

I - A 308

内外ケーブル併用 P R C 3 径間連続ラーメン橋の設計

（株）錢高組	土木本部	正会員	秋山	博
日本道路公団	四国支社	正会員	築山	有二
（株）錢高組	土木本部	正会員	梅枝	寿臣
（株）錢高組	土木本部	正会員	友近	宏治

1. まえがき

松山自動車道龍王橋は、上下線よりなる橋長 110m の P R C 3 径間連続ラーメン橋である（図-1）。本橋は、①主桁自重軽減のため内外ケーブルを併用した P R C 構造であること②既設国道に対する建築限界から P_2 橋脚が部材寸法の制約を受けるため、 P_2 橋脚を可動とし、 P_1 橋脚のみを固定とした 1 点固定型ラーメン橋であることに特徴を有する。本報告では、外ケーブル定着部の設計および耐震設計について述べる。

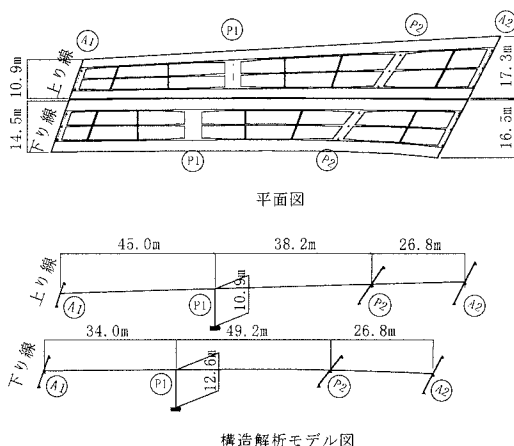


図-1 松山自動車道龍王橋

2. 外ケーブル定着横桁の設計

外ケーブル定着部の設計では、想定する荷重レベルに合わせて解析モデルを設定し、検討を行った。

設計荷重時の検討では、斜角（ $50^\circ \sim 70^\circ$ ）やマンホールによる部材欠損の影響を考慮するため、3次元有限要素解析により解析し、シャイベの理論に基づいて補強鋼材量を求めた。

終局荷重時では、外ケーブルの破断強度に対してス

トラットアンドタイモデルを用いて検討を行った。以下、下り線の A_1 横桁に関して行った有限要素解析による検討結果を示す。

橋軸方向プレストレス：鈍角部にややプレストレスが偏る傾向みられたが、概ね均等な伝達が確認された。

鉛直方向曲げ引張応力度：横桁を上・下床版およびウェブで支持された 2 方向スラブと考えた場合の主支間方向となるため、最大で 2.23MPa と大きな値を示した。

橋軸直角方向曲げ応力度：マンホールの影響、外ケーブル定着位置がウェブに近いことおよび 2 方向スラブとした場合の主支間方向でないことなどのため、最大引張応力度は 1.12MPa と小さな値を示した。

せん断応力度：最大で 0.53 MPa と小さな値であった。



図-2 鉛直方向曲げ応力度分布図

これらの結果から求めた主応力に対し、補強鉄筋を配置した。

3. 耐震設計

耐震設計では、静的非線形解析を用いた地震時保有水平耐力法により検討を行った。この際、橋脚部材の非線形特性のモデル化において、①「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」に準拠したモデル（以下、「復旧仕様」モデル）と②現行の道路橋示方書 V（耐震設計編）および日本道路公団設計要領第二集に準拠したモデル（以下、「道示 V」モデル）との比較を行った。

