

PCラーメン橋の設計の合理化に関する検討

中央コンサルタント 正会員 杉辰雄 久保田展隆 千代田コンサルタント 正会員 橋本晃
構造計画研究所 正会員 荒木秀朗

1. はじめに

PCラーメン橋の設計手法は、静的解析の地震時保有水平耐力法の設計を行いその後、動的解析により照査を行う場合、合理的な断面を決定するまでに多くの時間を要しているのが現状である。

今回の検討内容は、3径間連続PCラーメン橋を例に取り（橋長：226.2m、支間割り：62.5+100+62.5m、有効幅員：9.0m）、橋脚の断面形状、鉄筋およびコンクリートの材料強度、上部構造の部材特性（線形および非線形）の違いによる橋脚の上下端部における地震時の応答回転角、塑性率、応答変位、降伏震度等を算出し、設計における合理化の可能性について検討した。橋脚の高さは、30mを標準としたが、橋梁全体の固有周期の影響度を把握するために20m、40m、45m、60mについても検討した。

解析手法は、非線形静的解析法（プッシュオーバー解析）および非線形動的解析法（時刻歴応答解析）により解析とした。これらの結果を基に非線形静的解析法から非線形動的解析法の応答を推定する設計の合理化の提案を行った。対象地域はA地域、地盤条件は種地盤とした。

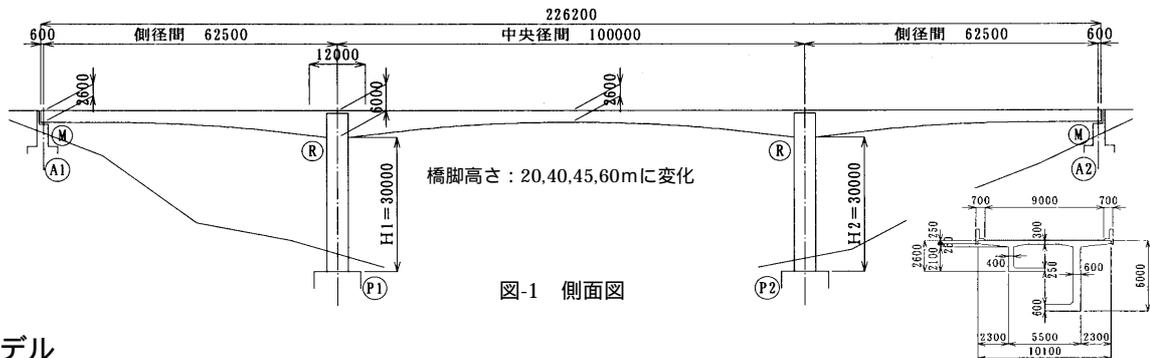


図-1 側面図

2. 解析モデル

解析モデルは上下部構造一体の多質点系のモデルとした。上部構造の部材特性は、図-2に示す全断面有効の線形はり要素モデルおよび最大点指向型の非線形はり要素モデルの2ケースとした。なお、初期断面力に施工時断面力を考慮した。下部構造については図-3に示すように、橋脚の一般部材に対しては非線形はり要素モデル（M-φ）とし、橋脚の上下端部については非線形回転バネモデル（M-φ）とした。

