

V-35

テンション繊維シートを接着した桁の補強効果

北海道大学大学院 学生員 出雲 健司
北海道大学大学院 学生員 浅水 俊博
北海道大学工学部 710-員 佐伯 昇
北海道大学工学部 正 員 志村 和紀

1. はじめに

近年、既存のコンクリート構造物の補強・補修が重要なテーマとなっている。また、軽量で耐食性に優れたシート状のアラミドあるいはカーボン繊維を補強・補修に用いる研究も盛んに行われている。本研究では二方向のカーボン繊維シートにプレストレスを導入し、それを桁のウェブにエポキシ樹脂によって接着し、その曲げ・せん断補強効果を検討したものである。

2. 実験概要

2. 1 使用材料及び桁の形状

本研究で使用したカーボン繊維シート（以下、CFS）の物性値をTable 1に示す。使用したCFSは桁に対して長さ方向、高さ方向に1：1の割合で繊維が入っている。また、使用したプライマーと接着剤はともにエポキシ系樹脂である。

実際に使用した桁の形状ならびにゲージの測定位置をFig.1に示す。断面はT型であり、主鉄筋はD19（降伏強度343N/mm²）、圧縮側の鉄筋とスターラップはともにD6（降伏強度343N/mm²）を使用しており、スターラップは20cmの間隔で配置した。載荷方法は中央一点載荷で、静的試験を行った。

Table 1 CFSの物性値

比重	1.79
厚さ(mm)	0.112
引張強度(N/mm ²)	3879
引張弾性率(kN/mm ²)	242
破断伸度(%)	2.1

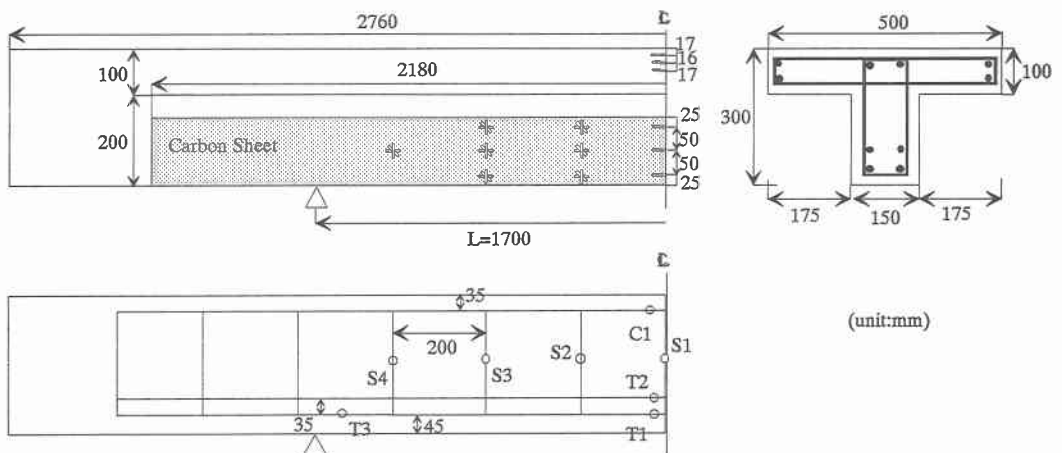


Fig.1 桁の寸法

Strengthening Effect of Beam by Bonding Fiber Sheet Tendon

By Kenji IZUMO, Toshihiro ASAMIZU, Noboru SAEKI, Kazunori SHIMURA

2. 2 プレストレスの導入法

初めに桁の表面をグラインダーで削った後にプライマーを塗る。約一日置いた後、片側の端部を固定金具でシートを固定し、端部のみに接着剤を塗る。端部が完全に定着した後に、逆側の端部にFig.3に示されるように、端部の矩形断面になっている部分にフレームを取り付ける。次に、ローラーにシートを巻き付けて、フレーム内で回転しないように固定させた後、センターホールジャッキをフレームに取り付ける。最後に、PC鋼棒をローラーと連結させて、ジャッキでシートにプレストレスを導入する。なお、手前側と後ろ側のシートを同時にポンプでプレストレスを導入している。

