

## モジュール橋のピン接合部の形状が終局挙動に及ぼす影響

信州大学 学生会員 ○小池 悠

信州大学 正会員 近広 雄希

### 1. 目的

Bailey 橋をはじめとしたモジュール橋は、トラス構造を持ち規格化された橋梁のパネルを現場に応じて組み合わせることにより、短時間での架橋が可能となる。その多くは仮設橋や応急橋として用いられており、パネル継手部にピン接合を採用することで現場施工が簡易化されている。一方で、モジュール橋の研究はパネルの強度やレイアウトを対象としたものが多く、ピン接合部に関する知見は極めて少ない。よって本研究では、モジュール橋のピン接合部に着目し、その形状が継手強度、ならびに終局挙動に与える影響を全橋 FEM 解析から明らかとする。さらに、筆者らが行ってきたモジュール橋の継手のみに着目した FEM 解析結果との比較を通じ、要素モデル、全橋モデル間での挙動変化を考察する。

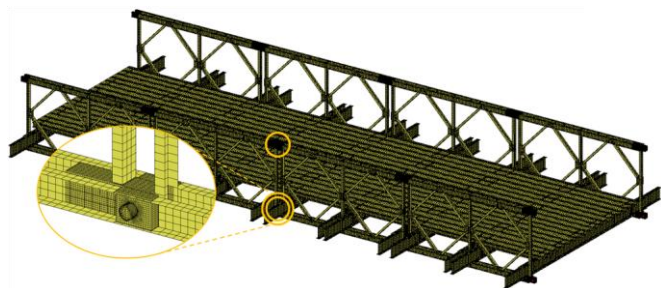


図-1 解析モデルの概観

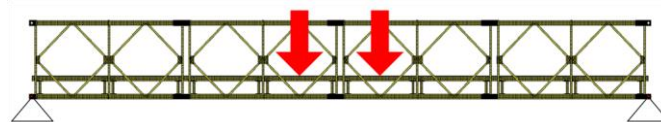


図-2 境界条件

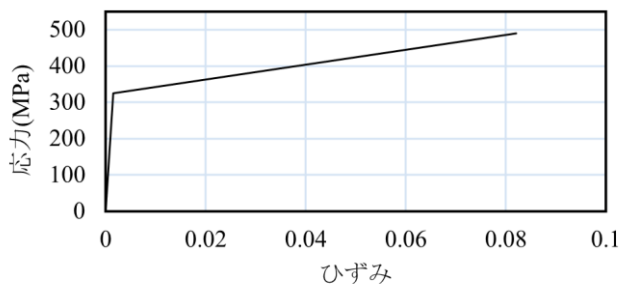


図-2 SM490A の応力-ひずみ関係

### 2. 解析概要

代表的なモジュール橋である Bailey 橋を再現した FEM モデルを作成し、継手部のピン径を変更したパラメトリック解析を行った。モデルの概観を図-1 に示すモデルの諸寸法は、文献<sup>2)</sup>より得られたヤードポンド法での寸法をメートル換算して用いた。要素は、継手部にソリッド一次要素を、その他の部分にシェル一次要素を用いた。また、継手部のピン孔縁及びピンの要素分割は円周方向に 80 等分とした。部材ごとにメッシングを行い、作成した各メッシュは MSC. Marc2020 の接着接触機能を用いて一体化した。境界条件を図-2 に示す。拘束条件として、モデル両端の下弦側継手のピン孔中心節点とピン孔面の節点を剛体リンクで結び、このピン孔中心節点に対して単純支持とした。荷重は 4 点曲げとなるように、支間中央付近の床版に対して節点荷重を与えた。なお、橋軸直角方向の荷重分布は床版の幅全体に亘って一様としている。部材は全て SM490A 材を仮定し、ヤング率  $E = 205.0\text{GPa}$ 、降伏応力  $\sigma_y = 325.0\text{MPa}$  のバイリニア型の応力 - ひずみ関係 (図-3) を用いた。この解析モデルは MSC. APEX で作成し、MSC. Marc2020 で解析を行った。

### 3. 解析結果

解析の結果、モデルでは全体的なたわみ変形と、支間中央付近のパネル主構上部が橋内側に倒れ込む面外変形が生じた。表-1 の計 5 ケースのパラメトリック解析で得られた結果の一例として、支間中央部を参照した荷重変位曲線を図-4 に示す。縦軸は荷重、図-4 (a) の横軸は上弦側継手部材の橋軸直角変

