

既存橋梁に着目した二枚壁橋脚の構造特性とその効果

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○高松 寛子

日本大学理工学部 正会員 関 文夫

1. はじめに

PC ラーメン橋は、主桁と橋脚が剛結合する構造で、耐震性能が高く、走行性に優れ、騒音も少なく、維持管理が容易などの利点を有することから高速道路で多く採用されてきた。しかし、高剛性のために多径間連続構造とすると、不静定次数が高くなるために、クリープ・乾燥収縮、温度変化などの二次応力が大きくなり、多径間連続構造には、ある程度の橋長で限界が生じていた。そこで、これらの課題を克服し、PC ラーメン橋の多径間連続構造の長大化するために、橋脚剛性の低下による効果や主桁支間長と橋脚高さの比である固定支間長について考察した。

ここでは、既存橋梁の二枚壁橋脚に着目し、その構造特性と効果について報告する。

2. ラーメン構造の合理的な範囲

日本のラーメン橋 26 橋¹⁾と二枚壁橋脚を有する 3 橋を図-1 に示す。横軸の固定支間長とは

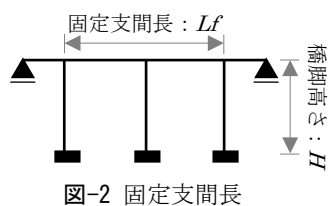


図-2 に示すように、剛結合された橋脚の支間長である。図-1 中の限界高さの式は、ラーメン構造が成立する橋脚高さと固定支間長の関係であり、次式で示される²⁾。

$$H = 0.3 \times (L_f/2) - 5.4$$

ここに、\$H\$ は橋脚高さ、\$L_f\$ は固定支間長である。

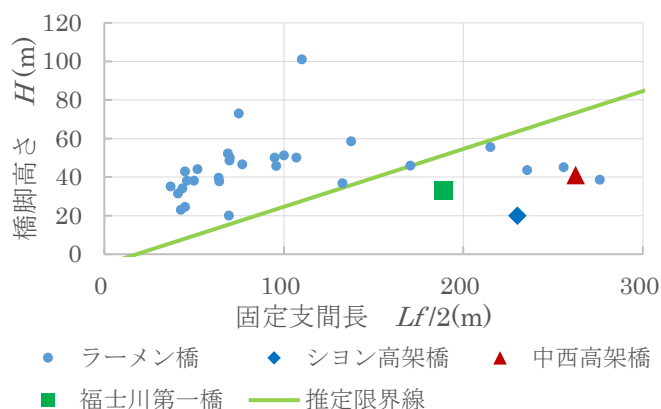


図-2 ラーメン構造の領域

限界高さを上回る領域が、ラーメン構造として合理的とされている。二枚壁橋脚を有する 3 橋はどれも範囲外であり、その構造特性を以下に示す。

3. 二枚壁橋脚を有する既存の橋の構造特性

(1) シヨン高架橋³⁾

シヨン高架橋は、スイスのレマン湖沿いに架かる橋長 2110m、23 径間を約 5 径間毎に箱桁連続ラーメンとして繋げた橋である。写真-1 のように剛性の低い二枚壁橋脚で二次応力を低下させている。橋脚の寸法は二枚壁の間隔 8m、厚さ 0.8m、幅 5m、高さ 3m~42m である。5 径間の一例を図-3 に示す。P4 の短橋脚では剛性を高め、支承を設けて水平反力を開放している。



写真-1 chillion 高架橋⁴⁾

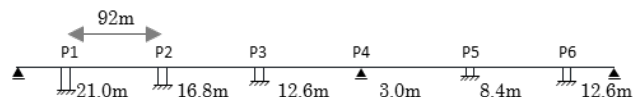


図-3 chillion 高架橋のモデル図³⁾

(2) 中西高架橋⁵⁾

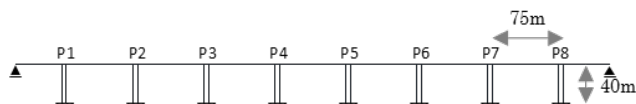
中西高架橋は、東海北陸自動車道の岐阜県郡上郡白鳥町に架かる橋長 675m、9 径間箱桁連続ラーメン箱桁橋である。二枚壁橋脚と施工時に桁の二次力を見込んだ水平荷重を作用させた、水平変位調整工法を採用している。図-4 に示すように、橋脚全てに二枚壁橋脚を用いている。



