レンガアーチ高架橋の耐震補強対策



東日本旅客鉄道株式会社/東京支社



浜崎 直行

東日本旅客鉄道株式会社/東京支社

1世紀以上にわたり首都圏の大動脈を支え続けた歴史あるレンガアーチ橋も、今後想定される首都直 下地震に備え耐震補強が着実に進められている。限られた空間での難しい条件下において、どのように 補強していったのだろうか。

首都直下地震に備え

JR東日本では、今後、高い確率で発生すると考えら れている首都直下地震に備え、耐震補強対策工事を鋭 意推進し、鉄道の安全・安定輸送のさらなる向上を図る こととしている。対象構造物と施工数量は表1のとおり であるが、このうちレンガアーチ高架橋については、明 治時代に建設され、以降大正、昭和、平成と長年にわた り首都圏の鉄道輸送を支えてきた重要構造物である。 ここでは、レンガアーチ高架橋の耐震補強対策につい て紹介する。

東京レンガ高架橋

東京·浜松町間約1.7kmには「東京レンガ高架橋」 と呼ばれる古いアーチ高架橋があり、実用に供してい る日本唯一のレンガ造連続アーチ鉄道橋として歴史的 にも非常に貴重な構造物となっている。東京レンガ高 架橋は、新橋・東京間市街化線工事として1900 (明治 33) 年に建設を開始し、日清・日露戦争等による一時中 断がありながら1910 (明治43) 年に完成した。使用開始 以来100年以上も首都圏の最重要線区である山手線・ 京浜東北線を支えている。その間、関東大震災を経験 したほか、地下水の汲み上げによる地盤沈下の影響で

表1 首都直下地震対策の対象構造物と数量

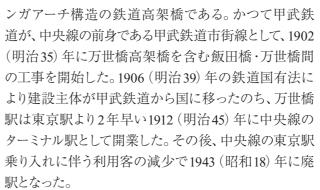
					対象構造物	
			過去の損傷例	補強イメージ	種別	全体数量
**	高架橋 橋脚		(Reholin)	「電影を開発・円面を」	高架橋	約1,100本
新幹線					橋脚	約680基
	電化柱				電化柱	約925本
在来線	高架橋 橋脚			[ROBERTO]	高架橋	約5,630本
					橋脚	約1,090基
	電化柱		[電化技の機能]	(電化物の開発・円限化) ビームによる 製物防止 基礎の制強	電化柱	約226本
	天井	井 天井	#	(44912-25692)	駅・ホームの 天井	約290駅
	壁	壁			駅・ホームの 壁	約40駅
	盛土		(@±0)M1	[:::::::::::::::::::::::::::::::::::::	御茶ノ水付近 盛土	約1.2km
					高さ8m以上 盛土	約8km
					高さ6m以上 盛土	約11km

			過去の損傷例	補強イメージ	対象構造物	
					種別	全体数量
	切取				切取	約23km
1	盛土切取等	橋台 背面 盛土	(####OZT)	地盤の強化	橋台背面	約190箇所
$\ \cdot\ $		脱線防止			御茶ノ水付近	約2km
-	7	ガード			橋梁前後	約72km
在来線	無筋コンクリート等橋脚			[RCB483]	無筋 コンクリート 等橋脚	約60基
-	鉄桁	斜角桁		日本	斜角桁	約120 橋りょう
-		鋼橋脚			鋼橋脚	2橋りょう
-		落橋			落橋防止工	約70連
	トンネル			[人致体影響]	トンネル	4 トンネル
	レンガアーチ 高架橋			RCARR	レンガアーチ 高架橋	約70径間

一部箇所に変状が生じたものの、全体と してほぼ健全な状態を維持している。高 架下は都心にあることから利用価値が高 く、そのほとんどが店舗等で利用されて いる (写真1)。

万世橋高架橋

中央線神田・御茶ノ水間に位置する万 世橋高架橋は、明治時代に建設されたレ



1936 (昭和11) 年、駅舎の基礎を利用して建てられた 交通博物館は2006 (平成18) 年に閉館し、翌年大宮に 鉄道博物館として移転した。跡地には2013 (平成25) 年にJR神田万世橋ビルが建設された。駅舎に隣接して いた開業当時のままの赤レンガ造りの万世橋高架橋で は、街のさらなる魅力の向上を目指し、歴史的構造物を 活かしつつ、新たな価値を生み出し、遺構と一体となっ た商業施設「マーチエキュート神田万世橋」が開業した (写真2)。

