

# UFCおよびCFを用いた公共構造物の部材の安全性と再生化技術に関する研究グループ

## アラミド連続繊維シート補強方法が引張耐荷力に及ぼす影響に関する実験研究

○澤野利章（日大生産工・教授）  
木田哲量（日大生産工・教授）  
阿部 忠（日大生産工・教授）  
水口和彦（日大生産工・助教）

### 1. はじめに

建設当初は、メンテナンスフリーの半永久構造物として取り扱われていた鉄筋コンクリート部材（以下RC部材と称す）は、生活環境の変化、地球環境の変動や地震の頻発により、予想を上回る早さでその機能が損なわれつつある。しかし現在の社会情勢においては、これに即応すべく新規に土木構造物を建設することは無理な状況にあり、劣化・損傷が顕著なもの、耐荷力の低下が懸念されるものに対して、補強・補修による応急対策が講じられている。

RC部材の補強・補修方法において、連続繊維シート巻き立て工法は、炭素繊維シートやアラミド繊維シート（以下シートと称す）を、直接RC部材の表面に接着して補強を行うものである。補強はシートの繊維方向を変えて接着することで、せん断補強、曲げ補強、引張補強等を行うことが可能である。

本研究においては、コンクリート部材の補強に着目することとする。一般にシート補強はコンクリートの弱点である、ひび割れを発生させる引張力に抵抗するように施工される。曲げ補強は、曲げ引張の作用を受ける面部分にシートを接着することにより、部材の伸びを制御して、コンクリートのひび割れを抑制することで補強できることは明らかである。一方、せん断補強は、せん断による引張作用を抑制するために、せん断ひび割れが発生する面に対して行うこととされている。しかし、接着したシートの有効範囲やシートの接着位置と効果の関係については不明確な点が多い。

そこで、シートによるせん断補強の有効性を確認するために、円柱供試体の引張力作用方向に対してシート補強を施した上で、割裂引張試験に準じた引

張試験を行い、シート補強効果の有無、その枚数と荷重の関係について考察し、シート補強の効果を明らかにする。

### 2. 供試体

供試体には直径100mm、高さ200mmのコンクリート円柱を用いる。コンクリートの最大骨材寸法は20mm、平均圧縮強度は48.3N/mm<sup>2</sup>である。

シート補強は円柱供試体の円形断面に対して行うこととする。シートの材料特性値をTable 1に示す。

Table 1 Mechanical properties of AFS

AFS	Weight	Tensile strength	Elastic modulus	Thickness
	g/m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mm <sup>2</sup>	mm
AK-60	415	2060	118	0.286

また、供試体は次の4タイプとして、各3本ずつ作製する。各タイプの補強位置をFig. 1に示す。

- ①タイプN：シート補強を行わない。
- ②タイプC1：Fig. 1(b)に示すように、円柱供試体の中央部を切断し、そこにシートを1枚挿入後接着して補強を施す。なお、切断面の接着はシート補強時にシート接着剤によって同時に行う。
- ③タイプC2：タイプC1と同様に中央部で切断し、シート2枚を挿入後接着で補強を施す。
- ④タイプE：Fig. 1(c)円柱供試体の円形端断面にシートを各1枚接着して補強を施す。

ひずみ測定は補強のタイプに関わらず、Fig. 2(a)に示すように、供試体の対面する側面(A, B)に20mm間隔で、Fig. 2(b)に示す円形端断面にロゼット型ひずみゲージを2枚重ねて接着して行う。なお、シート補強が施されている面は、シートの上面にひずみゲ

