

鉄道 RC ラーメン高架橋の解析モデルに関する基礎的検討

株式会社 HRC 研究所 正会員 ○渡辺 忠朋 正会員 阿部 淳一
正会員 渡邊 忠史 非会員 大滝 航

1. はじめに

鉄道構造物では、性能照査型設計法による設計が現在の基準である^{1),2)}。これには実構造物の振る舞いをできるだけ正確に表現できるモデル化が必要とされる。実務においては現在多様な解析手法が使用されているが、解析手法が性能照査に与える影響は、照査結果の精度の確保の観点から必要である。本稿では解析手法が照査結果に与える影響を明確にして、構造解析係数などの安全係数の取り扱いを提案することを目的とし、その基礎資料を得ることを目的として検討を行った。以下に、その概要を示す。

2. 検討方法

本検討における検討対象物は、鉄道用の標準的な RC ラーメン高架橋を対象とし、2線2柱式のビームスラブ式ラーメン高架橋とした(図-1 参照)。解析には、3次元骨組み解析(図-2)と3次元有限要素解析(図-3)を用い、両者の解析結果を比較することで、妥当な3次元骨組み解析モデルを得ることが出来ると考えた。なお、本検討に用いた解析では、骨組み解析および有限要素解析のいずれも線形解析とした。検討に用いた荷重状態は、基礎的資料を得ることを目的として、固定死荷重のみが載荷された状態とした。

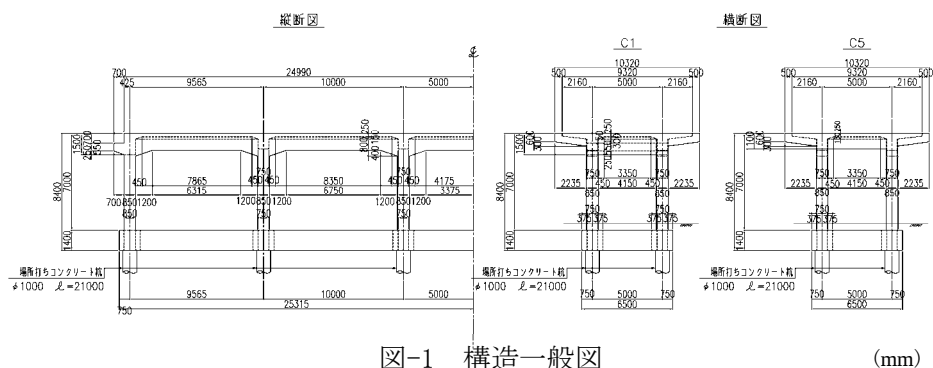


図-1 構造一般図

(mm)

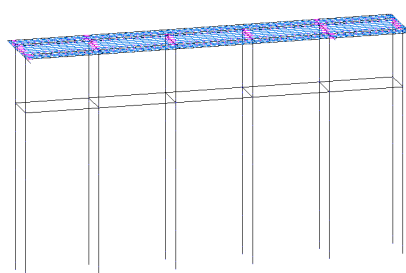


図-2 3次元骨組み解析モデル図

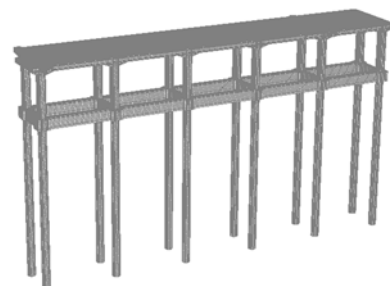


図-3 3次元有限要素解析モデル図

3. 検討ケース

3次元骨組み解析では、梁・スラブ・柱を線材としてモデル化した。スラブのモデル化の影響によって骨組み部材の断面力が影響を受けることが想定される。そのため、スラブを仮想梁としてモデル化することとし、仮想梁の剛性と、仮想梁と縦梁・横梁の接合部での剛域の有無や縦梁・横梁の剛性などに着目して、表-1に示す3ケースの解析モデルに対して検討を行うこととした。解析モデルのイメージを図-4, 5に示す。

CASE1は、鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)で規定された2次元解析に用いる梁の断面剛性(T型)を用いている。そのため、スラブの剛性は梁の剛性として考慮されていることとなるため、仮想梁の剛性は小さい値としている。一方、CASE2および3については、梁の剛性は矩形部分の剛性として、スラブは仮想梁として、スラブの厚さに基づいた剛性を用いた。なお、CASE2と3では、梁を矩形断面としてモデル化しているため、仮想梁のスパンを梁の側面間距離と等価にするために仮想梁の材端に剛域を設けたのがCASE3であり、その影響を無視したのがCASE2である。3次元有限要素解析では、梁・スラブ・柱をソリッド要素でモデル化した。解析モデルのイメージを図-3に示す。

キーワード 鉄道 RC ラーメン高架橋, スラブ, 3次元解析

連絡先 〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通7丁目北武第2ビル TEL 011-859-5233

