

V - 1

AFRP シートの曲げ付着性状に与えるコンクリート表面処理方法の影響

室蘭工業大学	正 員	岸	徳 光
三井建設(株)	正 員	三 上	浩
開発土木研究所	正 員	佐 藤	昌 志
計測技販(株)	正 員	佐 藤	良 一
室蘭工業大学	学生員	佐 藤	大

1. はじめに

近年、道路・鉄道橋脚など既存鉄筋コンクリート構造物の耐震補強工事が盛んに行われている。橋脚の耐震補強工法として、一般に鉄筋コンクリート巻き立てや鋼板巻き立て工法が採用されてきたが、最近では施工性に優れる FRP シート巻き立て工法も多く採用されるようになった。著者らは主としてアラミド繊維製シート (AFRP シート) 巻き立てによる橋脚のせん断補強効果や靱性改善効果について静的および動的な観点から検討を行ってきた^{1)~3)}。その結果、アラミド繊維シート補強は炭素繊維シート補強と同等程度の効果があることを確認した。

一方、FRP シートを橋脚の段落し部周辺に縦貼りし、曲げ補強することも考えられ、一部で実用化されている。しかし、AFRP シートの曲げ付着性状や曲げ耐力向上効果などに関する研究例は比較的少ない。特に曲げ付着問題は局所の問題でもあることから、その現象は極めて複雑なものになり、シートのひずみ分布など詳細な検討が必要と考えられる。

本研究は、梁底面にアラミドシートを貼り付けた場合の曲げ付着性状を梁底面の表面処理方法に着目して検討したものである。一般的な表面処理方法には、ディスクサンダー処理、チップングマシンによる表面の異形化、プラスト処理などがあるが、本実験ではサンダーおよびチップング処理による処理深さ (浅い処理、深い処理) に着目して検討を行った。検討は主として AFRP シートのひずみ分布性状に着目して行っている。また、試験体を各 2 体製作し、処理方法による試験結果のばらつき度合いを合わせて検討している。

2. 実験の概要

表-1 試験体一覧

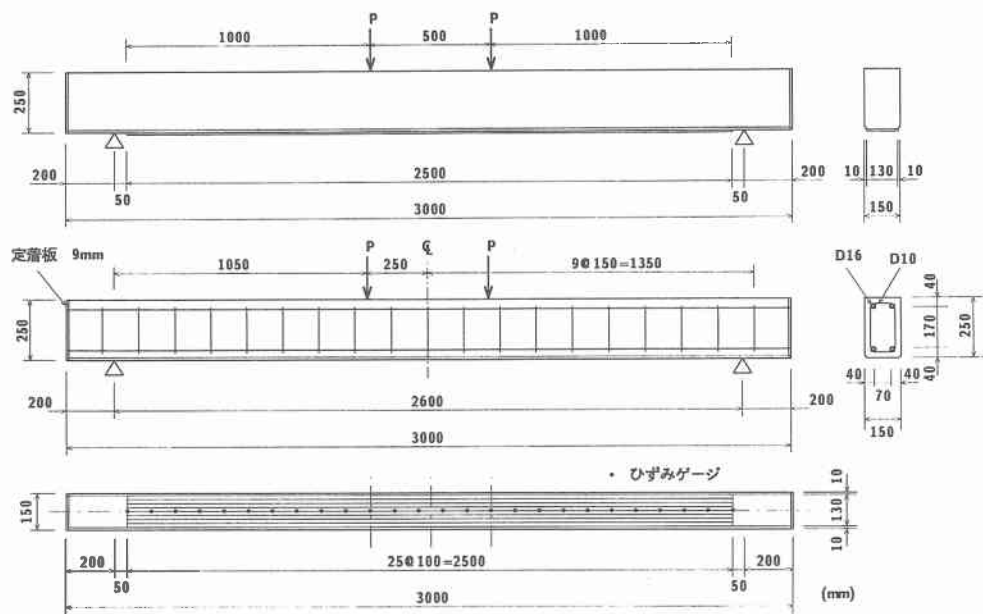
実験は表-1 に示すように、試験体は無補強、チップング (浅い処理: 深さ平均 0.5 mm, 最大 0.9 mm, 深い処理: 深さ平均 2.1 mm, 最大 2.9 mm) およびサンダーがけ (浅い処理: 表面のみサンダーがけ, 深い処理: 粗骨材が大量に露出するまでサンダーがけ) とした 5 種, 10 体で行った。

