

U字型接着による炭素繊維シートの定着方法に関する研究

九州大学工学部

学生会員

柴田 宗俊

九州大学大学院

フェロー

松下 博通

ショールド建設(株)

正会員

岳尾 弘洋

九州大学大学院

正会員

佐川 康貴

1. はじめに

炭素繊維シート（以下、シート）で補強した RC 部材においては、多くの場合、シートの剥離が接着面全体に渡って拡大し、補強効果が失われることが知られている。しかしその時、シートは破断強度に対して大幅に余裕があるため、接着端部を定着することにより高強度、高弾性という特性を十分に生かせるものと考えられる。著者はすでに、シートを U 字型に接着する定着方法を提案し、その効果を報告している¹⁾が、本研究では曲げ補強 2 層の供試体を加えて検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、補強対象部材が曲げ破壊先行型となるように主鉄筋には D13 を 2 本用い（鉄筋比： $p=0.703\%$ ）、スターラップは 10cm 間隔に配置した（図-1）。曲げ補強用シートはエポキシ樹脂含浸接着剤を用い、幅 14cm で梁底面に接着した。本実験で用いたシート、コンクリートの配合をそれぞれ表-1、表-2、に示す。

供試体は、表-3 に示す計 6 体である。N0 は無補強のもの、N1 は曲げ補強として梁底面にシートを 1 層接着したもの、N2 は 2 層接着したものである。U1-45-1 は曲げ補強 1 層に加え、曲げ補強用シートの端部を定着用シートの繊維方向が 45° 方向になるように 1 層接着したもの（45° 巻き上げ定着 1 層）、U2-45-1 と U2-45-2 は曲げ補強 2 層に加え、それぞれ 45° 巻き上げ定着 1 層、45° 巻き上げ定着 2 層したものである。

コンクリート材齢 3 週間でシートを接着し、1 週間樹脂の養生を行った後に曲げ載荷試験を行った。シート表面には検長 30mm のひずみゲージを 10cm 間隔で貼り付け、各荷重段階におけるひずみを測定した。たわみはスパン中央位置の梁上縁から 6cm の位置に取り付けた変位計で測定した。載荷は油圧ジャッキにより行い、スパン中央位置の鉄筋が降伏するまでは荷重制御で、それ以降は変位制御とした。

3. 実験結果および考察

実験結果および各供試体の荷重・たわみ関係をそれぞれ表-3、図-2 に示す。

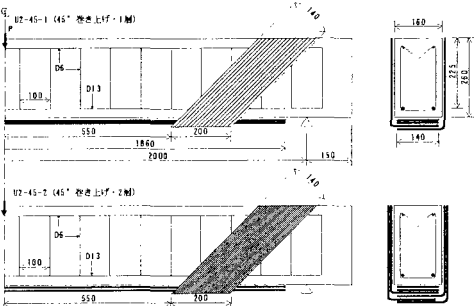


図-1 供試体形状寸法

表-3 実験結果

供試体	曲げ補強	端部定着	降伏時		終局時		f_c (N/mm^2)
			荷重 (kN)	たわみ (mm)	荷重 (kN)	たわみ (mm)	
N0	なし	なし	40.8	4.8	45.3	37.0	31.3
N1	1層	なし	52.0	4.8	62.1	16.5	31.3
U1-45-1		45°巻き上げ 1層	50.2	5.0	86.2	40.7	27.3
N2	2層	なし	52.9	4.9	78.6	14.3	39.0
U2-45-1		45°巻き上げ 1層	58.2	6.2	95.1	30.7	27.3
U2-45-2		45°巻き上げ 2層	53.9	5.1	120.2	44.2	30.3

