

十字型補剛材を有する鋼製橋脚の非線形動的解析

清水建設(株) 正 員 桐野 三郎 熊本大学 学生員 松村新也
八代高専 正 員 岩坪 要 熊本大学 正 員 山尾 敏孝

1. まえがき：

基部付近に十字型補剛材を組み込んだ鋼製橋脚は、強度や変形能の点でコンクリート部分充填橋脚と同等な補剛効果があることを確認してきた。特に、十字型補剛材を有する橋脚の耐震性を繰り返し載荷実験及び解析を行って検討してきた¹⁾が、実際の地震力を受けた場合はどのような挙動を示すのか不明であった。そこで本研究では、非線形動的解析手法として汎用プログラム RESP²⁾を用い、コンクリート充填橋脚の実験結果と比較することより十字型補剛材を有する橋脚の耐震性の検討を試みたものである。

2. 解析手法

本研究では鋼製橋脚が水平地震動を受ける事を想定して、図1に示すような片持柱の先端に集中質量を有する1自由度系モデルと仮定した。動的応答解析には直接積分法で、Newmarkの β 法($\beta=0.25$)を用い、減衰定数は5%としている。積分間隔については、入力波形が0.01秒間隔であったため、積分間隔を変化させて検討した結果、解析時間との関係から入力波形を10分割する解析を採用した。

復元力モデルには、復元力特性を基部の塑性回転バネに与えて解析を行うはり回転バネモデルを採用し、橋脚頂部の水平力 P と水平変位 δ の関係を回転バネのモーメント M と回転バネの回転角 θ の係数に置き換えて使用した。十字型鋼製橋脚の復元力モデルのスケルトンカーブは繰り返し荷重によるFEM解析によって求めた。

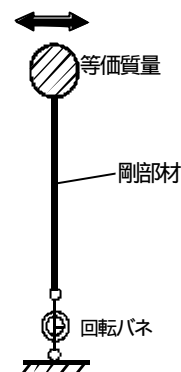


図1 解析モデル

動的応答解析では硬化型バイリニアモデルとトリリニアモデルを考え、硬化型バイリニアモデルは、耐震設計マニュアル³⁾に基づき決定した。トリリニアモデルは、最大荷重までの形状をつかむように、原点から降伏変位 δ_y 、降伏変位 H_y のそれぞれ1.1倍した点まで一直線で進みそこから最大荷重の点を目指すように近似した。その後は、勾配0の直線と仮定した。ただし、コンクリート充填したモデルについては、コンクリートを充填したことによる強度の上昇が、本来の最大荷重に到達する変位より小さな変位領域においてみられたことから、 δ_u を本来の最大荷重の変位ではなく $2.5\delta_y$ の位置に設定した。

3. 動的解析結果と考察

十字型補剛材を有する橋脚のハイブリッド実験は行われていないため、実験結果と比較してその妥当性を検討することは現在不可能である。そこで、名古屋大学で行われたコンクリート充填した実験供試体^{4,5)}のコンクリートを十字型補剛材に置き換えた解析を行ない、その解析結果との比較検討を試みた。コンクリートを十字型補剛材に置き換えることについては、十字型補剛材を有する橋脚モデルの履歴挙動が、コンクリート充填橋脚の結果と極めて類似していたことが繰り返し実験において確認された¹⁾。また、表1に示すように文献6)の実験から得られた塑性率(δ_m/δ_y)及び最高水平荷重(H_{max}/H_y)は、同じ構造諸元においてコンクリート充填部分を十字型補剛材に置き換えたモデルの繰り返し挙動解析から得られた塑性率、最高水平荷重及び履歴挙動がよく対応していたことなどの理由で行ったものである。

表1 繰り返し実験及び解析による塑性率と最高水平荷重

モデル名	R_f	λ	P/P_y	δ_m/δ_y	H_{max}/H_y	備 考
コンクリート充填 (実験) ⁶⁾	0.664	0.362	0.2	6.74	1.88	充填率 50%
十字型補剛 (解析)	・	0.362	0.2	6.27	2.17	補剛材高さ 38%

R_f ：補剛板幅厚比 λ ：細長比パラメータ

キーワード：鋼製橋脚、非線形動的解析、最大応答変位、残留変位

連絡先（熊本市黒髪2-39-1・電話 096-342-3533・FAX 096-342-3507）

表 2 解析諸元

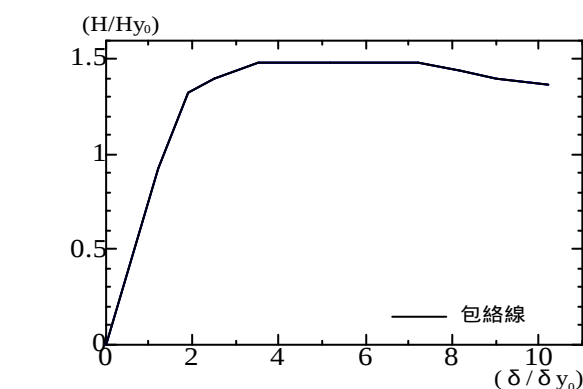
モデル名	供試体高さ h (cm)	降伏水平変位 δ_y (cm)	降伏水平荷重 H_y (kN)	初期剛性 K (kN/cm)	剛性低下 K_1	固有周期 T (s)
コンクリート充填	968.8	4.7	2940.9	621.8	0.5	0.839
十字型補剛	968.8	3.6	2331.0	647.5	0.76	0.778

