

歴史的ピントラス橋の平面および立体解析

名古屋大学 学生員 ○南 大輔 名古屋大学 正会員 山田 健太郎

1. はじめに

近年、ライフサイクルコストの考え方が定着するとともに歴史的な鋼橋の良さが見直され、老朽化した橋梁を安易に架け替えるのではなく、補修・補強による現地活用、移設による活用（歩道橋・自転車道への転用）、移設保存などによる再利用が行われるようになった。特にトラス橋は過去に多数架設されており、文化財的価値の高い橋梁も多く、再利用される事例が増加している。再利用に際しては、架設当時の設計法の違いや用途の違い、腐食等による部材の劣化など様々な要因を考慮し、安全性・耐久性を考慮する必要がある。

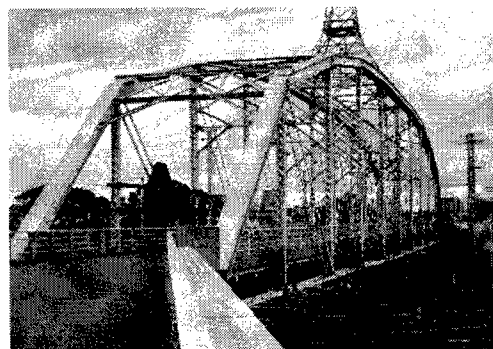


図-1：向野跨線橋

そこで本研究では実際に鉄道橋から道路橋に転用された橋梁である向野跨線橋について、部材の健全度を加味した上で簡単な平面解析、および立体解析を行う。構造解析により現行の道路橋示方書を満足し得るかについて検討する。また、構造物が過度の変形やたわみを生じるような荷重の載荷状態を検討する。実際に転用された向野跨線橋の解析結果を検討することで、古い鉄道ピントラス橋を道路橋に転用した場合の安全性・耐久性について考察する。

2. 向野跨線橋の概要と経緯

向野跨線橋は 1890 年代にアメリカ合衆国 A and P ロバーツ社のペンコイド工場により設計・製造され、京都府の保津川で旧国鉄の鉄道橋として併用された後、昭和 4 年に現在の名古屋市上にかかる跨線橋として架橋されたもので、形式は下路曲弦プラットトラス（ピン結合）である。1890 年代当時の国鉄は新線建設用および東海道線複線化のため増大しつつある活荷重に対応する多数の新型トラスを必要としており、これらの標準設計を米人 Theodore Cooper、C.C.Schneider 両氏に委託し、いわゆるクーパー型トラスの設計が完成されたが、向野跨線橋もこのクーパー型トラスの一例であり、現存する 19 世紀のトラスとしては日本最大スパン 85.349m を誇る。鉄道橋から道路橋に転用する際に部材をそのまま使用したのか、または補修・補強をしたのか。また設計方法・荷重についてどのように考えたのか、などの詳細が不明であり、どの程度の耐荷力・耐久力を有するかについても未知である。また近年床版などの老朽化が見つかり、調査のため車両通行止めとなっている。

3. 解析方法

設計荷重として、活荷重については道路橋示方書に定められた L 活荷重を用い、向野橋の立地条件より A 荷重を採用する。床版・主構の死荷重については簡潔化のため総荷重を下弦材格点に平均的に載荷させる。部材の断面諸量については実測値を用いる。解析には有限要素解析ソフト COSMOS/M を用いる。平面解析モデルを図-2 に示す。平面解析では、まずブレス材（図-2 点線部）を省いた静定トラスについてトラス理論による設計計算結果と有限要素解析の結果とを比較する。次に有限要素解析でブレス材の有無による違いについて比較検討する。立体解析モデルを図-3 に示す。向野跨線橋は設計としてはピントラスであるが、現状としてピンには発錆のため相当の摩擦が存在し、部材には 2 次応力として曲げモーメントが作用するものと考えられるので、ピンが可動の場合のモデルにはトラ

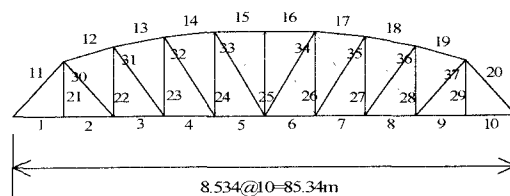


図-2：平面解析モデル

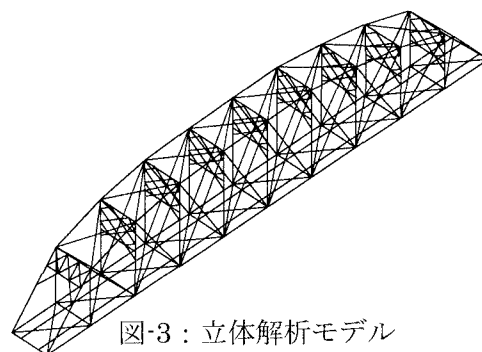


図-3：立体解析モデル

ス主構部に 3 次元トラス要素を用い、ピンが剛節された場合には全部材を 3 次元梁要素でモデル化した。それらの解析結果を比較することで曲げの影響がどの程度あるかについて考察する。床版については、今回は有効幅を用いて主桁との合成断面を要素としたモデルを採用した。活荷重は、着目する部材に最も不利な応力を生じさせるように影響線を用いて載荷した。解析結果による各部材の応力度を道路橋示方書に定められた許容応力度と比較照査することで、橋の安全性を評価する。