なお、梁底面には引張耐力が 60 tf/m のアラミドシート (目付け量 415 g/m², 厚さ 0.286 mm, 引張強度 25,300 kgf/cm², 弾性率 1.29×10^6 kgf/cm²) を一枚貼り付けている。

図-1 に試験体の形状寸法と AFRP

試験体名	補強材	表面処理方法
N-1	なし	
N-2		
L-C-1	AK-60	浅いチップング (0.5 ~ 0.9 mm)
L-C-2		
H-C-1	AK-60	深いチップング (2.1 ~ 2.9 mm)
H-C-2		
L-S-1	AK-60	浅いサンダーがけ (表面のみ)
L-S-2		
H-S-1	AK-60	深いサンダーがけ (粗骨材露出)
H-S-2		

Influence of Concrete Surface Disposition Method on Flexural Bonding Property of AFRP Sheet.
by Norimitsu KISHI, Hiroshi MIKAMI, Masashi SATO, Ryouichi SATO, and Dai SATO



図－１ 試験体の断面形状寸法および配筋とゲージ位置

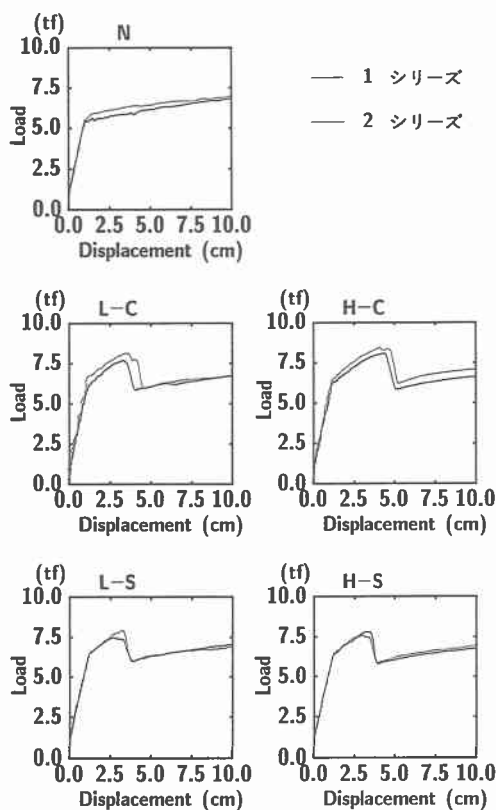
シートの貼り付け状況および配筋とシートに取り付けたひずみゲージの位置を示す。用いたコンクリートの実験時の材令は 32 日で、平均圧縮強度は 253 kgf/cm^2 、弾性係数は $2.28 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比は 0.22 である。なお、主筋は D16 (SD 345) でスターラップには D10 (SD 295) を 15 cm 間隔に配筋した。シートは支点から 5 cm 手前で貼り止め、梁幅 15 cm に対して 13 cm に貼り付けている。また、シートの中心線上にはひずみゲージを 10 cm 間隔で 26 点取り付けた。なお、 a/d (せん断スパン比) は 5.0 とした。

3. 実験結果

3.1. 荷重－変位関係

図－２に各ケース 2 体の荷重－変位関係を示す。それぞれ試験体名の末尾の数字により -1 シリーズ、-2 シリーズと表記している。図より、チッピング処理の場合に若干ばらつきがみられるものの、各ケース 2 体の実験結果は比較的良好に対応していることが分かる。

