

軸力変動を考慮した RC ラーメン橋脚を有する免震橋の耐震設計

開発コンサルタント（株）	正会員	○高木絹華
同 上	正会員	山下幹夫
同 上	正会員	白鳥愛介

1. まえがき

ラーメン橋脚の耐震設計においては、地震時の軸力変動量が無視出来ない場合には、その軸力変動量を考慮した解析を実施する必要がある。詳細な軸力変動を考慮するためには、ファイバーモデルや NM 相関モデルのような軸力変動の影響を解析に直接反映できる方法が必要である。しかしながら、一方では、照査方法が確立された、簡易な M- ϕ モデルを用いる検討手法が求められてもいる。

そこで実務的な設計では、M- ϕ モデルを用い、死荷重時、軸力最大時と軸力最小時の 3 ケースの動的解析を行い、それぞれのケースで安全性の照査を行う簡易照査手法がよく用いられている¹⁾が、本稿は、この簡易照査手法の問題点を整理し、軸力変動を精度良く考慮し、かつ簡易的に解析出来る照査法について検討を行った結果を報告するものである。

2. 解析モデル

モデル橋梁は、図-1 及び図-3 に示すような RC ラーメン橋脚を有する 3 径間連続鋼床版箱桁橋（免震橋）である。また、対象のラーメン橋脚が、面内方向に正負交番する地震動を受ける場合、軸力と曲げ方向の関係は図-2 に示す。

3. タイプ別の M- ϕ 関係を導入

部材端部の NM 関係に着目して、NM 相関モデルを用いて詳細な解析を行い、図-3 と図-4 に示すような結果を得た。これは、部材端部の曲げモーメントが一領域から+領域に変化する時、軸力が増加するタイプ（タイプ A）と減少するタイプ（タイプ B）の 2 つに分類できる事であり、図-5 に示す模式図のような 2 タイプに整理できる。これらの 2 タイプ（A, B）の M- ϕ 関係は、それぞれ曲げモーメントと軸力変動の特性を考慮し、図-6 に示すようにモデル

