

軟弱地盤上のRC-V字型ラーメン高架橋の設計と耐震解析

ジェイ・エル東日本コンサルタンツ(株) 正会員 木村 奈央 金森 道明
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小原 和宏 築嶋 大輔

1. 目的

本高架橋は、JR 武蔵野線高架化事業の一環として計画された4径間連続RC-V字型ラーメン高架橋である(図-1)。外観的にはアーチ橋と類似しているが、設計事例が極めて少なく、本高架橋の場合、超軟弱地盤上に建設されるため、より詳細かつ慎重な検討が必要となった。ここでは、RC-V字型ラーメン高架橋の設計と耐震解析結果の概要について報告する。

2. 設計概要

2.1 構造形式の選定

当初、幅約40mの調整池は、スパン25mのPRC単純桁2連で横断する計画であったが、隣接高架橋(RCラーメン高架橋)との構造的・視覚的連続性、維持管理の対象となる支承構造の削減、周辺環境との調和および経済性等を総合的に判断し、RC-V字型ラーメン高架橋を採用した。

2.2 地盤条件

当地盤は、 $N=0\sim 6$ の軟弱な沖積粘性土層が約30~50mの厚さで分布している。高架橋周辺は、道路・宅地造成のため盛土が予定されていることから、基礎杭の設計において圧密沈下の影響(ネガティブフリクション)を考慮する必要がある。また、G.L.-2~-6mに存在する $N=6$ 程度の緩い飽和砂質土層(As1)に対して、液状化の判定を実施した結果、L2地震時に液状化指数が $5 < P_L$ 、20、液状化抵抗率が $FL < 0.6$ となったため、耐震設計上の地盤面をAs1層の下端とし、それ以

上の土層の抵抗は、設計上、無視することとした。

2.3 構造解析

本高架橋の断面力の計算は、対象とするラーメン1ブロックの骨組モデルを用いて行うが、基礎および地中梁は隣接高架橋と一体となっているため、隣接高架橋の影響を考慮する必要がある。隣接高架橋の影響は、対象ラーメンブロックと両側に隣接するラーメンブロックを一体とした簡易的な3連モデルに基本単位荷重(鉛直、水平)を作用させて得られた接合部の基本断面力を、実際の荷重規模に応じた集中荷重に変換し、設計モデルに載荷させることにより考慮した。

2.4 設計結果

上スラブの設計

V字橋脚を有するラーメン構造の場合、構造上、V字橋脚に挟まれる上スラブには軸引張力が生じる。本高架橋では、上スラブの軸引張力に対し、プレストレス力を導入することとし、そのプレストレス力は、全軸引張力に対する変動荷重分が少ないことから、永久荷重作用時における軸引張力相当分とした。なお、上スラブの断面照査において、プレストレス力は部材断面図心付近に作用する偏心軸力として扱い、断面耐力の算定は、PC鋼材を引張鋼材として評価せず、RC構造として行った。

基礎杭の設計

杭の支持力に影響を与えるネガティブフリクションに対しては、アスファルト系すべり層(SL材)を杭表

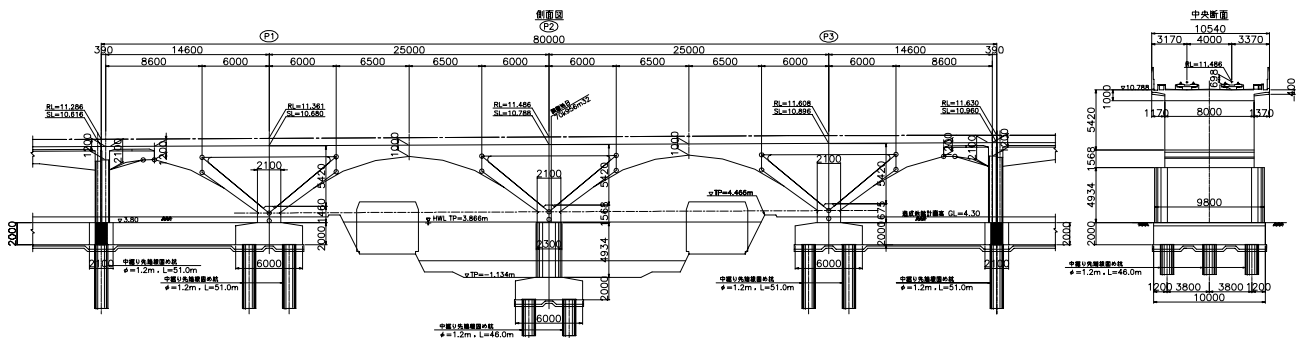


図-1 RC-V字型ラーメン高架橋一般図

キーワード RC-V字型ラーメン高架橋、ネガティブフリクション、プレストレス力、時刻歴応答解析
連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 ジェイ・エル東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-3373-6001

