

[82] SFRC で部分補強したハリの中立軸に関する実験

正会員 ○ 福田 萬大 (大成道路 技術研究所)
 中丸 貢 (大成道路 技術研究所)
 辻井 豪 (大成道路 技術研究所)
 伊藤 文隆 (大成道路 技術研究所)

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリート(以下SFRCと略す)を用いてSFRC舗装を行なう場合、単位面積あたりの鋼繊維使用量が等しいとすれば、版の全厚をSFRCとするよりも、版の底面側を部分的に(版厚の1/3~2/3程度)SFRCで補強し表面側にプレーンコンクリート(鋼繊維を混入しないコンクリート)を用いた2層構造とした方が経済的であることは既に報告した。

本報告は前報¹⁾に引き続いて行なった実験で、曲げ供試体の底面側をSFRC層で部分的に補強した場合の荷重の増加にともなうはり断面内のひずみ変化を測定することにより供試体の曲げ引張り限界ひずみ、打継ぎ面のひずみ、中立軸位置およびひびわれ発生時の荷重(初期ひびわれ荷重)、曲げ強度等を中央集中載荷方法により調べた結果について述べたものである。

2. 実験方法

(1) 使用材料および配合

使用したセメントは普通ポルトランドセメント(比重3.15)、細骨材は鬼怒川産川砂(比重2.58)、粗骨材は宮城県村田町産砕石(比重2.71、最大寸法15mm)、鋼繊維はせん断ファイバ(0.5×0.5×30mm)、減水剤は高性能タイプ(高縮合芳香族スルホン酸塩系)である。コンクリートの配合を表-1に示す。

(2) 練りまぜおよび供試体の作製方法

コンクリートの練りまぜには強制練りミキサ(100ℓ)を使用し、鋼繊維を除く全材料を同時に投入したのち1分間練りまぜてから、引き続き1バッチ分の鋼繊維を手でほぐしながら投入した。

供試体は1層供試体および2層供試体の2種類で、2層供試体はSFRC層の厚さ(D)と曲げ供試体(15×15×53cm)の厚さ(H)との比、D/Hを図-1に示すように変化させて作製した。2層供試体はまずSFRCを所定の厚さとなるよう計量し定規でならしてからテーブル振動機(振動数=3000r. P. m.)で締め固めたのち、プレーンコンクリートを敷き

表-1 コンクリートの示方配合

鋼繊維 混入率 Vf (%)	粗骨材 の最大 寸法 (mm)	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	水セメン ト比 w/c (%)	細骨材 率 s_s (%)	単位量 (kg/m ³)					
						鋼繊維 SF	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	減水剤
0	15	6.5	5.0	5.0	48.5	—	165	330	851	949	3.30
0.5						40	179	358	816	910	3.58
1.0						8.0	184	368	964	719	3.68
1.5						12.0	199	398	1078	521	3.98
2.0						16.0	209	418	1191	343	4.18

