

鉄道営業線上空の狭隘箇所での既設桁撤去における安全検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○山口 慎 駒宮 隆男 青木 千里
堂本 竜哉 図司 英明

1. はじめに

JR 渋谷駅改良工事において、工事の進捗に伴い、既設の連絡通路桁（鋼製下路箱桁、図-1）を撤去する必要があるが生じた。既設連絡通路桁は山手線及び埼京線の上空に位置するため、線間のスペースが狭隘であり、一括での撤去が不可能であったため、主桁と床版部の3つに分割して撤去することとした。撤去桁のうち、山手線側の主桁（桁長 53.0m、桁高 3.1m、重量約 86t、図-2）は、埼京下り線上空を越えて横移動および降下することとした（図-3）。桁の撤去は埼京線の運行停止時間帯に行うが、隣接する山手線は運行時間帯となる可能性があったため、鉄道営業線の安全性を担保する撤去方法が求められた。

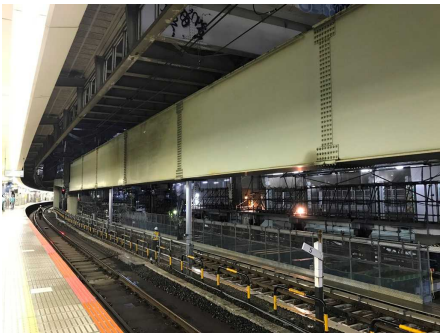


図-1 連絡通路桁全景

本稿では、撤去部材のうち、山手内回り線と埼京下り線の間に位置する主桁を撤去するにあたり、撤去時の安全性に対して検討した課題と解決策について報告する。

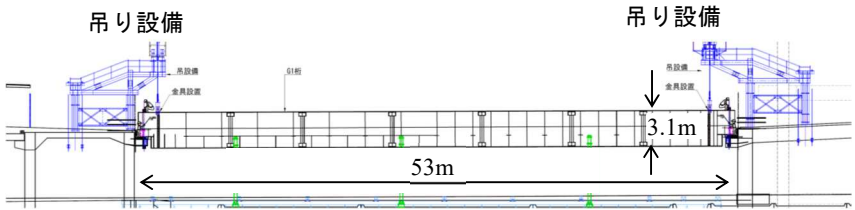


図-2 撤去概要（側面）

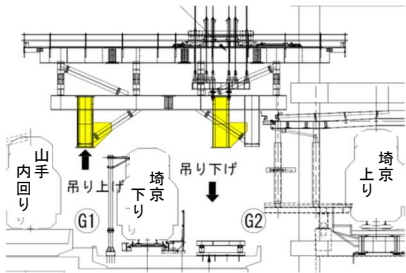


図-3 撤去概要

2. 既設桁撤去時の課題（撤去時の耐震検討）

本通路桁の撤去にあたっての課題を以下に述べる。

① 撤去用吊り設備構築時の課題（桁吊り設備の耐震性）

本通路桁の撤去は、桁の鋼製橋台上に仮設した吊り設備により、桁を吊り上げ、横移動し、線路上空を通過させた後、線路脇の狭隘な空間に降下させることとした。当社の仮設構造物設計マニュアル¹⁾および桁架設設計マニュアル²⁾（以下、「マニュアル」）においては、線路上空（営業線）及び営業線影響範囲での架設および仮設構造物に対しては、撤去時も含めて所要の耐震性能を有している必要がある。本吊り設備についても、地震時の安全性を担保させる必要があった（図-4、表-1）。

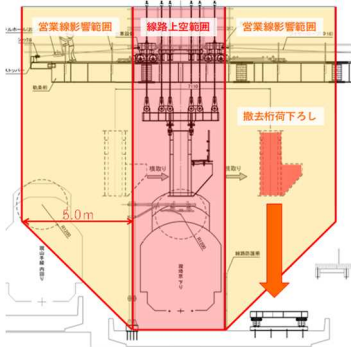


図-4 営業線影響範囲

② 桁撤去時の課題（桁撤去時の耐震性）

桁の撤去は埼京下り線の直上での施工であり、撤去時は埼京下り線が運行していない時間（線路閉鎖・き電停止間合い）で行うが、終・初電時間の異なる山手内回り線は、撤去作業中に営業運行が開始される可能性がある。そのため、桁撤去作業時に、隣接する山手内回り線への安全確保が必要となる。