層に設けて対応したが、当箇所では圧密促進工が計画され、想定年間沈下量が30cmを越えることから、すべり層部分に作用するネガティブフリクションは $=4\text{kN/m}^2$ とした。

基礎杭（ $=1.2\text{m}$ ）には、SC杭（下杭はPHC杭）を用い、杭の接合は、杭頭外周に現場フレア溶接したアンカー鉄筋（D41）による方法を基本とした。

3. 耐震解析

骨組形状が複雑でかつ、対象地盤が超軟弱地盤であるため時刻歴応答解析により耐震解析を行った。

3.1 解析方法

構造解析モデル

解析モデルは、対象とするRC-V字型ラーメン高架橋に隣接高架橋を一体化した3次元3連モデルとし、上部構造物系と基礎構造物系を一体化し、各構造部材は線材モデル、地盤についてはばねモデルで評価した。図-2に解析モデルを示す。

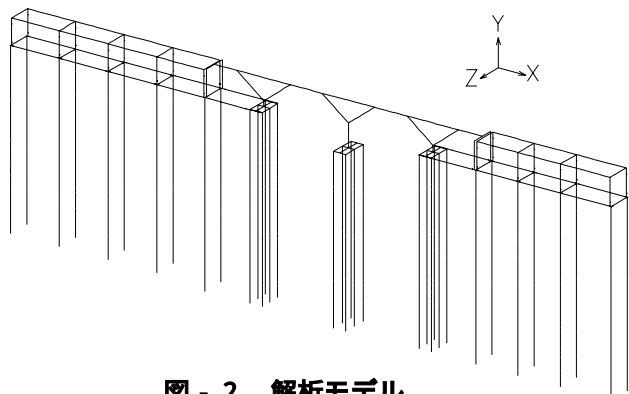


図-2 解析モデル

解析条件

設計荷重は、固定死荷重、付加死荷重、列車荷重を考慮し、入力地震波は、耐震設計標準²⁾に示されている入力時振動の液状化地盤（ $5 < PL < 20$ ）用地表面設計地震動（地震波継続時間30秒、最大加速度463gal）を用いた（図-3参照）。杭基礎の地盤抵抗は、杭先端の鉛直地盤抵抗特性、杭周面の鉛直地盤抵抗特性、杭の水平方向地盤抵抗特性の3種類を考慮して、弾塑性体（バイリニア型）でモデル化した。

各部材の非線形性は、RC-V字型ラーメン高架橋では上層梁、アーチ、柱および杭部材については部材断面の曲げモーメントと曲率の関係（M-関係）を、地中梁については部材断面の曲げモーメントと部材角

の関係（M-関係）を用いた。隣接高架橋では杭部材にM-関係を、柱および地中梁についてはM-関係を用いて、上層梁は線形部材とした。また、非線形特性はトリリニアモデルとした。履歴特性は修正武田型モデルとした。

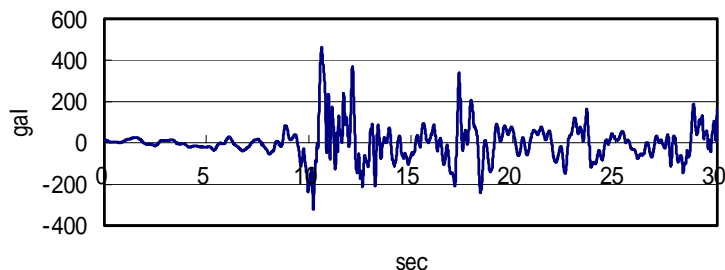


図-3 入力地震波

時刻歴動的解析における解析ケースを表1に示す。

表-1 解析ケース

モデル	慣性力作用方向	解析ケース	
		構造物の 応答解析 (DYNA2E)	線路方向
2	自重解析		
3	地震応答解析		
線路直角方向	4		固有値解析
	5		自重解析
	6		地震応答解析

3.2 解析結果

時刻歴応答解析の結果より、構造物の最大応答変位は、線路方向で19.1cm、線路直角方向で26.8cmとなった。非線形部材の応答値は、線路方向および線路直角方向ともに終局に達した部材はなく、本構造物の耐震性能の制限値である耐震性能を満足した。さらに、基礎の安定レベルに関しても耐震性能を満足する結果となった。

以上より、線形解析により決定した断面諸元は時刻歴応答解析による照査においても耐震性能を満足する結果となった。

4. まとめ

1) RC-V字型ラーメン高架橋をプレストレスにより引張力を補強するRC構造とすることで、景観性と経済性を両立することができた。

2) 時刻歴応答解析により耐震性能照査をした結果、超軟弱地盤上でのRC-V字型ラーメン高架橋が目標とする耐震性能を満足していることが確認できた。

参考文献

- 1) 荒井洋、狩野重治、貴志紀之：ネガティブフリクションが生ずる鉄道高架橋の基礎杭について、第28回関東支部技術研究発表会講演概要集 -69 pp442-443 2001年3月
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編 平成11年10月