

V-461 炭素繊維ネットで補強された薄壁付きフレーム部材の力学性状

九州大学大学院 学生員 ○石橋宏典 李 重桓
九州大学工学部 正 員 太田俊昭 日野伸一 黒田一郎
日本鉄道建設公団 正 員 岡 康博

1. まえがき

著者らは、PC箱桁橋の軽量化を目的として、PCフレームと薄壁からなる複合構造ウェブを提案し、薄壁の補強材に軽量かつ引張強度に優れた炭素繊維ネットの適用を検討している。これまでに基礎研究として、はり部材を対象とした曲げおよびせん断補強効果に関する実験的研究を行ってきた¹⁾。本報では、その延長として、薄壁付きフレーム部材の曲げおよびせん断性状を検討するために、模型供試体による静的載荷試験を行い、その耐力や変形性状および炭素繊維ネットのせん断補強効果について検討を加えた。あわせて要素内に挿入された鋼材や、炭素繊維ネット素線の影響を簡易に評価し得る埋め込み鉄筋モデル²⁾を適用した2次元弾塑性有限要素解析を行い実験結果と比較検討をした。

2. 実験概要

図-1に実験に使用した供試体の形状・寸法を示す。供試体は薄壁の有無および炭素繊維ネットによる補強の有無を要因とし、3種類（A，B，Cタイプ）についてそれぞれ2体ずつ作製した。

Aタイプは、せん断スパン内に横20cm、縦24cmの開口部を3カ所設けたフレーム構造のみとし、BタイプではAタイプの開口部に厚さ4cmのコンクリート薄壁を設けた。また、Cタイプは薄壁内をメッシュ間隔15mmの炭素繊維ネット4枚（表-1に引張特性を示す）で補強した。ネットは、上下の軸方向鉄筋にエポキシ系接着剤を用いて定着した。

使用したコンクリートは、 $W/C=40\%$ 、 $S/a=40\%$ であり、載荷試験時の圧縮強度は310～340 kgf/cm^2 であった。

また、主鉄筋にはSD345，D22およびD10をスターラップにはSR235， $\phi 6$ を使用した。載荷方法は支間224cm、載荷幅30cm（せん断スパン比：2.65）の2点線載荷とし破壊に至るまで単調に荷重を増加させ、各荷重時において部材のたわみ、炭素繊維ネットおよび鉄筋のひずみを計測するとともにひび割れ進展状況を観察した。

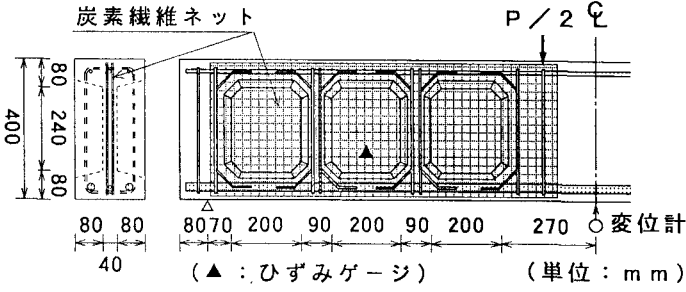


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 炭素繊維の引張特性

	ピッチ間隔 (mm)	引張強度 (kgf/mm^2)	引張弾性率 (tonf/mm^2)	破断ひずみ (%)
経糸	15	102	18.7	0.48
緯糸		358	24.2	1.45

表-2 実験結果一覧

供試体名	ひび割れ発生荷重(tf)		破壊荷重 (tf)	計算値(tf)*		破壊形式
	曲げ	せん断		曲げ	せん断	
A-1	1.8	—	6.40	—	—	上弦材のせん断破壊
A-2	1.6	—	6.45	—	—	上弦材のせん断破壊
B-1	1.8	6.2	17.96	22.88	23.30	斜引張破壊
B-2	2.8	4.5	16.89			斜引張破壊
C-1	3.4	6.5	26.71	22.88	31.30	曲げ引張破壊
C-2	3.8	5.8	26.49			曲げ引張破壊

*)計算値は、曲げに対してはスパン中央、せん断に対しては柱断面について示す

3. 結果および考察

表-2に実験結果としてひび割れ発生荷重、終局荷重および破壊形式を示す。破壊形式は、Aタイプでは上弦材のせん断破壊、Bタイプでは上弦材から柱部材にわたる斜引張破壊、Cタイプではスパン中央断面での曲げ引張破壊であった。B、Cタイプの破壊形式および耐力の比較より、炭素繊維ネットのせん断補強効果が認められた。なお、炭素繊維ネットによるせん断抵抗力をせん断補強筋に準じコンクリート標準示方書に従って算定した結果 8.0tfとなり合計せん断耐力は、壁断面で17.2tf、柱断面では31.3tfとなった。

