

山陰線余部橋りょうの構造形式に関する耐震性の検討

ジェイール西日本コンサルタンツ（株） 正会員 ○佐伯 奈都美
 ジェイール西日本コンサルタンツ（株） 非会員 仁山 康史
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 堤内 裕

1. はじめに

山陰線鎧・余部間余部橋りょうは、強風によって列車運行の定時性確保が困難となっていることから、その解消を目的として現在の鋼製トレスル式橋りょうから PC 箱桁橋への架け替えが計画されている。

橋梁形式の選定にあたり、「余部橋梁定時制確保対策のための新橋梁検討会」の提言をうけて、新橋は現橋の直線的なイメージを継承し、桁断面は低桁高（3.5m）の等断面、構造形式は景観性、経済性および維持管理等を考慮して大偏心アウトケーブル形式の PC 連続ラーメン橋が選定された。

その後当初の構造案に対して耐震性の面から種々の検討を深度化し、上記コンセプトを踏襲する最終構造形式として桁形式が決定した。

本稿は上記コンセプトと耐震設計の二者を両立させるために行った検討の概要について示すものである。

2. 構造形式の検討

2.1 検討条件

本検討における制約条件は以下のとおりであった。

- ①本橋梁の桁断面は余部の景観性に配慮して低桁高、等断面の構造が採用されているため、桁高の変更を行わないこととする。
- ②本橋梁では事前検討により、主要部材は地震時荷重により決定されることが明らかとなっている。余部橋りょうは橋脚高さ約 40m の高橋脚であり、地震被災後の復旧作業が困難であると推測される。このため、桁および基礎工においては損傷を許さない構造とし、通常のラーメン構造よりも厳しい損傷レベル（桁の損傷レベル 1、基礎工損傷レベル 1、基礎工安定レベル 1）を設定する。
- ③橋軸方向の変位が過大となる場合、桁端においてこれに見合う遊間を確保すると、レール締結装置を最大配置間隔内に設置できなくなる。そのため桁の変位量の検討を行う。

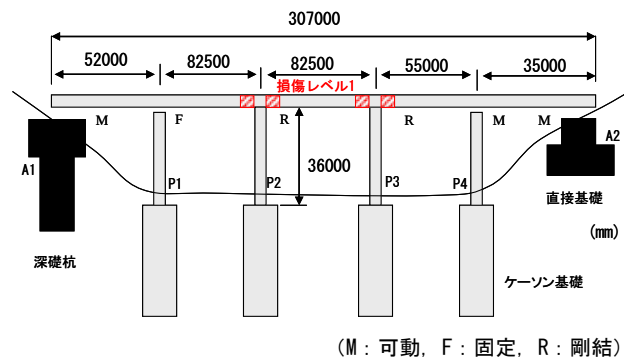


図1 初期構造案概略図（ラーメン構造）

表1 追加検討モデル一覧（ラーメン構造）

	条件							照査結果		
	A1	P1	P2	P3	P4	A2	移動制限	桁	基礎	変位
支承条件	M	F	R	R	M	M	-	-	-	-
モデル0							無	×	○	×
モデル1		n=6	n=6	n=6	n=6		無	×	×	×
モデル2		n=6	n=10	n=10	n=10		無	×	×	×
モデル3		n=6	n=6	n=6	n=6		有	×	○	○

※n: 杭本数

上記②③より桁、基礎工および変位量を本検討における主な照査指標とする。

2.2 ラーメン構造に対する検討

(1) 初期構造案に対する検討

初期計画時の構造概略図（モデル0）を図1に示す。当初構造案に対してL2地震時の検討を行った結果、基礎構造では照査指標を満足することが可能となったが、P2、P3橋脚と桁の剛結部近傍（図1の桁のハッチング部分）において、桁の損傷レベル1を確保することができなかった。変位量では線路方向に1.0m程度の変位が発生し、軌道構造に問題を生じる結果となった。

以上により、当初構造案ではL2地震時に耐震性能を満足することができないため追加検討を行う。

(2) 初期構造案に対する追加検討案

追加検討案としてモデル1、モデル2の検討を行った。はじめに、基礎構造を経済性、施工性を考慮してケーソン基礎から場所打ち杭へ変更した。これにより杭の剛性が低下することによる杭耐力の低下を想定し、モ

キーワード 余部橋りょう、構造形式、設計検討、移動制限、耐震性能

連絡先 〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 9F ジェイール西日本コンサルタンツ（株） TEL 06-6303-6971