耐震補強設計

レンガアーチ高架橋を組成するレンガの強度は、無 筋コンクリートと同様に圧縮力に強いが、引張力・せん 断力に弱い。そこで、レンガアーチ高架橋の耐震補強で は、アーチ部及び脚部に繰り返し作用する曲げ引張力 及びせん断力に抵抗し、地震動によるアーチ構造損傷 を防ぐために、レンガアーチの内側に鉄筋コンクリート ボックスラーメン構造を構築する、RC内巻補強という方 法を採用している。これは、レンガアーチ高架橋下の空 間のほとんどが店舗や倉庫等で利用されているため、 補強材を厚くすると利用空間が狭まることから、補強材 として有効でかつ厚さが最小となる部材とする必要が あったからである。

検討の結果、部材厚400mmを標準として必要鋼材 料を配置することとした。また、大規模地震時において も崩壊しない耐震性能を確保することとし、せん断耐力







写真2 万世橋高架橋

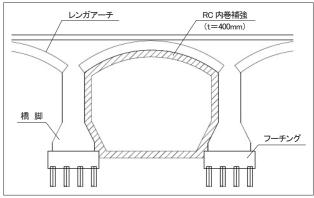


図1 耐震補強対策標準図

が曲げ耐力に対して十分余裕をもつようにせん断補強 鉄筋を配置することとした(図1)。

耐震補強施工

・高架下利用者との協議

レンガアーチ内側に厚さ400mmのRC内巻補強を施 すにあたっては、高架下を利用している店舗等が退去 する必要がある。RC高架橋柱の耐震補強のように柱の 近傍のみ支障する施設物を撤去すれば施工できるわけ ではなく全撤去となるため、高架下利用者との協議・交 渉は困難を極めている。

・漏水対策

レンガアーチ高架橋には、経年による目地切れ等の 変状が生じている箇所が散見される。そのため、線路 上から浸入した雨水がそこから漏水し、レンガ構造物 の劣化進行や高架下を利用する店舗等に支障をきた す。そこで、耐震補強工事に合わせ、RC内巻補強を施 す前に漏水防止対策を行うこととした。

漏水防止対策として導水工と防水工を行うこととし た。導水工は降雨時にレンガアーチ内部の漏水筒所の 調査を実施して漏水筒所を特定したのち、トンネル漏 水対策で実績のある裏面排水材をアーチ部と側壁部に 設置し、排水枡等への導水を行っている(写真3)。防 水工はレンガアーチ内部全体にハイポリマーウレタンゴ ムを約2mm厚で塗布することで、水密性の高い防水層

018 Civil Engineering Consultant VOL.269 October 2015 Civil Engineering Consultant VOL.269 October 2015 019







写真3 導水工

写真4 防水工

写真5 掘削と仮土留工







写真6 上床版の配筋

写真7 鋼製型枠設置

写真8 小型カメラによる充填確認

を形成している。これらにより、防水性能は高いものとなり、施工後の漏水は確認されていない(写真4)。

・掘削と仮土留工

RC内巻補強の下床版は、レンガアーチの橋脚フーチングに合わせて構築する必要があるため、フーチング部まで掘削することとなる。フーチングは地中深さ最大約4mとなるため、掘削にあたってはレンガアーチ両端部に仮土留工を設置するが、掘削深さや地下水の高さにより、親杭横矢板や鋼矢板等を選定している(写真5)。

・下床版と側壁部の構築

掘削により脚部のフーチングを露出後、下床版の施工となる。下床版は型枠等がないため、上床版や側壁部と比べると施工が容易である。一方、側壁部の施工ではコンクリートを上部から打設するため、通常のスランプ値では十分な締め固めができない。そのため、流動化材等を用いてコンクリート打設時のスランプ値を上げることとしている。

・上床版 (アーチ部) の構築

上床版は最も難易度の高い施工となる。鉄筋組立てでは、自重で鉄筋が垂れ下がらないように既設レンガアーチ天井部に打ち込みアンカーで段取り筋を固定した上で、配筋を行っている(写真6)。コンクリートはアーチ天端付近で完全に充填しなければならない。このため、上床版には自己充填性の高い高流動コンクリートを採用している。また、上床版の型枠や支保工にはアーチ形状に合わせて曲げ加工した鋼製型枠を使用し、レンガ

アーチと同様にアーチを形成するよう景観にも配慮している。鋼製型枠を支える支保工は1m²あたり数本が必要となり、1径間あたり百数十本を設置する(写真7)。

コンクリート打設にあたっては、均等な強度が発現できるように投入口を複数設置し、アーチ奥側から手前に向かって順にアーチ天井部にコンクリートを吹き上げる方法をとっている。コンクリートの充填確認はアーチ端部に設置した確認口で随時行い、溢れた時点で充填を完了することとしている。また、小型の確認カメラをアーチ天端付近に埋め込んで、充填状況をリアルタイムに画像で確認する方法も行っている(写真8)。

