

V-31 コンクリートと炭素繊維シートおよびアラミド繊維シートの付着特性

北海道大学大学院 学生員 浅水俊博
北海道大学大学院 学生員 出雲健司
北海道大学工学部 フェロー員 佐伯 昇
北海道大学工学部 正会員 志村和紀

1. はじめに

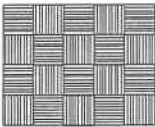
近年コンクリート構造物の補修・補強の必要性が指摘され、多くの工法が研究されている。その一つとして連続繊維シートによる接着工法が注目されている。この工法による構造物の破壊はコンクリートとシートの剥離によるものが多く、構造物の性状の把握には付着特性の把握が不可欠である。

本研究では、炭素繊維シート・アラミド繊維シートを用い、コンクリート強度・付着長を変化させ一軸引張試験によりシートとコンクリートとの付着特性を検討した。

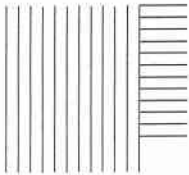
2. 実験概要

2. 1 使用材料

実験には炭素繊維、アラミド繊維の2種類を用いた。シートは縦糸と横糸の繊維量の比が1：1のものである。図1のようにカーボンは格子状、アラミドは縦糸横糸2層で目ズレ、糸のホツレを防止するため目止め加工がされている。物性値は表1に示す。使用繊維についてはメーカー値、シートの引張試験については JIS K 7073 に準じて幅25mm FRP 厚さ 1mm として接着剤はエポキシ樹脂のものをを用いて行われた。強度、弾性率に関しては断面積を引張方向繊維純断面積として計算した。破断荷重については幅 160mm の値である。



カーボン



アラミド

図 1

使用繊維

	比重 (g/cm^3)	目付 (g/m^2)	破断強度 (kN/mm^2)	引張弾性率 (kN/mm^2)
アラミド	1.39	400	3.085	86.5
カーボン	1.79	400	4.942	226.5

シート

	厚さ (mm)	破断強度 (kN/mm^2)	破断荷重 (KN)	引張弾性率 (kN/mm^2)
アラミド	0.144	2.493	57.4	85.9
カーボン	0.112	3.879	69.5	242.0

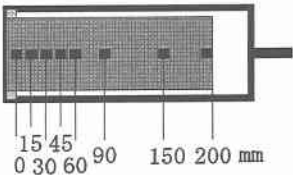


図 3. ひずみ測定位置

表 1. シート物性値

Study on Bond Behavior of Concrete with CarbonFibre Sheet and AramidFibre Sheet
by Toshihiro ASAMIZU, Kenji IZUMO, Noboru SAEKI, Kazunori SHIMURA

2. 2 供試体と実験方法

図2に供試体の概略図を示す。図のように $100 \times 100 \times 250\text{mm}$ の角柱中央に鉄筋を埋め込んだ供試体を用いた。鉄筋はコンクリートを貫通しているが、中央で切断した後に実験を行った。シートは接着面をサンダーとプライマーで下地処理した後、エポキシ樹脂を用いて角柱の両側面に接着した。付着の境界を明確にするため、図のようにビニルテープを貼り非付着区間を設けた。シートの試験片の幅は 80mm とした。コンクリート強度、付着長など供試体諸元は表2に示す。測定項目は引張力およびシート上に貼り付けたひずみゲージの値である。ゲージの張り付け位置は図3に示す。载荷には万能試験機を用い変位制御で行った。载荷速度は 0.5 mm/min とした。