## Experimental Study on Tensile Load-carrying Capacity of The AFS Reinforced Method by The Split-cylinder Test

Toshiaki SAWANO, Tetsukazu KIDA, Tadashi ABE and Kazuhiko MINAKUCHI

ジを接着するが、タイプC1, C2の供試体中央の切断線上には接着しないこととする。

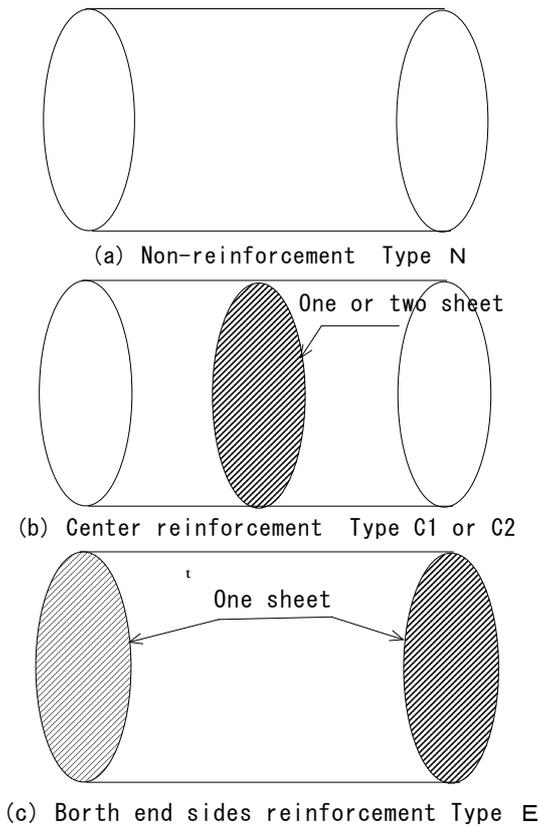
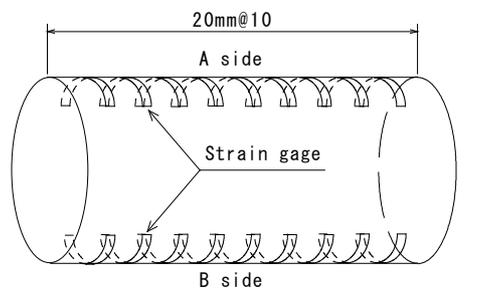
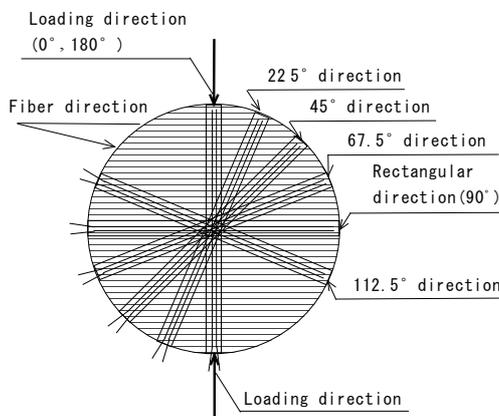


Fig.1 Reinforcement of specimen type



(a) Side strain gage position



(b) Sectional strain gage position

Fig.2 Measuring direction of strain

### 3. 実験方法

実験はJIS A1113 コンクリートの割裂強度試験方法に準じて行う。本実験においては供試体側面のひずみを計測するため、荷重装置の加圧板が直接ひずみゲージに接触しないように、20mm間隔で溝を設けた楕型の加圧治具を介して荷重を作用させる。したがって通常割裂強度試験の結果は、割裂引張強度として算出するが、割裂引張強度によらず載荷荷重の大きさで表現することとする。供試体をFig. 2に示す方向で荷重装置に設置し、荷重制御によって連続的に荷重とひずみの計測を行う。

### 4. 結果および考察

#### 4-1 最大荷重

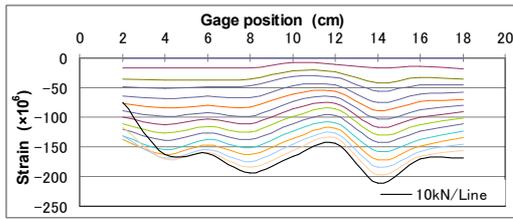
各タイプの最大荷重と平均値をTable. 2に示す。

Table2 Result of Maximam Load				Unit: kN
Type	1	2	3	Ave.
N	150	138	159	149
C1	151	162	146	153
C2	168	169	138	158
E	150	171	165	162

