

2層式鋼製ラーメン橋脚における充填コンクリートが軸力変動に与える影響について

中央コンサルタンツ（株） 正会員 ○野田勝哉
中央コンサルタンツ（株） 正会員 菅 勝司

1. はじめに

ラーメン橋脚の橋軸直角方向地震時には、上部工の死荷重に相当する軸圧縮力に加えて、水平慣性力の変動に伴う軸力が増減しながら柱部材に作用する。このため、柱部材の降伏曲げモーメントが随時変化し、その挙動が非常に複雑となる。しかし、この軸力変動に対して研究された事例は少ないと思われる。

本研究では、円柱断面を有する2層式鋼製ラーメン橋脚を対象として、軸力変動が耐震性能に与える影響を定量化する研究の一環として、充填コンクリートの影響が軸力変動に与える影響について検討を行ったので、その概要を報告する。

2. 動的応答解析

2-1. 解析モデル

本研究では、震度法にて断面決定された基本モデルに対して、図-1に示すように a)無充填モデル、b)部分充填モデル（1/3 充填）、c)全充填モデルの3種類について

■解析1：軸力変動によるM- ϕ 関係の変化を「考慮しない」場合

■解析2：軸力変動によるM- ϕ 関係の変化を「考慮した」場合

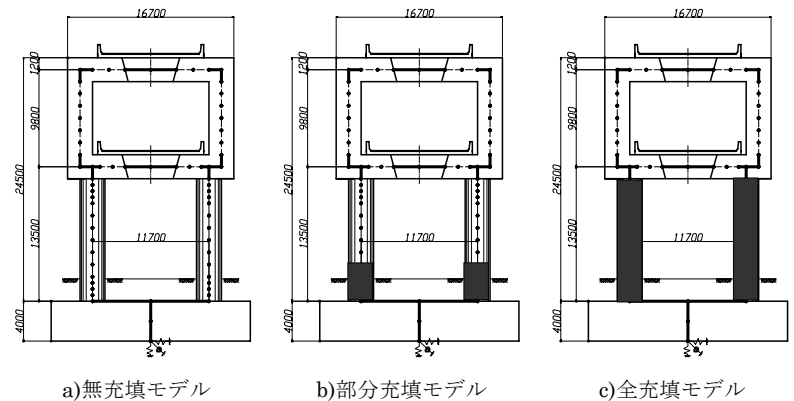


図-1 解析モデル

の解析を行った。この際、個々のモデルに対して、応答塑性率の違いによる影響を把握するために、下層柱の板厚を種々変化させた解析を行うこととした。表-1に本研究で行った解析ケース一覧を示す。

2-2. 復元力特性

下層柱は全て非線形部材とし、M- ϕ 関係に基づくバイリニアモデルとした。上層柱、上・下層の横梁は線形部材、隅角部および上部工との結合部は剛域とした。なお、横梁中央には、上部工の質量とともに上部工断面の回転慣性を考慮した。M- ϕ 関係の算出方法は、コンクリート充填断面については道路橋示方書¹⁾に準じて算出した。コンクリート無充填断面については、道路橋示方書に規定がないため、公称降伏点より求まる降伏ひずみ ϵ_y と文献²⁾に示されている部材セグメントとしての終局ひずみ ϵ_u を用いて算出した。なお、この際の鋼材の応力-ひずみ関係は1/100のひずみ硬化を考慮した。上記仮定のもと、「解析1」については初期軸力時のM- ϕ 関係を一定としたバイリニアモデルとして、「解析2」については軸力変動バイリニアモデルとして解析を行った。

2-3. 解析手法

本研究で用いた解析手法は、非線形時刻歴応答解析（橋軸直角方向）であり、入力地震動は振幅補正標準波形タイプII（III-1）とした。積分方法はNewmark β 法（ $\beta=0.25$ ）を用い、積分間隔は0.002secとした。減衰については剛性比例減衰を用いることとし、剛性変化に伴う剛性比例減衰行列の組替えを行った。

表-1 解析ケース一覧

解析ケース	充填コンクリート	下層柱 $\phi 2500$ $\times t$ (mm)	軸力比 N_0/N_y	径厚比 R_t
CASE-1	無充填モデル	24	0.124	0.151
*CASE-2		28	0.106	0.129
CASE-3		32	0.093	0.113
CASE-4		36	0.083	0.100
CASE-5		40	0.075	0.090
CASE-6		44	0.068	0.082
*CASE-8	部分充填モデル	24	0.132	0.151
CASE-9		28	0.114	0.129
CASE-10		32	0.100	0.113
CASE-11	全充填モデル	36	0.089	0.100
CASE-12		20	0.174	0.182
*CASE-13		24	0.145	0.151
CASE-14		28	0.124	0.129
CASE-15		32	0.109	0.113
		36	0.097	0.100

