

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

小田急電鉄（株）
小田急電鉄（株）
（株）小田急エンジニアリング
（株）復建エンジニアリング
（株）復建エンジニアリング

沖野 俊介
早川 雄馬
小口 晃
正会員 堤 純生
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の1路線を跨ぐ橋梁である。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。また、本橋梁が被災すると小田原線、江ノ島線ならびに車庫線（以下、近接線という）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、以下を条件に概略設計による耐震補強工法の選定を行った。

- ①性能ランクⅡ（安全性・復旧性）を満足すること
- ②近接線への影響を極小化すること
- ③終電～初電の間合い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、本橋梁の概要と環境条件、耐震補強工法の比較検討結果、ならびに選定した鋼板巻立て工法における工夫について報告する。

2. 本橋梁の概要と環境条件

本橋梁は、写真1のように、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、表1のように、本橋梁の特筆すべき環境条件として、斜角30°と構造設計上の難易度が高いことに加え、施工条件として、建築限界との離隔、実際の作業時間が極小であることが挙げられる。

3. 耐震補強工法の比較検討結果

表2、3のように、橋脚の耐震補強工法の選定にあたり、基礎と躯体、それぞれに対し比較検討を行った。

(1)基礎の補強工法 既設フーチング全周に杭を打設するA案およびB案では、橋脚前面の軌道の防護措置として工事桁等を敷設する必要があると考えられ、近接線への影響が大きいことが懸念された。また、杭が高止まりした場合、確実に建築限界に支障することから、当施工条件下では両案ともにリスクが極めて高くなると判断した。一方で、橋脚側面にのみ杭を打設するC案およびD案では、杭が高止まりしても建築限界に抵触しない。しかし、C案では、所定の耐震性能を満足するために軌道間にφ2000mm以上の杭を打設する必要があり、近接線と当該杭側面との離隔が500mm程度であったことから、A案およびB案と比較すると範囲は狭いものの、工事桁等を敷設する必要があると考えられた。以上のことから、作業時間内に施工可能であり、近接線への影響および杭が高止まりした場合のリスクが最も小さいD案を選定することとした。

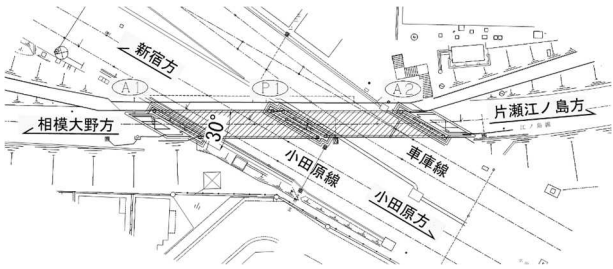


図1 現況図（平面図）



写真1 現況写真（小田原方から撮影）

表1 環境・施工条件

小田原線跨線橋 環境・施工条件	
斜角	30°
建築限界との離隔	約400mm
線路閉鎖時間	2時間55分
停電時間	2時間10分

表 2 橋脚基礎補強方法の比較検討案

	A案 シートパイル基礎案	B案 マイクロパイル基礎案	C案 深礎杭案	D案 羽根付鋼管杭案
概要図				
打設位置	既設フーチング全周	既設フーチング全周	既設橋脚側面のみ	既設橋脚側面のみ
近接線 への影響	大	大	中	小
時間的 制約	大	大	小	小

(2) 躯体の補強工法 I 案では、本橋梁が下路桁であり、削孔機が建築限界に支障することから、機械を毎晩据え付け、撤去することが当該箇所の作業時間において非効率であると判断した。また、II 案では型枠が建築限界に抵触する恐れがあったことから、III 案の鋼板巻立てによる補強工法を選定した。

4. 鋼板巻立て工法における工夫

鋼板巻立て補強では、曲げ・せん断の両方に抵抗するため、鋼板をフーチングへ定着することが一般的である。既設フーチング幅が狭く定着長を確保することが困難な本橋脚では、既設フーチングを拡幅するため、本橋脚側面において増し打ちに必要な範囲を掘削する必要がある、近接線への影響が懸念された。そこで、図 2 のように新設躯体と既設躯体を貫通鉄筋で一体化することで新たなフーチングとみなし、当該箇所に鋼板を定着することによって、曲げ・せん断の両方に抵抗させることとした。その結果、近接線への影響を最小限とし、かつ、表 4 のように所定の耐震性能を満足することができた。

5. まとめ

選定した補強工法とすることで、難易度の高い条件においても列車の安全安定運行を確保した施工が可能と考える。なお、本検討で新たな課題として①鋼材の重量を踏まえた施工方法の立案、②メンテナンスを考慮した材料の選定、ならびに③斜角 30°を踏まえた三次元解析の必要が生じた。これらについては詳細設計で検討を行い、解決を図る所存である。最後に、本検討にあたり、鉄道総合技術研究所基礎土構造グループの方々に支援を頂き、成果を上げることができた。深く感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震診断
- 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物

表 3 橋脚躯体補強方法の比較検討案

	I 案 鉄筋挿入案	II 案 コンクリート 巻立て案	III 案 鋼板巻立て案
概要図			
施工位置	桁座からの削孔・挿入となる	躯体側部（軌道間）での作業となる	躯体側部（軌道間）での作業となる
近接線 への影響	小	大	中
時間的 制約	大	小	小

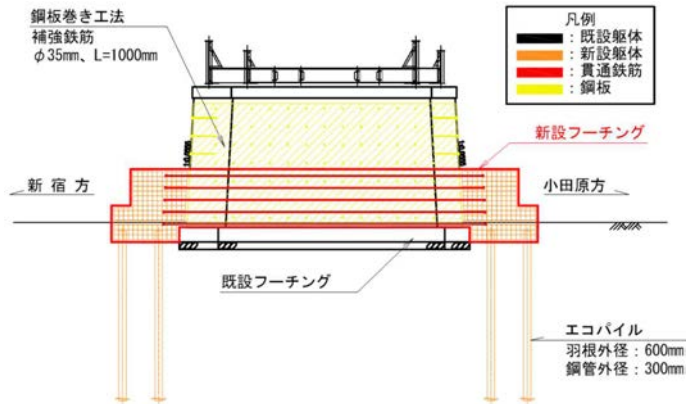


図 2 橋脚補強図（正面図）

表 4 照査結果

			線路方向		線路直角方向	
			照査値	制限値	照査値	制限値
基礎安定	復旧性 L1地震時	残留鉛直変位(kN)	328.7	474.5	285.1	474.5
		残留水平変位(mm)	2.199	16.971	1.551	16.971
		残留傾斜(10 ⁻³ rad)	3.906	10.000	0.217	10.000
	復旧性 L2地震時	残留鉛直変位(kN)	521.0	556.4	527.7	556.4
		残留水平変位(mm)	17.608	67.882	7.452	67.900
		残留傾斜(10 ⁻³ rad)	19.652	20.000	1.788	20.000
躯体	安定性 L2地震時	地盤の破壊(kN)	521.0	600.6	527.7	600.6
		水平安定(mm)	17.608	84.853	7.452	84.900
		回転安定(10 ⁻³ rad)	19.652	30.000	1.788	30.000
	L1地震時	降伏震度	降伏せず		降伏せず	
	L2地震時	曲げ照査(kN・m)	26107.1	566542.0	21899.5	194159.3
		せん断照査(kN)	7034.5	101217.8	5367.2	20372.2