(注) AE剤は、各配合とも目標空気量5%となるように使用量を調節した。

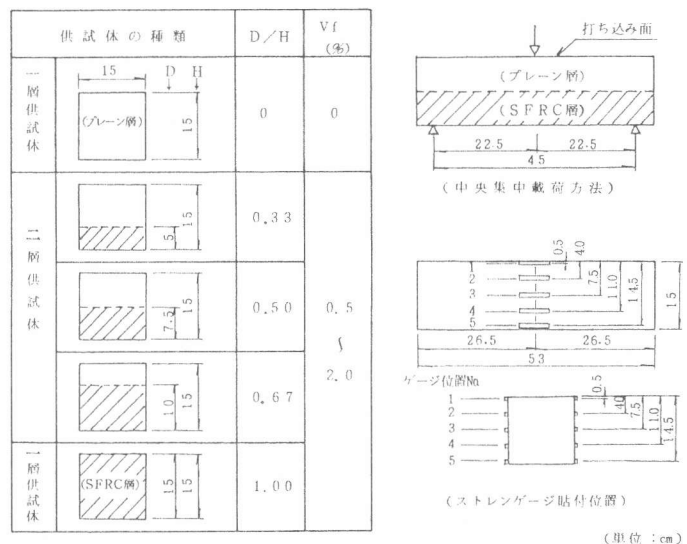


図-1 供試体の種類および曲げ試験方法

均し締め固めるという方法で作製した。1層供試体は全厚を1層で打ち込みテーブル振動機で締め固めた。所定の高さ(15 cm)まで打設が終了した供試体は、打ち込み方向から載荷するため載荷板の支点があたる位置を金ゴテで平面となるよう特に入念に仕上げ、曲げ強度試験を行なう材令(35日)の前日まで水中養生(21±3°C)を行なった。水中養生後の供試体は、表面を乾燥後供試体の長さ方向(53 cm)の中央部両側面で図-1の位置(No.1~5)に計10枚のワイヤストレンゲージ(ゲージ長67 mm)を貼り付けてから曲げ強度試験を実施した。なお、1枚の測定値を得るための供試体数は3本とした。

(3) 曲げ強度試験方法

曲げ強度試験ははり断面内のひずみ分布を破壊荷重付近まで測定する場合、3等分点2点載荷方法ではワイヤストレンゲージの位置がひびわれ発生位置と異なる恐れがあるため、中央集中載荷方法(スパン45 cm)で供試体作製時の底面が引張り側となる方向に約10 kg/秒の荷重速度で載荷して行なった(しかし、鋼繊維混入率2%、D/H=1.00の供試体は3本ともひびわれ位置が引張り側でゲージ位置と異なった)。

載荷時には破壊までの荷重および供試体側面の同じ高さに貼り付けた2枚のゲージの平均値を動ひずみ測定器および電磁オシロにより記録した。なお、同時に供試体の底面にセロウを薄く塗り目視でひびわれの発生を観察する方法で初期ひびわれ荷重を測定した。

本実験では、上記の方法で曲げ強度試験を行ない、供試体が初期ひびわれ荷重に達したときの曲げ応力度を初期ひびわれ強度、最大荷重に達したときの曲げ応力度を曲げ強度とした。

3. 実験結果

(1) SFRC層置換率(D/H)と曲げ強度の関係

鋼繊維混入率(V_f, %) = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0の各々についてD/H(D:SFRC層厚、H:曲げ供試体厚=15 cm)と曲げ強度の関係を示すと図-2のようである。図には参考として前報¹⁾で報告した3等分点2点載荷方法による場合の結果を1点鎖線で示したが、D/H=0.33~1.00の範囲におけるD/Hと曲げ強度の関係で両載荷方法に特に大きな違いは無いと考えられる。

(2) SFRC層置換率と初期ひびわれ強度比の関係

同じ供試体での初期ひびわれ強度と曲げ強度の比を初期ひびわれ強度比として図-3に示したが、D/Hが0~0.50までは全ての鋼繊維混入率(V_f)で初期ひびわれ強度比が0.95以上の値であるのに対し、D/Hが0.67以上ではV_fが大きくなるのに従い初期ひびわれ強度比は低下する傾向を示した。

(3) 曲げ供試体断面のひずみ分布測定結果

断面のひずみ分布測定は載荷にともなう引張り縁、打継ぎ面および圧縮縁のひずみや中立軸位置の移動を推定するために行なったものであるが、その方法の概略を示すと以下のようなものである。

まず、電磁オシロの記録紙から最大荷重(P_{max})の50%, 80%, 95%にあたる荷重時でのひずみ(ゲージNo. 1~5)を各供試体ごとに読み取った。各荷重段

