

第 I 部門

FRP 製簡易展開式橋梁点検足場の開発

京都大学工学部

学生員 ○ 辰巳 輝

京都大学大学院工学研究科

正会員 鈴木 康夫

京都大学大学院工学研究科

正会員 杉浦 邦征

1. 研究背景および目的

国内のインフラ構造物の多くは 1960 年代の高度経済成長期に整備されており，建設後 50 年を超える橋梁の数が年々増加している¹⁾．既に始まりつつある橋梁の劣化に対応すべく，国土交通省より，橋梁定期点検要領が発刊され，5 年毎の定期点検が義務付けられるようになった．この定期点検では，近接目視点検を実施することが原則とされており，点検を実施する際，橋梁点検車を利用するか，点検用足場を架設するのが一般的である．しかし，従来の点検方法にはさまざまな課題があり，特に地方自治体では定期点検の実施が困難な状況にある．このような背景を踏まえ，本研究では，設置と移動が容易で軽量の FRP 製簡易展開式橋梁点検足場を提案し，提案した足場の力学性状を解析により明らかにし，許容応力度設計法の考え方にに基づき，その安全性および使用性について検討することを目的とする．

2. 足場モデルの提案

本章では，足場モデルの提案に関連する内容および提案する足場モデルの概要を示す．

2.1 対象橋梁

本研究で開発する足場の適用対象橋梁は，橋長 50 m，幅員 15 m，主桁間隔 3 m 程度の鋼桁橋を選定した．

2.2 材料

材料は全部材 GFRP を用い，疑似的に等方性材料と仮定し，物性値を，密度：1.7 g/cm³，弾性率：23 GPa，ポアソン比：0.246，許容応力度：80 MPa とした．

2.3 提案するモデル

提案する足場モデルは，作業床となるデッキパネルとそれを支持するトラス構造の主構で構成されるユニットを，橋梁の主桁などに吊って足場を橋軸方向，橋軸直角方向に展開していく吊足場である．主構は展開・収納が迅速で容易なラチス構造とした．

3. デッキパネルの解析

本章では，デッキパネルモデルに対して，死荷重および活荷重載荷時の応力，たわみ等の力学性状を検討した．

3.1 解析モデルおよび荷重・境界条件

解析モデルはパネルのみ（板厚 6 mm），グレーチング，パネル（板厚 2 mm）と補剛材の 3 種類作成し，それぞれモデル 1，2，3 とした．パネルおよびグレーチングの寸法を図-1 に示す．補剛材は，縦 60 mm，横 32 mm，厚さ 4 mm の中空箱型であり，パネルの長辺方向に中央，両端の 3 本取り付けられている．荷重は，モデル中央部に 2.1 kN の集中力を載荷し²⁾，自重を考慮した．境界条件は，モデル両端から 60 mm の箇所をピン支持またはローラー支持とした．

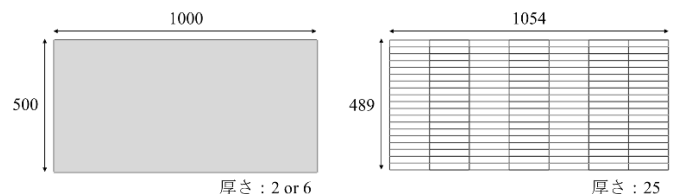


図-1 パネルおよびグレーチング寸法（単位：mm）

3.2 解析結果および考察

解析結果を表-1 に示す．モデル 1 で，ミーゼス応力の最大値が許容応力度を超えてしまい，変位も大きくなってしまった．一方，モデル 3 は最大変位が小さく，総重量も小さいため，比強度が最も大きく，補剛材付パネルが最も適していると考えられる．

表-1 解析結果

モデル	最大ミーゼス応力 (MPa)	最大変位 (mm)	総重量 (kg)
1	120.6	38.18	5.100
2	43.71	5.730	6.255
3	26.77	1.198	5.127

4. ラチス構造を有する主構の解析

本章では，ラチス構造を有する主構の全体モデル，部材同士の接合部モデルに対して，応力，たわみ等の力学性状を検討した．

4.1 全体モデルの解析

4.1.1 解析ケースおよび解析モデル

解析ケースを図-2 に示す。黄矢印が主構の死荷重、紫矢印が下弦材の死荷重 (1.376×10^{-2} kN)、緑矢印がデッキパネルの死荷重 (9.8×10^{-5} kN/mm)、赤矢印が作業員の活荷重 (2.1×10^{-3} kN/mm) を表す。また、白三角はピン支持を表す。解析モデルは、ケース 1 がモデル 1、ケース 2 がモデル 2、ケース 3、4 がモデル 3 であり、全体の寸法は縦 500 mm、横 3000 mm、部材断面は、斜材が縦 30 mm、横 30 mm、厚さ 3 mm の中空箱型、水平材が外径縦 48 mm、横 66 mm、厚さ 3 mm の溝型である。

