

既設高架橋の空間創造を目的とした複合構造物の耐震補強と接合部の試設計

復建エンジニアリング 正会員 西村昌宏
鉄道総合技術研究所 正会員 谷口 望, 和田一範

1. はじめに

近年、鉄道構造物駅施設の機能や利便性向上の観点から、既設高架下空間の有効利用が求められる場合もある。このことから、既設 RC ラーメン高架橋については、鉄道構造物の機能を保持しつつ、構造物の性能の向上が可能なリニューアル技術の開発が望まれる。本研究では、既設の駅部 RC ラーメン高架橋を対象とした柱移設による空間創造を想定し、構造形式の成立とリニューアルに伴う各部材の補強程度を試計算により確認した。既設 RC 梁と新設鋼製部は、PC 鋼棒により接合するものとし別途実施した載荷試験¹⁾より得られた実験結果から接合部の試設計を行った。なお、本検討では、既設 RC 梁に対して複合構造を活用した補強梁を活用するが、現在の設計基準²⁾では合成梁の非線形特性に関する規定がないため、本検討では非線形特性を仮定して検討を行っている。

2. 対象構造物

対象構造物は、線路方向 8m×3 径間、線路直角方向 7.3m×3 径間の駅部 RC ラーメン高架橋を対象とし、既設 RC 柱(中間柱)8本を CFT 柱に受替えることで、3 径間から 12m×2 径間に改造する(図 1)。両端部の既設 RC 柱については、鋼板巻き補強によりせん断耐力とじん性の向上を行うものとする。既設基礎は、PHC 杭(Φ650mm)であり、新設中間部は、回転圧入鋼管杭による増し杭を行う。上記の構造形式が現行耐震標準²⁾の耐震性能Ⅱ(性能レベル 2)を満足することを確認する。なお、新設 CFT 柱と既設 RC 部の接合部は、剛域としてモデル化した。

3. 合成梁の非線形特性の設定

既設 RC 部材は、施工性や経済性の観点から鋼部材との合成梁とする。ただし、本試計算では、接合部は完全に一体として挙動することを前提とし、合成梁の非線形特性³⁾は下記の仮定により設定した。

(1)縦梁補強 縦梁補強は既設の RC 梁に対して、鋼部材を合成化することにより行うこととする(図 2)。非線形特性は、既設の RC 梁に対し、①側面補強の鋼板材と、②底面補強の鋼軀形をそれぞれ鉄筋に換算した。合成梁の断面は、鋼軀形内をグラウト材注入と考え、鋼軀形を含む RC 断面と仮定した。せん断耐力は、RC 単独のせん断耐力と側面補強鋼材のせん断耐力の合計として評価した。

(2)新設横梁 新設横梁は、既設 RC 床版に鋼桁を一体化した合成梁を用いる(図 3)。現行耐震標準²⁾に基づく鋼矩形断面の非線形特性を仮定し、耐力は、合成断面を正負曲げモーメントに対し以下のように換算することで算出した。①正曲げ(鋼+コンクリート断面): 鋼断面を鉄筋に換算し、RC 梁断面として算出、②負曲げ(鋼+鉄筋): スラブ内の鉄筋を鋼材に換算する手法で仮定した。