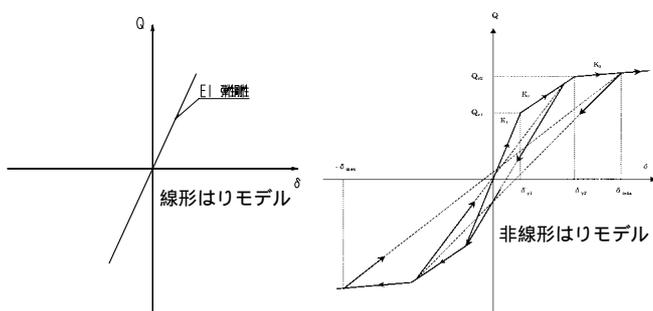


図-2 上部工モデル

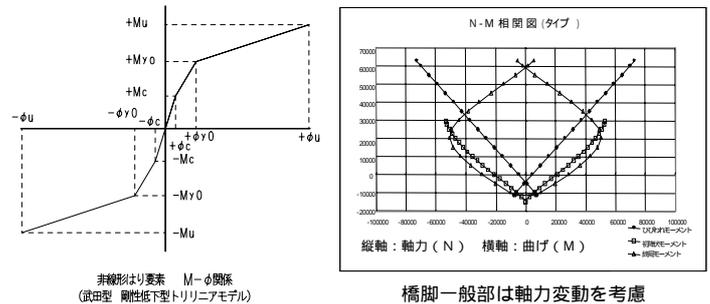


図-3 下部工モデル

3. 解析ケース

解析は図-4に示す標準橋脚断面（BグループB-1-1：高さ30m 断面形状、4.5m×6.5m）に対して、橋軸方向、直角方向とも50cm小さくした場合（Aグループ）と50cm大きくした場合（Cグループ）に対してコンクリート強度（ $f_{ck} = 24, 30, 40 \text{ N/mm}^2$ ）、鉄筋強度（SD345, SD390）鉄筋径、橋脚高さを変化させた（D32, D51）合計36ケースについて検討した。

キーワード：減衰定数、塑性ヒンジ、降伏震度、等価固有周期、応答塑性率

連絡先：〒810-0062 福岡市中央区荒戸1丁目1番6号 Tel 092-722-2541 Fax 092-721-0893

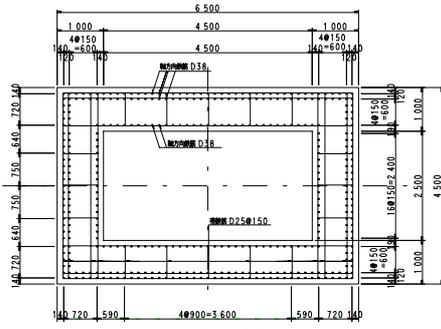


図-4 標準橋脚断面 B

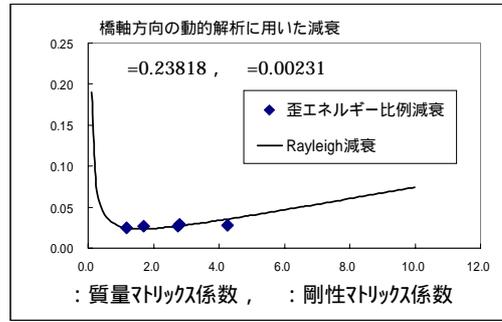


図-5 減衰定数

縦軸：減衰定数
横軸：振動数 (Hz)

4. 減衰定数

Rayleigh 減衰と歪エネルギー比例減衰を検討した結果を図-5 に示す. これにより両者に大差がないため減衰定数は前者を使用した.

5. 非線形静的解析および非線形動的解析

非線形静的解析はタイプ , タイプ の地震動に対して水平震度を漸増载荷させるプッシュオーバー解析により行った. 解析結果の一部を図-6 に示す. 非線形動的解析は道路橋の耐震設計に関する資料の時刻歴応答解析に用いる標準地震波タイプ , の各3波に対して行った. 数値積分法は Newmark 法 ($\gamma = 0.25$) とし数値積分時間は $t = 0.001$ 秒とした. 解析結果の一部を図-7 に示す.

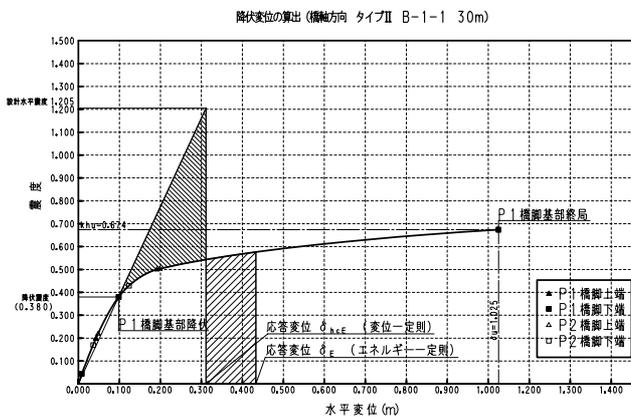


図-6 震度 - 水平変位の関係図 (タイプ II)

