

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

# アーチ型鋼材を用いて ラーメン高架橋梁を補強する

鉄筋コンクリート構造（以下、RC）が本格的に鉄道施設の建設に用いられるようになった大正期以降，都市部においては，数多くのラーメン高架橋（※参照）が建設され，今もその多くが供用されています。都市部のラーメン高架橋は，建設から多くの歳月が経過しているため，耐久性や耐震性の観点から，大規模な改修が必要となる場合があります。しかし，都市部のラーメン高架橋は，立地状況や列車の過密な運行状況などのため，大規模な取り換えや改修が難しいのが現状です。ここでは，アーチ型鋼材を用いた施工性および経済性に優れた新しいラーメン高架橋梁の補強工法について紹介します。

## ラーメン高架橋の耐震補強

平成7年の兵庫県南部地震において，ラーメン高架橋の柱が甚大な被害を受けました。このため，多くのラーメン高架橋のRC柱の耐震補強が行われました。ラーメン高架橋は，図1に示すように，柱と梁とスラブなどで構成さ

れる最も一般的な鉄道構造物のひとつです。建設年次の古いラーメン高架橋は，古い基準で設計，施工されており，現在建設されているラーメン高架橋に比べ，柱の性能が劣っているだけではなく，梁の性能が劣っている場合があります。また，柱を耐震補強する



**田所 敏弥**  
Toshiya Tadokoro  
構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
主任研究員  
[専門分野] コンクリート工学



**谷村 幸裕**  
Yukihiro Tanimura  
構造物技術研究部  
コンクリート構造研究室  
室長  
[専門分野] コンクリート工学



**前田 欣昌**  
Yoshimasa Maeda  
東急建設(株)  
土木設計部  
課長代理  
[専門分野] コンクリート工学



**北沢 宏和**  
Hirokazu Kitazawa  
東急建設(株)  
土木設計部  
課長代理  
[専門分野] コンクリート工学



図1 ラーメン高架橋

## ※ ラーメン高架橋

ラーメン構造の高架橋。一般に鉄道の高架橋には，桁式高架橋とラーメン高架橋があります。ラーメン高架橋は桁式高架橋に比べ経済性に優れるという特性があるため，新幹線および連続立体交差化事業などに多く用いられ，鉄道高架橋の最も一般的な構造です。ラーメン高架橋は，スラブ式，ビームスラブ式，フラットスラブ式に大別されます。このうち，柱，縦梁，横梁などから構成されるフレームとスラブからなるビームスラブ式が鉄道ラーメン高架橋として最も多く用いられています。

