

直接基礎の非線形性を考慮した連続ラーメン橋の耐震性に関する一検討（静的解析）

オリエンタル建設(株) 正会員 ○吉川 卓
 オリエンタル建設(株) 正会員 町 勉
 オリエンタル建設(株) 正会員 角本 周

1. はじめに

橋梁の耐震設計では、基礎形式が岩盤に設置される直接基礎の場合には、一般に地盤の変形の影響が少ないとして基礎を固定とするか、地盤の変形を考慮する場合でも線形の地盤バネで評価している¹⁾。しかしながら、レベル2地震動が作用した場合には、直接基礎の浮上りおよび地盤の降伏によって直接基礎が非線形挙動を示すものと考えられる。そこで、基礎を固定として設計したPC連続ラーメン橋を対象に、直接基礎の非線形性を考慮したプッシュオーバーアナリシスを行い、橋軸方向の耐震性に与える影響について検討を行った²⁾。

2. 検討対象橋梁

検討は、図-1に示す中央径間100m、橋脚高30mまたは60mのPC連続ラーメン橋を対象に行った³⁾。ここで、橋脚の橋軸方向に対する鋼材配置は、橋梁全体系で震度法および地震時保有耐力法により決定し、動的解析により照査した結果を用いた。橋梁全体系の保有水平耐力（震度）は橋脚高30mで0.62、橋脚高60mで0.41となっている。なお、耐震設計上の地盤種別はI種地盤とし、基礎の変形は考慮しないものとして設計を行っている。

直接基礎の寸法は、岩盤の種類を軟岩とし、フーチングの根入れが無い状態を想定して、道路橋示方書⁴⁾に準拠して決定した。

3. 解析モデルおよび非線形特性

解析モデルは2次元骨組モデルとし、上部構造は全断面有効剛性を有する線形はり要素とした。橋脚は、上下端に塑性ヒンジを考慮し非線形回転バネを設け、塑性ヒンジ領域以外は非線形はり要素でモデル化した。一方、直接基礎のモデルは、基礎を固定としたモデル、基礎底面に非線形回転バネを設置した回転バネモデル、基礎底面に鉛直方向の非線形バネを約1m間隔で配置した分布バネモデルの3種類とした（図-2）。なお、フーチング躯体は剛部材とした。

直接基礎の非線形特性は、各モデルに対して次のように設定した。①回転バネモデル（道示）：道路橋示方書⁴⁾に示されている基礎の浮上り、地盤反力度の上限値を考慮した曲線モデル。②回転バネモデル（鉄道）：鉄道標準⁵⁾に示されているモデル。浮上り限界までは初期剛性 K_r 、次に地盤の降伏を考慮した最大抵抗モーメントまでは $K_r/2$ の剛性を持つトリニアモデル。③分布バネモデル：引張側の剛性を0とすることで浮上りを考慮し、圧縮側は地盤の降伏点での完全バイリニアとしたモデル。図-3に、解析に用いた回転バネ