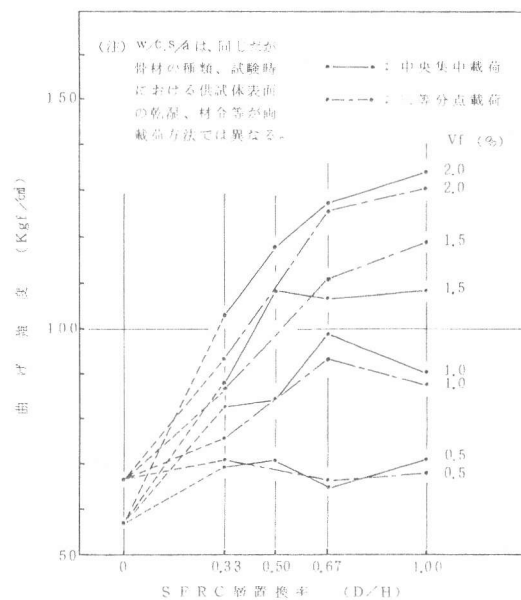


図-2 SFRC層置換率(D/H)と曲げ強度の関係

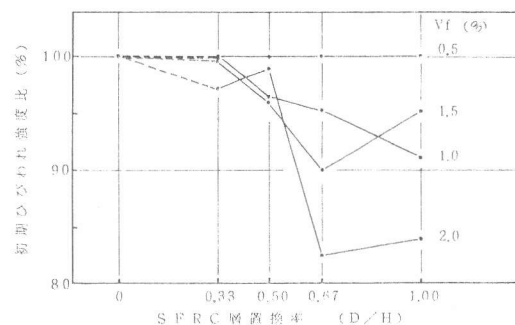


図-3 SFRC層置換率(D/H)と初期ひびわれ強度比の関係

階でのひずみ分布の測定例を示すと図-4のようであり、ひずみ分布の形状は(a) $0.95 P_{max}$ でのひずみが直線的に変化する場合(全測定値の約 $3/4$)と(b) $0.95 P_{max}$ における引張り縁側(ゲージNo.5)のひずみが急激に増加する場合(全測定値の約 $1/4$)とに大別されるが、(b)のタイプは必ずしも D/H や V_f によらないようであり、また初期ひびわれ発生後もほとんどのひずみゲージは計測可能で、初期ひびわれ荷重をひずみ測定記録から推定することは出来なかった。

引張り縁、打継ぎ面および圧縮縁のひずみは、断面内でのひずみが直線的に変化すると仮定し、上記のようにして計測したひずみから各荷重段階ごとにひずみ分布直線を描き、これが引張り縁、打継ぎ面および圧縮縁と交わる点でのひずみを読み取って求めた。また、最大荷重時でのひずみは図-4のようにして求めた引張り縁、打継ぎ面、圧縮縁のひずみから、図-5に示すような図を描き、 $0.80 P_{max}$ と $0.95 P_{max}$ を結んだ直線が P_{max} の直線と交わる点でのひずみを図上で読み取って求めた。

このようにして得られた最大荷重時における引張り縁および圧縮縁のひずみを各鋼繊維混入率ごとに示すと図-6のようであり、 V_f および D/H の増加とともに引張り縁のひずみが著しく増大する傾向が見られた。

また、最大荷重時および初期ひびわれ時におけるSFRC層置換率と打継ぎ面のひずみの関係を各鋼繊維混入率ごとに示すと図-7のようであり、ブレンコンクリート($V_f = 0\%$)の曲げ引張り限界ひずみを 260×10^{-6} とすると、 V_f と D/H の組み合わせによっては初期ひびわれ時でも打継ぎ面のひずみがこの限界ひずみ以上となる場合があるという興味ある結果が得られた。

(4) 荷重にともなう中立軸位置の移動について

曲げ供試体断面のひずみ分布測定結果から、ひずみが0となる圧縮縁からの距離を最大荷重(P_{max})の50%、80%、95%の各荷重段階ごとに読み取り、これをはりの高さ(15cm)で除して中立軸比(k)を求めた結果は図-8のようである。最大荷重時における中立軸比は図-8において $0.80 P_{max}$ と $0.95 P_{max}$ を結んだ直線が P_{max} の直線と交わる点での中立軸比を図上で読み取って求めた。