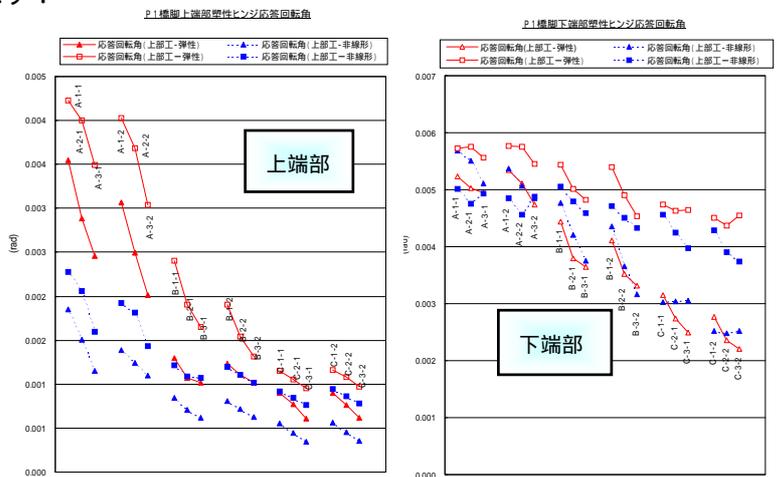


図-7 P1 橋脚上下端部塑性ヒンジ応答回転角

6. 設計の合理化

5. 項で求めた等価固有周期 (T_{eq}), 降伏震度 (K_{hy}) と動的解析で求められる応答塑性率 (μ) を図-8, 9 の関係より今回検討した 3 径間連続 P C ラーメン橋の場合, 静的解析の T_{eq} , K_{hy} より動的解析から求められる応答塑性率 (μ) を推測することが可能である (図-10).

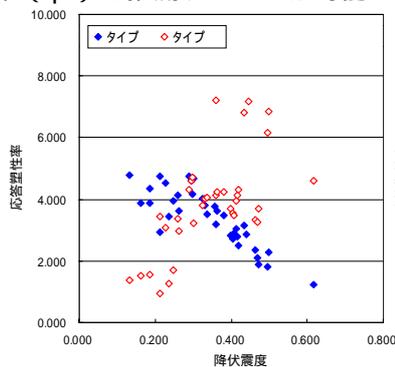


図-8 降伏震度 - 応答塑性率

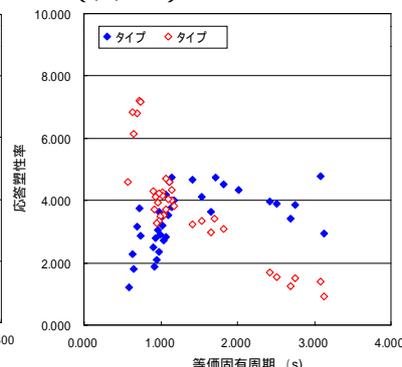


図-9 等価固有周期 - 応答塑性率

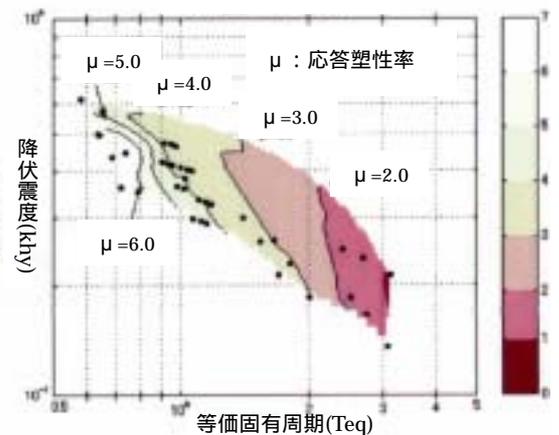


図-10 T_{eq} - K_{hy} - μ の関係図 (タイプ II)

7. まとめ

- ・ 橋脚の上下端部の応答回転角は, 上部構造モデルが非線形はりの場合, 線形はりに比べ応答値が小さい.
- ・ 非線形静的解析より算出した等価固有周期, 降伏震度より非線形動的解析から得られる応答塑性率の推測が可能である. なお, この論文は九州橋梁・構造工学研究会 (KABSE) の研究分科会 (橋梁の耐震性を考慮した設計・施工の合理化) において研究した報告の一部である.