

GFRP 床版の断面寸法と耐荷力の関係性について

岩手大学 学生会員 ○長谷川 雅己
 岩手大学大学院 学生会員 中川原 颯
 岩手大学 正会員 大西 弘志

1. はじめに

現在，我が国における道路橋は高度経済成長期に集中的に建設されており，建設後 50 年を超えた道路橋は 2018 年 3 月の地点で約 25%，2033 年 3 月には約 63%にもなり．そこで，老朽化の根本的な解決策として FRP(Fiber Reinforced Plastic)が挙げられる．その中でも比較的安価で，優れた耐久性を持った GFRP(Glass FRP)に着目した．

本研究では，既往の接着接合を用いた GFRP 床版の断面寸法を変化させるため，既往の丸パイプと新たに作成した角パイプを比較し，耐荷力向上を検討した．

2. 解析条件

(1) 解析モデル寸法

図-1 に先行研究の解析モデルの断面寸法を示す．厚さ 10 mmの平板に外径 100 mm，厚さ 5 mmの丸パイプを挟み，接合した．図-2 に新たに作成した解析モデルの断面寸法を示す．厚さ 10 mmの平板に外寸 100 mm，厚さ 8 mmの角パイプを挟み，接合した．角パイプと丸パイプを比較するために平板厚を固定し，外径，外寸を変化させた．ヤング率は先行研究から 15000N/mm²とした．

(2) 載荷荷重及び各種条件

載荷荷重は，『道路橋示方書・同解説』（日本道路協会）²⁾の T 荷重を参考に 200×200mm の分布荷重 25kNm²を，板材の上面中央に載荷した．図-3 に解析モデルの上面図及び載荷位置を示す．

境界条件として 4 辺単純支持を適用し，パイプは橋梁床版における橋軸直角方向に向くように配置した．まず，この構造体のおおよその挙動を確認するために Huber の直交異方性板に対する板理論（式(a)）による計算を実施した．

また，GFRP の場合他の材料と比べ，たわみが制限

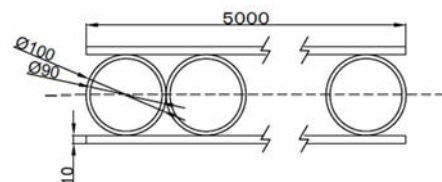


図-1 丸パイプの断面寸法（単位：mm）

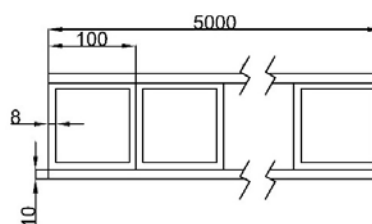


図-2 角パイプの断面寸法（単位：mm）

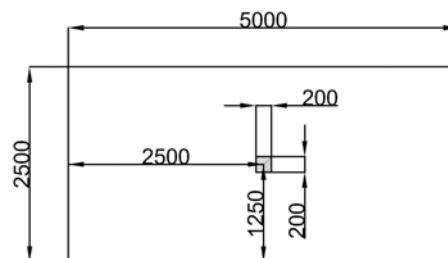


図-3 上面図及び載荷位置（単位：mm）

板のたわみの面の微分方程式より

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} = -q(x, y)$$

$$M_x = - \left(D_x \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + D_1 \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)$$

$$M_y = - \left(D_y \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + D_1 \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right)$$

$$M_{xy} = 2D_{xy} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y}$$

$$H = D_1 + 2D_{xy} \text{と置くと,}$$

$$D_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = q(x, y) \text{(a)}$$

Huber の直交異方性板に対する板理論式

キーワード：GFRP，接着接合，断面寸法，耐荷力

連絡先：s0817052@iwate-u.ac.jp

値より大きくなってしまいう傾向があるため、今回はたわみ制限値のみを考慮した。計算されたたわみが適切であるかどうかについての判断は『FRP 歩道橋設計・施工指針(案)』³⁾を参考として、L/600 以下（今回は 2500/600mm）を目標とした。

