

I-A184

複合ラーメン橋剛結部の弾塑性挙動の解析

北見工業大学 学生員 福田 幸士郎 (株) 釧路製作所 正会員 井上 稔康
 (株) 釧路製作所 正会員 佐藤 孝英 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正会員 三上 修一 北見工業大学 正会員 山崎 智之

1. はじめに

経済性と耐震性に優れた合理化構造形式である鋼連続桁とRC橋脚を橋脚頂部で剛結する鋼・コンクリート複合ラーメン橋には、種々の剛結方式が提案されている¹⁾。今後の課題としている剛結部の破壊までの荷重・変形状態の解明、施工性の改善、補修の容易な剛結部構造の開発が必要であると考えられる²⁾。

本研究では、剛結部の破壊までの荷重・変形性能の明確化、施工性の向上や補修を容易にすることを目的とし、今回別途報告している剛結部実験の供試体(図1)をモデル化し、有限要素解析を行い載荷時における応力伝達機構及び材料降伏後の非線形挙動について明らかにする。

2. 解析概要

解析モデルを図2に示す。解析モデルは面对称構造であるので1/2モデルとし、橋脚部及び剛結部を8節点立体要素、鋼桁部フランジ及びウェブは4辺形厚肉線形シェル要素としたが、橋脚と鋼桁の境界部分のフランジは8節点立体要素とした。コンクリート及び鉄筋は弾塑性材料とし、解析に使用した鉄筋及びコンクリートの $\sigma-\epsilon$ 関係は引張り試験及び圧縮試験により

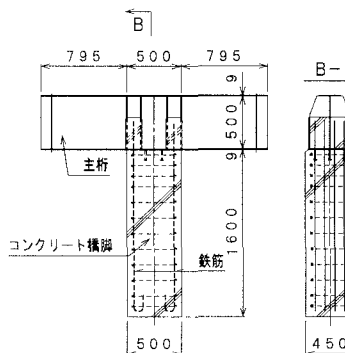


図1 剛結部実験供試体

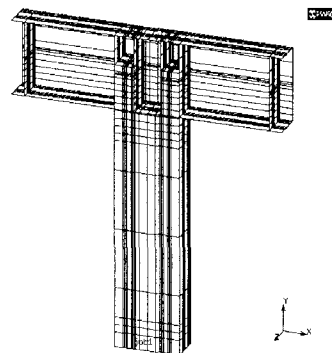


図2 三次元解析モデル

得られた値を用いた。また、コンクリートの降伏応力は実験結果を考慮して、圧縮側で0.1%歪み時の応力とし、引張り側の破壊応力については降伏応力の1/10とした。また、クラック発生時における引張り力の伝達を考慮する。鉄筋について降伏後は塑性硬化係数を考慮した等方弾塑性体とした。境界条件として、橋脚と鋼桁の境界面及び鉄筋とコンクリートとの間では付着要素を設けず、鉄筋とコンクリートの節点は共有している。本解析では鋼桁上フランジ両端部を固定し、橋脚基部に図2の左方向から水平方向両振れ載荷させ、荷重は1 Cycle 毎に10kN増加とした。

この解析は汎用構造解析プログラムMARCを使用した。

3. 解析結果

図3に橋脚基部における荷重-変位履歴曲線を示す。解析では実験と同様にCycle 5まで弾性変形を示し、Cycle 6以降残留変位が生じており、剛結部はCycle 6から塑性化していると言える。しかし、Cycle 6以降の履歴曲線は実験と異なり正負対称の履歴を描いていない。これは解析におけるクラック発生の影響と考えられるが、最大変位は共に20mm程度であるので、実験に近い結果を得られたと言える。

図4に左方向から載荷した時のCycle 3 (+30kN)、Cycle 5 (+50kN)、Cycle 7 (+70kN)における

キーワード：複合ラーメン橋、非線形有限要素解析、剛結部構造

連絡先：〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9476 FAX 0157-23-9408

応力分布図を示す。

Cycle 3では、まだクラックが発生していない事から、下フランジを境界として鉄筋の引張応力が上下対称に出ている。図3の荷重-変位履歴曲線から弾性限界と考えられる Cycle 5では、Cycle 3よりも橋脚側の鉄筋に強い引張応力が出ている。これは Cycle 5で橋脚にクラックが発生しており、そこに応力が集中したためと思われる。

