

I-B 263 水平地震動を受けるラーメン橋面内の耐力照査

大日本コンサルタント 正会員 三浦 聡
 日本道路公団 和田 信良
 日本道路公団 正会員 湯川 保之
 日本道路公団 正会員 松田 哲夫

1. まえがき

一般にラーメン構造物は、高い耐荷力が期待される耐震性に優れた構造系との認識がある。このため例えば道路橋示方書・耐震設計編では、ラーメン構造を地震時保有水平耐力照査の適用対象から除外している¹⁾。

しかし阪神・淡路大震災の教訓が示唆するように、大規模地震動に対する高架橋の耐震安全性の確認は重要と思われる。本文では多径間連続ラーメン橋面内について、地震時水平耐力の簡易計算手法を提案し、この手法と非線形時刻歴地震応答解析法による数値解析結果との比較検証の概要を報告する。

2. 地震時水平耐力の簡易解析手法

ラーメン橋面内に関する簡易解析手法は、道路橋示方書・耐震設計編に示されている鉄筋コンクリート橋脚地震時保有水平耐力の照査手法に準じた手法で行う。その解析の手順を図-1に示す。

まずラーメン橋を骨組みモデルに置換し、梁部に作用させた水平静荷重を漸増させながら荷重Pと水平変位 δ との関係を表す弾塑性P- δ 曲線を作成し、各橋脚上下端部位置でのひび割れ、降伏、終局状態の形成順序をプロットする(図-2)。なお本文では、部材の非線形性は橋脚部のみを対象とし、トライリニア形弾塑性履歴特性を考慮した。各部材のひび割れ状態、降伏状態、終局状態の定義と解析法は道路橋示方書・耐震設計編と復旧仕様²⁾によった。

次に、橋脚剛性をひび割れ状態を無視した降伏剛性に置換させたラーメン骨組み構造系に対し、応答スペクトル法による弾性応答解析を行い、各橋脚上部の弾性応答せん断力の総和と水平変位応答を算出する。この後、図-3で示すNewmarkのエネルギー一定則に基づいて弾性応答から弾塑性応答を推定し、弾塑性P- δ 曲線上にプロットした塑性応答と耐力との関係を照査し安全性を確認する。

ラーメン橋面内に関する保有水平耐力の設定については現在のところ明確な規定が存在しない。そこで、ラーメン橋面内の終局状態を全橋脚の上下端部が終局状態に至った時点と定義し、鉄筋コンクリート橋脚保有水平耐力に準じた次の評価式を考えた。

$$P_a = P_y + \frac{P_u - P_y}{1.5}, \quad \delta_a = \delta_y + \frac{\delta_u - \delta_y}{1.5} \quad (1)$$

ここに P_a 、 P_y 、 P_u はそれぞれ保有水平耐力、降伏

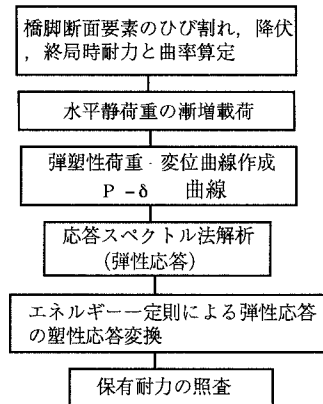


図-1 解析の手順

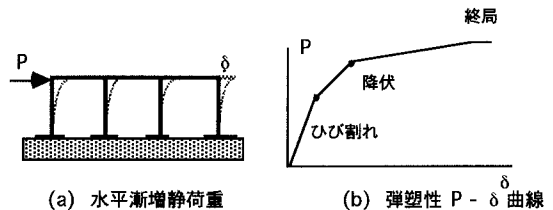


図-2 荷重増荷と弾塑性 P- δ 曲線

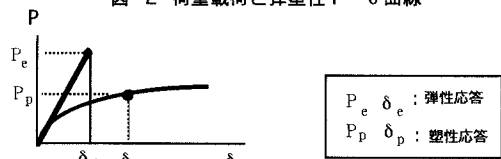


図-3 エネルギー一定則による弾性応答の塑性応答変換

水平耐力，終局水平耐力を、 δ_a ， δ_y ， δ_u は許容変位，降伏変位，終局変位を表わす。また降伏耐力は弾性応答と、弾塑性P- δ 曲線との交点を考えた。