図-8には初期ひびわれ荷重を白丸で記入しているが初期ひびわれ荷重の前で中立軸比が特に大きく変化する

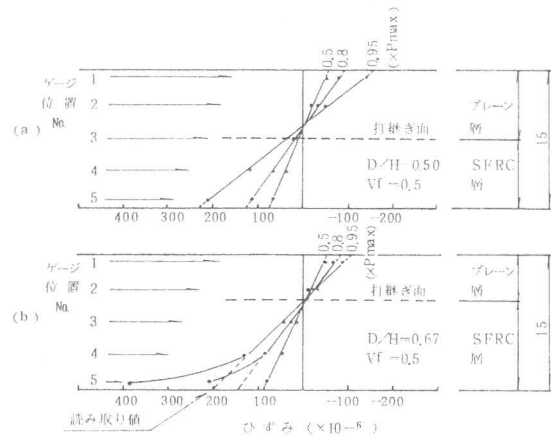


図-4 ひずみ分布測定結果の一例

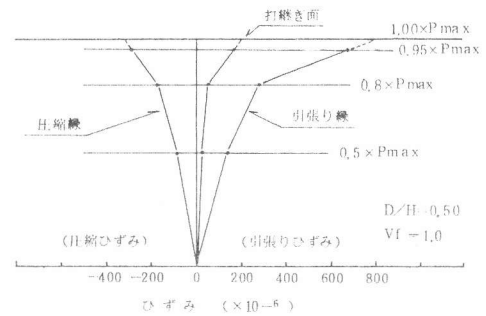


図-5 最大荷重時におけるひずみの求め方 (例)

