

整備新幹線における橋梁計画

鉄道・運輸機構 正会員 ○西 恭彦、山東徹生、玉井真一

1. はじめに

鉄道橋は架設位置により、橋梁と高架橋に分類される。橋梁は河川や道路、他の鉄道など、他者が管理する物件と交差して架設され、高架橋は鉄道用地内に架設される構造物である。ここでは、鉄道橋の橋梁計画のうち、鉄道・運輸機構で施工している整備新幹線について、構造計画の概要を述べたうえで、鉄道橋特有の概念である走行安全性に配慮した構造物の事例を述べる。

2. 整備新幹線鉄道橋の構造計画の概要

整備新幹線の橋梁、高架橋の構造形式の検討においては、経済性の観点からコンクリート鉄道橋が選定されることが多い。鋼鉄道橋が採用されるのは主に、架設上の制約がある場合、構造高が制限される場合、長スパンが要求される場合、重量軽減が要求される場合である¹⁾。新幹線鉄道への鋼鉄道橋の適用は、東海道新幹線に採用された当時の鋼鉄道橋が、開床式鋼橋が主体だったこともあったためであるが、騒音が問題視されることがあった。適切な対策を施した鋼鉄道橋から発生する騒音はコンクリート橋とほぼ同等とされており²⁾、住宅の密集した市街地でも、長スパンや桁下空洞確保の必要性、架設上の制約などのため、鋼鉄道橋が採用される例もある(図-1)。

コンクリート鉄道橋は、桁長 20 m 以下をRC構造としているが、それより大きい場合は主桁下面のひび割れが過大とならないように、PC構造(PPC構造)としている。また、PC連続桁は構造上可能であればラーメン構造(図-2)としてシューのない維持管理のしやすい構造としている。

交差物件がとくにない場合、道路は素地や盛土とすることが多いが、鉄道構造物では高架橋を採用することが多い。この要因として、法令により道路との交差が原則として立体交差となることや、保守を省力化した軌道構造を採用する場合に長期的な変形を抑制できることなどが考えられる。高架橋はRC桁、PC桁のような橋梁と同様の構造形式とする場合もあるが、10 m 程度の間隔で配置した柱に上層の梁・スラブを剛結したRCラーメン高架橋(図-3)が、経済性や後述する走行安全性に優れていることから、最も一般的な構造となっている。

ラーメン高架橋は剛結された1ブロックの延長が長くなるほど乾燥収縮や温度変化の影響が大きくなるため、整備新幹線では通常は 60 m を上限とし、ブロック相互間や隣接する橋脚とは、調整桁と呼ばれるRC桁で接続している。

3. 鉄道構造物の変位の制限

鉄道の特徴である高速、大量輸送を安定的に実現するため、鉄道構造物の設計にあたっては、走行安全性、乗り心地、軌道の損傷という列車の走行に関わる性能を照査している。列車の走行に関わる性能は、通常は構造物に適度な剛性を持たせることにより、変位を一定値以内に制限するように設計しており、列車走行時の主桁のたわみ、地震時の線路直角方向の振動変位、折れ角、目違いを照査している³⁾。このうち、地震時の振動変位は構造物と地盤の固有周期の影響を受け、折れ角、目違いは隣接する構造物との剛性や位相の違いから生じる変位差の影響を受ける。鉄道橋の構造計画にあたっては、変位の少ない構造物とする配慮が求められる。



図-1 市街地の在来線上に架設された鋼鉄道橋(連続合成桁)



図-2 PCラーメン橋



図-3 ラーメン高架橋

キーワード
連絡先

橋梁計画、鉄道橋、変位制限、ラーメン高架橋、走行安全性
231-8315 横浜市中区本町 6-50-1 電話 045-222-9082 FAX 045-222-9102

4. 走行安全性を考慮したラーメン高架橋

RCラーメン高架橋は、鉛直方向のたわみが小さいため、常時の列車走行安全性の点で合理的な構造であるが、橋脚に比べて地震時の横方向の等価固有周期および応答変位量が大きくなる傾向がある。振動変位および前後の橋脚との変位差で生じる折れ角(図-4)の点で不利な構造となっており、変位を小さくするための対策が必要になる場合がある。

一柱一杭のラーメン高架橋の場合、従来は図-5のように柱の直下に杭を設置しているが、図-6のように横地中梁を張り出して杭を柱よりも外側に設置することにより橋軸直角方向の変形を小さくすることができると考えられる。表-1 に従来型のラーメン高架橋の設計例に対して、部材寸法が同条件で横地中梁を張り出した改良型のラーメン高架橋の等価固有周期を試算し比較した。改良型は等価固有周期が小さく、変位が抑制されていることがわかる。

横地中梁張出部は、橋軸方向の水平力が作用した場合にねじりが生じる。ラーメン高架橋の設計は、通常は二次元骨組み構造解析で行うため、橋軸方向では張出部に生じるねじりの影響を考慮できない。そこで、従来型と改良型の三次元骨組み構造解析を行い、二次元骨組み構造解析と比較した(表-2)。張出部以外の部材の断面力の状況は、従来型のラーメン高架橋とほぼ同等である。張出部に破壊が生じないように適切に配筋をすれば、従来型と二次元骨組み構造解析によって設計することが可能だと考えられる。横地中梁の張出部の配筋法については、せん断スパンが極端に短いため、実験、解析により検討している^{4),5)}。