Cycle 5における鉄筋の最大引張応力値は 1000kgf/cm^2 程度であり、まだ塑性化を起こしていない。

橋脚が塑性状態にあると考えられる Cycle 7では、橋脚側に Cycle 5よりも強い引張応力が発生しているが、橋脚中に埋め込まれている鉄筋の応力値は 2000kgf/cm^2 以下でまだ塑性化していない。しかし、コンクリートに発生しているクラックの進展は大きく、その影響により Cycle 5以上の引張応力が橋脚部分に集中している。また Cycle 7におけるクラック発生位置は実験と同様に、下フランジから約 400mm の間に出てきており、実験でも解析と同様に応力集中部が橋脚側へ移動していると考えられる。

本解析では、コンクリートと鉄筋の節点が共有していることから、鉄筋の滑りは評価していないので、今後これを考慮した解析を行う必要がある。

4. まとめ

- 1) 解析における荷重-変位履歴曲線は、実験と違い対称する両振れの履歴を描いていないが、最大変位が共に約 20mm と等しいことから、実験をある程度再現する事ができた。
- 2) 提案剛結部における応力伝達は、橋脚に発生するクラックによって、応力集中部が剛結部から橋脚へと移動することがわかった。また、橋脚から伸ばした鉄筋を固定したコンクリート充填部では応力集中が無く、定着部は固着されている。

【参考文献】

- 1) 山縣敏二：日本道路公団における橋梁の合成複合構造、第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp7-12、1995.11
- 2) 佐藤、井上、小林、大島、福田：橋脚を剛結した連続桁の耐震性の調査、土木学会第53回年次学術講演会概要集、I-B148、pp.296-297、1998.10
- 3) 佐藤、井上、大島、山崎、中山、福田：複合ラーメン橋の耐震性能と剛結部に関する実験、土木学会北海道支部論文報告集、第55号(B)、pp396-399、1999.2
- 4) 中山、佐藤、井上、大島、三上、山崎：複合ラーメン橋の応力分布と非線形挙動の解析、土木学会北海道支部論文報告集、第55号(B)、pp392-395、1999.2

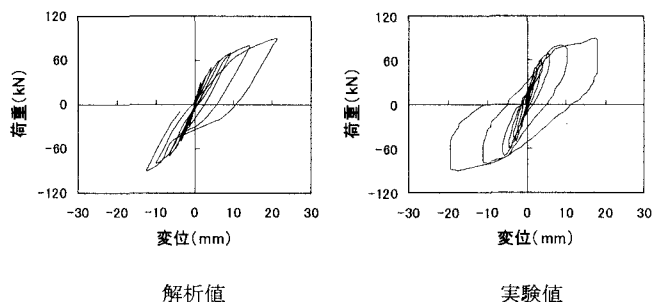
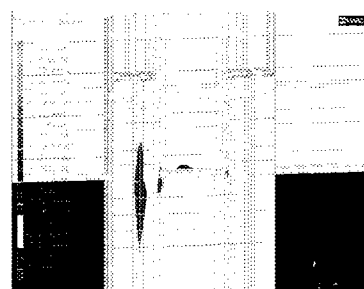
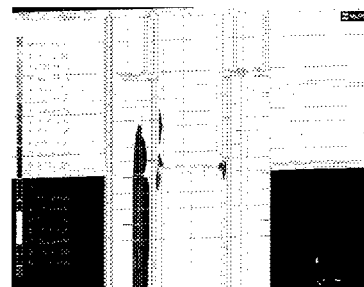


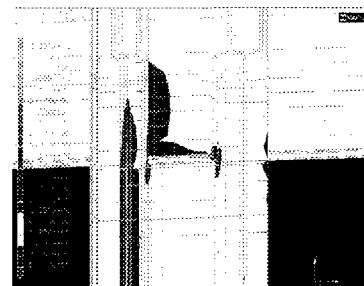
図3 荷重-変位履歴曲線



Cycle 3 (+30kN)



Cycle 5 (+50kN)



Cycle 7 (+70kN)

図4 応力分布図