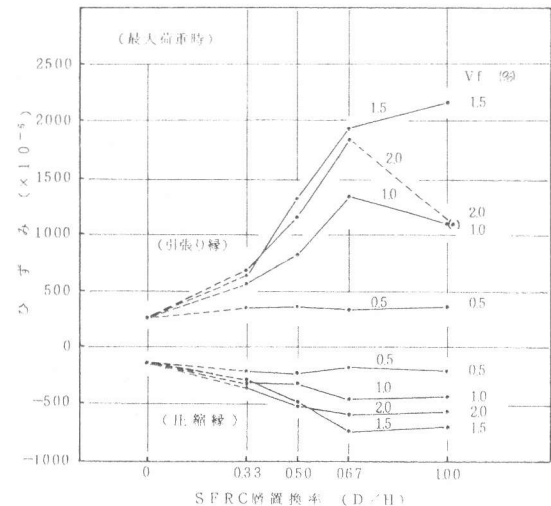


図-6 SFRC層置換率(D/H)と最大荷重時のひずみの関係

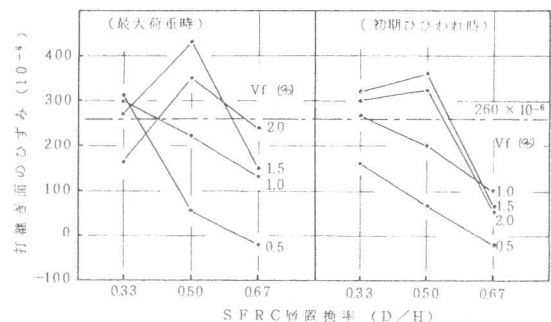


図-7 SFRC層置換率(D/H)と打継ぎ面のひずみの関係

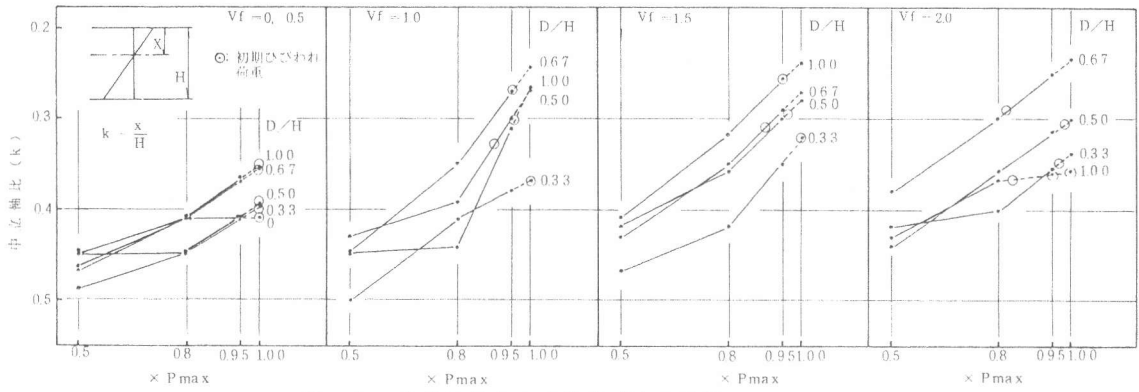


図-8 荷重段階と中立軸比(k)の関係

ることは無いようであり、また載荷々重の増加とともに中立軸の位置が上方(圧縮縁側)に移動する傾向が見られる。

図-9は最大荷重時におけるSFR C層置換率(D/H)と中立軸比(k)の関係を鋼繊維混入率(Vf)ごとに示したものであるが、Vf = 1 ~ 2%の範囲ではD/H = 0.67まで中立軸の様な上方への移動が見られるものの、D/H = 1.00ではD/H = 0.67とほぼ同じk = 0.25という値を示した。

4. まとめ

本実験から得られた結果をもとにしてSFR C層を引張り側に部分的に設け2層構造とした供試体の曲げ試験結果をまとめると以下のようである。

(1) D/HとVfの組み合わせを鋼繊維総量(Vf × D/H, %)として表わしたとき、鋼繊維総量とブレンコンクリート(鋼繊維総量 = 0%)に対する曲げ強度比の関係を前報(三等分点載荷方法の場合)¹⁾の結果と合わせて示すと図-10のようであり、鋼繊維総量と曲げ強度比の間には両載荷方法ともに高い相関が得られた。

(2) 中立軸比についても(1)と同様に整理して示すと図-11のようで、ややバラツキはあるものの鋼繊維総量の増加とともに中立軸比はほぼ直線的に変化すると考えられる。

(3) 打継ぎ面のひずみはD/HとVfの組み合わせによって変化しており、実施工では打継ぎ面のひずみが最大荷重時においてもブレンコンクリートの引張り限界ひずみをこえないようにD/HおよびVf等を設定する必要があるかと考えられるが、これについては今後の課題としたい。

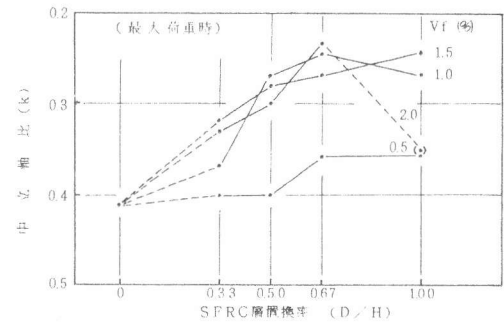


図-9 SFR C層置換率(D/H)と中立軸比(k)の関係

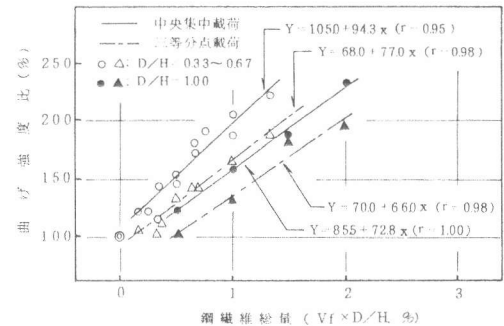


図-10 鋼繊維総量(Vf × D/H)と曲げ強度比の関係

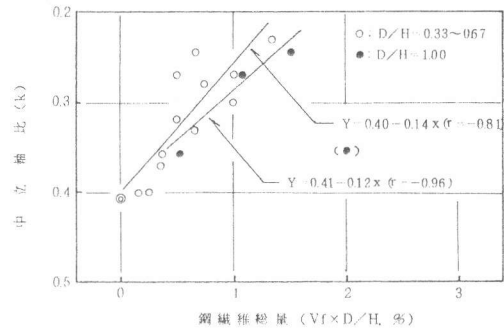


図-11 鋼繊維総量(Vf × D/H)と中立軸比(k)の関係

参考文献 1) 福田, 中丸, 辻井, 五島: 曲げを受けるハリのSFR Cによる部分補強効果に関する実験, 第4回コンクリート工学年次講演論文集, 1982