

構造物のキーテクノロジー



佐藤 勉
Tsutomu Sato
研究開発推進室
主管研究員
[専門分野] コンクリート
工学

はじめに

新幹線構造物は、道路などとの平面交差を行わないため、明り区間では高架構造が多いのが特徴です。東海道新幹線では、工期や経済性の観点から盛土の施工延長が最も長く、次に長いのが鉄筋コンクリート (RC) ラーメン高架橋です。新幹線構造物におけるキーテクノロジーは多くありますが、誌面の都合により、東海道新幹線およびその後の新幹線でも多用されたRCラーメン高架橋の標準設計と設計基準に焦点をあて紹介します。

RC ラーメン高架橋の標準設計

東海道新幹線における構造物の設計は標準化、簡素化および美観を目的として、一般に広く使用される桁、橋台、橋脚および高架橋について標準設計 (図面、計算書) が作成されました。ただし、標準設計を利用できない場合は、特殊設計として現場の実情に合わせた設計が行われました。

東海道新幹線の高架橋として最も一

般的に用いられたのはRCラーメン高架橋です。RCラーメン高架橋は、高架橋の高さ、軌道および地盤条件と、経済性、施工性などが考慮されて設計されました。標準設計は、径間6m、3径間連続ラーメン (複線2柱式) で両端に3mの張出し部をもつ構造となっています (図1)。ラーメンの径間長および径間数は経済比較の結果より定められたものです。張出し部の長さをラーメンの径間の1/2としたのは、接続部を含めてすべて等径間になることで、施工上、外観上有利であること、および構造的に経済的であること、などの理由によるものです¹⁾。

また、柱の剛性を梁に対して小さくすることで、構造上有利になるとともに、さらに高架橋の標準設計を容易にするという利点も考慮されました。これは、柱の剛性が小さいため、梁は連続梁として、柱は上下端固定として分割して設計を行うことができるためです。高さが10m以上の高架橋には柱の中間に梁 (中層梁) を配置して、柱

および基礎の経済性が図られています (図2)¹⁾。この他、国内外の地震被害例を参考にして、柱の帯鉄筋間隔を密にするなど、耐震性にも配慮されました。

RCラーメン高架橋は、東海道新幹線以降の新幹線においても多く採用されており、基本構造は大きく異なるものではありませんが、設計基準の変更などにより、構造物に要求される性能は変化しています。

設計基準

RCラーメン高架橋などの新幹線構造物に適用された設計基準について、その推移を述べるとともに、設計法、耐震設計、変位制限について概要を紹介します。

(1) 設計基準の推移と設計法

東海道新幹線構造物の設計基準は、昭和36年「新幹線構造物設計基準」として、在来線の設計基準が適用できない事項、例えば荷重、たわみなどについて補足する形で作成されました。設計法は、昭和30年の設計基準において許容応力度設計法が適用されていま

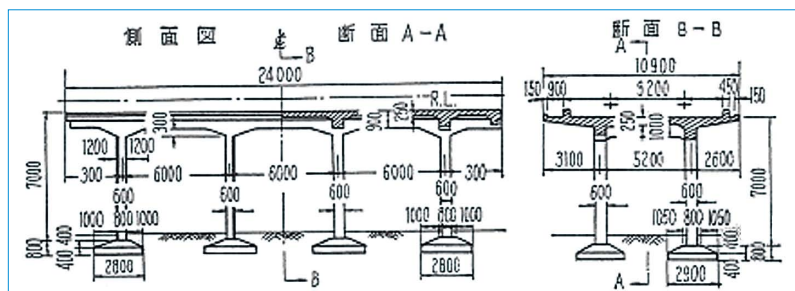


図1 RC ラーメン高架橋の標準設計 (出典: 文献1))



図2 中層梁のあるRC ラーメン高架橋 (出典: 文献1))

表1 鉄道コンクリート構造物の設計基準の推移

| 制改訂年 | 設計基準類 |
|-------|---|
| 昭和30年 | 土木構造物の設計基準（無筋および鉄筋コンクリート） |
| 36年 | 新幹線構造物設計基準 |
| 40年 | プレストレストコンクリート鉄道橋設計施工基準 |
| 41年 | 山陽新幹線構造物設計基準規程 |
| 45年 | 建造物設計基準（鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート鉄道橋） |
| 47年 | 全国新幹線網建造物設計標準（上越、東北、成田新幹線用） |
| 49年 | 建造物設計標準（改訂） |
| 58年 | 建造物設計標準（改訂） |
| 平成4年 | 鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物） |
| 11年 | 鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計） |
| 16年 | 鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）（改訂） |
| 18年 | 鉄道構造物等設計標準・同解説（変位制限） |
| 24年 | 鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）（改訂） |