3. 解析結果

(1) 丸パイプと角パイプの解析結果

表にそれぞれの Huber の板理論による値(理論値)と数値解析結果の比較(表-1)を示す。たわみ制限値である 4.16mm を超えた値は赤、そうでない値は青に色分けている。表の最大たわみを見ると、丸パイプでは数値解析値が理論値を上回り、角パイプでは似たような数値が出た。これは、角パイプが丸パイプに比べ平板に近い形状をしているからだと考えられる。また、丸パイプの最大たわみが理論値よりも大きくなった原因に接着点における応力集中が関係していると考えた。

(2) ミーゼス応力の比較

丸パイプと角パイプで最大ミーゼス応力を比較した表(表-3)と直径 100mm 丸パイプと外寸 100mm 角パイプの応力分布図(図-4,5)を示す。丸パイプでは接着点に応力が集中し、角パイプでは応力が四辺に分散した。角パイプでは外寸が小さいほど最大ミーゼス応力値が大きくなるが、丸パイプでは、最大ミーゼス応力値はあまり変化していなかった。このことから丸パイプの床版は、応力が接着点に集中し、応力を受ける面積が小さくなり、最大たわみが大きくなったのではないかと考えられる。

4. 結論

本研究では、既往の接着接合を用いた GFRP 床版の断面寸法を変化させるため、丸パイプを角パイプに置き換えて、様々な断面条件で比較し、耐荷力向上を検討した。得られた結果を以下に示す。

(1) 丸パイプでは、数値解析値が理論値を上回ったが、角パイプでは数値解析値と理論値であまり値が変わらなかった。

(2) 丸パイプでは接着点に応力が集中し、外径を変化させても最大ミーゼス応力値はあまり変化がない。角パイプでは応力が四辺に分散し、最大ミーゼス応力値は外寸に応じて、小さくなる。

表-1 丸パイプと角パイプの解析結果

丸パイプ直径 (mm)	平板厚 (mm)	最大たわみ(mm)	
		Huber	FEM
100	10	2.26	5.054
80	10	3.42	5.728
60	10	5.74	7.579
角パイプ外寸 (mm)	平板厚 (mm)	最大たわみ(mm)	
		Huber	FEM
100	10	1.84	1.666
80	10	2.84	2.545
60	10	4.9	4.311

表-3 最大ミーゼス応力値

丸パイプ 直径 (mm)	ミーゼス 応力 (Pa)	角パイプ 外寸 (mm)	ミーゼス 応力 (Pa)
100	17.6	100	3.21
80	17.1	80	4
60	17.6	60	6.29

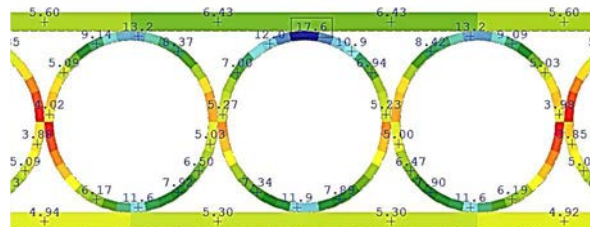


図-4 直径 100 mm 丸パイプの応力分布図

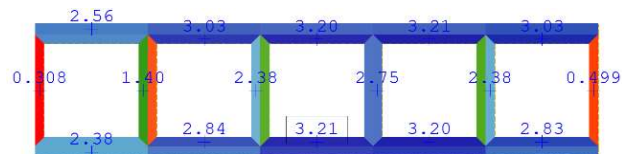


図-5 外寸 100 mm 角パイプの応力分布図

参考文献

- 1) 国土交通省 社会資本の老朽化の現状と将来
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html
- 2) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，第1編，丸善出版，2017
- 3) 土木学会：複合構造シリーズ 04，FRP 歩道橋設計・施工指針（案），丸善出版，2011.