

鋼管を用いたスペーストラス橋格点部の疲労強度に関する研究

東京工業大学大学院	学生会員	○滝沢大輔
東京工業大学大学院	フェロー	三木千壽
東京工業大学大学院	正会員	鈴木啓悟
新日鉄エンジニアリング	正会員	山崎伸介

1. はじめに

鋼管を用いた3次元スペーストラス構造は建築構造物の屋根に多く用いられており、橋梁に利用することができれば、美観の面で大変優れている、材料の削減・軽量化ができる、といったメリットが考えられる。トラス構造の疲労設計では、弦材と斜材が交差する格点部における溶接接合部が重要となる。本研究では、鋼管を用いたスペーストラス橋梁の格点部の疲労強度を解析的・実験的アプローチにより検証し、疲労強度が向上された格点部の改良モデルを提案することを目的とする。

2. 対象橋梁・対象格点

本研究では、図-1に示す支間長 32 + 40 + 32 m の3径間連続道橋を対象橋梁とする。この対象橋梁にT荷重の影響線載荷を行い部材にかかる軸力を調べ、格点部の疲労照査を行う。ここでは右側車線の中央部にT荷重を載荷する。右側の車線を車が走行する際に左側の斜材が受け持つ軸力は右側斜材の軸力の2割以下であるため、本研究では右側部材に絞って照査を行う。対象とする格点部はPISON¹⁾らの研究を参照し、斜材の軸力の振幅(最大と最小の差)が最も卓越している格点部とした。

対象格点の形状・寸法を図-2に記載する。ここでは鈴木、竹内²⁾らが考案した建築構造物の屋根に用いられている格点構造をベースモデルとし、カバープレートとガセットプレートを用いてある。この構造を用いることにより、斜材が受ける軸力により主管に生じる応力を低減することができる。また、溶接も容易となるという利点もある。この格点構造を原モデルとする。なお各部材の板厚は道路橋示方書に従って死荷重・L荷重・衝撃係数の3点を考慮して決定した。

T荷重載荷による対象格点での斜材の軸力が最大・最小となる2パターン、周辺の4部材の軸力振幅を算出し、この軸力に道路橋示方書にならない衝撃係数 $i = 1.25$ を乗じた値を格点モデルに加える。最終的な条件を図-3に示す。

3. 疲労試験方法

本研究での格点モデルの疲労強度を照査するために、両斜材をピン結合し主管を引っ張り方向に動作させることで、図-3に示した荷重条件に近い条件の疲労試験を行った。試験状況を図-4に示す。荷重についてはIIW³⁾に従いカバープレート端部のホットスポットストレスが200MPaとなるような値で試験を行う。磁粉探傷は8万サイクルおきに行うこととする。

4. 原案の解析

疲労試験に先立ってまずは原モデルの試験体の3次元FEM解析を行い、主管とカバープレートの溶接接合部のホットスポットストレスを照査した。試験体の寸法を図-5に示す。解析ソフトABAQUSを用い、Tet4要素でのSolid解析を行った。解析は