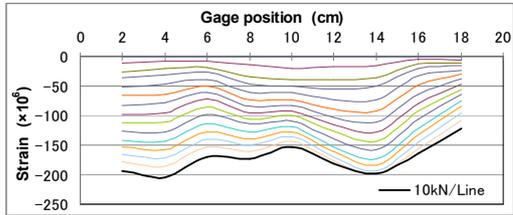
加圧用の治具を使用しているため、厳密な割裂引張強度ではないが、タイプNの平均最大荷重より割裂引張強度を算出すると、平均 $4.74\text{N/mm}^2$ となり、圧縮強度から算出される一般的なコンクリートの引張強度範囲内となった。また、補強シート1枚につき最大荷重が約3%ずつ大きくなっており、補強の影響は明らかである。しかし、タイプC2とEはシート量が同じであるにも関わらず、最大荷重に差異が発生しており、シート補強を行う位置の影響であるとも考えられる。

#### 4-2 側面のひずみ分布

Fig. 3~6は側面A, Bにおけるゲージ位置ごとの荷重とひずみの関係で、各タイプ3本のうち変化が特徴的なものを示す。各図中において線1本は約10kNの荷重増を示している。Fig. 3の補強を施していないタイプNでは、最大荷重に至るまで全てのゲージがほぼ均等な圧縮ひずみを示している。これらより供試体内部の応力分布もほぼ均等であると推測される。つぎにFig. 4のタイプC1では、補強した中央部付近、A側では8cm~12cm、B側では12cmの位置の圧縮ひずみが小さくなっており、中央部でのシート補強による影響が現れている。さらにFig. 5タイプC2では、シート量が多くなっているため、早い段階の荷重においてその影響が現れ始め、その影響も大きくなっていることが分かる。一方、Fig. 6タイプEはタイプNと類似したひずみ分布となり、シート補強した円形端面周辺のひずみに大きな変化は見られなかった。

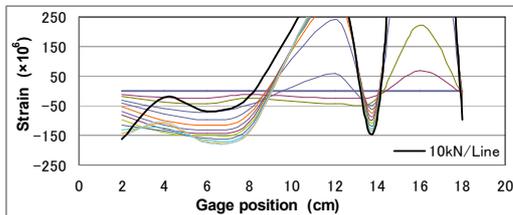


(a) A side

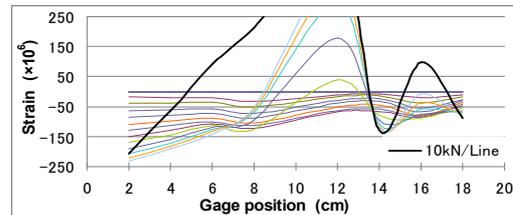


(b) B side

Fig. 3 Side strain distribution of type N



(a) A side



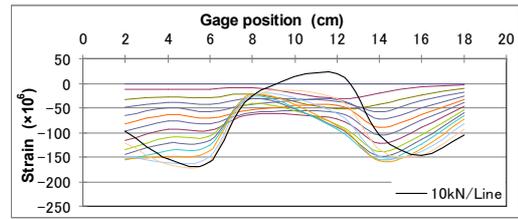
(b) B side

Fig. 5 Side strain distribution of type C2

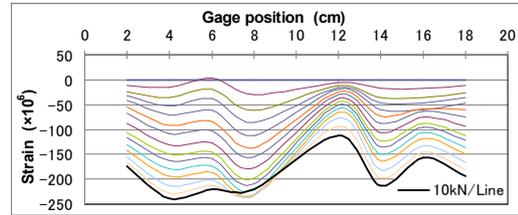
以上のようなひずみ分布を示した各供試体側面の全ひずみの平均値と荷重の関係を図. 7~10に示す。タイプN、Eは最大荷重値は異なるが、各3本の供試体とも非常によく一致し、また同様のひずみ変化である。しかし、タイプC1、C2では補強位置がひずみ分布に影響を及ぼし、またその影響によるひずみの変化量が大きいいため、早い段階の荷重から平均値に変化が生ずる。これは中央部のシート補強においてはシートとコンクリートの接着面が2面となるため、引張に対する補強が非常に大きくなり、補強面の近傍においては部分的な圧縮破壊が進行しているものと考えられる。しかし、タイプEの接着面が1面の場合には、その影響は小さい。