したが、許容応力度を一律とするのではなく、列車荷重による繰返しの影響を受ける部材や乾湿の影響を受ける部材などには、鉄筋の許容応力度を低減することで、疲労や耐久性に配慮した設計が行われました。

その後、設計基準の改訂に伴い新幹線構造物の設計も変わっていきました。鉄道コンクリート構造物に関する設計基準の推移を表1に示します。以下、本文では表1に示す個々の設計基準を指す場合は、制改訂年を記載したうえで設計標準と略称で表記します。

構造物の設計法としては、長く許容応力度設計法が適用されていましたが、平成4年設計標準では、限界状態設計法が採用されました。限界状態設計法は、一般に終局・使用・疲労からなる3つの限界状態に分類し、これらの限界状態をそれぞれ最も適切な荷重と方法を用いて個々に検討する設計法です。その後、新技術の導入が容易な自由度のある技術基準が求められ、平成16年設計標準では、性能照査型設計法に改訂されています。

(2) 耐震設計

昭和53年宮城県沖地震では、建設中の東北新幹線のコンクリート構造物が大きな被害を受けました。主な被害は、高架橋の柱、中層梁、橋脚躯体および支承部などの損傷でした。昭和58

年設計標準では、宮城県沖地震の被害を踏まえ、高架橋の柱や梁などの地震の影響を大きく受ける部材には十分な変形性能を持たせるように定められ、従前の構造物に比べ、耐震性能の著しい向上が図られました。

平成4年設計標準では、設計水平震度の基準値として1.0を想定することが明記され、これに対応するため部材の変形性能を照査する方法も定められました。さらに、平成7年兵庫県南部地震による被害を踏まえ、平成11年設計標準（耐震）では、従来の耐震設計で考えられていた地震動に加え、兵庫県南部地震のような断層近傍域で発生する非常に強い地震動なども考慮して耐震性を照査する方法が採用されました。また、兵庫県南部地震後、既設の新幹線構造物などの緊急耐震補強が実施され、RC高架橋柱に鋼板を巻き立てる補強工法が多く用いられました。

(3) 桁の動的応答および変位制限

列車の走行により桁に生じる動的応答は、一般に列車の高速化に伴い大きくなる傾向があります。これは、列車の走行速度が増加して加振する振動数が桁の固有振動数に近づくことで、共振が発生し動的応答が増大するためです。

昭和58年設計標準では、共振を避けるため桁の剛性（固有振動数）に下限値を設ける手法がとられてきました。平成4年設計標準からは、ある程度の共振を許容した設計が行えるように改訂されました。さらに平成16年設計標準では、列車の高速化への対応や低

剛性桁の設計を可能とした合理的な動的応答に関する設計法が示されました。

また、列車の走行性や乗り心地に関しては、桁のたわみや軌道面の不同変位（角折れ、目違いなど）の制限値が設定されてきました。現在は、平成18年設計標準（変位制限）にこれらの制限値が規定されていますが、このほか応答値の算定において、必要に応じて車両と構造物全体をモデル化して動的相互作用解析により設計応答値を算定することも示されています。現在、新幹線における最長径間のコンクリート橋梁は東北新幹線、新青森駅近くにある「三内丸山架道橋」です。この橋梁は、中央径間150mの3径間連続橋ですが、長径間の新幹線橋梁を設計する際には、たわみなどによる列車の走行性や乗り心地を確認する必要があります。この橋梁では、車両と構造物全体をモデル化して動的相互作用解析により、走行性や乗り心地について確認されています。

おわりに

新幹線構造物に関するキーテクノロジーとして、RCラーメン高架橋の標準設計と設計基準について述べましたが、新幹線構造物に関する技術は多岐にわたっており、ごく一部の限られた内容について述べさせて頂いたことをご容赦願います。

最後に、新幹線の安全運行は、鉄道各社による的確なメンテナンスに支えられたものであると思います。今後、メンテナンスの重要性はますます高くなるとともに、構造物の長寿命化や検査・診断技術の向上、効率化などによるコスト低減に向けた技術開発への期待も大きいと考えます。RRR

文献

- 1) 日本国有鉄道：東海道新幹線工事誌 土木編、1965