一方、図－３に -1 シリーズ、-2 シリーズの荷重－変位関係をまとめて示した。貼り付けたシートにはいずれも剥離が生じ、荷重が急激に低下



図－２ 荷重－変位関係

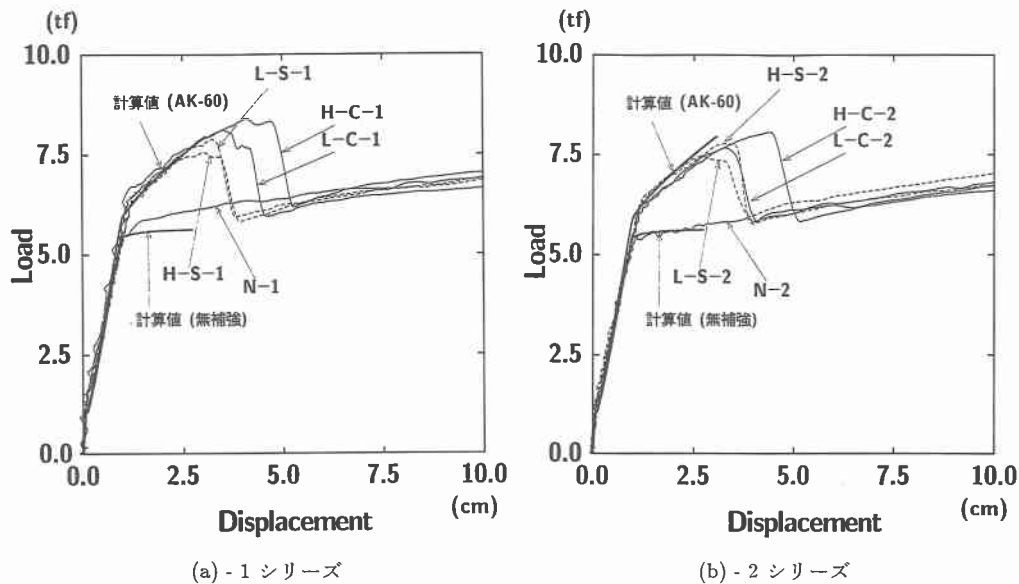


図-3 荷重-変位関係

した後、無補強の荷重-変位関係にすりつくことが分かる。- 1 シリーズでは、深いチップピングを行った試験体でシート剥離時の荷重および変位量が最大であり、次が浅いチップピングを施した試験体であった。一方、サンダー処理の場合は、浅いサンダー処理の方が最大荷重が若干大きいものの荷重-変位関係には両方で顕著な差は生じていない。- 2 シリーズでは、- 1 シリーズと同様に深いチップピングを行った試験体でシート剥離時の荷重および変位量が最大となっているが、他の試験体には大差はみられない。

なお、計算した荷重-変位関係と実測値の関係は、途中までであるがほぼ良好に対応していることが分かる。計算は前述したコンクリートおよび AFRP シートの力学的特性を用い、鉄筋の降伏荷重を $4,000 \text{ kgf/cm}^2$ とし、断面分割法で行った。分割数は約 5 mm 間隔の 50 分割である。

3.2. 最大荷重と最大荷重時変位

図-4 に各ケースの最大荷重の平均値と最大荷重時変位の平均値を示す。最大荷重は深いチップピングを行った試験体で最大であり、次が浅いチップピング、最も最大荷重が小さいのがサンダー処理を行った試験体である。なお、サンダー処理を行った場合は処理深さによる影響は顕著ではない。

