

炭素繊維シートによるせん断補強 RC 梁のせん断力分担メカニズム

武蔵工業大学 学生会員 ○中塚 博元
武蔵工業大学 正会員 吉川 弘道

1. はじめに

既存構造物に対する補強工法として炭素繊維シート（以下、CFS）補強工法が多用されている．本研究では、無補強 RC 梁と CFS 補強 RC 梁においてせん断破壊実験を行い、RC 梁における各材料のせん断耐力負担分をせん断耐力の累加式を用いて説明することを目的とする．

2. 実験概要

300kN アクチュエータを使用し、2 点対称集中荷重による静的荷重実験を行った．今回は RC 梁を 4 体製作し、その寸法は 150mm×200mm×1240mm、圧縮鉄筋に D4×2 本、引張鉄筋に D25×2 本、スターラップを梁の左右せん断スパン内に D6×5 本、D4×4 本を 100mm ピッチで配置することとし、全ての梁について梁右側部を破壊対象とした．試験体諸元を図 1、各試験体の構成部材を表 1 に示す．

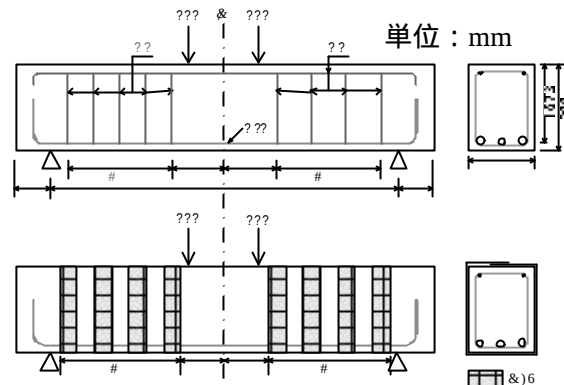


図 1 試験体諸元

表 1 試験体の構成部材

試験体名	構成材料
S-1	引張鉄筋のみ
S-2	引張鉄筋+スターラップ
S-3	引張鉄筋+CFS
S-4	引張鉄筋+スターラップ+CFS

試験体 S-1 では、純曲げスパン内における初期ひび割れ発生後にせん断スパン内においてもひび割れが発生し、せん断破壊した．試験体 S-2 も試験体 S-1 と同様の破壊形式で終局したが、スターラップを有しているためにせん断耐力が向上したことからひび割れ範囲が拡大した．試験体 S-3 では荷重途中に衝撃荷重が発生し静的荷重による破壊に至らなかったが、せん断スパン内のひび割れの幅による CFS の剥離がみられた．試験体 S-4 では、130kN 付近にてスターラップが降伏し、その後 CFS は破断した（154kN において端部破損し、荷重を中止した）．

4. 修正トラス理論による基本式

CFS を用いてせん断補強した RC 梁のせん断力 V は、次式のような 3 成分の累加式¹⁾として表される．

$$V = V_c + V_s + V_f \quad (1)$$

ここで、 V ：全せん断力、 V_c ：コンクリートによる負担せん断力、 V_s ：スターラップによる負担せん断力、 V_f ：CFS による負担せん断力とする．このような基本式をもとに、梁試験体による実験結果から上記の 3 成分を特定することを試みる．これは荷重 P から求められるせん断スパンでの全せん断力 V を既知として、垂直スターラップに貼付したひずみゲージからスターラップの応力 σ_s を、CFS のひずみゲージから CFS の応力 σ_f を算出し、それぞれの耐力負担分 V_s 、 V_f を算出した後に式 (1) から残りの V_c を算定し、3 成分を分離するものである．

5. 実験による 3 成分の分離

せん断スパン ($a=420\text{mm}$) には、4 組のスターラップ（閉合型のスターラップ、D4）があり、中腹部に表裏 2 枚のひずみゲージを貼付した．これらの平均値にヤング係数を乗じて、せん断応力 σ_{wj} ($j=1\sim 4$) とする．ただし、トラス理論の適用による V_s の算定には、以下の 2 つの方法を用いることとする．以下、スターラップ及び CFS における添字番号は荷重点から支点に向かって 1～4 と振り分けて記述する．

5.1 スターラップ負担分 V_s の算定 方法 1

せん断スパンに配置されたスターラップ 4 組の総和を式 (2) より算出する．

Key Word：RC 梁，修正トラス理論，せん断耐力，せん断耐力負担分

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学大学院工学研究科都市基盤工学専攻

$$V_{s1} = A_w s_w^* \quad \text{ただし, } s_w^* = \sum (s_{w1} + s_{w2} + s_{w3} + s_{w4}), \quad A_w: \text{スターラップの断面積} \quad (2)$$

5.2 スターラップ負担分 V_s の算定 : 方法 2

せん断スパンに配置されたスターラップ 4 組のうちの最大せん断応力を抽出する．すなわち，

$$V_{s2} = n A_w s_{w \max} \quad \text{ただし, } s_{w \max} = \max |s_{wj} (j=1 \sim 4)|, n = \frac{z \cot \theta}{s}, z = \frac{7}{8} d, \quad d: \text{有効高さ} \quad (3)$$