表-1 施工区分と地震の影響

設置箇所による区分	線路上空（営業線）の範囲		営業線に影響する範囲（線路上空以外）
	列車通過時	列車が通過しない時	
地震の影響	弾性加速度応答スペクトル 800gal ($k_h=0.8$) に対して崩壊、落下、転倒、逸走しない ($k_h=0.25$ を下限値)	中規模地震の水平震度 ($k_h=0.2$) に対して許容応力度または応力度の制限値を上回らない	—

キーワード 桁撤去、大規模ターミナル、線路上空、仮設時、耐震性能
連絡先 〒151-8512 渋谷区代々木 2-2-6 JR 新宿ビル 8F TEL 03-3379-4353

3. 課題解決策

本撤去時においては、吊り下げる撤去方法を適用するため、吊り下げた桁が地震時に横振れし、営業運行中の山手内回り線を支障する恐れが生じる。そのため、吊り設備および桁撤去時の耐震性能は、表-1 に示す施工条件のうち、「線路上空（営業線）の範囲」で「列車通過時」を適用し、「設計水平震度（kh）=0.8 に対して崩壊、落下、転倒、逸走しないこと」を確認し、安全性を担保することとした。

① 撤去用吊り設備の耐震性能確保

吊り設備の設計における耐震性能は、マニュアルに準じて、地震時保有耐力法（保耐法）を用いて照査した。保耐法に用いる等価水平震度（ $k_{he}=k_h/\sqrt{2\mu_a-1}\geq 0.25$ ）を算出した。等価水平震度算出に用いる許容塑性率（ μ_a ）は表-2 に示す各部材断面の幅厚比より、マニュアルに示されている変形能力クラスを適用した。吊り設備に用いる個々の部材のうち、断面性能が変形能力クラス A の部材は、表-3 より $\mu_a=7.0$ を適用し、等価水平深度を、 $k_{he}=0.8/\sqrt{2\times 7-1}=0.22$ より、下限値 $k_{he}=0.25$ に対して、部材の発生断面応力度が、仮設割り増しを考慮した許容応力度以下であることを確認した。

吊り設備の内、部材の固定部（ボルト、PC 鋼棒等）等の変形能力が不確定な部材においては、 $\mu_a=1.0$ とし、 $k_{he}=0.8$ の水平震度に対して、各部材の発生断面応力度が、仮設部材としての割り増しを考慮した許容応力度以下であることを確認した。

② 桁撤去時の耐震性能確保

桁降下時は桁を PC 鋼棒で吊り下げる構造であり、吊り下げに用いる地震時に桁が横振れし、山手内回り線内に侵入する恐れが生じた。吊り下げは PC 鋼棒とセンターホールジャッキを用いて、センターホールジャッキの伸縮を繰り返しながら降下するため、桁を固定することは不可能であった。そのため、図-5 に示すとおり、桁にワイヤーロープを設置し、ワイヤーロープ長を桁が横ぶれしても隣接線まで届かない長さで調整することにより、物理的に桁が運行中の営業線まで届かない構造とした。使用したワイヤーロープは $k_{hc}=0.8$ 相当に耐え得る構造とし、桁の自重の 0.8 倍に対して、破断しないこととした。

4. まとめ

本稿では、鉄道線路上空で桁の撤去を行う際に課題となる、撤去時の耐震性能確保する方策について述べた。実施工においては、耐震性能を確保したうえで桁の撤去を完了した（図-6）。JR 渋谷駅改良においては、今後の線路切換を経て、埼京線ホームの移設を行う予定である。今後の営業線近接箇所における撤去工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 設計マニュアル VII 仮設構造物編 仮設構造物設計マニュアル，東日本旅客鉄道株式会社，2014.6
- 2) 設計マニュアル VII 仮設構造物編 桁架設計マニュアル，東日本旅客鉄道株式会社，2014.6

