

小田急江ノ島線 営業線および車庫線を跨ぐ橋梁の耐震補強設計

小田急電鉄（株） 伊藤 健治
 小田急電鉄（株） 上野 修彦
 （株）小田急エンジニアリング 小口 晃
 （株）復建エンジニアリング 正会員 堤 純生
 （株）復建エンジニアリング 正会員 ○近藤 綾太

1. はじめに

小田原線跨線橋（以下、「本橋梁」という）は、小田急江ノ島線の相模大野～東林間駅間に位置し、**図1**および**写真1**のように小田急小田原線と車庫線を跨ぐ橋梁である。上部工は下路鋼板桁2連、下部工は無筋コンクリートの橋台2基と橋脚1基で構成されており、いずれも直接基礎構造形式である。また、環境条件として、斜角が 30° と大きいことに加え、施工条件として下部工と建築限界との離隔が400mmと小さいこと、夜間の施工時間が2時間程度と短いことが挙げられる。本橋梁は昭和4年に建造されており、現行の耐震基準を満足していない。本橋梁が被災すると小田原線、江ノ島線ならびに車庫線が不通となり、小田急線全線の列車運行に多大な支障をきたす恐れがあることから、早急に耐震補強工事を実施すべく、過年度に実施した概略設計を基に、以下を条件として詳細設計を実施した。

- 1) 性能ランクⅡ（安全性・復旧性）を満足すること
- 2) 工事における営業線影響の極小化させること
- 3) 線路閉鎖間合いの2時間程度での施工が可能であること

本稿では「橋脚」の耐震補強に着目し、耐震補強工法の特徴ならびに概略設計時の課題に対する詳細設計時の取組みについて報告する。

2. 概略設計時の課題

概略設計時に橋脚の安定性・耐震性向上や当該地点の環境条件から、**図2**に示すように鋼板巻き立て補強+羽根付鋼管杭による補強計画としていたが、施工上の課題として下記2項目が挙げられた。

① 鋼板厚25mmの重量物に伴う施工性の課題

橋脚の補強工法は鋼板巻きを設定したが、厚さ25mmと重量の面で施工性に課題があった。概略設計では、斜角橋梁を2次元骨組解析（以下、「2次元解析」という）にて実施しており、解析方向と上部工慣性力の作用方向が異なることから三角関数により換算をしている。そのため、合理的な反力が反映できていないと考えられる。

② 既設躯体有筋化に伴う貫通鉄筋L=13.5mの施工精度に対する課題

図2の赤枠箇所はフーチング機能を期待しているため、有筋化を行い地震時でも無損傷であることを条件とした。一方で、既設躯体の支持力を考慮しない方針としたため、既設躯体中央部の断面力が大きくなること

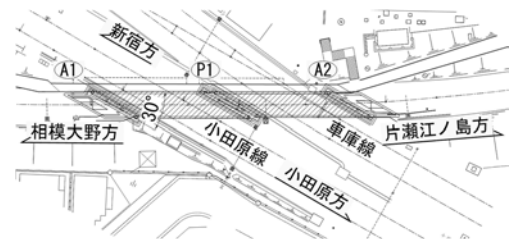


図1 現況図（平面図）

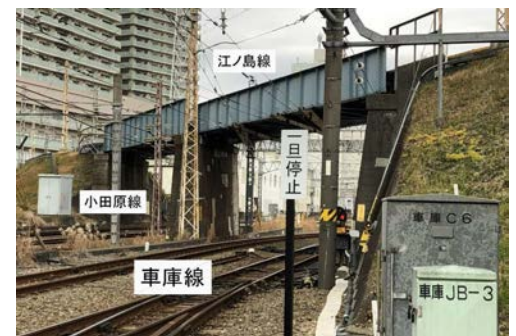


写真1 現況写真（小田原方から撮影）

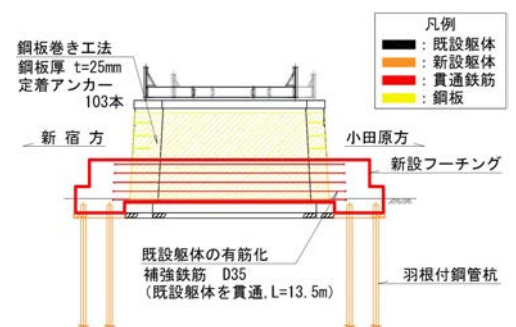


図2 概略設計補強仕様

キーワード 鉄道、跨線橋、近接施工、無筋構造物、耐震補強

連絡先 〒160-8309 東京都新宿区西新宿 1-8-3 小田急電鉄株式会社 TEL03-3349-2381

から、鉄筋を貫通させることとしていた。既設躯体を貫通鉄筋の延長は13.5mにおよび、施工精度の面で課題があった。

3. 課題に対するアプローチ

概略設計時の課題に対応するため、詳細設計では図3に示す手順で検討を行った。

①の課題に対して、詳細設計では図4に示すように上部工と下部工の全体系を3次元でモデル化した骨組解析（以下、「全体系解析」という）を実施し、斜角橋梁に発生する地震時作用を詳細に評価することで、より合理的な解析を試みた。