ここで，斜めストラット角度を $\theta = 38^\circ$ (目視角度) としたため， $n = 1.741$ となった．

5.3 CFS 負担分 V_f の算定

せん断スパン内の 4 組の CFS について，各列における最大ひずみを抽出し，それらの応力の総和をとる．

$$V_f = A_f s_f^* \quad \text{ただし, } s_f^* = \sum (s_{f1} + s_{f2} + s_{f3} + s_{f4}) \quad (4)$$

A_f : CFS の断面積

5.4 コンクリート負担分 V_c の算定

最終的に，式 (1) から既知の 2 成分 V_s, V_f を差し引き，その剰余分として次式から算出する．

$$V_c = V - V_s - V_f \quad (5)$$

6. 耐力分担メカニズム

試験体 S-2 (図 2) においては方法 1 と方法 2 にて，ほぼ同様の挙動を示した．試験体 S-4 (図 3) では，方法 1 の方が V_c の定価がより顕著に現れた．終局時の分配比率を表 2 に示す．S-2 試験体 (CFS なし) の場合， V_c の比率が約 80% 近く残存していた．算出方法が異なる場合には，最終荷重時における分担比率は離散しており，試験体 S-4 ではスターラップと CFS への耐力分担が近似する結果となった．また，いずれの場合も，最終時の V_c は，コンクリート示方書による値よりも大きかった．

7. まとめ

試験体 S-2 においてはせん断耐力負担分の算出方法の違いによる挙動の差異は見られなかった．試験体 S-4 においては挙動に差異がみられたが，スターラップ及び CFS への耐力分担比率はほぼ同比率となった．

参考文献

- 1) 佐藤 靖彦：炭素繊維シートにより補強した RC はりのせん断性状 土木学会論文報告集 Vol.18 No.2 1996 pp.1469 ~ 1474

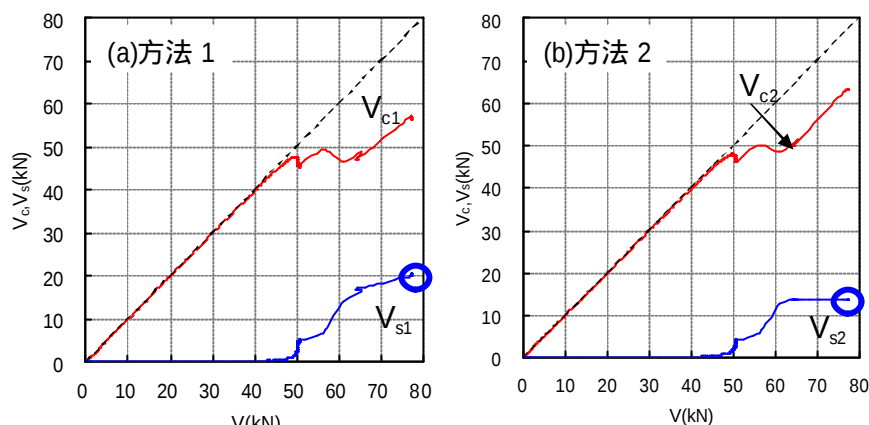


図 2 試験体 S-2 におけるせん断力分担

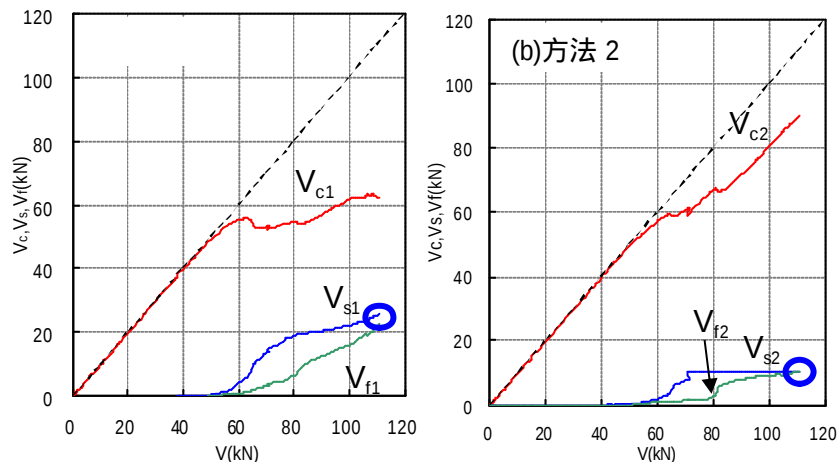


図 3 試験体 S-4 におけるせん断力分担

表 2 終局時の 3 成分の分担比率

試験体名	V (kN)	V_c (kN)	V_s (kN)	V_f (kN)	V_c/V	V_s/V	V_f/V
S-2	77.06	56.50	20.56	-	0.73	0.27	-
		63.07	13.99	-	0.82	0.18	-
S-4	110.56	62.43	25.56	22.58	0.56	0.23	0.20
		89.69	10.29	10.57	0.81	0.09	0.10

上段: 方法1, 下段: 方法2