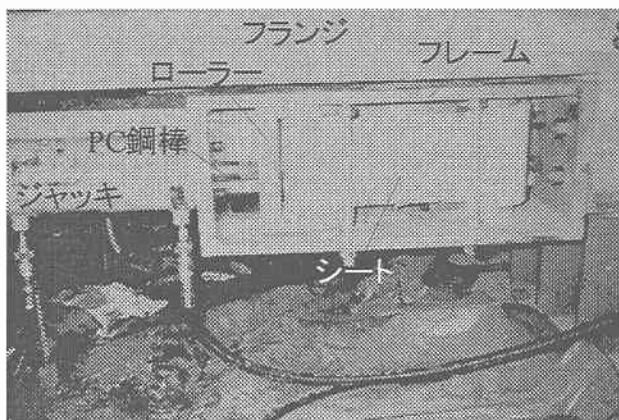


Fig.3 プレストレス導入装置

3. 耐力の算定法

3. 1 曲げ耐力の算定法

曲げ耐力の算定法はシートの長さ方向の断面の重心位置に引張緊張材があると置き換えて行った。また、曲げの破壊パターンとしてはシートの破断による曲げ破壊とコンクリートの圧壊による曲げ破壊の二つに大別される。

シートの最下端ひずみ ε_{fe} は次式で表される。

$$\varepsilon_{fe} = \frac{P_v}{A_f E_f} + \frac{1-k}{k} \varepsilon_{cu} + \varepsilon_{cp} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 P_v : プレストレス力、 A_f 、 E_f : シートの断面積、弾性係数

$k d$: d を有効高さとしたときの上端から中立軸までの距離

ε_{cu} : コンクリートの終局ひずみ

ε_{cp} : プレストレスによるコンクリートのひずみ

また、シートの破断ひずみを ε_b として検討した結果、今回の実験では $\varepsilon_b > \varepsilon_{fb}$ となり、シートの破断による曲げ破壊となった。このことを考慮に入れ、プレストレスコンクリートの設計を準用し、力の釣り合いより、曲げ耐力を求める。

3. 2 剥離せん断耐力の算定法

本研究の実験桁は、スターラップ降伏後、シートが剥離し、コンクリートがせん断破壊を起こすように設計している。よって、ここではスターラップが降伏し、なおかつシートが剥離するという条件でせん断耐力の算定を行った。

シートの剥離形式としてはコンクリートの表層でせん断剥離する場合と接着剤面で剥離する場合の二つに大別できるが、一般的にシートはコンクリートの表層面で剥離している。コンクリートのせん断強度を使用するとシートの付着力を計算上高く見積もりすぎてしまい、普通丸鋼の付着強度、式（２）をシートの剥離荷重として用いた。

$$\tau_{ca} = 0.112(f_c')^{2/3} \qquad \text{N/mm}^2 \qquad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、fc：コンクリートの圧縮強度

上式（２）をシートの付着強度に使用し、トラス理論によりせん断耐力の式が次式となる。

$$V = \frac{A_{sw} \cdot \sigma_{sy} \cdot z}{s \cdot \tan \alpha_n} + \frac{\tau_{ca} \cdot \cos(\alpha_n) \cdot h_f \cdot z}{\tan \alpha_n} + V_{cd} + V_{ped} \qquad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、V_{cd}：コンクリートの標準示方書の式

A_{sw}, σ_{sy}, h_{sw}, s：スターラップの断面積，降伏強度，高さ，間隔
h_f：シートの高さ、α_n：斜めひび割れ角度、z：z=d／1.15、d：有効高さ
V_{ped}：プレストレスによって受け持つせん断力（計算上では0とした）

また、斜めひび割れ角度α_nは文献[2]でシートを主鉄筋，スターラップの断面積に換算して算出した。

4. 実験の結果と考察

実験と算定式の結果をTable 2に示す。このようにシートにプレストレスを導入した桁の方が導入していない桁に比べて耐力の増加が顕著であり、シートにプレストレスを導入した場合、より補強効果が上がるのではないと思われる。これは計算上では、V_{cd}の項にプレストレスの効果が入るがこの値は小さくなく、V_{ped}を0としたが、シートはP C鋼棒とは違って面的な作用があると思われるので、プレストレスによって受け持つせん断力があり、それによって耐力が向上したものと思われる。

Table 2 実験と算定式の結果

供試体 番号	シート	プレストレ ス導入量(t)	コンクリートの 圧縮強度(N/mm ²)	計算値(kN)		実験値(kN)	耐力増加 (%)	破壊形状
				曲げ耐力	せん断耐力	破壊荷重		
96-N-0	×	—	46.4	229	161	294	—	せん断破壊
96-C-0	○	0	52.0	281	257	307	4.4	剥離による せん断破壊
96-C-15	○	1.5	40.3	278	243	328	11.6	剥離による せん断破壊