*は基本モデル（震度法により断面決定）を示す。
材質は全て SM490Y
 N_0 :初期軸力、 N_y :降伏軸力、 R_t :径厚比

キーワード：鋼製ラーメン橋脚、軸力変動、動的解析、充填コンクリート

〒060-0034 北海道札幌市中央区北4条東1丁目2-3 Tel.011-233-2541 Fax.011-233-2542

3. 解析結果

基本モデルにおける解析結果として、柱基部のM- ϕ 図を図-2に示す。この結果から、無充填モデルについては「解析1」と「解析2」の応答曲率はほぼ同等であり、軸力変動の影響が比較的小さいことがわかる。しかし、充填モデルの場合は、「解析2」の応答曲率が「解析1」を上回る結果となり、軸力変動の影響が大きいことがわかった。なお、全充填モデルと部分充填モデルの違いはほとんど見られない結果となった。

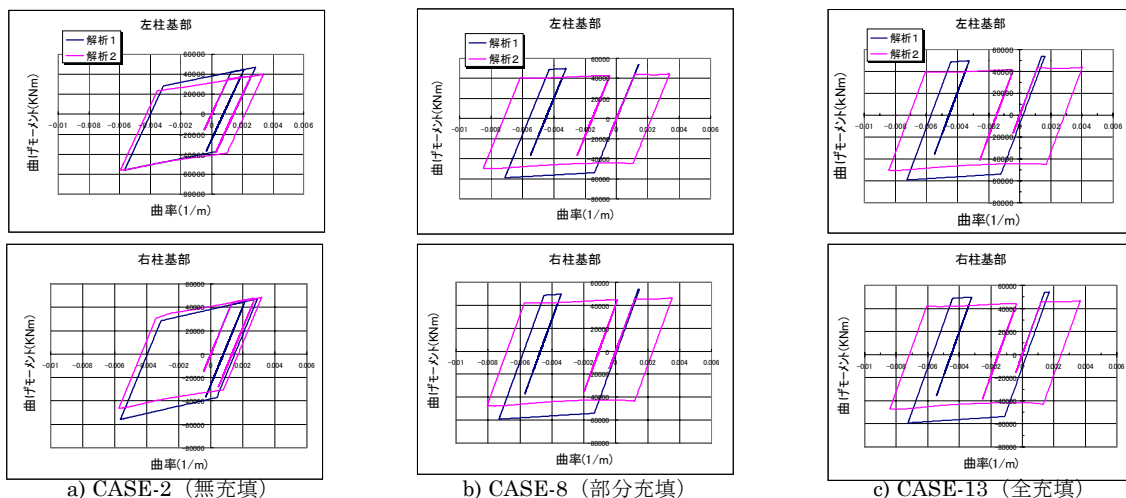


図-2 M- ϕ 図（基本モデル）

次に、下層柱の板厚を種々変化させた場合の解析結果として、「解析1」の応答塑性率 ϕ_r / ϕ_{y0} を横軸に、「解析2」と「解析1」の応答局率の比率 ϕ_{rm} / ϕ_r を縦軸にとったグラフを図-3に示す。なお、グラフ中の応答曲率の記号は、 ϕ_r ：「解析1」における応答曲率、 ϕ_{rm} ：「解析2」における応答曲率、 ϕ_{y0} ：初期軸力時の降伏曲率である。

この結果から、軸力変動の影響を考慮した「解析2」の方が応答曲率は大きい傾向となった。しかし、その傾向は一律でなく、応答塑性率が小さなものほど大きく、また充填モデルの方が軸力変動の影響を大きく受けていることがわかった。なお、全充填モデルと部分充填モデルの違いはほとんど見られない結果となった。少ない解析結果ではあるが、無充填モデルでは応答塑性率4以下、部分充填モデルおよび全充填モデルでは6以下で軸力変動の影響が顕著に現れる。ただし、これを超える応答塑性率の場合は、軸力変動の影響が比較的小さく、軸力変動の影響を無視できる可能性がある。

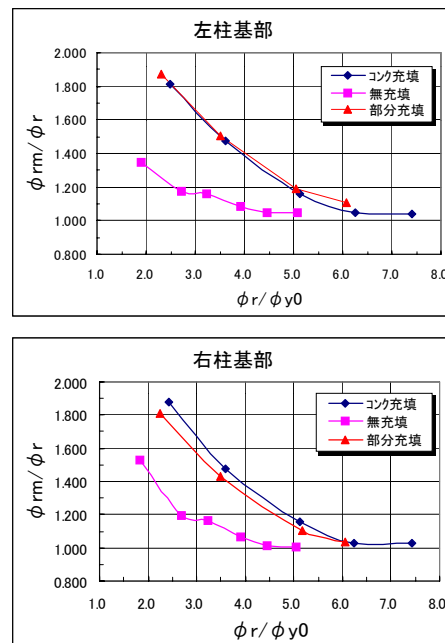


図-3 「解析1」と「解析2」の応答値比較

4. まとめ

- 1) 柱部材にコンクリートを充填したモデルは、無充填モデルよりも軸力変動の影響を大きく受ける。この傾向は、全充填モデルと部分充填モデルとの違いは見られない。
- 2) 軸力変動の影響は、応答塑性率が小さなものほど大きい。本研究での解析結果では、無充填モデルでは応答塑性率4以下、全充填および部分充填モデルでは6以下で軸力変動の影響が顕著に現れる。
- 3) ただし、これを超える応答塑性率の場合は、軸力変動を無視できる可能性がある。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、1996。
- 2) 鄭沂、葛漢彬、宇佐美勉：鋼構造物の強度と変形能の統一的評価法、第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp25-32, 2000。