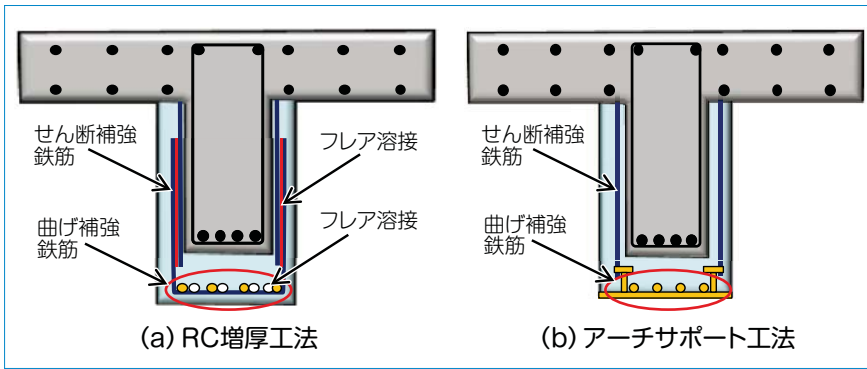


図2 梁補強工法の概要

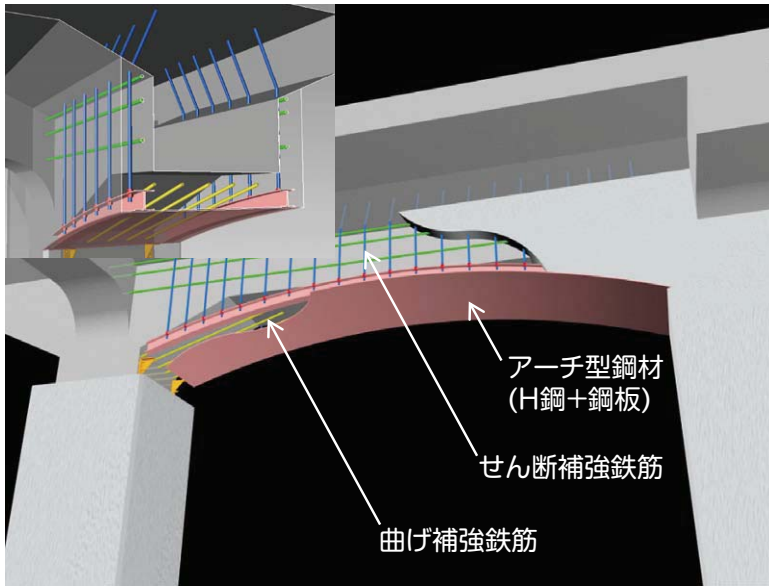


図3 アーチサポート工法の概要

ことによっては、梁が壊れる可能性があります。このような場合は、柱の補強と同時に梁の補強を行う必要があります。また最近では、駅施設の機能や利便性の向上の観点から、ラーメン高架橋全体をリニューアルして、高架下空間の価値を高めることも期待されています。このような観点から、ラーメン高架橋の梁補強のニーズがあります。

### 従来の梁補強工法

柱の耐震補強については、兵庫県南部地震以降、精力的に研究開発が進められ、様々な補強工法が開発され、施工されました。一方、梁については、スラブと一体となっているため、施工性や経済性に優れた補強工法がないのが現状です。このため、ラーメン高架橋においては、鉄道施設としての機能

を保持しつつ、構造物としての性能の向上が可能な、施工性に優れたリニューアル技術が求められています。

従来の梁補強は、図2(a)に示すように、補強鉄筋を配置したのち、梁下面と側面にコンクリートを打設するRC増厚工法です。この増厚工法は、補強鉄筋をそれぞれ接合するためのフレア溶接(☞参照)が必要となります。また、コンクリート打設のために型枠を大規模に配置する必要があるため、工期とコストが増えます。そこで、施工性に優れ、経済的な梁補強工法が求められています。

#### ☞ フレア溶接

鉄筋と鉄筋を接触配置した際にできる円弧状の末広りの隙間、または鉄筋と平行な鋼材の隙間をアーク溶接により接合する溶接継手。

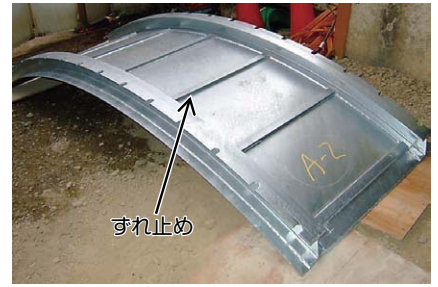


図4 アーチ型鋼材

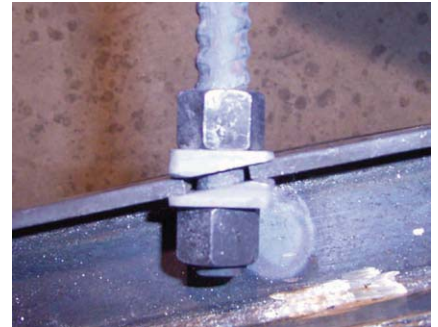


図5 せん断補強鉄筋のボルト接合

### アーチ型鋼材を用いた新しい梁補強工法

アーチ型鋼材を用いた新しい工法(以下、アーチサポート工法)の概要を図2(b)と図3に示します。アーチサポート工法では、図4に示すすれ止めを設けたアーチ型鋼材と曲げ補強鉄筋を重ね継手(☞参照)として接合し、アーチ型鋼材とせん断補強鉄筋は、図5に示すようにボルト接合します。そのため、RC増厚工法に必要なフレア溶接による接合が不要となります。また、アーチ型鋼材を吊り型枠として用いるため、コンクリート打設時の支保工が省略できます。このため、RC増厚工法に比べ、施工がしやすく、

#### ☞ 重ね継手

コンクリート部材において2本の鉄筋の端部を必要な長さだけ重ね合わせて鉄筋の応力を伝達させる方式の継手。コンクリートとの付着力によって2本の鉄筋の応力が伝達され、あたかも1本の鉄筋のように作用する。このような効果を得るための重ね継手の長さは、鉄筋の強度、直径およびコンクリートの強度などによって定められます。