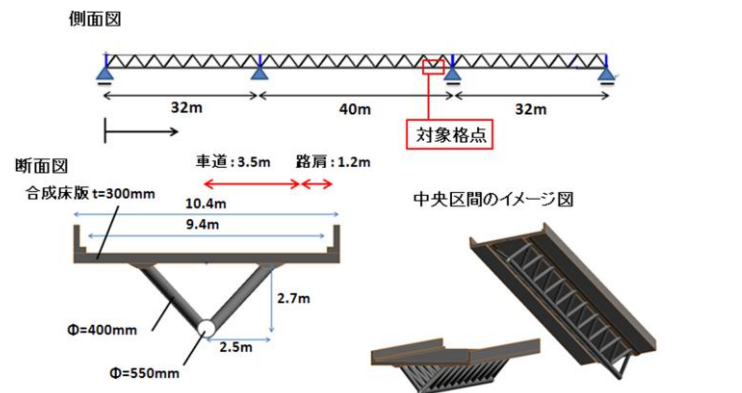


図-1 対象橋梁の概略図

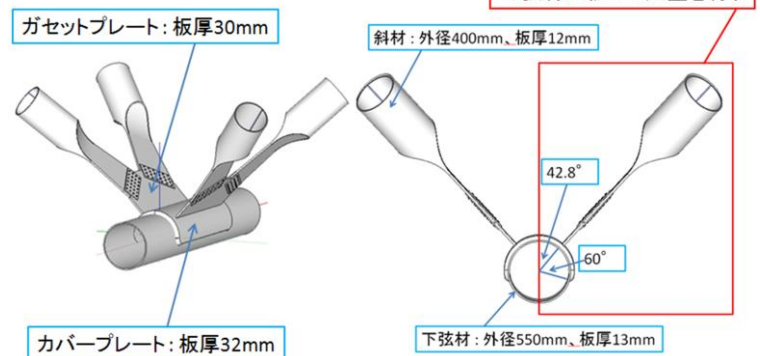


図-2 対象格点の形状・寸法

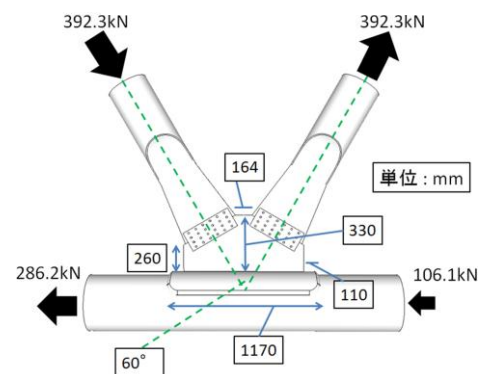


図-3 対象格点の荷重・境界条件

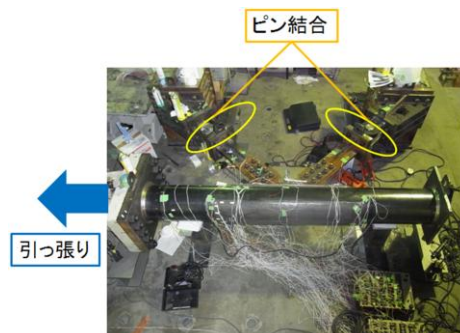


図-4 疲労試験状況

キーワード：スペーストラス橋梁 格点部 疲労強度

連絡先：東京工業大学理工学研究科土木工学専攻 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-2)

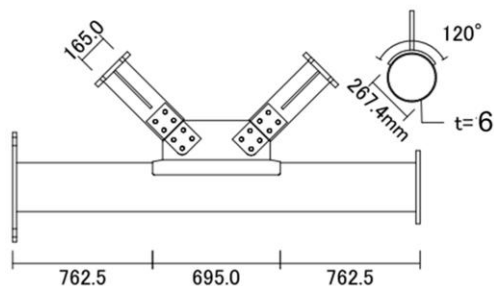


図-5 原案モデルの試験体

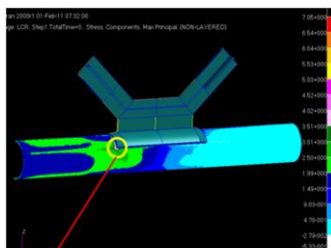


図-6 原案モデルの応力図

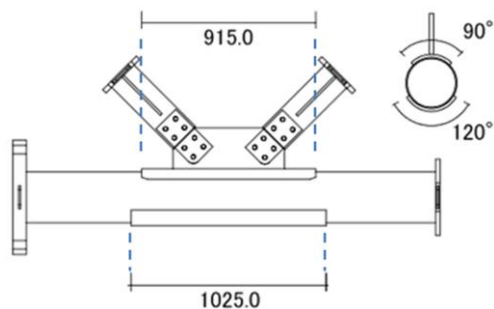


図-8 改良案モデルの試験体

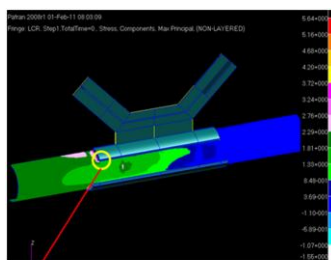


図-9 改良案モデルの応力図

線形性を考慮し単位荷重 1t で引張った場合を検証した。結果、引張りがかかる側(左側)のカバープレート端部でホットスポットストレスが 5.83MPa となった。応力図を図-6 に示す。また、今回の解析にて図-7 のような主管の凹凸が確認できた。