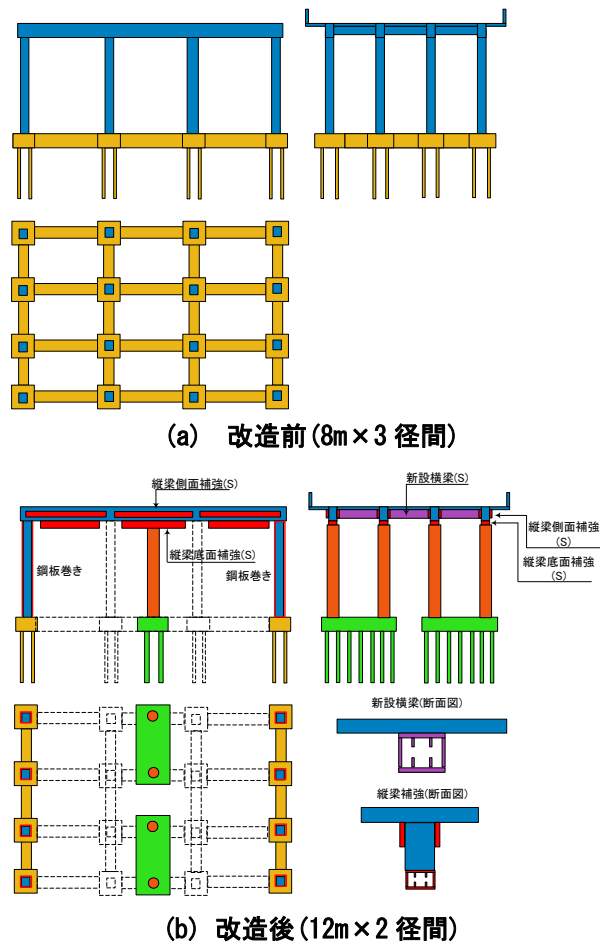


図1 既設ラーメン高架橋の改造

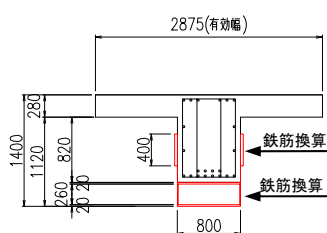


図2 縦梁補強

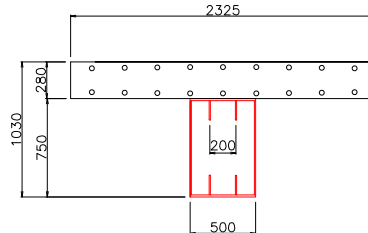


図3 新設横梁

キーワード ラーメン高架橋, リニューアル, 空間創造, 合成梁, CFT柱

連絡先 〒103-0012 中央区日本橋堀留町 1-11-12 復建エンジニアリング 第一技術部 TEL:03-5652-8558

表1 新設部材および補強部材の寸法

CFT 柱	中間部 増し杭	上層梁	
		縦梁補強 (mm)	新設横梁 (mm)
Φ1000 t=20	回転圧入 鋼管杭 Φ600 (羽径 Φ900) n=20 本	上面 (負曲げ) 補強 鋼板材: B=400 t=35 n=2 枚	鋼管形 B=500 H=750 上 Flg 500×25 下 Flg 500×20 Web 705×11
		底面 (正曲げ) 補強 鋼管形: B=800 H=300 上 Flg 300×20 下 Flg 300×20 Web 260×10	上 Flg 補剛材 2×150×13 下 Flg 補剛材 2×150×13

表2 解析結果一覧

解析断面	CASE	等価固有周期 Teq (sec)	応答塑性率 μ	L2地震時 構造物応答変位 μ×δy (mm)
線路方向 (端部)	改造前	0.720	4.56	250.80
	改造後	0.853	4.24	328.60
線路方向 (中間部)	改造前	0.717	4.18	240.35
	改造後	0.856	4.43	337.50
直角方向	改造前	0.629	3.58	179.00
	改造後	0.657	3.83	199.16

4. 静的非線形解析結果

本試設計より設定した部材寸法を表1, 各解析断面の解析結果を表2に示す。また, 荷重変位関係(図4)および応答震度($K_h=0.607$)時の損傷状況図(図5)より, 構造系式が成り立つことを確認した。また同時に耐震性能を向上することも可能であり, 耐震補強も兼ねることも確認した。

5. 接合部の設計

別途実施した載荷試験¹⁾では, 接合部にグラウト材が充填されている場合, PC鋼棒はせん断降伏するため, せん断応力度を照査項目とする。本試計算では, 鋼殻部の端部を回転中心として, 最大応答震度時の曲げモーメント分布からせん断力を算出した(図6)。ここで, PC鋼棒の有効範囲は, 3D(D:CFT柱の外径)と仮定する。PC鋼棒の材料特性を表3に示す。

表4より, PC鋼棒径および必要本数は, Φ32-12本と試算され, 実設計で適用可能な範囲であることを確認した。

6. まとめ

本試設計より, 複合構造を活用することにより, 駅部空間創造時に補強が必要となる箇所および補強程度が現実的な範囲であることを確認した。また, 改造と同時に耐震性能の大幅な向上を図ることも可能である。なお, 本試計算では部材実験より得られた知見から, 接合部の設計方法を提案し, 実設計への適用可能性を確認した。

今後の課題として, 合成梁の曲げ試験から各部材の非線形特性を構築するとともに, 非線形特性を考慮した実構造物の構造解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 谷口, 吉田ら: 既設高架橋に対する補修補強と空間創造に向けた柱・梁接合部の実験的検討, 第66回土木学会年次学術講演会, 2012.9(投稿中)
- 2) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 1999.10
- 3) 西村, 谷口ら: 複合構造物を活用した既設高架橋に対する空間創造と耐震補強方法に関する試設計, 第66回土木学会年次学術講演会, 2011.9