N1 はスパン中央から支点方向に向かって剥離が進行し、接着端部に達することにより荷重が急激に低下し、補強効果を失った。U1-45-1 は剥離が曲げ補強用シート接着端部に達した後、定着用シートが補強効果を発揮し、曲げ補強用シートが破断した。N2 はピーリング作用によって発生した剥離が接着端部まで瞬間的に進行した。U2-45-1 は曲げ補強用シートの剥離が定着用シートまで剥離した後、荷重は増加するが、95.1kN で定着部が破壊した。U字に接着した定着部のうち、梁側面の片方の側面は剥離し、他方の面は面取り部で破断した。剥離した定着用シートと曲げ補強用シートは接着したままであった。U2-45-2 は U2-45-1 の終局荷重 (95.1kN) 以降も定着効果を発揮した。荷重が 120.2kN に達した時点で曲げ補強用シートが定着部を超えて剥離し、荷重が 114.8kN に低下し、その直後に曲げ補強用シートが破断した。図-2 より降伏前、降伏後において曲げ補強 1 層の供試体 2 体、曲げ補強 2 層の供試体 3 体はそれぞれほぼ同じ傾きの関係を示しているが、荷重が低下した後の荷重は無補強供試体の耐力にほぼ等しい 40kN を保持している。N2 を含む 3 体の供試体はほぼ同じ傾きの関係を示している。曲げ補強 2 層の方が 1 層より傾きが大きく、脆性的な破壊であることが分かる。

U2-45-1, U2-45-2 の曲げ補強用シートのひずみ分布をそれぞれ図-3, 図-4 に示す。U2-45-1 は 84.8kN 以降、U2-45-2 は 99.5kN 以降、定着用シートより支点側の曲げ補強用シートのひずみが急激に増加している。

U2-45-2 の定着用シートのひずみ分布を図-5 に示す。120.2kN 以降ゲージ②, ③, ④のひずみが急激に増加しており、梁上縁に向かって剥離が進行している様子が伺える。これは 120.2kN で曲げ補強用シートが定着部を超えて剥離し、有効付着域が曲げ補強用シート端部から定着用シートに移行したためであると考えられる。

4. まとめ

本研究では曲げ補強量を変化させた場合についての検討を行った。45° 巻き上げ定着をすることにより剥離が定着部分に達した後も荷重、たわみともに増加し、公称破断ひずみ ($15,000 \times 10^{-6}$) に達し、破断で終局に至ったが、曲げ補強 1 層より曲げ補強 2 層の方が脆性的な破壊となる。ただし、曲げ補強 1 層に対して定着用シートが 1 層で十分な効果が得られるのに対し、曲げ補強 2 層に対しては十分な効果が得られるために定着用シートは 2 層必要である。

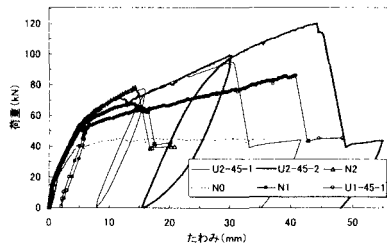


図-2 荷重-たわみ関係

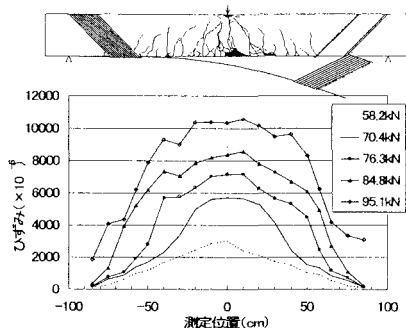


図-3 曲げ補強用シートひずみ分布(U2-45-1)

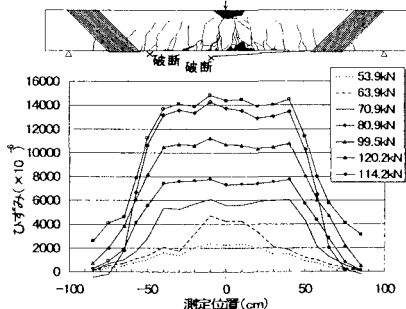


図-4 曲げ補強用シートひずみ分布(U2-45-2)

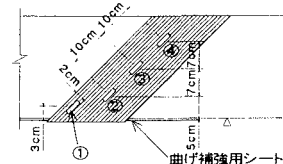
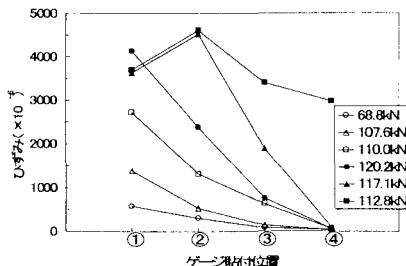


図-5 荷重-ひずみ関係(U2-45-2 定着用シート)