#### 4-3 円形端断面のひずみ分布

Fig. 11~14は、各タイプの円形端断面の載荷方向に対する各角度のひずみと荷重の関係を示す。ひずみは2つの端断面と3本の供試体の平均値である。

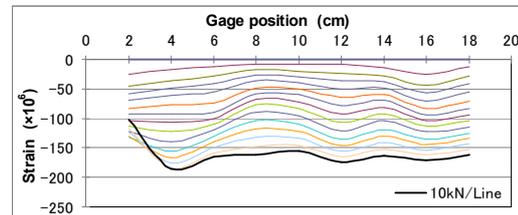


(a) A side

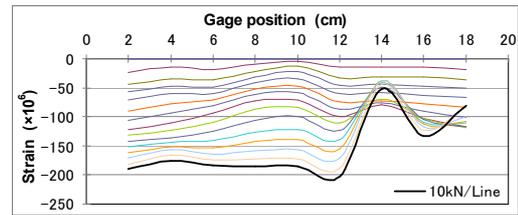


(b) B side

Fig. 4 Side strain distribution of type C1



(a) A side



(b) B side

Fig. 6 Side strain distribution of type E

Fig. 11のタイプNより、ゲージ角度 $90^\circ$ である円形断面高さを中心にして対称性が確認できる。タイプC1、C2のFig. 12、13においては、補強による最大荷重値は異なるものの、ひずみ分布は同様となった。C1、C2は中央部に補強を施してあるが、補強位置から100mm離れた円形端断面のひずみ分布には、その影響はなかった。したがって最大荷重値の上昇は、補強近傍の引張抵抗の増加によるものと考えられる。一方タイプEのFig. 14では、他のタイプとやや異なるひずみ変化となった。本来、圧縮応力と引張応力が釣り合うゲージ角度 $45^\circ$ と $135^\circ$ において、圧縮ひずみが生じており、補強による引張応力の軽減の影響が見られる。シートに直接ひずみゲージを接着していることもあるが、引張力に対する抵抗を確認することができた。

いずれのタイプにおいても、昨年度の報告のように引張ひずみが約 $150 \times 10^{-6}$ 以上になると破壊している。タイプN、C1、C2では円形端断面において、この