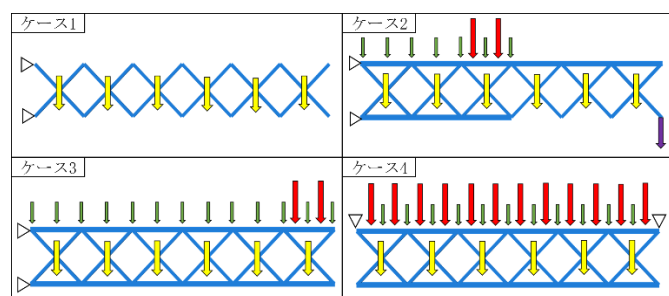


図-2 解析ケース

4.1.2 解析結果および考察

解析結果を表-2 に示す。ミーゼス応力の最大値は、どのケースにおいても、許容応力度を超えておらず、最大変位は、ケース 1 の主構自由端の 47.75 mm が最大であり、この値は主構のスパン 3000 mm の約 $\frac{1}{60}$ であり、応力およびたわみは問題ない。

表-2 解析結果

ケース	最大ミーゼス応力 (MPa)	最大変位 (mm)
1	11.5	47.75
2	16.88	5.362
3	16.81	7.787
4	33.68	3.348

4.2 接合部モデルの解析

4.2.1 解析モデルおよび荷重・境界条件

主構部材同士の接合部には、斜材と斜材、斜材と水平材、斜材 2 本と水平材の 3 種類存在し、それぞれモデル 1, 2, 3 として作成した。それぞれのモデルの荷重・境界条件を図-3 に示す。また、JIS 規格³⁾を参考にして定めたボルトおよびナットの寸法を図-4 に示す。接合形式は、ボルト軸力を作用させない支圧接合とし、部材同士の接触を考慮し、接触接線方向の挙動に対して、摩擦係数 0.1 の摩擦を定義した。

4.2.2 解析結果および考察

解析結果を表-3 に示す。モデル 2, 3 で M6, M10 ボルトのときすべての部材でミーゼス応力の最大値が許容応力度を超えているため、M6, M10 ボルトを斜材と水平材の接合部に用いるのは不適切である。斜材同士の接合部に M6 または M10 ボルト、斜材と水平材の接合部に M16 ボルトを用いるのが最適であると判断した。

モデル	1	2	3
荷重			
境界条件	斜材片断面 完全固定	ボルト頭、 ナット完全固定	水平材片断面 完全固定

図-3 解析モデルおよび荷重・境界条件

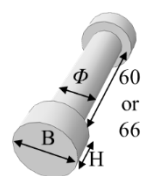


図-4 ボルトおよびナット寸法 (単位: mm)

種類	ボルト			ナット	
	B	H	Φ	B	H
M6	10	4	5.5	10	5
M10	16	6.4	9	16	8
M16	24	10	15	24	13

表-3 各モデルの最大ミーゼス応力 (単位: MPa)

種類	モデル 1			モデル 2		
	斜材 1	斜材 2	ボルト	斜材	水平材	ボルト
M6	22.35	21.58	10.39	753.2	379.3	934.6
M10	15.04	7.970	4.599	221.4	79.65	270.2
M16	15.49	6.521	2.872	42.28	30.66	79.75
種類	モデル 3					
	斜材 1	斜材 2	水平材	ボルト		
M6	403.6	380.9	181.3	294.5		
M10	130.6	119.4	189.3	141.4		
M16	49.45	42.19	108.8	48.36		

5. まとめ

- 1) 補剛材付パネルは比強度が大きく、デッキパネルとして用いるのに最も適している。
- 2) 斜材同士の接合部に M6, M10 ボルト、斜材と水平材の接合部に M16 ボルトを用いるのが最適である。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路構造物の現状（橋梁），2013.4.
- 2) 社団法人日本橋梁建設協会：足場工・防護工の施工計画の手引き（鋼橋架設工事用），平成 21 年 11 月改訂版，pp.70-73，2009.11.
- 3) 日本工業規格：JIS B 1180 六角ボルト，JIS B 1181 六角ナット，2014.