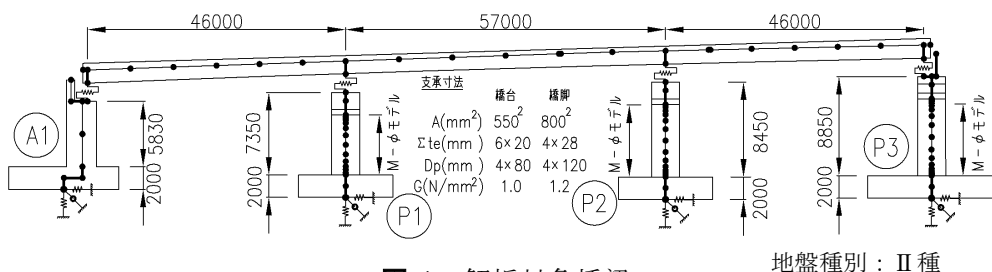


図-1 解析対象橋梁

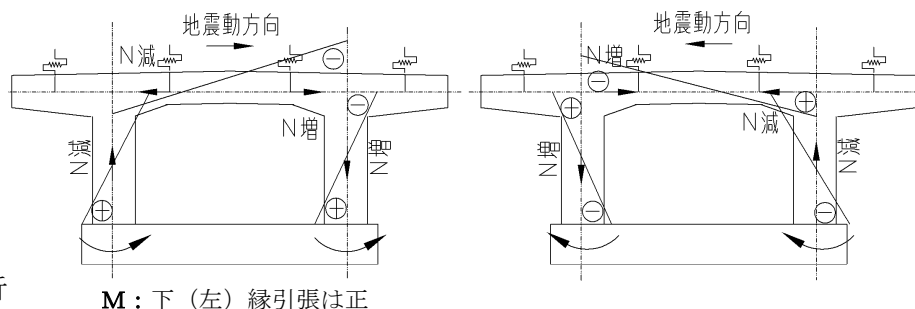


図-2 軸力・曲げ方向の変動

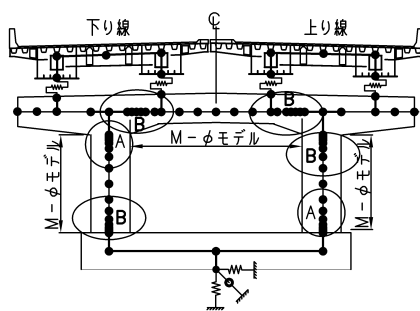


図-3 軸力の変動タイプ

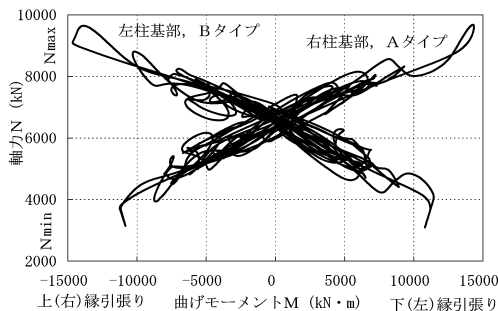
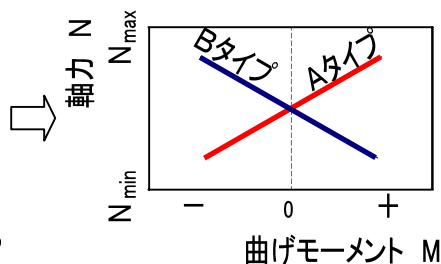
図-4 タイプ別の NM 関係
(P1, タイプ II, 波形 I)

図-5 タイプ別の NM 関係示意图

キーワード： ラーメン橋脚, 軸力変動, NM相関, 耐震設計, 免震構造

連絡先： 〒170-0005 東京都豊島区南大塚 3-20-6 TEL 03-3985-5434 Fax 03-3985-5498

化することが可能となる。
また、比較のため、簡易照査手法の3ケースの解析に用いられているM- ϕ 関係を図-7に示す。

4. 妥当性の確認

上記手法の妥当性を確認するために、下記ケースの解析を行った。

- 1) 死荷重時軸力より求めたM- ϕ を用いる動的解析
- 2) 1)で得た最大軸力より求めたM- ϕ を用いる動的解析
- 3) 1)で得た最小軸力より求めたM- ϕ を用いる動的解析
- 4) タイプ別M- ϕ を用いる動的解析
- 5) NM相関モデルによる動的解析

図-8に、各手法より算出したタイプIIの塑性率（ ϕ/ϕ_y ，上図）と応答率（ ϕ/ϕ_a ，下図）の対NM相関モデル解析値を示す。同図より、以下の傾向が見られた。

- ・ 軸力変動を無視した（死荷重時軸力）場合の塑性率は、NM相関モデルとの差が最大16%となり、軸力変動を無視できない構造であることが確認できた。
- ・ 最大軸力時と最小軸力時のM- ϕ を用いた場合の塑性率は、すべての断面照査位置においても、それぞれにNM相関モデルによる結果の両側にあるが、照査に用いる応答率は、NM相関モデルによる結果の下方の片側にある場合もあり、従来用いられている簡易照査法では安全側の照査手法とは言えないことが判明した。
- ・ タイプ別M- ϕ を用いた場合、塑性率と応答率ともNM相関モデルとの差が6%以内となり、履歴等についても大差のない事が確認でき（図-9）、従来の簡易照査法に比べて精度の高い手法であることが明らかになった。

5. まとめ

RCラーメン橋脚を有する免震橋を対象に、軸力の変動特性を基にタイプ別のM- ϕ 関係を導入することで、一般的なM- ϕ モデルによっても、実用上十分な精度で軸力変動の影響を考慮できることが判明した。今後、塑性変形が大きな橋梁についても同様な検討を行い、この手法の妥当性を検証する予定である。

【参考文献】1) (社) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料—PCラーメン橋・RCアーチ橋・PC斜張橋・地中連続壁基礎・深礎基礎等の耐震設計計算例—、平成10年1月 2) 熊木 幸，矢部正明：軸力変動を考慮したラーメン系柱部の簡易照査（概略的な検討段階における照査）に関する検討，第6回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2003.1.