5.改良案の提案

さらなる応力集中低下を目指して改良案モデルを考案した。改良点としては以下の 3 点が挙げられる。

- (a)カバープレートの回転角度の変化
- (b)カバープレートの長さの変化
- (c)裏面カバープレートの設置

(a)、(b)の意図としては主管の凹凸から、応力集中が問題となるカバープレート端部を遠ざけるといものである。また、(c)の意図は主管の凹凸を低減するというものである。以上の(a),(b),(c)を組み合わせ、改良案はカバープレートの角度を 90° から 60° へ減少、長さを 695mm から 915mm へ延長、そして裏面カバープレートを設置したものと決定した。変更点を図-8 に示す。

解析結果を観測したところ、応力集中が約 22.8% 低減された。応力図を図-9 に示す。

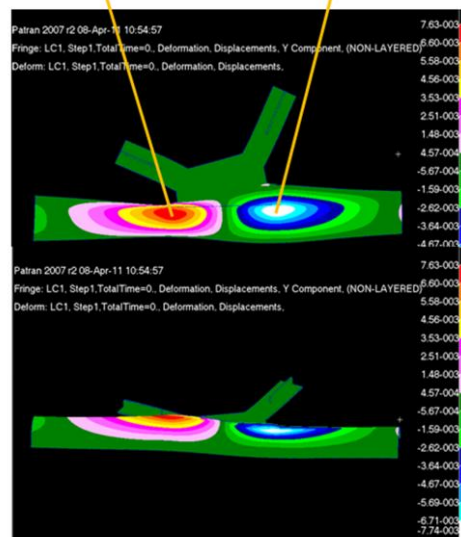
6.疲労試験結果

以上で示した 2 つの格点モデルについて疲労試験を行った。両モデルとも解析と同じく、カバープレート左側角で最も応力が集中した。応力集中の改善効果としてはホットスポットストレスで約 8.5% の低減が見られた。

疲労試験の結果としては、ホットスポットストレスが 200MPa となるよう原案モデルでは 26t、改良案モデルでは 29t で载荷を行ったところ、どちらの試験体でも、ホットスポットであるカバープレート左側角から、64 万サイクルで 40mm のき裂が検知された。従って、荷重値が高くなっている分疲労強度が向上したと言える。疲労強度の比較のため、JSSC⁴⁾が定めた公称応力での S-N 曲線に試験体の疲労強度をプロットしたものを図-10 に示す。

画面手前方向に
飛び出している

画面奥方向に
凹んでいる



※変形：5000倍

図-7 荷重による主管の凹凸

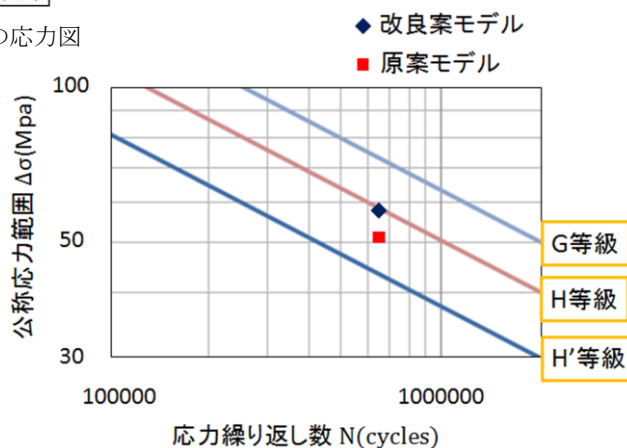


図-10 公称応力ベースでの S-N 曲線

7.結論

以上の解析結果と疲労試験の結果を元に、本研究で得られた結論をまとめる。

- i) 荷重により局所変形が生じ、カバープレート角で応力集中が生じた。
- ii) 改良案の格点構造を用いることで、応力集中が原案と比較して約 8.5% 低減され、疲労強度向上に成功した。しかし更なる改良が必要である。

参考文献

- 1) Pison Udomworarat : Structural performance of composite tubular K-joints for truss bridge structures, Tokyo Institute of Technology, Doctor theses, 2002
- 2) 鈴木達人、竹内徹：円弧板を用いた鋼管トラス接合部の力学性状に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第 574 号、pp121-126、2003.12
- 3) IIW Commissions XIII and XV : RECOMMENDATIONS FOR FATIGUE DESIGN OF WELDED JOINTS AND COMPONENTS , 2008.12
- 4) JSSC : 鋼構造の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993.4