鍛治橋寄高架橋の施工

東京・有楽町間にある鍛治橋寄高架橋は東京レンガ高架橋の一部であり、延長259m、34径間、径間長約6m、幅約8mのレンガアーチからなる単線式の構造である。高架下をバス会社が利用しており、2つの待合室とトイレ、事務室の4径間分を施工した。

この高架橋は東京駅に近接して通行人の往来が多く、はとバス発着拠点のため乗降者が密集し、日中の時間帯でのコンクリート打設等は施工困難であった。バス会社の営業存続のため、事前に付近の1径間を代替として用意し、待合室、トイレ、事務室を打って替えして機能を確保した。早期本復旧のため、昼夜を徹して最短工期で施工を完了した。トイレ等の代替設備は仮設といえどもバス利用客が使用するため、本設同等のスペ

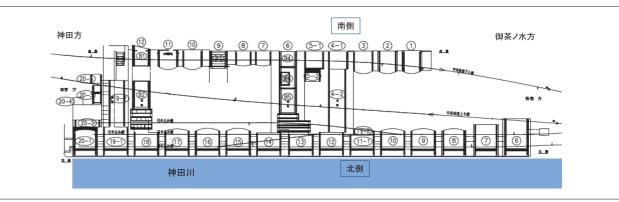


図2 万世橋高架橋全体平面図

ックのものを配置した(写真9、10)。

万世橋高架橋の施工

万世橋高架橋は、かつてターミナル駅であった旧万世橋駅として高架下を利用する目的で建設されたことから、その構造は複雑である。中央線(上り)と保守基地用引込線を支持する神田川に面した北側のレンガアーチ高架橋(延長146.3m、15径間、径間長約9.5m、幅約8m)と、中央線(下り)を支持する南側のレンガアーチ高架橋(2,2,5径間、径間長約6.1~7.5m、幅約5m)および南北の高架下を結ぶ通路部分により構成される。南北の高架橋に挟まれた範囲は盛土であり、アー



万世橋高架橋については歴史的な遺構であることと、 商業施設として活用することから、景観に配慮して既設レンガ面を努めて残す設計とした。特に神田川に面する北側の高架橋は、RC内巻補強の妻部を奥に約600mmセットバックしてレンガ端部の美観を存置した(写真2)。また、商業施設への入口新設のため、神田方側壁部に高さ約4m、幅約4mの開口を行ったが、レンガ組成に影響が出ないようコア削孔で丁寧に撤去した(写真11)。

耐震補強後再開発された「マーチエキュート神田万世橋」は、古いレンガの鉄道高架橋の再活性化を行い、新しい商業施設を誕生させた等の功績から第12回ブルネル賞優秀賞を受賞したが、開発前の耐震補強工事時点から設計・施工の配慮があったことを忘れてはならない(写真12)。



National Control of the Control of t

写直9 鍛冶橋客高架橋耐震補強前

写真10 鍛冶橋寄高架橋耐震補強後





写真11 レンガアーチ側壁部開口部

写真12 レンガアーチ高架下の有効活用

存続すべき重要構造物

首都直下地震対策で様々な構造物の耐震補強対策 工事を行う中、レンガアーチ高架橋は、歴史的価値に合 わせ景観的にも存続すべき重要構造物である。このた め、大地震の際にも堅固に耐えうるべく耐震補強工事 を鋭意推進している。工事に際しては、高架下利用者と の協議・交渉が重要課題であるが、鉄道や高架下店舗、 さらには店舗を訪れたり側道を通行される方々の安全 性が向上することを理解いただき、一日も早く耐震補強 工事が完了できるよう取り組んでいきたい。

<参考資料>

- 1) JR 東日本: 東京レンガ高架橋維持管理に関する技術検討会報告書、2002.1
- 2) 守田久盛、高島通:続鉄道路線変せん史探訪、吉井書店
- 3) 斉藤哲夫:東京レンガアーチ高架橋耐震補強工事の設計と施工、日本鉄道施設協会 誌2003.4
- 4) 友竹、小林、矢島等: 万世橋レンガアーチ高架橋耐震補強の設計・施工、JR東日本 技報SED No.42 2013.11
- 5) Catalogue 12th Brunel Awards Amsterdam 2014

O20 Civil Engineering Consultant VOL.269 October 2015 VOL.269 October 2015 VOL.269 October 2015