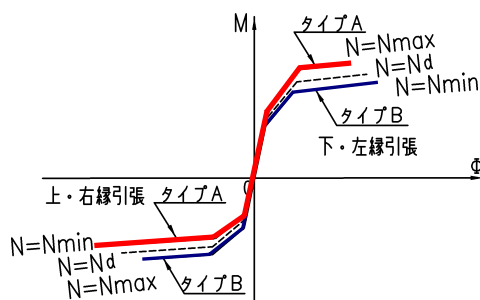


図-6 タイプ別のM- ϕ 関係

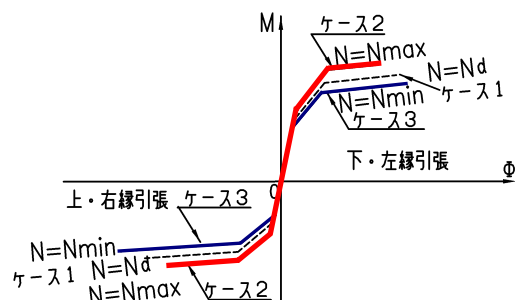


図-7 簡易照査手法に用いるM- ϕ 関係

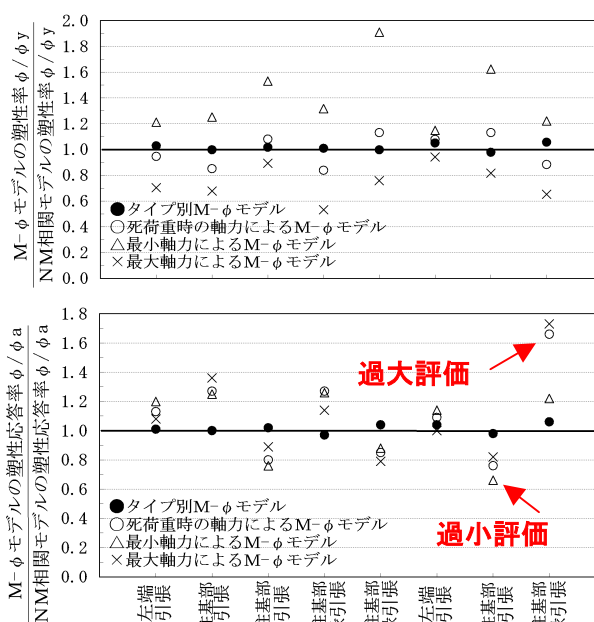


図-8 塑性率についての各設計手法の比較

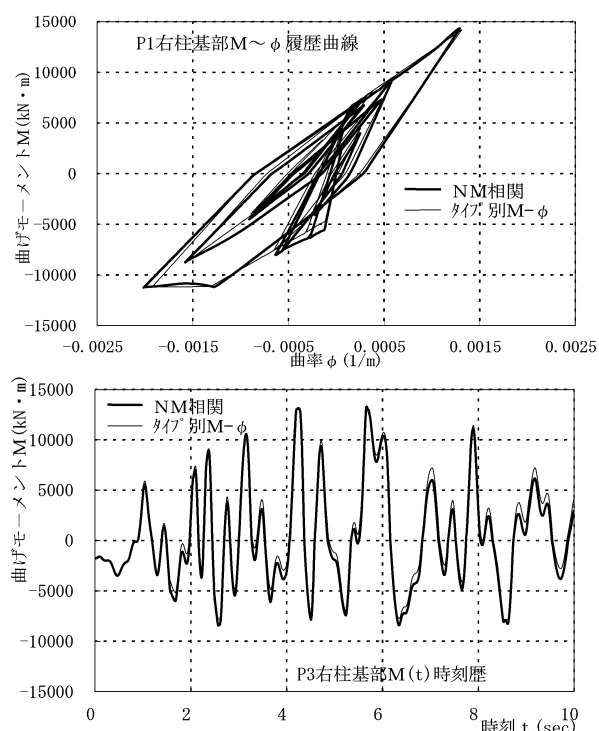


図-9 橋脚柱基部M- ϕ 履歴及びM(t)時刻歴の比較（タイプII、波形I）