表-2 変形能力クラスに対する幅厚比

			降伏点 強度 (N/mm ²)	幅厚比		
				クラス		
				A	B	C
柱	日形断面材	235	$b/t_f \leq 0.16d/t_w \leq 14.8$	$b/t_f \leq 0.16d/t_w \leq 18.0$	$d/t_w \leq 48$	
			$d/t_w \leq 48$	$b/t_f \leq 11.3$	$b/t_f \leq 12.5$	
			315	$b/t_f \leq 0.16d/t_w \leq 12.6$	$b/t_f \leq 0.16d/t_w \leq 15.4$	$d/t_w \leq 41$
				$d/t_w \leq 41$	$b/t_f \leq 9.6$	$b/t_f \leq 11$
	箱形断面 (溶接組立)	235	$b/t \leq 31$	$b/t \leq 37$	$b/t \leq 40$	
		315	$b/t \leq 26$	$b/t \leq 31$	$b/t \leq 34$	
	冷間 成形材	角形鋼管	235	$b/t \leq 26$	$b/t \leq 32$	$b/t \leq 40$
			315	$b/t \leq 23$	$b/t \leq 28$	$b/t \leq 34$
		円管断面	235	$D/t \leq 41$	$D/t \leq 62$	$D/t \leq 100$
			315	$D/t \leq 36$	$D/t \leq 54$	$D/t \leq 72$
梁	日形断面材	235	$b/t_f \leq 0.08d/t_w \leq 14.2$	$b/t_f \leq 0.08d/t_w \leq 15.5$	$d/t_w \leq 70$	
			$d/t_w \leq 70$	$b/t_f \leq 12.2$	$b/t_f \leq 12.5$	
		315	$b/t_f \leq 0.08d/t_w \leq 12.1$	$b/t_f \leq 0.08d/t_w \leq 13.2$	$d/t_w \leq 60$	
			$d/t_w \leq 60$	$b/t_f \leq 10.4$	$b/t_f \leq 11$	

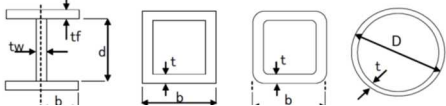


表-3 許容塑性率（ μ_a ）

	変形能力のクラス		
	A	B	C
個材	7.0	2.5	1.0
ラーメン	7.0	4.0	3.0
H 形鋼仮橋脚	8.0		

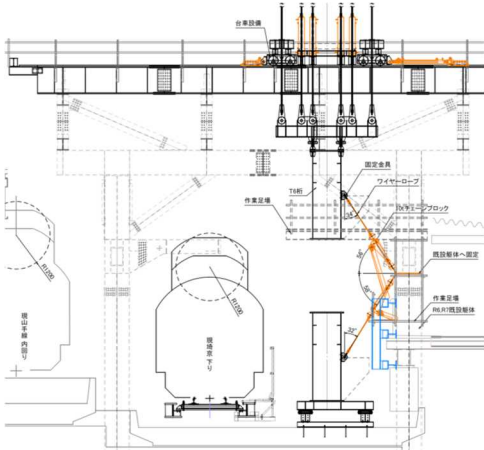


図-5 荷振れ防止設備

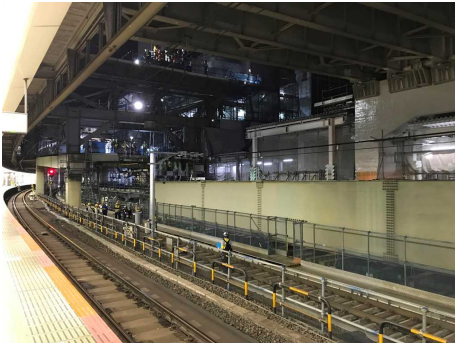


図-6 撤去後