

錦帯橋の構造に影響を及ぼす部材の算定

芝浦工業大学
芝浦工業大学

学生会員 ○ 藤原 勇斗
フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

山口県東部、錦川の下流、岩国市の錦見地区と横山地区に架かる錦帯橋は1673年に創建され、今日までその構造と美しさを継承し、その技術の高さは、世界有数のものとされている。(写真-1参照)しかし木造構造物である錦帯橋は、自然災害等の影響を顕著に受け構造性能が低下すると考えられる。錦帯橋の材料である木材は、引張に強く、弾性係数が高いという利点もあるが、その反面腐りやすく、コンクリートや鋼材に比べると強度が低いという欠点がある。しかし構造上部材に大きな曲げが作用する錦帯橋ではコンクリートで建造は困難であり、鋼板においても、水などに濡れて腐食する危険性がある。よって、本研究では錦帯橋の景観を保ちつつ性能を向上させるために、従来の木造形式で破壊解析を行い、最も負荷のかかる部材を算出した。その後、解析結果の再現性を実模型により検証した。

2. 解析

2.1 解析モデル

本解析では錦帯は5連木造橋(1橋と5橋は支持柱のある柱橋、中央の3連が反橋)橋長全長193,300mm(第1橋 34,800mm 第2橋 35,100mm 第3橋 35,100mm 第4橋 35,100mm 第5橋 34,800mm)、幅員5,000mm(有効幅員 4,200mm)の第3橋を橋梁モデルとする。解析にはフレーム解析ソフトUC-win/FRAME(3D)Ver.2Advancedを使用し、全接点数を490、全要素数を745、支点条件を固定、ピンの2つのモデルを作成した。このモデルでは巻金は破壊しないと仮定した。

2.2 解析手順

橋梁モデルに死荷重と道路示法書に基づき算出した活荷重を載荷した。荷重載荷方法としては1部材ごとに歩道等に載荷する等分布荷重を載荷するものとする(表-1)。次に、部材の破断を模擬するために部材のヤング係数を1/1000まで減少させ、ヤング係数を減少させた部材をモデルに当てはめ、1部材ごと

に解析を行い、その際の破壊強度を求めた。

3. 解析評価方法

木材の許容圧縮応力(檜 $\sigma_{sa}=33.33\text{N/mm}$ 松 $\sigma_{sa}=33.30\text{N/mm}$) または許容引張応力(檜 $\sigma_{at}=17.40$ 松 $\sigma_{at}=16.50$) の値を超えたものを部材の破断(以下NG部材)とする。評価方法としてNG部材となる数の多い部材を最も負荷のかかる部材として仮定し、その部材の影響度をNG数により評価する。

4. 実模型による載荷実験

模型による載荷実験は、解析モデルと同一の縮尺1/15の模型を作製し、解析モデルと実模型の傾向が一致するか載荷試験より検証した。巻金の部分にはゴムバンドを使用し、両端をとめ具で完全固定した(写真-2参照)。載荷には、群集荷重を模擬した砂を袋に詰めたものを載荷した。解析により影響の大きい桁材にひずみゲージを貼り、荷重作用時の荷重の断面ひずみを計測した。

表-1 歩道等に載荷する等分布荷重

支間長L(m)	L ≤ 80	80 < L ≤ 130	L < 130
等分布荷重(kgf/m ²)	350	430-L	300



写真-1 錦帯橋



写真-2 錦帯橋の模型

キーワード： 錦帯橋 木造 構造解析

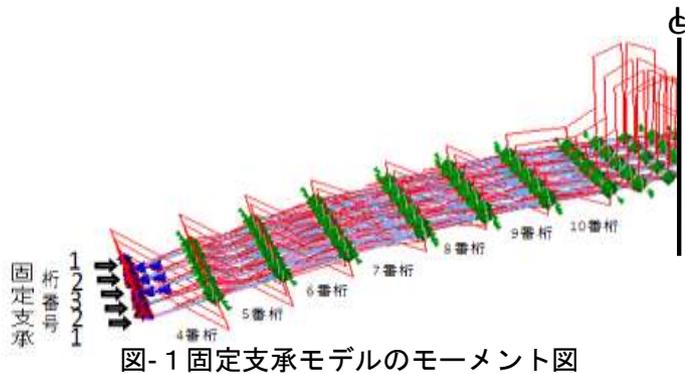


図-1 固定支承モデルのモーメント図

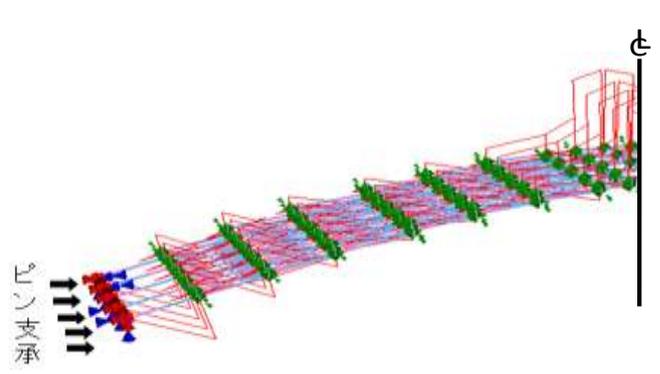


図-2 ピン支承モデルのモーメント図

5. 固定支承とピン支承の比較

図-1 に固定支承とした場合、図-2 にピン支承（模型）とした場合の解析結果を示す。モデルは、橋軸方向の桁番号を両端から 1,2,3 とし、橋軸直角方向の桁番号を支点側から 4,5…10 とする。