②の課題に対して、本橋脚は直接基礎として長い年月が経過し、橋脚が沈下する懸念が無いことから、図5のように、パイルド・ラフト基礎を採用することで、躯体中央に発生する断面力の低減を図った。

4. 結果概要

(1)全体系3次元骨組解析結果

全体系解析を用い、地震時作用を詳細に評価した結果、表1に示すように、2次元解析と比較して橋脚に作用する最大応答加速度が小さくなることが確認できた。

(2)橋脚補強仕様

全体系解析結果を用いることにより、本橋脚に必要な補強量を鋼板厚19mmまで低減することができた。また、パイルド・ラフト基礎とみなすことで躯体中央に発生する断面力が低減し、既設躯体を貫通させる鉄筋を左右からの差し筋とすることが可能となり、課題としていた施工性の改善へとつながった。

しかしながら、鋼板補強のデメリットである躯体定着アンカー・鋼板溶接については、依然として施工面での課題となっていた。そこで図6のように、炭素繊維の定着にCFアンカーを用いることにより、躯体補強に用いる鋼板を炭素繊維に置き替えることが可能となり、更なる施工性の向上に至った。なお、炭素繊維は衝撃に弱いことから、表面に衝撃保護剤を塗布することを計画している。

5. おわりに

斜角を有する橋梁について、全体系解析を実施することで詳細に地震時応答作用を評価することができ、補強量の低減が可能となった。また、基礎をパイルド・ラフト基礎として取り扱うことで貫通鉄筋を分割することが可能となった。

図6に示す補強工法とすることで、施工時間が短く、線路に挟まれた狭隘な条件においても、列車の安全運行を確保した施工性の良い工法とすることができたと考える。

本橋梁は2023年度から補強工事に着手する計画である。本項が同様の条件下における橋梁補強計画の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 沖野俊介, 早川雄馬, 小口晃, 堤純生, 近藤綾太: 小田急江ノ島線 営業線および車庫線を跨ぐ橋梁の耐震補強計画, 第76回土木学会年次学術講演会, VI-245, 2021
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震診断
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物

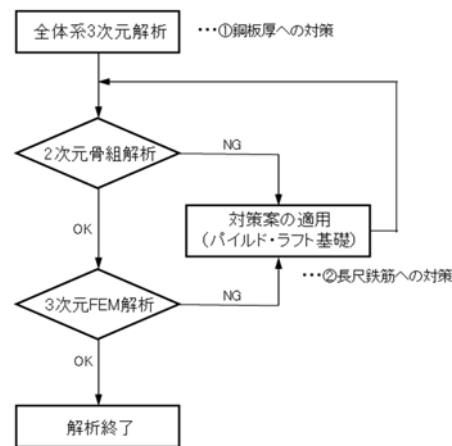


図3 検討手順

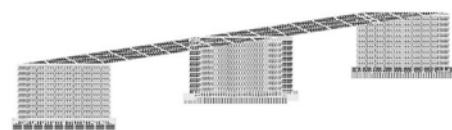


図4 全体系3次元解析モデル

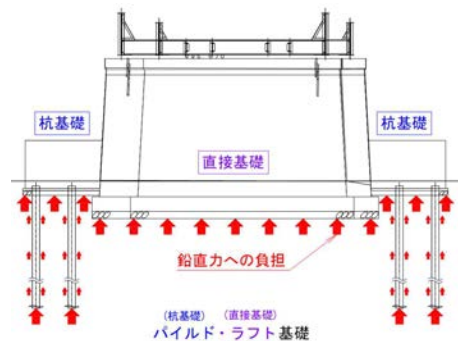


図5 パイルド・ラフト基礎イメージ

表1 最大応答加速度の比較

解析手法	橋脚に発生する最大応答加速度 (gal)	
2次元骨組解析	線路方向	922.0
	線路直角方向	1500.0
全体系3次元骨組解析	線路方向	715.9
	線路直角方向	1175.1

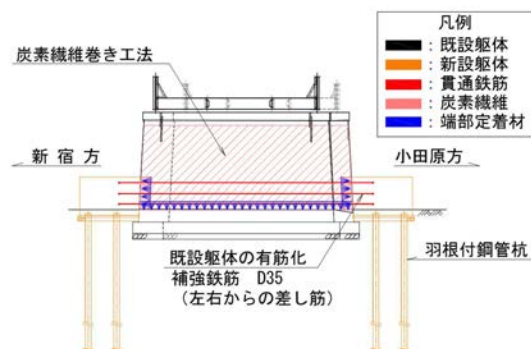


図6 詳細設計補強仕様