5. おわりに

整備新幹線における橋梁計画の概要と列車の走行を考慮し変位を制限した構造物について述べた。

横地中梁を張り出したラーメン高架橋は、杭、柱、地中梁の鉄筋の輻輳が緩和され、鉄筋工の施工性も改善される。現在は、主に地震時の橋軸直角方向の変位制限が必要な杭基礎ラーメン高架橋に適用している。なお、地盤条件から場所打ちRC杭の採用が困難で回転鋼管杭となる箇所では、斜杭基礎を採用したラーメン高架橋も提案されている⁶⁾。

参考文献

- 1) 南邦明、横山秀喜: 東北新幹線、九州新幹線の鋼鉄道橋、橋梁と基礎、Vol.45、No.4、pp.35-40、2011
- 2) 鋼橋の騒音対策について、構造物設計資料、No.51、p.32、1977
- 3) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説、変位制限、2006、丸善
- 4) 西恭彦、生馬道紹、服部尚道、谷村幸裕: 曲げせん断を受ける低せん断スパンRC部材の交番ねじり試験、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、pp.697-702、2007
- 5) 吉川修一、松浦康博、杉浦忠治、西恭彦: 施工性を改善した鉄道RCラーメン高架橋の検討、土木学会第62回年次学術講演会、第5部門、pp.306-307、2007
- 6) 清田三四郎、米澤豊司、青木一二三、神田政幸、西岡英俊、出羽利行: 斜杭基礎の水平抵抗特性と鉄道構造物への適用性の検討、地盤工学ジャーナル、Vol.5、No.2、pp.293-307、2010

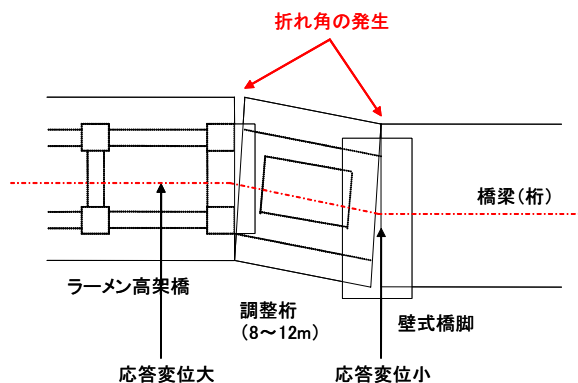


図-4 折れ角の例

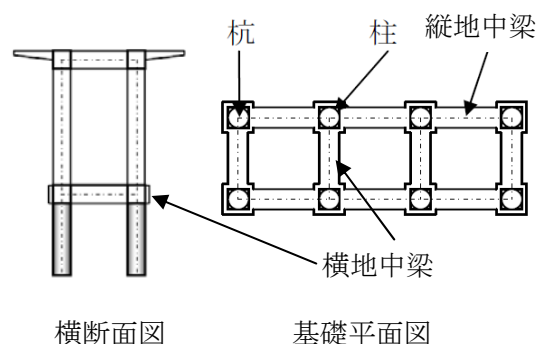


図-5 従来のラーメン高架橋

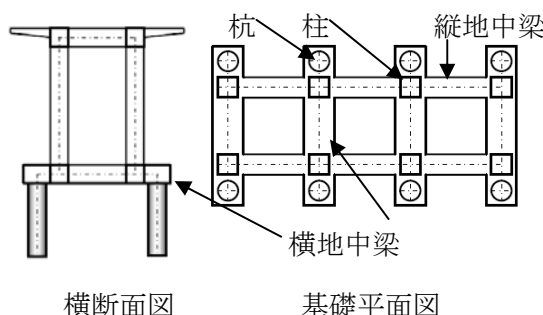


図-6 横地中梁を張り出し改良したラーメン高架橋

表-1 ラーメンの等価固有周期(秒)

高さ	径間数	地盤種別	中間部		端部	
			従来	改良	従来	改良
H=7 m	3 径間	G3	0.943	0.867	0.930	0.855
H=12 m	4 径間	G3	1.621	1.515	1.435	1.321
H=16 m (二層)	5 径間	G4	1.107	0.943	1.061	0.907

表-2 解析手法による断面力の比(H=7m)

二次元解析の断面力/三次元解析の断面力

	水平力		軸力		モーメント	
	中間	端部	中間	端部	中間	端部
柱上端	0.99	1.07	1.06	0.99	1.44	1.59
柱下端	1.00	1.07	1.06	0.99	1.44	1.58
柱上端	1.07	1.13	1.06	0.99	1.33	1.31
柱下端	1.07	1.13	1.06	0.99	1.32	1.30
杭頭	1.01	1.05	1.03	1.06	0.94	0.97
杭頭	1.01	1.05	1.02	1.06	0.94	0.98

※上段：従来型、下段：改良型ラーメン高架橋