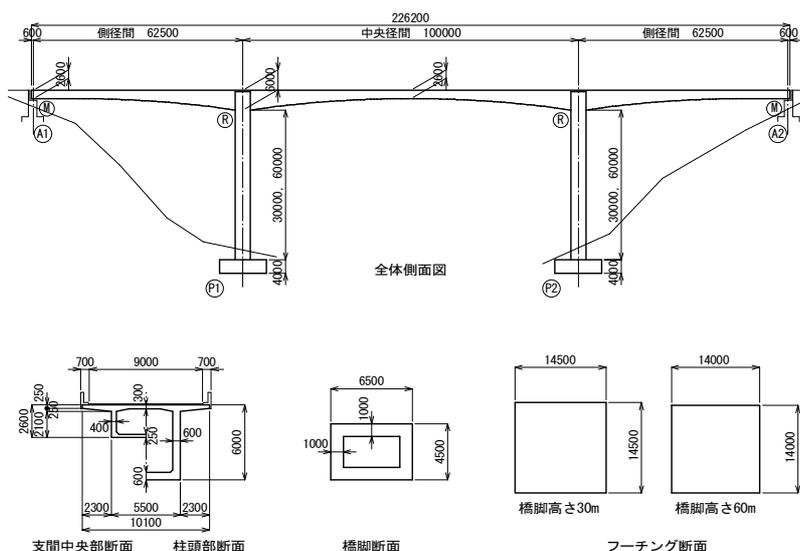


図-1 検討対象とした連続ラーメン橋

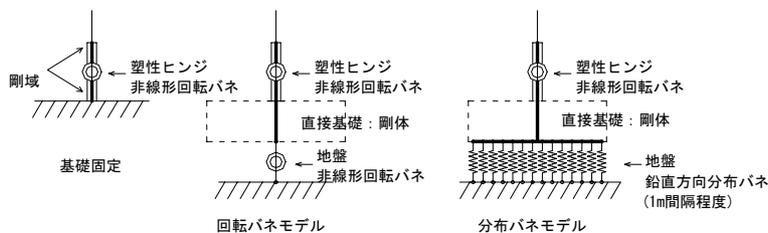


図-2 直接基礎のモデル化

キーワード：PC連続ラーメン橋、直接基礎、非線形性、プッシュオーバーアナリシス

連絡先：〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-1-1 オリエンタル建設(株) 技術部 TEL;03-3261-1176 FAX;03-3261-1139

および分布バネの非線形特性の一例を示す。ここで、地盤降伏時の地盤反力度は、道路橋示方書における常時に対する最大地盤反力度の上限値⁴⁾の3倍と仮定した。なお、非線形特性も、フーチングの根入れの無い状態を想定している。

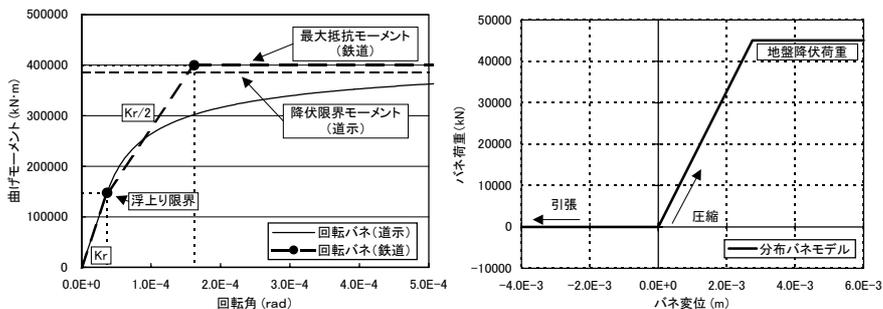


図-3 基礎地盤の非線形特性 (H=30m, 硬岩)

4. 解析結果

図-4, 5に、回転バネモデル(道示)を用いた場合の水平震度-上部構造の水平変位関係を示す。基礎を固定とした場合は、橋脚下端が降伏するまではほぼ線形な挙動を示し、橋脚上端が降伏した後に橋脚下端が終局に至る挙動を示す。一方、直接基礎の非線形性を考慮した場合には、水平震度0.4(橋脚高30m)~0.2(橋脚高60m)程度の地盤の降伏限界までは基礎を固定した場合とほぼ一致した挙動を示し、その後、橋脚下端は降伏せずに橋脚上端が降伏から終局に至る結果となった。また、橋脚高に関わらず、直接基礎の非線形性を考慮した場合には終局時の水平震度が低下している。なお、岩盤の種類(地盤反力係数および降伏時地盤反力度)による挙動の差は小さいことから、直接基礎の浮上りによる非線形性が主に耐震性に影響を与えるものと考えられる。

図-6に、回転バネ(道示)および分布バネモデルによる解析結果を比較した一例を示す。橋脚上端の終局変位に若干の差があるものの、水平震度-水平変位関係は一致していることから、分布バネモデルでは考慮できる橋脚の軸力変動の影響がごく僅かであるものと判断される。図-7に、道示モデルおよび鉄道モデルによる解析結果を比較した一例を示す。非線形特性が異なる2つの回転バネでも塑性ヒンジの降伏、終局変位および水平震度-水平変位関係は一致しており、耐震性に与える直接基礎の非線形性の影響はトリリニアモデルで十分評価できるものと考えられる。