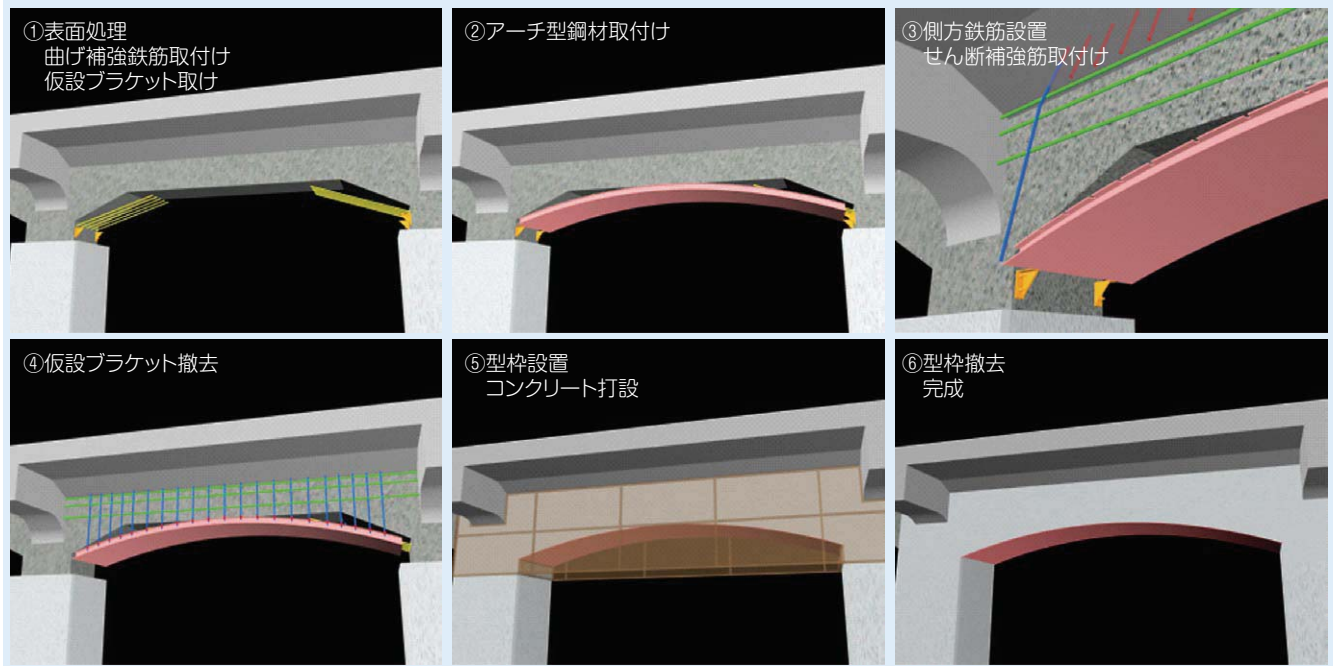


図6 施工手順

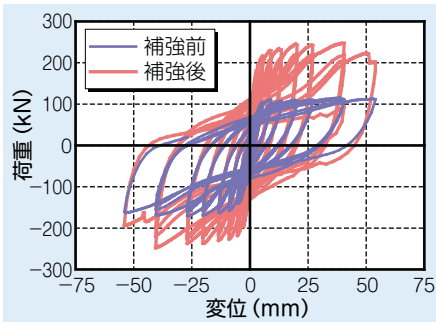


図7 荷重-変位関係

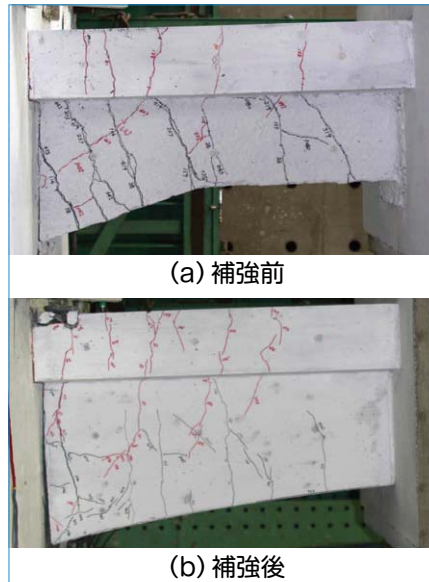


図8 破壊性状



図9 実大試験体による荷重状況

工期やコストを縮減することが可能になります。

アーチサポート工法の施工手順を図6に示します。①既設コンクリートとの一体性を確保するため、チッピングによる表面処理を行った後、曲げ補強鉄筋を樹脂アンカーにより定着します。また、アーチ型鋼材を設置するための仮設ブラケットを取付けます。②H形鋼と鋼板で構成されるアーチ型鋼材をレバーブロックにより吊り上げ、仮設ブラケット上に設置します。③側方鉄筋とせん断補強鉄筋を樹脂アンカーにより、定着させます。また、アーチ型鋼材とボルト接合します。④アーチ型鋼材がせん断補強鉄筋に連結されていることを確認し、仮設ブラケットを撤去します。⑤梁側面に型枠を設置

し、高流動コンクリートを打設します。このとき、アーチ型鋼材は、吊り型枠の役目をします。⑥側面の型枠を撤去して完成です。

また、アーチサポート工法は、従来の補強工法に比べ施工性や経済性だけでなく、美観や維持管理のしやすさにも優れた工法です。

### 荷重試験による補強効果の検討

アーチサポート工法の補強効果を確認するため、ラーメン高架橋のスラブ

と梁を模擬した縮小試験体による荷重試験<sup>1)</sup>を行いました。試験の結果、アーチ型鋼材と、あと施工の曲げ補強鉄筋との接合状況、梁の曲げ補強効果およびせん断補強効果を確認しました。試験結果の例を図7に示します。補強前を模擬した試験体に対し、補強を行った試験体の耐力が2倍になり、地震時に変形する性能もあることを確認しました。また、試験体の破壊状況を図8に示します。また、アーチ型鋼材と曲げ補強鉄筋との接合は、継手位置が梁端部になるため、試験結果を踏まえ継手長は基本定着長に付着の劣化を考慮して割り増すことになりました。さらに、RC部材の性能については、部材寸法の影響を受けるため、実大レベルの試験体により、性能の確認を行いました