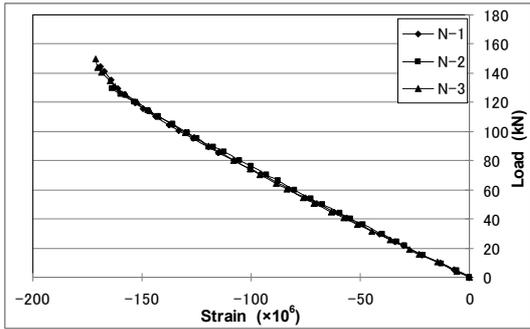


Fig. 7 Side strain of type N

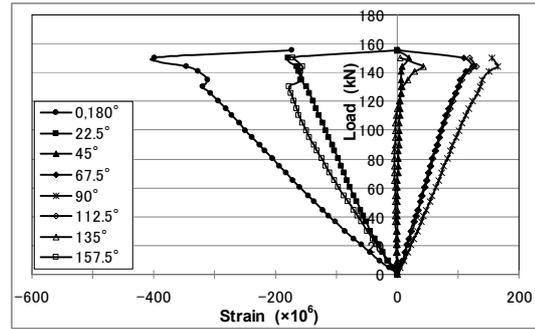


Fig. 11 Sectional strain of type N

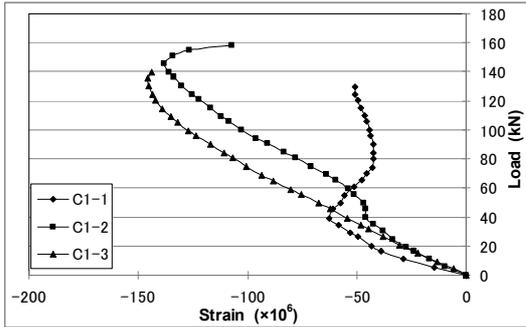


Fig. 8 Side strain of type C1

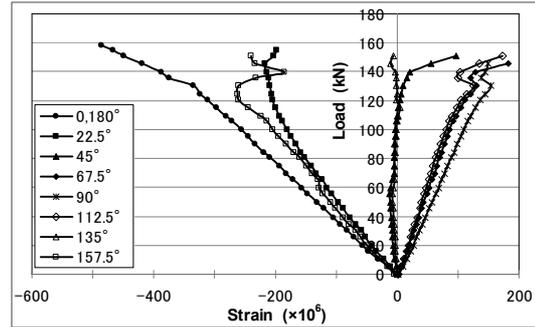


Fig. 12 Sectional strain of type C1

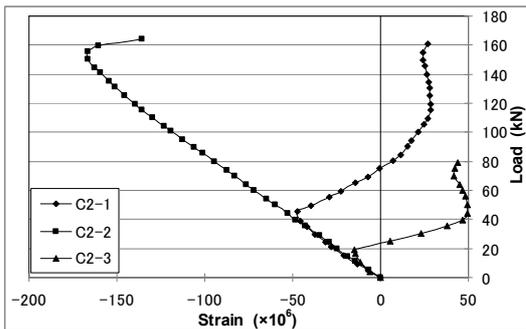


Fig. 9 Side strain of type C2

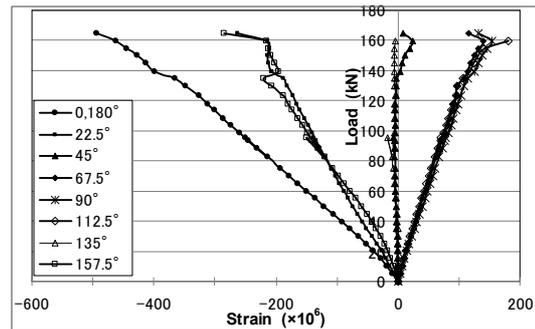


Fig. 13 Sectional strain of type C2

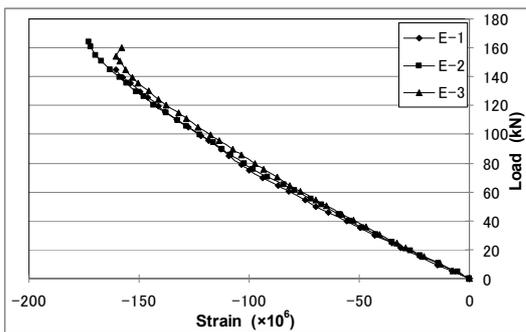


Fig. 10 Side strain of type E

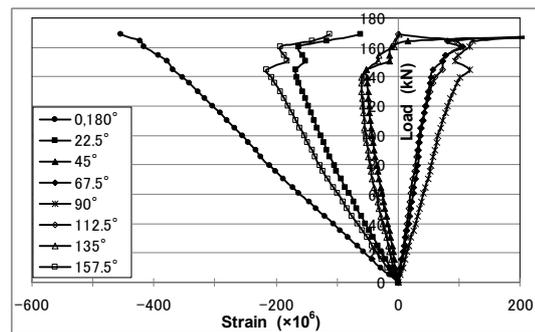


Fig. 14 Sectional strain of type E

大ききのひずみに達して破壊が進行し、タイプEは円形端断面のひずみではなく、補強を施していない内部から破壊が進行しているものと考えられる。

## 5. まとめ

①シート補強の有無、補強枚数・位置の影響をその近傍のひずみ分布から確認できた。

②シート量増加に伴う最大荷重の上昇は確認できた。また、本実験のように供試体全体に荷重が作用する場合、供試体全体として引張力に抵抗する。しかし全体で抵抗するため、部分的なひずみ変化の詳細が得られず、シート量と補強範囲の関係を明らかにすることはできなかった。今後の課題としたい。