曲げ破壊先行型の照査は、曲げ保有耐力時のせん断力が橋脚せん断耐力以下となることで確認した。

以上の解析手法を検証するため、非線形時刻歴地震応答解析結果との比較を行う。ここでは、部材の非線形性は橋脚部のみを対象とし、曲げ剛性低下型武田履歴モデルを使用した。

3. 数値解析例

数値解析は、図-4の3径間連続PCラーメン橋を対象とした。また解析で使用する地震動は、兵庫県南部地震動J R鷹取駅観測加速度波(N-S成分)の高松基盤引き戻し波とした。(図-5)

基礎部は杭基礎であるが、これを等価な線形の水平バネと回転バネに置換してモデル化した。また構造減衰として、上部構造，下部構造，基礎構造それぞれ5%,2%,20%を考えた。

図-6は、水平静荷重の漸増荷重で求めた弾塑性P- δ 曲線であり、図中にP₂，P₃橋脚上下端部位置でのひび割れ，降伏，終局状態の形成順序を示す。

また応答スペクトル法により求めた各橋脚上部の弾性応答せん断力の総和P_eと水平変位応答 δ_e 、さらにエネルギー一定則に基づく塑性応答推定値P_p， δ_p を、曲線上にプロット示した。ここで、P_a， δ_a はそれぞれ保有水平耐力，許容変位である。

さらに、図中に非線形時刻歴地震応答解析より求めた各橋脚上部の応答せん断力の総和P_dと、水平変位応答 δ_d を示した。この図から時刻歴地震応答解析結果と提案した簡易解析手法との関係が分かる。

4. まとめ

多径間連続ラーメン橋面内について、地震時水平耐力の簡易計算手法を提案し、数値解析結果から時刻歴地震応答解析が簡易解析手法を下回る結果となり概ね有効な解析手法であることが分かった。

提案した簡易照査法の特徴は、ラーメン橋全体構造の弾塑性荷重-変位曲線の作成にあるが、この手法では非線形解析を必要とする点に難点がある。今後は、設計レベルで容易に解析可能となる手法についても検討を加えたい。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・耐震設計編，pp.65，平成2年2月。
- 2) (社)日本道路協会：兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様，平成7年2月。

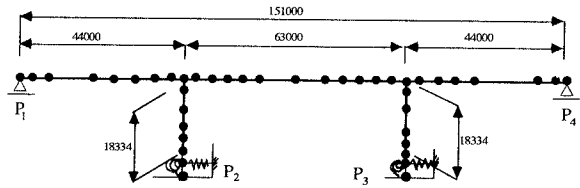


図-4 解析モデル

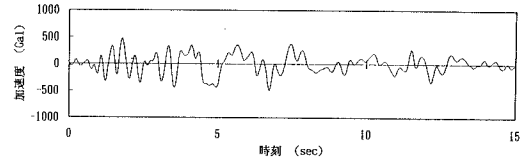


図-5 模擬地震加速度波（高松基盤引き戻し波）

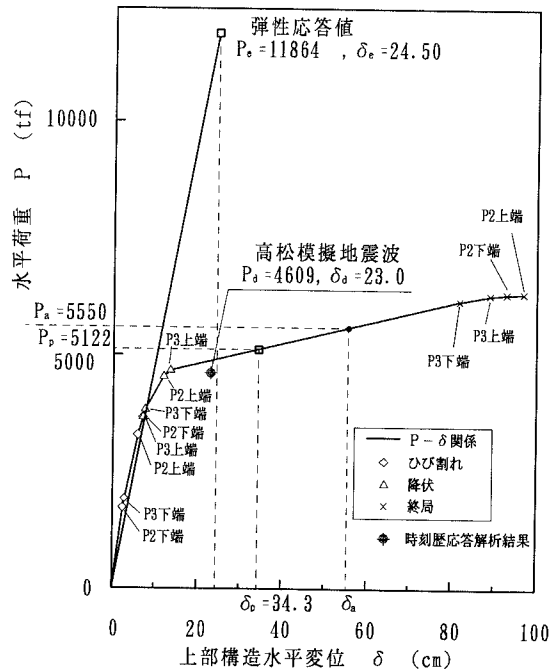


図-6 弾塑性 P - δ 曲線