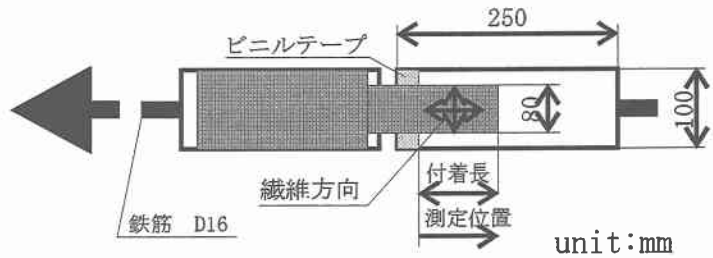


図2. 供試体図

実験名	シート種類	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	付着長 (mm)	最大荷重 (kN)
A35010	アラミド	42.2	3.30	100	20.06
A35015	アラミド	42.2	3.30	150	21.75
A35020	アラミド	42.2	3.30	200	22.06
A20005	アラミド	25.3	2.05	50	11.18
A20010	アラミド	25.3	2.05	100	18.12
A20020	アラミド	25.3	2.05	200	24.18
A15005	アラミド	12.3	1.25	50	9.55
A15010	アラミド	12.3	1.25	100	16.47
A15020	アラミド	12.3	1.25	200	16.30
C35010	カーボン	44.8	2.90	100	19.80
C35015	カーボン	44.8	2.90	150	20.17
C35020	カーボン	44.8	2.90	200	27.43
C20005	カーボン	25.3	2.05	50	13.13
C20010	カーボン	25.3	2.05	100	18.93
C20020	カーボン	25.3	2.05	200	19.00
C15005	カーボン	12.3	1.25	50	10.22
C15010	カーボン	12.3	1.25	100	14.67
C15020	カーボン	12.3	1.25	200	16.02

表2. 供試体諸元とコンクリート強度

3. 実験結果及び考察

本実験ではすべてコンクリート表面のモルタル部分がシートと共に剥離し、破壊に至った。

図4にコンクリート強度と最大荷重の関係を示す。これより、コンクリート強度が高いものほど最大荷重も大きくなっている。またシートの種類の違いによる最大荷重の違いは見られなく、付着長が 100mm 以上のものはほぼ同じ最大荷重であった。

図5は各荷重におけるシート上のひずみの分布を表している。 11kN までは下に凸の曲線を示すが 12kN ではほぼ直線を示す。その後は直線の傾きは一定のまま荷重の増加と共に奥行き方向に分布が広がっていく。 0mm のひずみと等しくなっている区

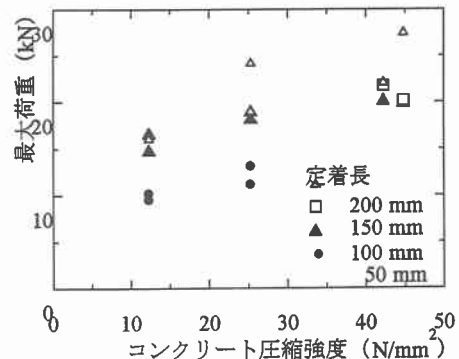


図4. コンクリート強度と最大荷重の関係

間がすでに剥離している部分と考えられる。

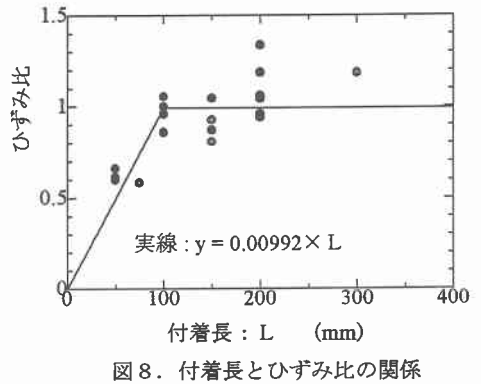
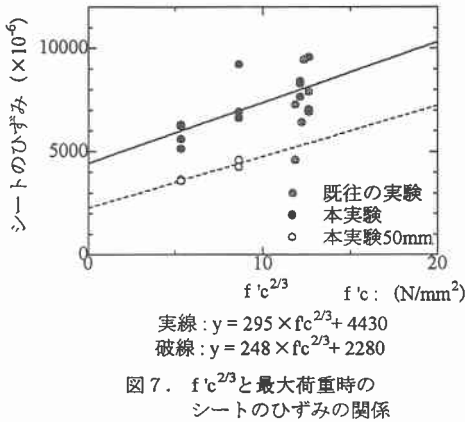
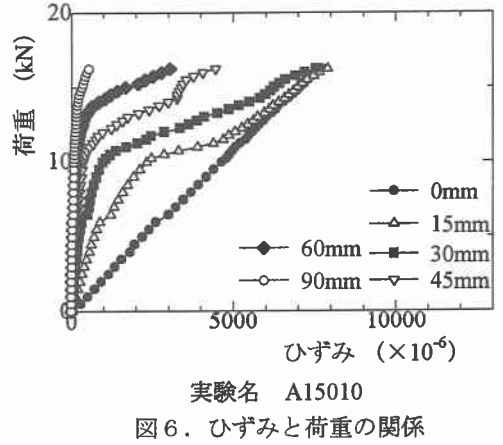
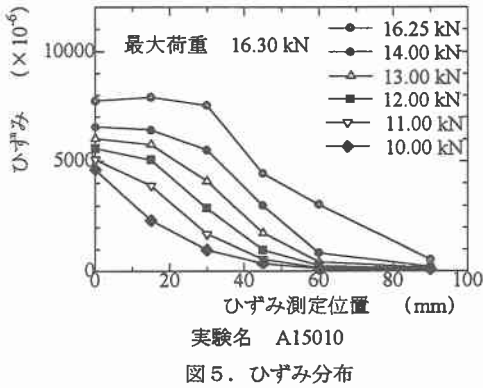