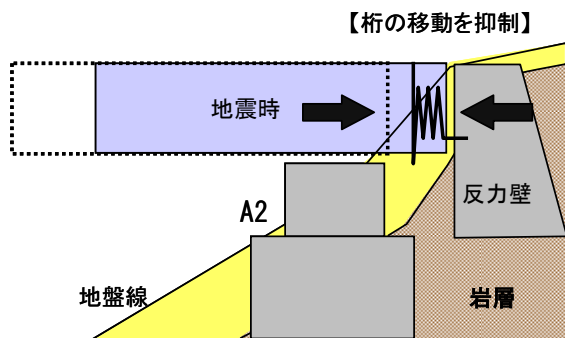


図2 地山による移動制限構造略図 (A2 橋台部)

モデル2では杭本数を増加している。

検討結果を以下に示す。

モデル1: 桁の照査では耐力不足となった。また場所打ち杭に変更したことによって杭の剛性が低下し、基礎の損傷レベルおよび安定レベルの確保が困難となった。桁の変位量も1.0m程度と大きく、軌道構造に問題を生じた。

モデル2: 杭本数を増加した場合において検討を行った結果、桁については断面力が若干低下したものの依然耐力不足であり、変位量の低減効果も得られなかった。また、基礎の損傷レベル1は満足することができたが、杭の引抜が発生したことにより安定レベル1を満足することはできなかった。

(3) 桁移動制限による追加検討案

上記検討から桁の変位量の抑制を行うため、地山による移動制限構造の検討を行った。図2にA2橋台部の構造概略図を示す。本橋梁は山間部に位置しており、橋台背面は岩盤を有する地山である。本構造は桁が山側へ移動した場合、桁を地山に衝突させることで桁の移動量を抑制する効果を期待するものである。現状地盤では桁の衝突力に対して地山の耐力が不足し、移動量抑制効果が十分に得られないことが予測される。桁による水平力に対して地山を確実に抵抗させるため、背面の地山を岩地盤までコンクリートで補強することとした。地山による移動制限はA1、A2橋台側に設け、その有効性を確認するため構造条件はモデル1と同様とし、本検討ケースをモデル3とする。

モデル3では地山の移動制限効果を期待することにより、軌道構造に支障しない程度に変位量を抑制することが可能となった。また変位量の減少に伴い、杭および桁に生じる断面力が減少したため、基礎工の損傷レベル1を満足させることが可能となった。

上記検討において基礎工と変位量は照査指標を満足

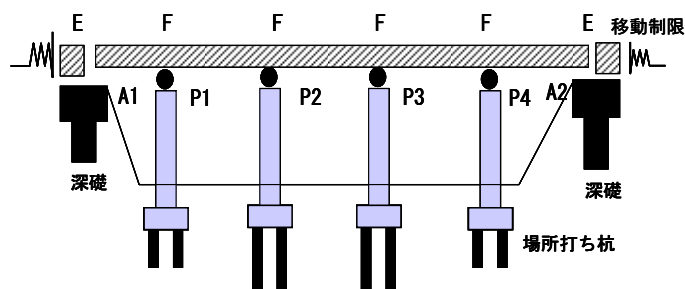


図3 検討モデル4 (桁式構造検討案)

することが可能となったが、P2、P3橋脚近傍における桁の耐力不足は解消されず、桁高を高くしなければ損傷レベルを満足することができない結果となった。そのため、コンセプトによる桁高3.5mを維持することが不可能であり、本橋梁ではラーメン構造は成立しないと結論付けた。

2.3 桁式構造の検討

コンセプトを踏襲して3.5mの桁高を満足するには、結合部の発生応力を低減する必要がある。そこでP2、P3橋脚の柱頭部を剛結構造（ラーメン）から支承構造とし、桁に下部工からの曲げ応力が伝達しない構造とした。また構造形式の変更に併せて、A2橋台の構造を施工時既設構造の安全性を考慮して、直接基礎からA1橋台と同様の深礎杭に変更する。

桁式構造案（検討モデル4）を図3に示す。モデル4ではラーメン構造での検討結果を考慮して、地山の移動制限効果を期待したモデルを採用することとした。

これにより、L2地震における変位量が約0.3mに低減するとともに、桁高3.5mの制限を維持したまま桁、基礎工の耐震性能を満足することが可能となった。

3. 結論

以上種々の検討を行い、最終構造形式を決定した。主な検討内容とその効果は以下のとおりである。

①桁：損傷レベルの検討において、ラーメン構造から桁式構造に変更を行った。これにより橋脚と桁の結合部に発生する曲げ応力を解消し、桁高3.5mの等断面箱桁が可能となった。

②変位量：地山を利用した移動制限により変位量を大幅に抑制することが可能となった。これにより軌道構造に与える影響を低減することが可能である。

③下部工：①②検討に伴い、基礎の損傷レベルを満足するとともに、橋脚躯体鉄筋量の低減、ケーソン基礎から場所打ち杭への変更が可能となり、経済性、施工性が向上した。