表-1 解析モデル一覧

ケース	ピン径(mm)	径差(mm)	検討パラメータ
1	48	0	原形モデル
2	43	0	ピン径
3	57	0	
4	64	0	

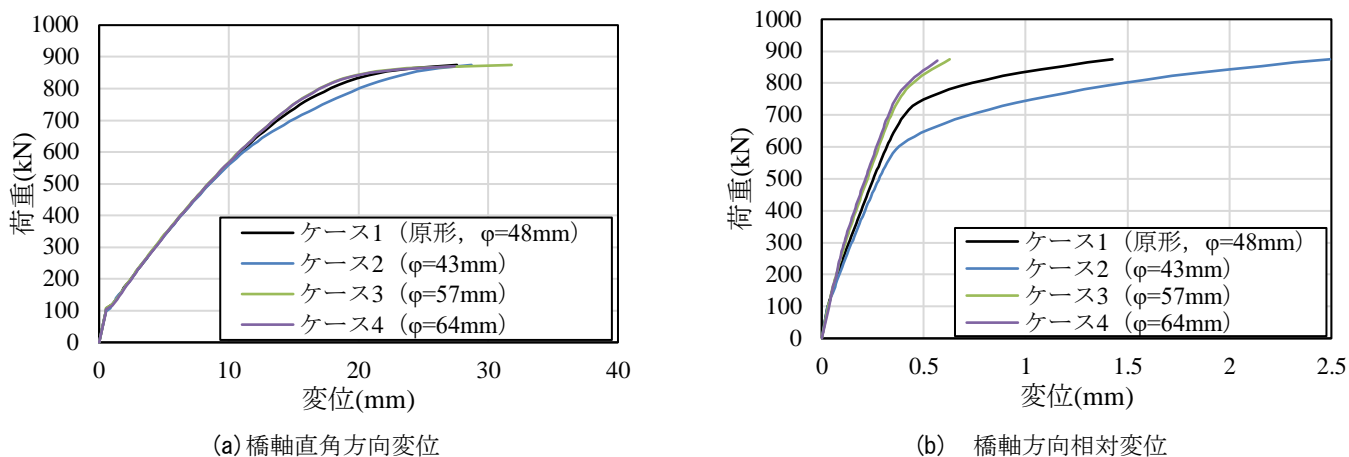


図-4 支間中央の下弦材側の継手位置における荷重-変位曲線

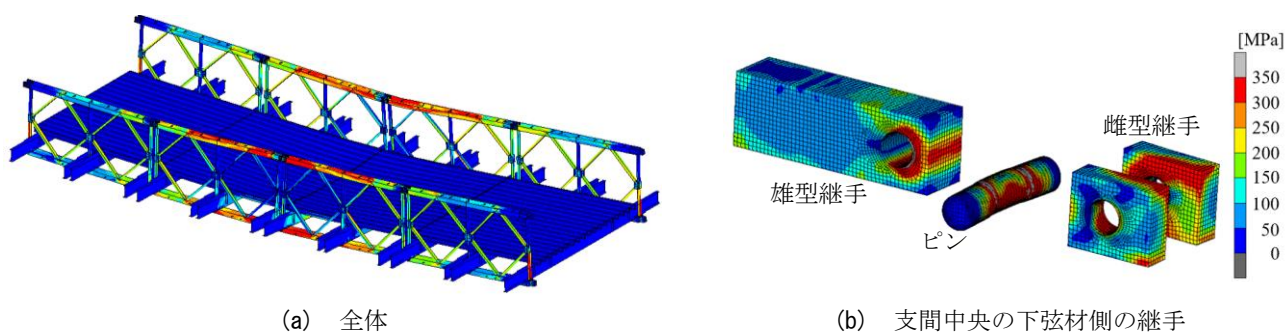


図-5 ケース1( $\phi=48\text{mm}$ )の解析終了時のミーゼス応力図(変形倍率5倍)

位、図-4 (b)の横軸は下弦側雄雌継手間の橋軸方向相対変位である。変位参照位置は図-1 中にそれぞれ○印、◎印で示した。図-4 (a)、図-4 (b)より、Bailey橋継手の原形に対してピン径を増したケース3、ケース4では、主構面外変形の指標である橋軸直角方向変位、継手強度の指標である橋軸方向相対変位とともに、原形モデル(ケース1)と比べ高い降伏点を示した。一方で、原形よりもピン径を減じたモデル2ではどちらも降伏点が低下し、その後の変位の推移にも影響が見られた。この傾向は、筆者らの継手部のみに着目した解析結果<sup>1)</sup>とも符合する。

継手周辺の応力分布の代表例として、875kN 載荷された状態(解析終了時)における原形モデルのミーゼス応力図を図-5 に示す。図-5 (a)にはモデル全体を、図-5 (b)には支間中央の下弦側の継手を示す。各部の変形を一覧できるように、ピン、雄型継手、雌型継手をそれぞれ別個に描画した。この原形モデルでは、解析終了までに支間中央の継手全部材に降伏が生じていた。支間中央下弦側継手において、応力分布は継手の部材軸に関して対称となった。他方、支間中央上弦側の継手では主構の面外変形の影響を受け、部材軸に関して非対称な応力分布となった。

#### 4. 結論

本研究では、モジュール橋の代表例である Bailey 橋のピン接合部に着目し、ピン径と径差が継手強度、ならびに終局挙動に与える影響を検討した。本研究により、明らかとなったことを以下にまとめる。

- ピン径の増減により、継手部周辺の応力分布状態が変化してその強度に影響を受け、これにより橋全体のたわみ推移にも変化が生じた。
- 全橋モデル下弦側継手では、概ね要素モデルと同様の応力分布となった。上弦側ではパネル主構の面外変形により継手周囲の条件が複雑化し、要素モデルと比べ偏った応力分布となった。

#### 5. 参考文献

- 1) Yu Koike, Yuki Chikahiro, Masatoshi Nakazawa, Ichiro Ario, Finite Element Analysis at Pin Joints of Modular Bridge under Uniaxial Tensile Loads: *Proc. of the 15th World Congress on Computational Mechanics*, 2022.
- 2) Republic of Philippines department of public works and highways, "STANDARD PLAN FOR BAILEY BRIDGE", 2020.