Ｖ－565　ガラス繊維を用いたＨ形ＦＲＰ材の曲げ性状に関する研究

日本大学大学院　学生会員　井原　務
清水建設技術研究所　正会員　関島　謙蔵
清水建設技術研究所　正会員　荻迫　栄治
旭硝子マテックス　正会員　林　耕四郎

１．はじめに

繊維強化プラスチックス（ＦＲＰ）は成形方法が多岐にわたっていて、連続繊維補強材として使用されている棒材や格子材のみならず、山形材、溝形材やＨ形材のような形状に自由に成形できる特長がある。そこで、従来のＨ形鋼の代わりにＨ形ＦＲＰ材とコンクリートスラブを組み合わせたＦＲＰ・コンクリート合成桁を開発すれば、耐久性に優れ、軽量かつ曲げ剛性が高くなり、連続繊維補強材を用いたＲＣ構造よりも有利になると期待される。本研究では、ガラス繊維を用いたＨ形ＦＲＰ材を対象として、３種類の材料試験および曲げ試験を行って、材料特性と曲げ性状について検討した。次に、Ｈ形ＦＲＰ材を三次元直交異方性体と仮定して、有限要素法（ＦＥＭ）によって曲げ性状を解析した。

２．材料試験

Ｈ形ＦＲＰ材は、内部は長手方向に引き揃えたガラス繊維ロービング、表層部はガラス繊維のコンティニュアスストランドマット（ＣＳＭ）およびヤーンクロスの積層構造となっており、不飽和ポリエステル樹脂に含浸して、引き抜き成形したものである。材料試験はウェブを対象に行った。一軸引張試験の供試体は長手方向から、一軸圧縮試験の供試体は鉛直方向から切り出した。さらに、斜め圧縮試験の供試体は斜め45°方向から切り出した。これらの試験によってＦＥＭ解析に必要な12個の弾性定数（ヤング係数、ポアソン比およびせん断弾性係数）を決定した。

３．曲げ試験

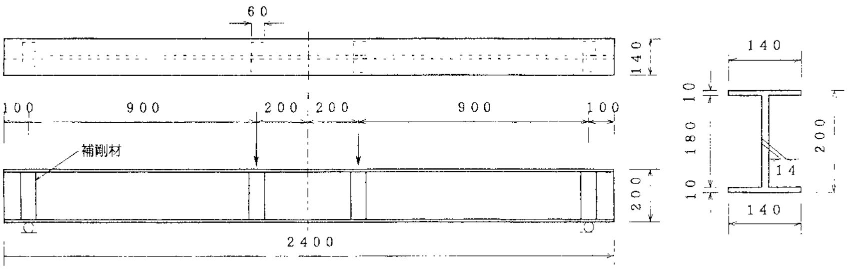
(1) 供試体および試験方法

供試体の形状・寸法を図－１に示す。載荷方法はスパン2,200㎜、等曲げモーメント区間400㎜の単純ばり対称２点載荷とした。曲げ試験においては、荷重を段階的に増加させ、破壊に至るまでの荷重、Ｈ形ＦＲＰ材の変位とひずみを測定した。

(2) 試験結果および考察

供試体は、10.18tfの時、左側せん断スパンのウェブの表層部にほぼ水平なひび割れが発生した後に、せん断破壊した。スパン中央における上フランジの上面および下フランジ下面のひずみと荷重の関係を図－２に示す。同図には、はりの曲げ理論による弾性計算値も示した。実験値は計算値とよく一致した[1]。

一方、たわみについては、計算値よりも大きくなった（図－４参照）。この理



図－１　供試体の形状・寸法

キーワード：Ｈ形ＦＲＰ材、三次元直交異方性体、曲げ試験、せん断変形、ＦＥＭ解析
〒135　東京都江東区越中島3-4-17　TEL 03-3820-5533　FAX 03-3820-5959
〒229-11　神奈川県相模原市宮下1-2-27　TEL 0427-72-1177　FAX 0427-71-5397

由は、大部分のせん断力を負担するのはウェブであり、ロービングは長手方向のみに配置してあるため、せん断スパンにおけるウェブのせん断変形が無視できない大きさになったからであると推定される。