Fig.4に主鉄筋のひずみ（ゲージT1）を示す。このグラフに示されるようにシートをウェブに貼ってもほとんど主鉄筋のひずみが軽減されておらず曲げに対しての補強効果はこの桁ではほとんど期待が出来ないと思われる。シートの断面積を主鉄筋の断面積に置き換えて計算して見ると、最初に入っている鉄筋の断面積と比較してほとんど増加していないので、曲げに対してはほとんど効果がないのではないと思われる。

Fig.5にスターラップのひずみ（ゲージS2）を示す。このグラフに示されるようにプレストレスを導入せずにただウェブにシートを貼った桁96-C-0はほとんどスターラップのひずみの軽減がないが、シートにプレストレスを導入した桁96-C-15は明らかにスターラップのひずみを軽減させ、降伏荷重を大幅に上げて

おり、せん断補強効果が表れていると思われる。ただ、96-N-0や96-C-0などは降伏後、スターラップのひずみ硬化により荷重を更に分担しているが、96-C-15ではひずみ硬化が起きる前にシートがひび割れを拘束しきれなくなり、シートが先に剥離してしまったため、96-N-0と96-C-15の降伏荷重の向上分ほど破壊荷重が上がらなかったと思われる。

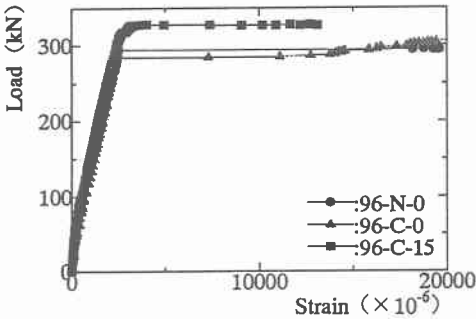


Fig.4 主鉄筋のひずみ (ゲージ T 1)

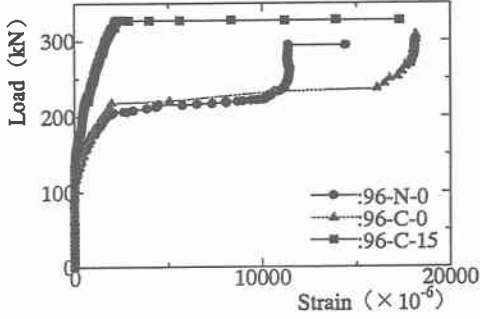


Fig.5 スターラップのひずみ (ゲージ S 2)

Fig.6に96-C-15の剥離によるせん断破壊状況の破壊時の写真を示す。写真に示されるようにシートに白い線で囲まれた部分が剥離して、せん断破壊を起こした。破壊形状としては先にシートのひび割れが入った場所の上部が剥がれだし、徐々に剥離が広がっていき、最後にはひび割れを拘束しきれなくなって、一気に剥離面積が広がって破壊した。また、フランジ部分が圧壊のような形状で破壊していた。

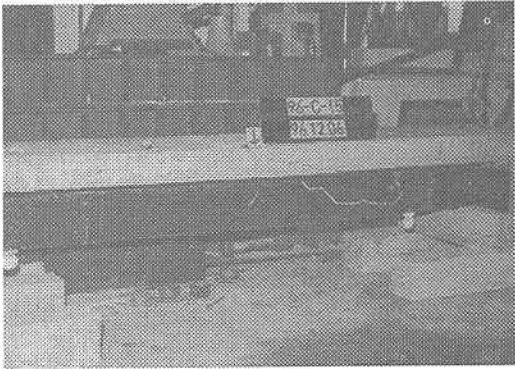


Fig.6 96-C-15の剥離によるせん断破壊状況

5. まとめ

シートにプレストレスを導入することによりプレストレスを導入しないでシートを貼った桁よりせん断補強効果が上がるとと思われる。ただし、シートを貼っていない桁とシートにプレストレスを導入した桁の降伏荷重の向上分ほど破壊荷重が上がらなかった。

〔謝辞〕

本研究に際し、ご助力を得たショーボンド建設(株)の江口和雄氏、および白石豊君、山口雅史君(北海道大学工学部)に深謝いたします。

参考文献

[1] 甄晓青, 佐伯昇, 志村和紀, 秦滋康: アラミド繊維シートを緊張材として用いた PRC 桁の耐力、土木学会第 51 回年次学術講演概要集, pp.934-935、1996

[2] 佐伯昇, 高田宣之, 藤田嘉夫: ねじり荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の耐力、土木学会論文集、第 390 号、V-8、pp.123-130、1988.2