図-2にスパン中央点の荷重-たわみ関係を示す。図より薄壁の存在が部材剛性を大きく向上させていること、炭素繊維ネットによるせん断補強効果により部材の吸収エネルギーが5倍以上増加することが分かる。

図-3に破壊時のひび割れ分布を示す。B、Cタイプの比較より、Cタイプの薄壁部分には、ひび割れ間隔が小さく、細かなひび割れが多く発生していることが分かり、炭素繊維ネットのせん断補強効果が認められた。

図-4に炭素繊維ネットの荷重-ひずみ関係を示す。図より斜めひび割れ発生後、炭素繊維ネットの経糸の応力が急激に増加し始め、終局時には経糸素線の引張強度 $102\text{kgf}/\text{mm}^2$ （終局ひずみ 5.45×10^{-3} ）にほぼ達していること、また緯糸の応力負担は、経糸ほど大きくないことがわかる。

図-5に各荷重段階でのひび割れ分布についてFEM解析と実験結果を対比して示す。解析は対象としたC-1供試体全体について行い、左側中央の薄壁部分を記載した。図より本解析は実験でのひび割れ進展状況を定性的によく追跡できているといえる。

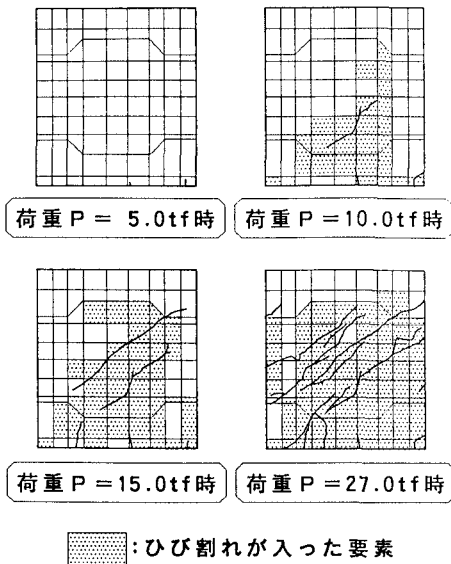


図-5 ひび割れ分布図

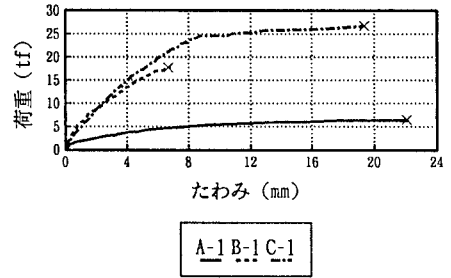


図-2 スパン中央点の荷重-たわみ関係

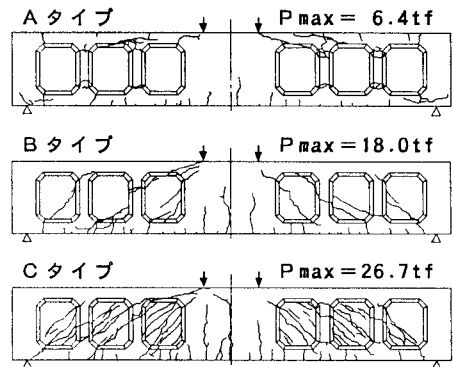


図-3 破壊時のひび割れ分布

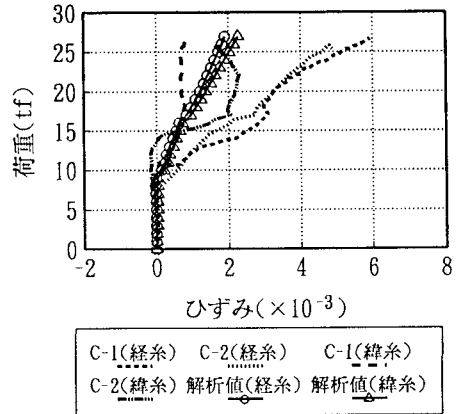


図-4 炭素繊維ネットの荷重-ひずみ関係

【参考文献】

- 1) 太田俊昭他：炭素繊維ネットによる鉄筋コンクリートはりのせん断補強効果に関する検討，土木学会年報，1993
- 2) ASCE Committee on Concrete and Masonry Structures : A State-of-the-Art Report on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete, Task Committee on Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Structures, ASCE Spec. Publ., 1981