図-1.2 より、支承に架かる部材に生じる曲げモーメントは固定支承よりピン支承の方が大きい結果となった。そこで固定支承とした解析で、部材が破損すると近接する部材を破損に至らせる 3 部材について、部材の破損部の位置と破損部材を図-3~5 に示す。3-5 番桁破損時には、3-5 番桁を中心に左右対称の部材が破損した。なお、引張応力が最も大きく生じた部材は、2-5 番桁で 19.04(N/mm)であった。また、2-5、1-5 番桁破損時には、左右対称に破損せず、支点周りの部材に曲げ圧縮が生じ、破損することが分かった。これは破損する部材が 3 番桁を中心として破損しないために、部材にねじれが生じていることに起因すると考えられる。よって、1.2 番桁が破損した場合、支点周辺の部材が破損にいたることから橋梁としての機能を保つことが困難になるおそれがある。

6. まとめ

- 1) 支承にかかる部材の曲げモーメントは固定支承 < ピン支承となることが確認できた。
- 2) 部材破損時に引張応力が最も大きく生じた部材は 2-5 番桁（支承に近接する桁部材）で 19.04(N/mm)となる。
- 3) 2-5 番桁、1-5 番桁が破損するとねじれにより、支承周りに曲げ圧縮が生じ、その部材が破損することが確認できた。

結果から、支点周辺の部材が破損すると橋梁の機能を保つことが困難になるおそれがあるため、錦帯橋を他の材料で構築するには最も曲げモーメントのかかる支点周りの桁部材を補強して構築するべきであると考えられる。

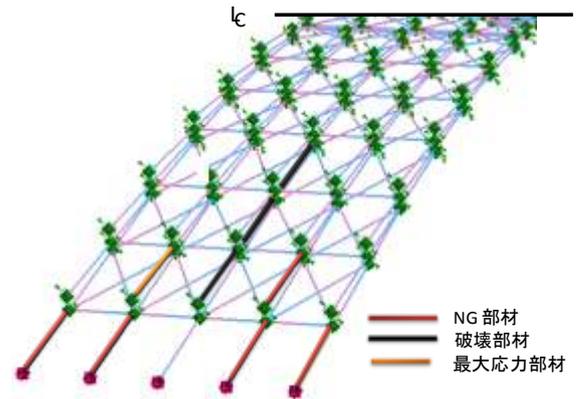


図-3 3-5 番桁破壊時 NG 部材

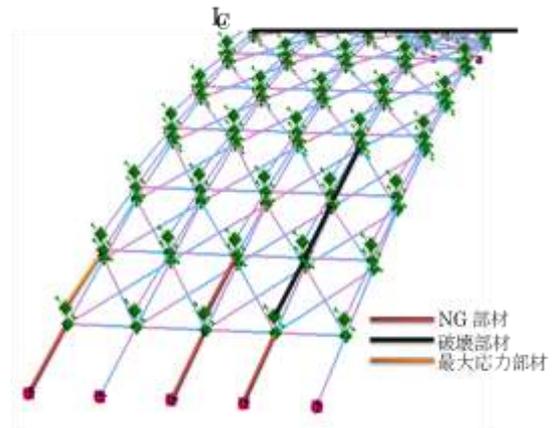


図-4 2-5 番桁破壊時 NG 部材

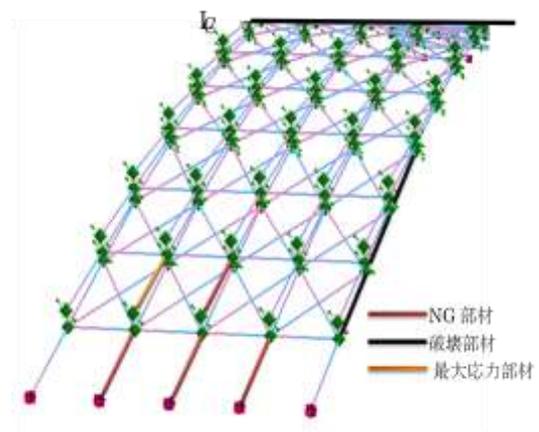


図-5 1-5 番桁破壊時 NG 部材