図10 補強前のラーメン高架橋



図11 補強工事中の状況



図12 補強後のラーメン高架橋



図13 リニューアル後の高架下利用

た。図9に試験体の載荷状況を示します。これらの検討結果より、アーチサポート工法による補強効果を確認するとともに、補強設計法の整備を行いました。

### 施工事例の紹介

建設から80年余り経過した図10に示すラーメン高架橋2.3キロに対して、アーチサポート工法により補強工事<sup>2)</sup>が行われました。このラーメン高架橋においては、柱とともに梁を耐震補強する必要がありました。柱についてはRC巻き立て補強、梁については施工性や経済性の観点から、アーチサポート工法を適用しました。工事においては、梁補強に対して20%程度の工期

短縮が達成できました。補強工事中および補強後の写真を図11と図12に示します。また、補強した梁は緩やかな曲線の形状をなし、外観に優れた構造といえます。このため、図13に示すように、高架下の価値向上の観点からも優れた工法と考えられます。

### おわりに

ここに紹介したアーチサポート工法については、すでに刊行されている設計・施工指針<sup>3)</sup>に従うことによって、ラーメン高架橋のリニューアルが可能になります。今後も、本工法の適用を進めることによって、ラーメン高架橋のリニューアルに少しでも寄与できればと考えています。

アーチサポート工法は、(公財)鉄道総合技術研究所と東急建設(株)と共同研究による成果です。[RRR]

### 文献

- 1) 田所敏弥, 谷村幸裕, 轟俊太郎, 前田友章, 前田欣昌: アーチ型鋼材を用いたラーメン高架橋梁の補強工法の開発: 総研報告第25巻第2号, pp.17-22, 2011.2
- 2) 竹内明男: 昭和初期に竣工した高架橋の耐震補強工事, 日本鉄道施設協会誌, 第47巻第4号, 2009.4
- 3) (財)鉄道総合技術研究所: 既存鉄道コンクリート高架橋梁の耐震補強設計・施工指針(アーチサポート工法編), 2010.11