図 6 に荷重とひずみの関係を示す。0mm の位置のひずみは直線的に荷重と共に増加する。この 0mm の位置の傾きを本実験でのシートの引張弾性率と考え、シートの引張試験結果の弾性率と同様に JIS K 7073 に準じて計算した。それぞれの平均値はアラミド 113.6、カーボン 159.6 kN/mm²であった。実験値が試験値と異なった理由としては、断面積を引張方向繊維純断面積を用いて計算しているため、ボンド添付量のばらつきが考慮されなかったからと思われる。さらにカーボンについては格子状に織られており繊維の引張特性を発揮させられなかったようである。シートの引張試験では適切な圧力で接着層の厚さが均一になるように固着している。

図 7 は最大荷重 (kN) をシート付着幅 (mm) とシートの剛性 (弾性率 (kN/mm²) × 厚さ (mm)) で割ることによって求めたシートのひずみとコンクリート圧縮強度 ($f'c$: N/mm²) を $2/3$ 乗したものの関係を表したグラフである。本実験の剛性には上で求めた平均値の弾性率を用いた。これを見ると 50mm と 100mm の間に最大荷重を与える付着長 (以下、有効付着長と記す) があると思われる。図 7 の破線と実線は付着長が 50mm と 100~200mm の実験結果でそれぞれ最小二乗法によって回帰し

たものである。図7の縦軸のひずみ（最大荷重時のシートのひずみ）を図7の実線の回帰式（1）による値（ひずみ計算値）で割ったものを縦軸にとり、横軸に付着長をとったものが図8である。0～100mmの区間の直線は付着長が100mm以下の実験値で回帰したものである。これを見ると付着長が100mmのところまでは直線的に増加し100mm以上では概ね一定の値を示している。これらのことより、有効付着長は100mmとする。

$$\varepsilon_{cal} = \left(44.3 + 2.95 \cdot f'_c{}^{\frac{2}{3}} \right) \times 10^{-4} \quad \dots \quad (1)$$

（1），図8の傾きより（2）式によって最大荷重を求めることができる。

$$P_{max} = \left(43.9 + 2.93 \cdot f'_c{}^{\frac{2}{3}} \right) \cdot E_{sh} \cdot t \cdot b \cdot L \times 10^{-6} \quad (\text{kN}) \quad \dots \quad (2)$$

L : 付着長 (mm) L ≥ 100 の時は L = 100 とする

f'_c : コンクリート圧縮強度 (N/mm²)

E_{sh} : 連続繊維シート引張弾性率 (kN/mm²)

t, b : 連続繊維シート厚さ, 幅 (mm)

図9に計算による最大荷重と実験値の関係を示す。
（1）式によって連続繊維シートがコンクリート表面から剥離する場合の最大荷重を評価できることが分かる。しかし弾性率は使用状況によってシートの特性値とは異なった性状を示し、工法にあったシートの選択、積層した場合の剛性の評価が重要と思われる。
また本研究では付着長が100mm以下の場合には最大荷重は付着長に比例するとして最大荷重を求めたが、今後この仮定の妥当性を示す研究が必要である。

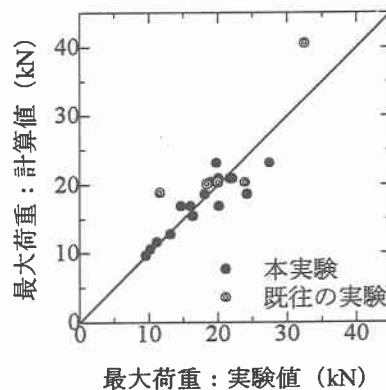


図9．最大荷重の実験値と計算値の関係

4. まとめ

- 1) 使用繊維の違いによる付着強度の違いはなかった。これはコンクリート表面でいずれも破壊しており、接着剤とシートの界面での破壊ではなかったためである。
- 2) 付着長が100mm以上の場合、付着端の剥離後も荷重は増加していくが最大荷重は付着長によらず一定である。
- 3) 連続繊維シートの剛性とコンクリート圧縮強度より付着強度を求めることができる。

参考文献

- [1] 浅野靖幸ほか：炭素繊維シートの付着特性について、JCI 北海道支部新素材のコンクリート構造物への利用シンポジウム論文報告集、1996.11