地震時保有水平耐力法における、「復旧仕様」と「道

キーワード：外ケーブル、地震時保有水平耐力法、塑性ヒンジ、斜角、P R C 構造

連絡先：〒102-8678 東京都千代田区一番町 31 番地 Tel:03-5210-2325 Fax:03-5210-2352

示V」の主な相違点を以下に示す。

- ①非線形特性のモデル化（図-3、4）
- ②コンクリートの応力ひずみ曲線
- ③荷重-変位曲線
- ④許容塑性率

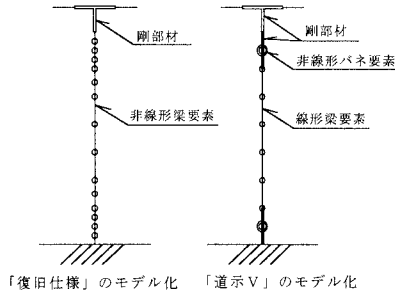


図-3 橋脚部材のモデル化比較

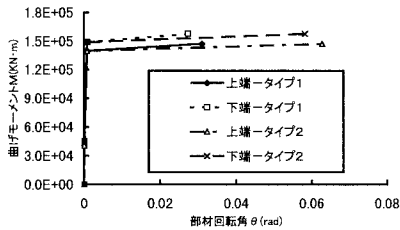


図-4 塑性ヒンジのM-θ曲線(上り線)
(「道示V」モデル)

「復旧仕様」モデルにおける非線形特性のモデル化では、橋脚部材の非線形特性のみにより表現し、上部工は線形部材とした。

一方、「道示V」モデルでは、橋脚高が比較的低いため、橋脚の非線形性は塑性ヒンジをモデル化した非線形回転バネ（図-4）のみにより表現し、その他の橋脚部材は線形部材とした。また、「道示V」モデルでは上部工の変位が増大し、上部工を線形範囲にとどめることが困難なことから上部工を非線形部材として解析を行った。このとき、地震時の外ケーブルの張力増加については、全橋にわたる幾何学的挙動を考慮すると支点部での仮想ひずみが交番するなど、張力増加が期待できないことから無視することとした。

解析の結果、タイプ1の地震動（海洋プレート境界型地震）については、上下部工とも弾性範囲内で十分な耐震性能を有することが分かった。

一方、タイプ2の地震動（内陸直下型地震）については、表-1および図-5のような終局時の水平震度および終局変位が得られた。これらの結果から、塑性

ヒンジのスリップを考慮した非線形バネを用いた「道示V」モデルは、「復旧仕様」モデルと比較してエネルギー吸収能がかなり大きいことが分かった。

また、下部工降伏後、水平変位とともに増大する上部工の応答断面力に対して所定の耐震性能を満足するように鉄筋補強を行った。

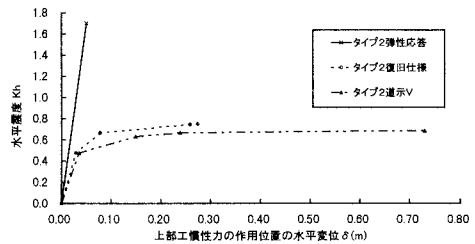


図-5 水平震度-水平変位関係(上り線 タイプ2(A1<-A2))

表-1 解析結果（上り線タイプ2（A1<-A2））

	弾性応答	復旧仕様	道示V
終局水平震度	1.70	0.75	0.69
終局変位(mm)	50.7	274.1	729.7
塑性率	—	9.27	20.33
γ	—	4.03	10.70

注) γ: 耐震性能の安全率 (γ = 吸収能/弾性応答吸収能)

4. まとめ

外ケーブルの定着横桁の検計では、鈍角部にややプレストレスが集中する傾向が見られたものの、顕著な斜角の影響は見られなかった。これは、主に橋軸方向とプレストレスの作用方向が一致していたことによるものと思われる。

耐震設計では、塑性ヒンジを非線形バネでモデル化した場合には、梁非線形のみによりモデル化したものよりも、水平変位を大きくとれるため、耐震設計上有利なことが確認された。ただし、この場合には残留変位や上部工の負担が過度に大きくならないように上下部工の耐力バランスのとれた設計とすることが望ましいと考えられる。

<参考文献>

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，pp.147～156，1996.12.
- 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る仕様」の準用に関する参考資料（案），pp.参-8～参-15，1995.6.
- 3) 日本道路公団：設計要領第二集，p.p.橋梁建設編3章3-11～3-15，1998.7.