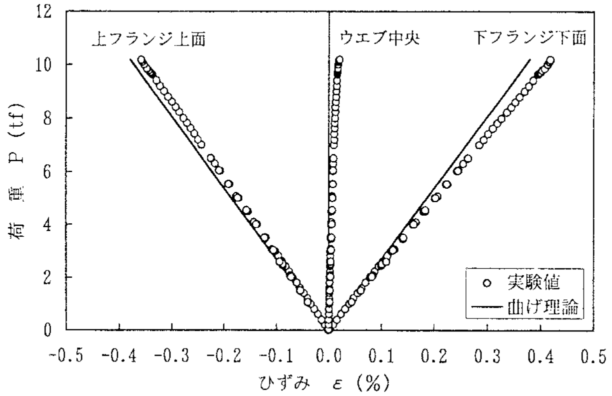
４．有限要素法解析

(1) 解析モデルおよび解析条件

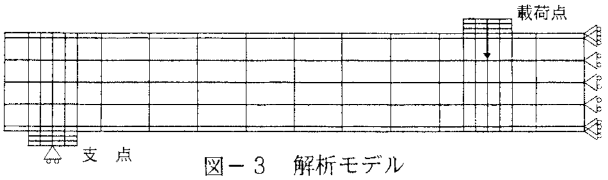
解析には、三次元20節点アイソパラメトリック六面体要素を使用した。図－３に示すように、解析モデルは対称性を考慮して、H型ＦＲＰ材全体から1/4を切り出した溝形の形状とした。荷重条件は、曲げ試験の状況を考慮して、載荷点に強制変位（仮の値として10mm）を与え、生じた反力から荷重を求めた。弾性定数は、３種類の材料試験によって得られた値を使用した。

(2) 解析結果および考察

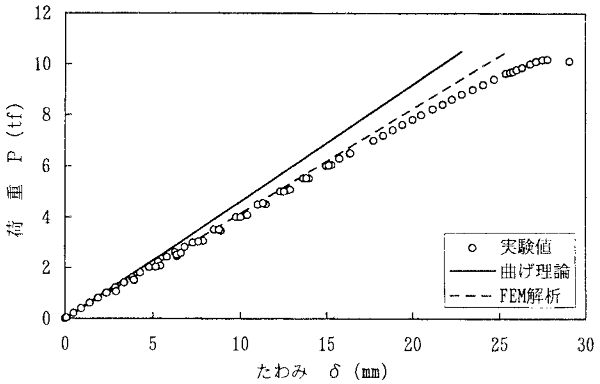
H形ＦＲＰ材のスパン中央におけるたわみと荷重の関係について、実験値、はりの曲げ理論による弾性計算値およびＦＥＭ解析値の比較を図－４に示す。H形ＦＲＰ材のウェブのせん断変形を含んだたわみは、三次元直交異方性体と仮定したＦＥＭ解析によって、精度よく計算できることが明らかになった。



図－２ 荷重とひずみの関係



図－３ 解析モデル



図－４ 荷重とたわみの関係

５．結　論

(1) H形ＦＲＰ材の３種の材料試験によって、ＦＥＭ解析に必要な12個の弾性定数を決定した。

(2) 曲げ試験における破壊状況は、せん断スパンのウェブの表層部にほぼ水平なひび割れが発生した後のせん断破壊であった。

(3) 曲げモーメントのみを受ける場合の力学的性状は、はりの曲げ理論による弾性計算値とよく一致した。

(4) せん断力を受ける場合は、ウェブのせん断変形が無視できなくなり、たわみははりの曲げ理論による弾性計算値よりもかなり大きくなった。

(5) ウェブのせん断変形を含んだたわみは、三次元直交異方性体と仮定したＦＥＭ解析によって、精度よく計算できることが明らかになった。

謝　辞

本研究を行うに当たり、御助言を頂いた日本大学理工学部の成瀬輝男教授と塩尻弘雄教授に感謝します。

参考文献

[1] 井原、関島、宮田、林、若下：ＦＲＰ・コンクリート合成桁の曲げ性状に関する実験的研究、「新素材のコンクリート構造物への利用」に関するシンポジウム論文報告集、日本コンクリート工学協会北海道支部、1996.11、pp.103-110