一方、最大荷重時変位もほぼ最大荷重と同様な傾向を示し、深いチップピングで最も大きくなっている。

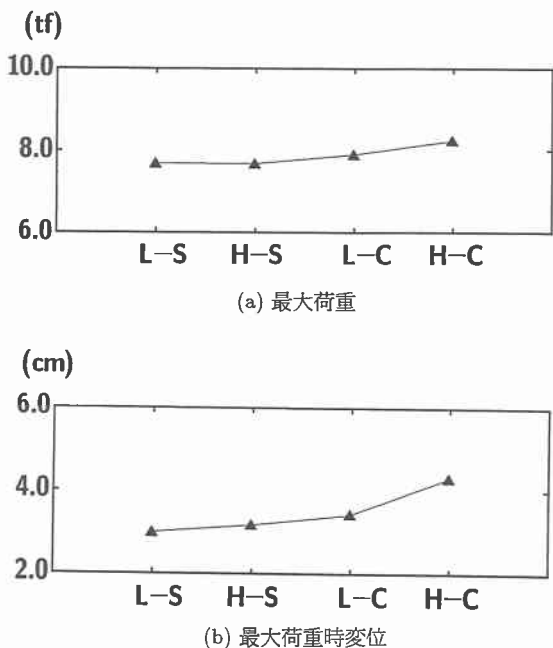


図-4 最大荷重と最大荷重時変位

3.3. AFRP シートのひずみ分布性

図-5 に AFRP シート補強した試験体の最大荷重時近傍におけるシートのひずみ分布を示す。

ひずみの分布傾向は表面処理方法に関わらずほぼ同様であり、等曲げモーメント区間周辺ではほぼ同等のひずみが発生し、そこから支点に向けてひずみは徐々に減少している。

ただし、ひずみがほぼ一定値を示す等曲げモーメント区間周辺からひずみがほぼ 0 に収束する位置までの距離（付着抵抗長さと称する）は、深いチッピングを行った試験体では 60～80 cm 程度と長く、他の試験体では表面処理方法に関わらず 30～50 cm 程度と短いことが分かる。なお図中には、付着抵抗長さと載荷点周辺におけるひずみを示した。