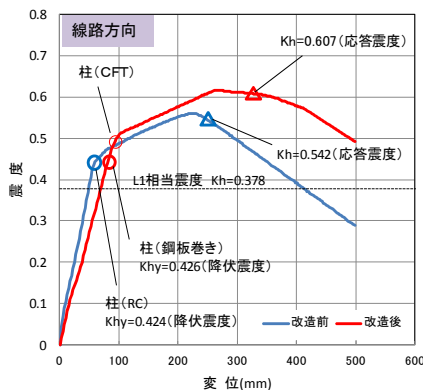


図4 荷重変位関係

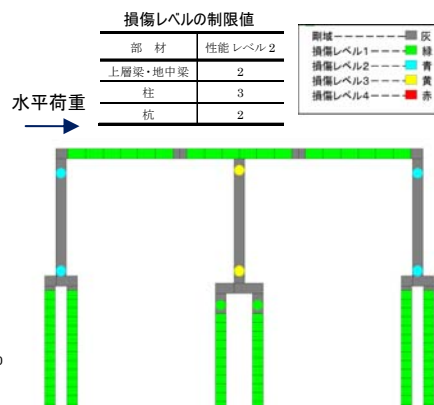


図5 損傷状況図(改造後)

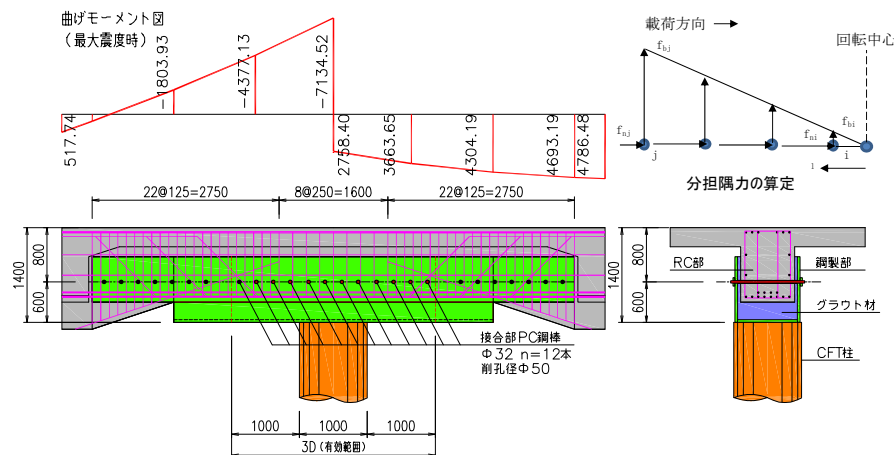


図6 接合部PC鋼棒配置図および曲げモーメント

表3 PC鋼棒の材料特性値

	径	規格	断面積	降伏引張強度	降伏せん断強度
PC鋼棒	32mm	A種2号	804.2mm ²	735N/mm ²	453N/mm ²

表4 PC鋼棒の照査結果

PC 番号	距離 l (m)	距離 l ² (m ²)	分担力 f _b (kN)	分担耐力 f _p (kN・m)	本数 (本)	2面/ 本	f _b (kN/本)	f _n (kN/本)	合力 √(f _b ² +f _n ²)	断面積 A (mm ²)	せん断応力 τ _d (N/mm ²)
1	0.115	0.0132	26	3	1	2	13	0	13	804.2	16
2	0.365	0.1332	71	26	1	2	36	0	36	804.2	44
3	0.615	0.3782	122	75	1	2	61	0	61	804.2	76
4	0.865	0.7482	171	148	1	2	86	0	86	804.2	106
5	1.135	1.2882	225	255	1	2	113	0	113	804.2	140
6	1.375	1.8906	272	374	1	2	136	0	136	804.2	169
7	1.625	2.6406	321	522	1	2	161	0	161	804.2	200
8	1.865	3.4782	369	688	1	2	185	0	185	804.2	229
9	2.135	4.5582	422	901	1	2	211	0	211	804.2	262
10	2.385	5.6882	472	1125	1	2	236	0	236	804.2	293
11	2.635	6.9432	521	1373	1	2	261	0	261	804.2	324
12	2.885	8.3232	571	1646	1	2	286	0	286	804.2	355
合計		36.0832	3563	7136	12	24					