4. 解析結果

設計計算と有限要素解析による応力度をプロットしたものを図-4 に、平面解析と立体解析を比較したものを図-5 に示す。図-4 より設計計算と COSMOS/M を用いた有限要素解析の結果はほぼ一致することがわかる。誤差が最大の部材でも約 10MPa 程度であり予備解析として用いるには許容範囲内であると考えられる。ブレス材の有無による比較では、下弦材・上弦材の応力については差異は認められないが鉛直材および径間中央付近の斜材については多少の変化が見られ、いずれも応力度は小さくなっている。この理由として、径間中央に近いほどブレス材の断面積は大きくなっており、これらの部材の効果により斜材・鉛直材の応力が低減されるものと考えられる。図-5 から、立体解析と平面解析の結果を比較すると、上・下弦材で多少差異が確認できる。上弦材はそれほど大きな差ではなく、上横構や対傾構は鉛直荷重に対してはあまり構造的に寄与していないと考えられる。実際、応力も 5MPa 前後であった。下弦材は少し大きな差が生じているが、これは床組の縦桁・横桁の効果によるものと思われる。ピンが可動の場合と剛節の場合で比較してみると、ピン剛節モデルの曲げ応力の影響については、全応力の約 10% から 20% 程度であり、それほど大きくはないことが確認できた。

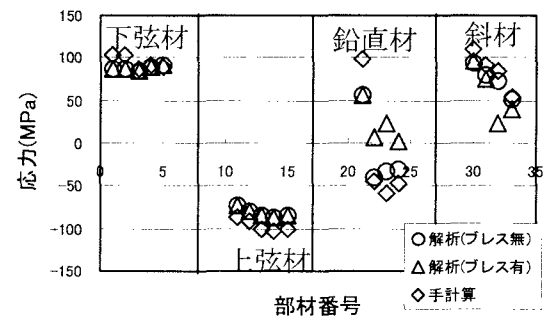


図-4：平面解析応力度比較

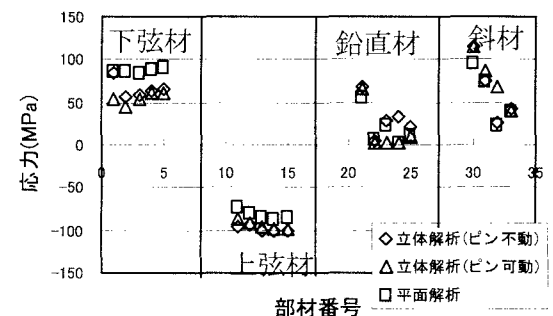


図-5：平面解析と立体解析の比較

向野橋は 1890 年代末期米国で設計されたものであり、設計資料未確認のため鋼材の強度について正確な値はわからないが、上述したようなクーパー型トラスなどの同年代・同種橋梁との比較により、用いられた鋼材の強度は SS400 相当であると判断できる。図-4.5 には比較のため一部の値を抜粋したが、解析結果における各部材の引張応力はすべて道路橋示方書に規定された許容引張応力内であった。圧縮応力について、特に比較的大きな応力が生じる上弦材について局部座屈を考慮する必要があるが、部材の断面形状や細長比から各部材の許容圧縮応力を算定しなければならないが、これについては今後検討する予定である。

5. まとめ

- ・ 立体解析と平面解析の比較より簡潔化した平面解析でも十分な信頼性があることが確認された。
- ・ 発錆によりピンが可動できないことによる曲げモーメントの影響については安全上問題無い。

6. 今後の課題

1)たわみや変形、または部材の応力度が許容値を越えるような荷重の載荷状態について検討する。2)ピンの腐食が激しく、特徴的な腐食が進行している部材もあるので、それらについて原因を調査・考察し、対策を検討する。3)一部の部材が腐食により切断された場合の安全性について検討する。

参考文献

- (1) 日本道路橋会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編 (平成 14 年)
- (2) 島田静雄・熊沢周明：トラス橋の理論と設計 (昭和 51 年)
- (3) 西村俊夫：ピン結合鉄道トラス橋の変状とその対策, 鉄道技術研究報告, No.483 (昭和 40 年)