ハイブリッド実験及び解析に用いた構造諸元を表 2 に示す。復元力特性はトリリニアモデルとし、入力地震波は実験と比較するため建設省土木研究所が提案している地震動波形(Level 2 地震動)を使用した。

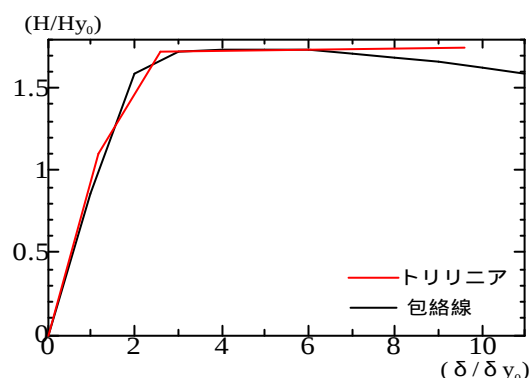
図 2 には、コンクリート充填橋脚の包絡線及び応答変位を、図 3 には十字型補剛橋脚の包絡線及び応答変位を示している。解析結果より、先ず包絡線を比較してみると、コンクリート充填橋脚は実験から得られた包絡線であるが、十字型補剛橋脚は FEM の繰り返し解析から得られた包絡線である。両者の挙動は非常に良く対応しており、十字型補剛材を有する橋脚の塑性率及び変形能の良さが確認できると思われる。次に、応答変位図について見ると、最大応答変位、残留変位共にほぼ同じ値を示していることがわかる。解析で得られた値は実験値の下界値に近い値となるため、安全側の評価になっていると考えられる。今回の解析より、十字型補剛材を有する橋脚は、地震時挙動についてもコンクリート充填橋脚と同等かそれ以上の耐震性能を有する可能性を示したといえる。今後は、十字型補剛材を有する橋脚のハイブリッド実験を行って解析手法の妥当性を検討し、加えて十字型補剛橋脚の復元力特性やを構築していくことが必要であると思われる。

参考文献

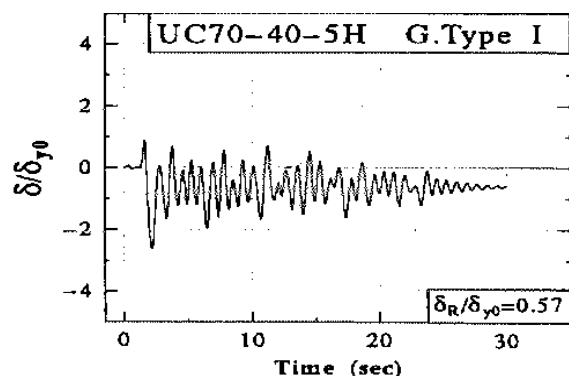
- 1) 原岡 雅史：十字型補剛材を有する鋼製橋脚の設計方法と補剛効果に関する研究、熊本大学 卒業論文、2000.3
- 2) 構造計画研究所：RESP-T for Windows コマンドリファレンスマニュアル、1998.10
- 3) 日本橋梁建設協会：鋼製橋脚の耐震設計マニュアル(資料編)、1998.2
- 4) 才塚邦宏・宇佐美 勉・木曾 英滋・伊藤 義人：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚のハイブリッド地震応答実験、構造工学論文集 Vol.41A、277～288、1995 年 3 月
- 5) 宇佐美 勉・渡辺 孝一・金田一 智章・岡本 隆・池田 茂：ハイダクティリティー鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究、土木学会論文集、No.591/ -43、207～218、1998.4
- 6) 宇佐美 勉・葛漢淋・水谷 慎吾：コンクリートを部分的に充填した無補剛箱型鋼柱の繰り返し弾塑性挙動、構造工学論文集 Vol.39A、249～262、1993 年 3 月



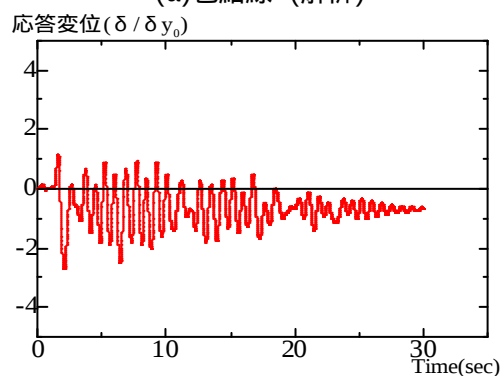
(a)包絡線 (実験)



(a)包絡線 (解析)



(b)応答変位 (実験)



(b)応答変位 (解析)

図 2 コンクリート充填橋脚の解析結果

図 3 十字型補剛材橋脚の解析結果