4. 付着強度

表-2 に図-5 から求まる付着性

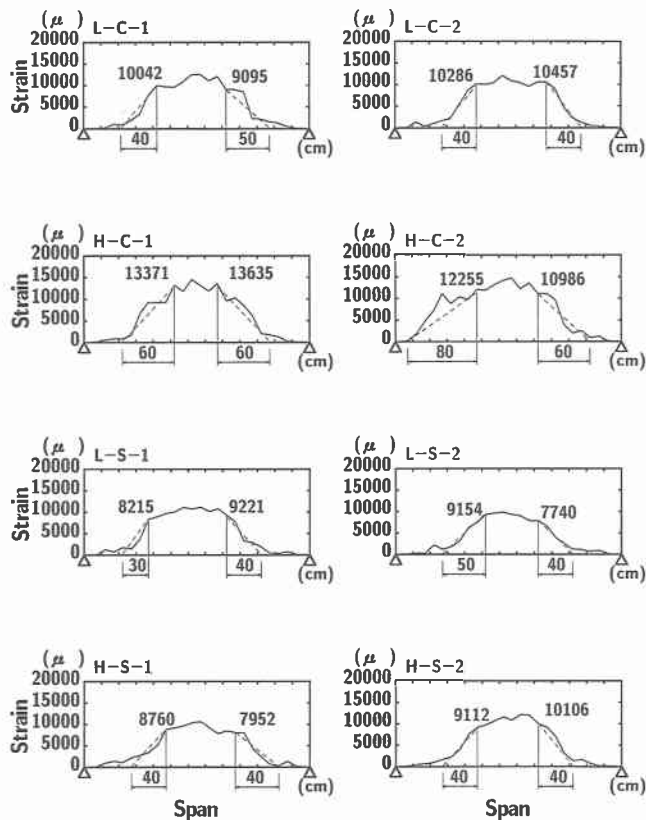


図-5 AFRP シートのひずみ分布

表-2 AFRP シートの付着性

試験体名	平均付着抵抗長さ (cm)	平均ひずみ差 (μ)	平均引張力 (tf)	平均付着強度 (kgf/cm ²)	平均曲げ付着強度 (kgf/cm ²)
L-C-1	45	9,569	4.7	8.0	3.6
L-C-2	40	10,369	5.1	9.8	3.9
L-C (平均)	42.5	9,969	4.9	8.9	3.8
H-C-1	60	13,503	6.6	8.5	5.1
H-C-2	70	11,620	5.7	6.3	4.4
H-C (平均)	65	12,562	6.2	7.3	4.8
L-S-1	35	8,718	4.3	9.4	3.3
L-S-2	45	8,447	4.2	7.1	3.2
L-S (平均)	40	8,582	4.2	8.1	3.2
H-S-1	40	8,356	4.1	7.9	3.2
H-S-2	40	9,609	4.7	9.1	3.6
H-S (平均)	40	8,983	4.4	8.5	3.4

の左右における値を平均したことを示す。また、図-6に平均付着抵抗長さ、平均ひずみ差、平均引張力、平均付着強度、平均曲げ付着強度を示す。平均付着抵抗長さは、深いチップングを行った試験体で大きい。他は同程度である。平均ひずみ差はほぼ同等なひずみが生じる載荷点周辺でのひずみを示し、深いチップングを行った試験体で11,500~13,500 μ 程度と最大を示し、次が浅いチップングで9,500~10,500 μ 程度である。サンダー処理の場合は最もひずみが小さく、8,500~9,500 μ 程度である。なお、サンダー処理の場合、発生するひずみは処理深さに顕著には影響されていない。平均引張力は平均ひずみ差と前述したシートの物性値を基に算出した値で、その大小関係は平均ひずみ差と同様である。

一方、平均付着強度は平均引張力と平均付着抵抗長さに基づいて算出した強度である。深いチップングを行った場合には平均引張力が大きいものの付着抵抗長さも長い。平均付着強度は最も小さな値を示している。全般的には、平均付着強度は表面処理方法に関わらず7.0~9.0 kgf/cm^2 程度であり、その時の付着抵抗長さは40~65 cm程度である。平均付着強度は、最大荷重および最大荷重時変位が最も大きくなった深いチップングにおいて最も小さくなっている。従って、本方法（局部的付着面積とシートに作用する引張力の関係から定める付着強度）では、深いチップングの付着改善効果を表現できないことが分かる。

そこで、平均引張力を片側せん断スパンの全接着面積で除した平均曲げ付着強度で評価することとした。図に示すように、平均曲げ付着強度は深いチップングを施した試験体で最大となり、付着改善効果と対応する。ただし、平均曲げ付着強度は実際の付着強度とは異なるものであることに留意する必要がある。

既往の文献⁴⁾では、AFRPシートを曲げ補強材として使用する場合、その発生ひずみを10,000 μ に制限している。これは、曲げによってシートに発生するひずみが10,000 μ 程度の場合に、圧縮縁のコンクリートひずみが3,500 μ 程度に達することが多いとの試算結果に基づいている。本実験結果から、発生するひずみ