<参考文献> 1) 道路橋示方書, 耐震設計編, 1996.12 2) 町・吉川・角本: 直接基礎の非線形性を考慮した連続ラーメン橋の耐震性に関する一検討(動的解析), 第56回年次学術講演会概要集, 2001.10 3) 角本・町・吉川: PC連続ラーメン橋の張出し施工時の耐震性能に関する一検討, 第4回保有耐力法シンポジウム論文集, 2000.12 4) 道路橋示方書, 下部構造編, 1996.12 5) 鉄道構造物等設計標準, 基礎構造物・抗土圧構造物, 1997.3

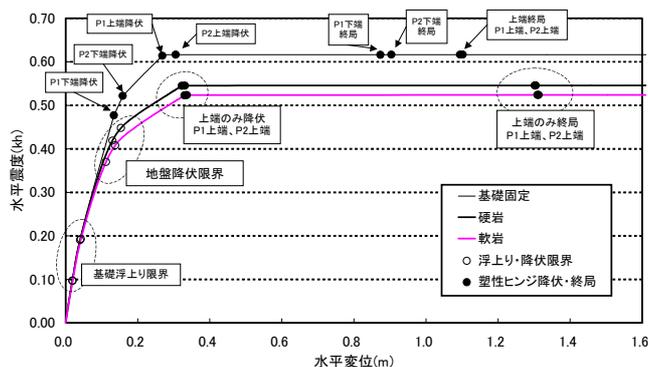


図-4 水平震度-水平変位関係 (H=30m)

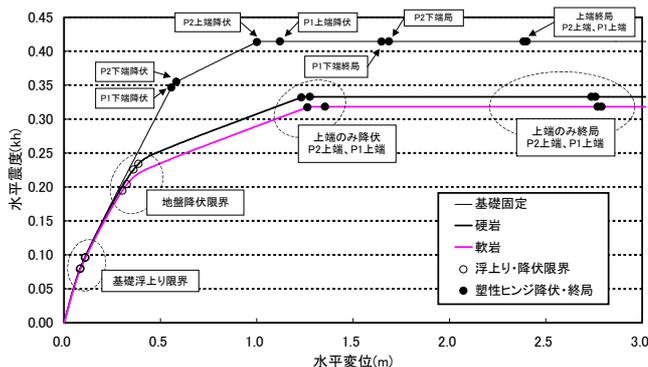


図-5 水平震度-水平変位関係 (H=60m)

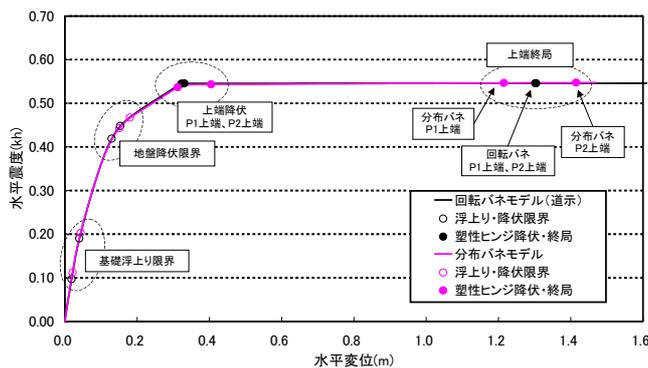


図-6 回転モデルと分布モデルの比較 (H=30m, 硬岩)

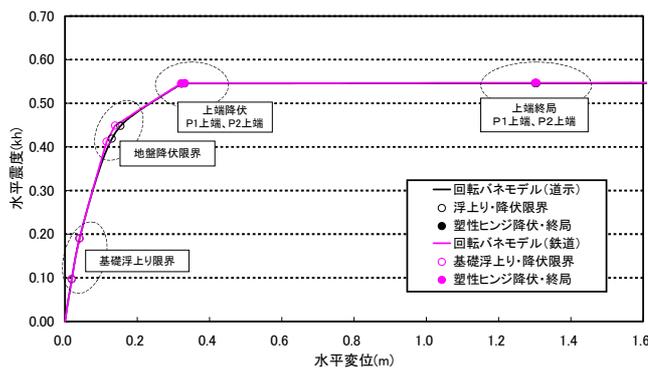


図-7 非線形特性の比較 (H=30m, 硬岩)