度とする。疲労試験に用いた波形はsin波で，振動数は10Hz，载荷回数1万，10万，100万回の3種類で行った。応力レベルの上限値，下限値は初期強度の60%，15%および70%，15%の2種類である（以後，応力レベル60および応力レベル70と略す）。なお，曲げ疲労試験は3等分点荷重で行った。

表-1 コンクリートの配合

スランブの 範囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						凝結遅延剤 (g/m ³)	高性能減水剤 (cc/m ³)
			水	セメント	細骨材		粗骨材	鋼繊維		
					細砂	粗砂				
5.0±1.5	38	60	153	420	210	874	749	60	4200	8400

超速硬セメント，曲げ疲労強度，若材齢

〒471-8525 豊田市栄生町2-1 TEL 0565-35-4405 FAX 0565-35-2837

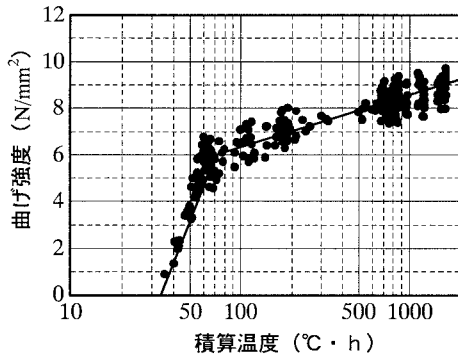


図-1 圧縮強度比と積算温度の関係

4. 実験結果および考察

図-1は鋼繊維補強超硬セメントコンクリートの圧縮強度と積算温度の関係を示した図である。この図は縦軸に圧縮強度、横軸に積算温度 (M) を対数で示している。この図より強度発現初期に急激に強度が増進する領域と緩やかに増進する領域があり、この境界が積算温度 $M=70^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 付近にあることがわかる。この境界を変曲点とし、2つの関数式で近似すると次式ようになる。

$$M < 70 : f_b = -35.03 + 9.96 \log M \quad M : \text{積算温度 } (^{\circ}\text{C}\cdot\text{h})$$

$$M > 70 : f_b = 1.78 + 0.97 \log M \quad f_b : \text{曲げ強度 } (\text{N}/\text{mm}^2)$$

表-2は疲労試験開始時の応力レベルを示した表である。この表より実際の疲労試験の応力レベルはほぼ目標の応力レベルに達していることがわかる。

図-2、図-3は応力レベル60および応力レベル70の曲げ強度比と疲労開始強度の関係を表した図である。縦軸に曲げ強度比（残存強度と比較強度の比）をとり、横軸に疲労開始強度（疲労試験を開始した時の強度）をとっている。また、図中の6N、24hはそれぞれ目標強度 $6\text{N}/\text{mm}^2$ 、24時間強度を示している。まず、図-2の応力レベル60を見てみると、1万回では荷重回数が少ないこともあり、6Nおよび24hどちらも残存強度と比較強度に大きな差はなく、疲労による影響はあまりない。10万回においては疲労を受けることにより6Nで6%、24hでは5%程度の強度低下が認められる。100万回においては、この傾向がさらに顕著となり6Nで12%、24hでは8%程度の強度低下が認められ、6Nの方が24hよりも曲げ強度の低下が大きいことがわかる。次に、図-3の応力レベル70を見てみると、1万回では6Nおよび24hどちらも1~2%の強度低下であり、疲労による影響はあまりない。10万回においては疲労を受けることにより6Nで11%、24hでは9%程度、100万回においては6Nで17%、24hでは13%程度の強度低下が認められ、すべて、応力レベル60よりも強度低下が大きくなっている。また、応力レベル70においても6Nの方が24hよりも曲げ強度の低下が大きくなっている。このように、強度が十分発現しない時に疲労荷重を受けると、疲労による影響を大きく受けることが明らかとなった。

5. まとめ

本研究で明らかになったことは以下のとおりである。

- ①積算温度と曲げ強度の関係において一つの変曲点を持つ、
- ②荷重回数が増加すると曲げ強度比は低下する、
- ③応力レベル70の方が応力レベル60よりも曲げ強度比の低下が大きい、
- ④疲労開始強度 $6\text{N}/\text{mm}^2$ の方が24時間強度よりも曲げ強度比の低下が大きい。

表-2 応力レベルの上下限值

目標強度	荷重回数	応力レベル60		応力レベル70	
		上限値の平均(%)	下限値の平均(%)	上限値の平均(%)	下限値の平均(%)
$6\text{N}/\text{mm}^2$	1万回	59.4	14.9	67.9	14.6
	10万回	59.9	15.0	70.7	15.2
	100万回	59.7	14.9	66.3	14.2
24時間強度	1万回	59.4	14.9	69.9	15.0
	10万回	59.9	15.0	69.8	15.0
	100万回	59.7	14.9	70.0	15.0

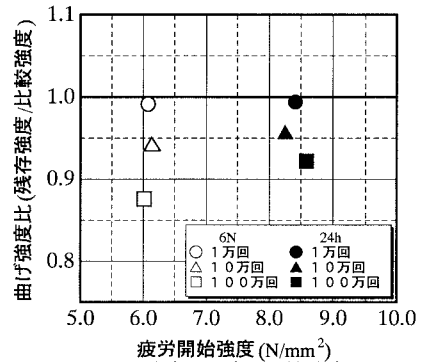


図-2 圧縮強度比と疲労開始強度の関係（応力レベル60）

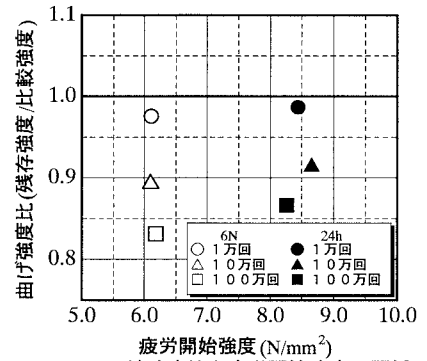


図-3 圧縮強度比と疲労開始強度の関係（応力レベル70）