

I-478 コンクリート斜張橋の地震時弾塑性応答解析（その1）

（株）錢高組 技術研究所 正会員 水取 和幸

（株）錢高組 土木本部PC部 正会員 山花 豊

1. まえがき

コンクリート構造物に対する設計法が許容応力度設計から限界状態設計法に移行するにともない、コンクリート橋梁の耐震設計についても塑性領域での挙動も含めた弾塑性応答解析が必要とされるようになってきた。本報告は、コンクリート橋梁のなかでも複雑な振動特性を有する斜張橋に着目し、その弾塑性振動性状について解析的に検討したものである。以下にその概要について報告する。

2. 弾塑性応答解析

(1) 解析モデル

本解析では橋長 201.5m、桁高 1.8m（標準部）主塔高 50.0m 橋脚高 32.0mとなるコンクリート斜張橋を対象とし、その解析モデルを図-1に示すような平面骨組モデルとした。支持条件は橋脚下端は固定で、桁端部はピンローラーとした。各部材は梁要素によりモデル化しているが、斜材のみはトラス要素を用いた。

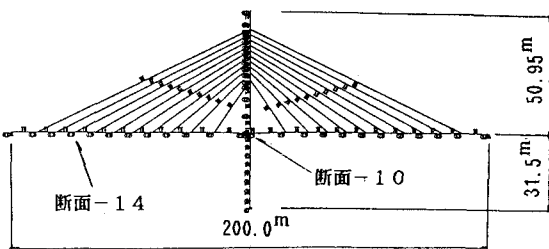


図-1 解析モデル

(2) コンクリート部材の弾塑性モデル

コンクリート部材の曲げモーメント-曲率関係は図-2に示す Degrading Tri-Linear モデルを用いた。各部材のコンクリートひび割れ発生時と引張鉄筋降伏時M, ϕ の値は次のようにして求めた。

①ひび割れ発生時

$$Mc = W (\sigma_{bt} + N/A) \phi_c = M_c / EcI \quad \sigma_{bt} = 1.8 \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (1)$$

ここに、N: 軸力、 σ_{ck} , Ec: コンクリートの圧縮強度、ヤング係数

W, I, A: 断面係数、断面二次モーメント、断面積

②鉄筋降伏時

図-2に示すコンクリート、鉄筋の応力ひずみ関係より鉄筋が降伏する時のM, ϕ を算出した。

(3) 解析手法

$$[m]\{u\} + [c]\{\dot{u}\} + [k]\{u\} = \{F\} + \{f\} \quad (2)$$

各部材は材端剛塑性バネモデルにより組み立て、材端バネの剛性変化により非線形性を考慮している。

解析は(2)式に示す運動方程式に基づき、ニューマークβ法（ $\beta=1/4$ ）による直接積分法により行なっている。式中、減衰マトリックスはレーリー型減衰として作成し、非線形領域における剛性変化に依存する瞬間剛性比例型としている $\{f\}$ は非線形領域で生じる不釣り合い力を次ステップで処理する外力ベクトルである。

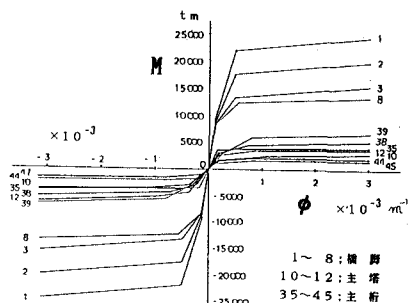
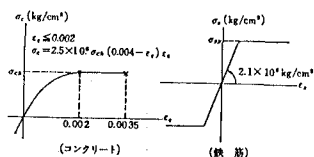
図-2 M- ϕ 関係

図-3 材料特性

（4）入力地震波

エルセントロ(N-S)成分を用い、鉛直方向最大加速度250gal, 水平方向最大加速度500galの同時入力とした。

3. 解析結果

図-4に固有値解析の結果を示す。本解析モデルの1次固有周期が $T=2.1\text{sec}$ となっており、長周期の構造であることがわかる。図-5、図-6に応答変位と最大応答曲げモーメントについて弾性解析と弾塑性解析の比較を示す。これによると弾塑性解析では部材の塑性化により剛性が低下するため、弾性解析に比べて最大固有周期が $T=3.0\text{sec}$ に伸びるとともに、応答変位も大きくなっている。また、最大応答曲げ

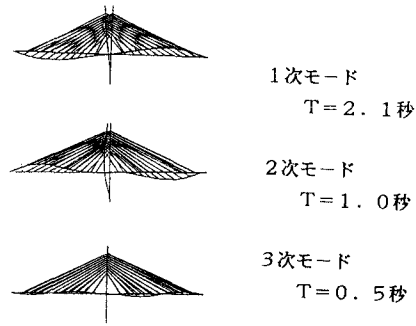


図-4 変形モード図

モーメントについては桁部材で弾性解析の1/2程度に低下することがわかる。

本解析での塑性化の進展は次の通りである。

〈ひび割れ〉 脚下端→桁→脚上部
→塔下部→塔中部→脚中部
〈鉄筋降伏〉 桁→脚下端→塔下端
→塔中部

図-7に塑性化状況を示す。

弾性解析ではほとんどの部材が鉄筋降伏に達しているが、弾塑性解析では一部が降伏するもののひび割れの発生に止まっている。

4. あとがき

コンクリート斜張橋のようなフレキシブルな構造物の耐震設計では通常の強度設計とは異なり、破壊時の変形と靱性の評価が必要とされる。

本解析によりコンクリート斜張橋の基本的な弾塑性性状を把握することができた。今後は、耐震設計上の各種のパラメータの影響について検討していきたい。

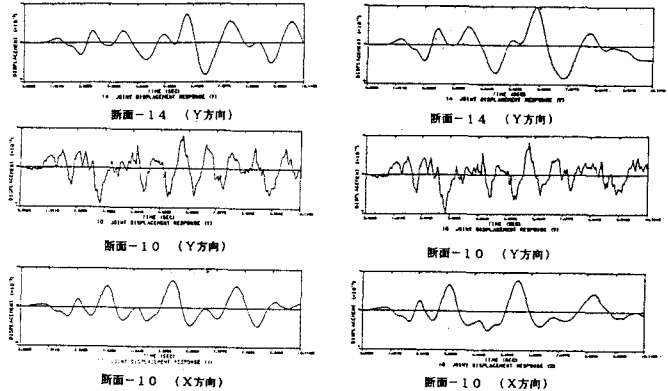


図-5 応答変位図

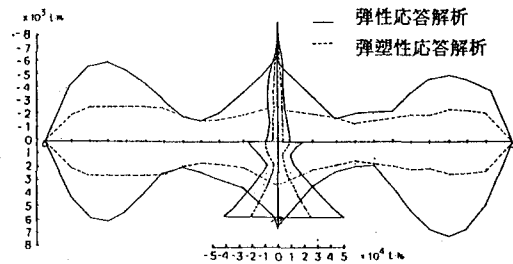


図-6 最大応答曲げモーメント図

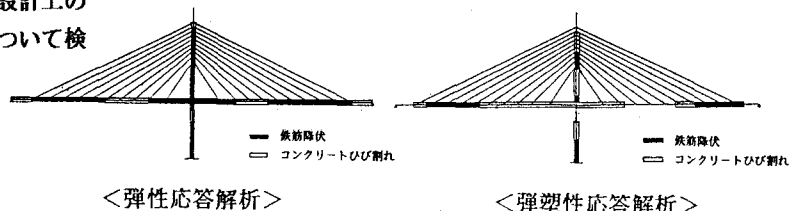


図-7 塑性化状況図