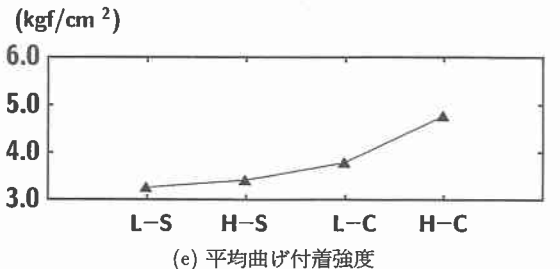
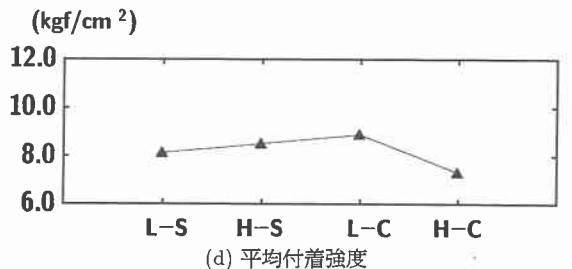
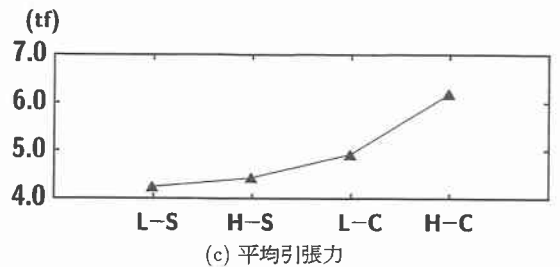
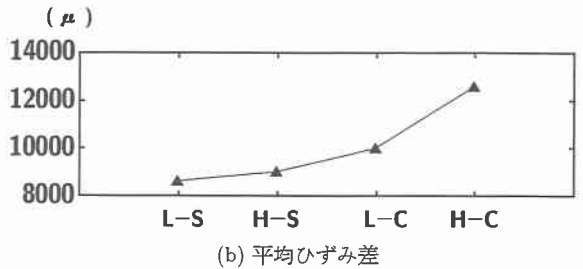
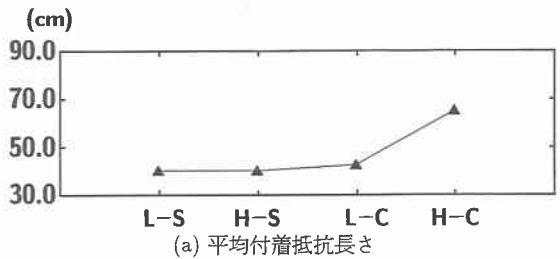


図-6 付着性状

レベルは 8,500~12,500 μ 程度であり、付着抵抗長さが 40~65 cm 程度確保できる場合は、表面処理方法に関わらず平均付着強度は最低でも 7.0 kgf/cm² 程度確保できるものと考えられる。なお、既往の文献⁴⁾では許容付着強度を 4.5 kgf/cm² としており、本許容値は十分に安全であると考えられる。

5. まとめ

RC 梁底面にアラミド繊維製のシートを貼り付けた場合の曲げ付着性状を梁底面の処理方法に着目して検討した。検討は処理方法としてサンダーがけ、チップングを選定し、その処理深さに着目して行った。本研究の範囲内で得られた結論を要約すると、

- 1) 同一の処理方法で各 2 体の実験を行った結果、荷重-変位関係のばらつきは比較的少なく、本実験結果の再現性は高いと考えられる。
- 2) 深いチップングを行った試験体で最大荷重および最大荷重時変位が最も大きく、付着性能を高めるには深いチップングが最も有効であった。
- 3) シートに発生するひずみは深いチップングで最大となり、このため最大荷重および最大荷重時変位が最も大きくなることが分かった。一方で、付着に抵抗する領域も深いチップングで最も長く、このため、発生するひずみと付着に抵抗する面積から算出した平均付着強度は深いチップングで最小となった。
- 4) 曲げによって発生するひずみを 10,000 μ 程度に制限する場合、定着長さを 40~65 cm 程度確保できれば、表面処理方法によらず付着強度は 7.0 kgf/cm² 以上確保できると考えられる。従って、既往の文献⁴⁾の付着強度許容値 4.5 kgf/cm² は安全側であると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤，西，三上，岸：アラミドテープを巻き付けた RC 橋脚模型の静的耐荷性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18, No.2, 1996, pp.1451-1456.
- 2) 三上，佐藤，谷本，松岡：アラミドテープを巻き付けた RC 橋脚模型の靱性能に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18, No.2, 1996, pp.1457-1462.
- 3) 松岡，岸，佐藤，三上：水平衝撃荷重載荷による大型 RC 橋脚模型の破壊性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18, No.2, 1996, pp.857-862.
- 4) アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法 設計・施工要領(案)，1997，アラミド補強研究会編。