骨組み解析における固定死荷重の载荷は、梁及び柱は線荷重として载荷し、スラブは格子状に配置した仮想梁の各交点に配分した。

4. 解析結果

図-6に曲げモーメント、せん断力、ねじりモーメントの各断面力図を示す。図-6(a)の曲げモーメントでは、端部径間の支点位置において、CASE2,3 では FEM の算定結果と比較して概ね一致する結果となった。一方 CASE1 では、30%程度低い値となった。中央径間では全域においてすべての CASE で、同等の計算結果となり、FEM と比較すると上曲げでは 10%程度、下曲げでは 20%程度異なる結果となった。図-6(b)のせん断力では、CASE2,3 ではすべての区間で FEM の算定結果と概ね一致した。一方、CASE1 では、端部径間の支点近傍で 10%程度、他区間では 5%程度低い値となった。図-6(c)のねじりモーメントでは、中央径間に着目すると、CASE3 では、FEM と比較して 10~20%程度大きく算出され、CASE2 ではさらに大きく 50%程度異なり、CASE1 では逆に 30%程度小さく算定される結果となった。一方、端部径間の支点位置ではすべての CASE が FEM の算定結果と大きく異なる傾向となった。

表-1 解析 CASE

CASE	スラブをモデル化した仮想梁の剛性	縦横梁と仮想梁の剛域の有無	縦横梁の抵抗断面
1	無	無	T 型断面
2	有	無	矩形断面 (図-5 の①部)
3	有	有	矩形断面 (図-5 の①部)

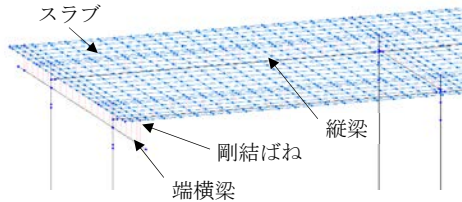


図-4 3次元骨組みモデル(スラブ)

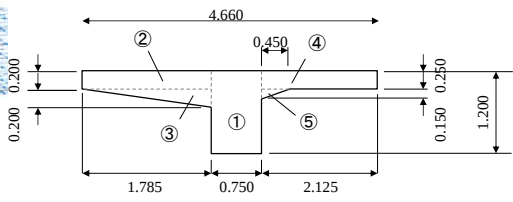


図-5 断面諸元 (単位: m)

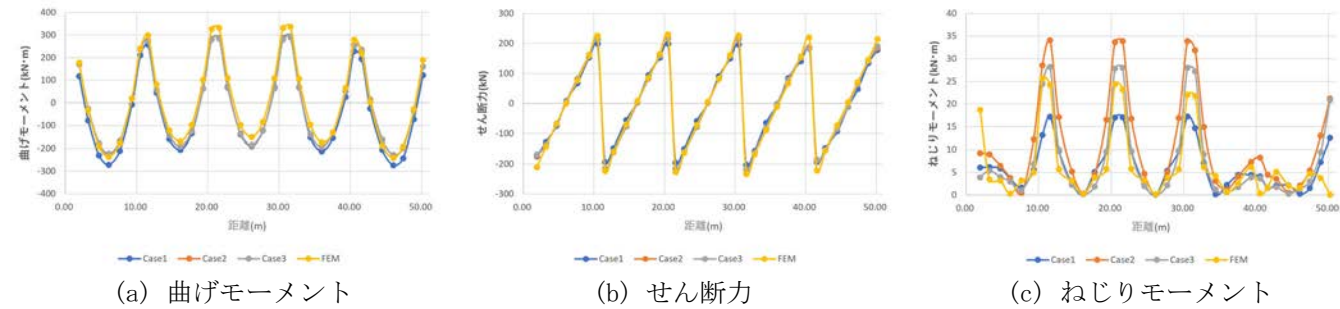


図-6 断面力の比較

5. まとめ

3次元骨組み解析において、従来のT型断面による断面剛性を用いた計算と比較し、適切な剛性を用いたスラブを格子状にモデル化することによって、その格子状に版上荷重を载荷すれば、曲げ及びせん断力に対しては実挙動に近い算定結果を得られた。また、ねじりに対しては、スラブの剛域を適切に考慮することによって、より実構造物に近い挙動が得られた。なお、端部径間の支点位置に対しては、FEM の挙動と一致しないために、今後のさらなる検討が必要と考える。

従来の設計で行われる2次元解析では、スラブ上の荷重を梁に配分する計算を行ったり、ねじりの計算を別途行い、外力として作用させている。一方、本検討で示したように、スラブを格子状にモデル化し、適切に剛性を与えれば、解析的にねじりの影響が梁に伝達されるため、煩雑な計算を省略化できると考えられる。今後、横梁や柱の断面力の検討や、付加死荷重等の一般的な設計に用いる荷重も取り入れた条件でもさらに検討を行い、適切な解析モデル及び解析手法の提案をしたいと考える。

参考文献

1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，2018.3
2) 丸善：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），令和5年1月