写真-2 中西高架橋¹⁾

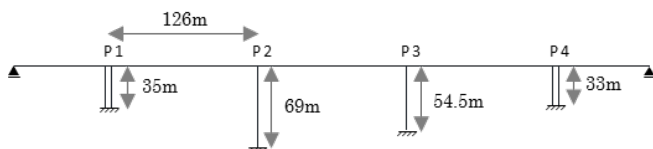
キーワード 二枚壁橋脚、ラーメン構造、固定支間長、変位拘束、長周期化

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河 1-8 日本大学理工学部 4 号館 3 階 TEL 03-3259-0666

図-2 中西高架橋のモデル図⁵⁾

(3) 富士川第一橋²⁾

富士川第一橋は、南部横断自動車道の山梨県南巨摩郡南部町に架かる橋長 546m、5 径間連続波形鋼板ウェブラーメン箱桁橋である。図-5 に示すように、応力が集中する短橋脚に二枚壁橋脚を用いている。剛性を低下させ、応力を開放し、長橋脚のラーメン構造を可能にしている。

写真-3 富士川第一橋¹⁾図-3 富士川第一橋のモデル図²⁾

4. 箱型橋脚と二枚壁橋脚の比較

中西高架橋と富士川第一橋について、一般的な箱型橋脚と、二枚壁橋脚を比較する。計算には平面骨組み解析プログラム Ezy-Frame を用いる。解析モデルは図-4、図-5 に示すモデルとし、桁断面は図-6 に示す断面を等断面とし、橋脚は図-7 に示す箱型橋脚断面と、二枚壁橋脚断面とする。材料は設計基準強度 $f_{ck}=31\text{kN/m}^2$ のコンクリートで、単位体積重量 $\gamma=24\text{kN/m}^3$ 、弾性係数 $E=3.0\times 10^6\text{N/m}^2$ とする。

地震荷重を想定し、左から自重の 20%を水平荷重として载荷した場合の、橋脚の最大と最小の曲げモーメント M 、軸力 N の結果を示す。中西高架橋は P2 について図-8 に、富士川第一橋については P1 について図-9 に示す。

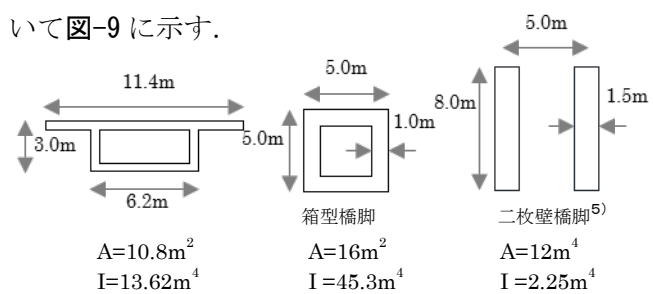
図-6 桁断面⁵⁾

図-7 橋脚断面

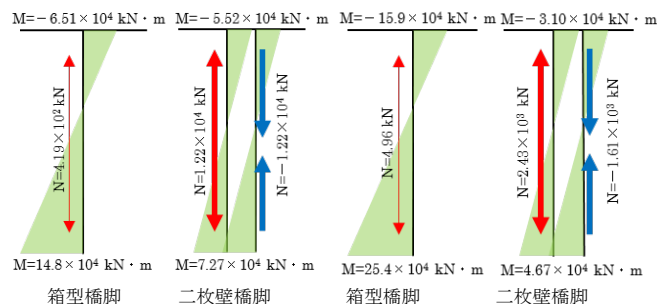


図-8 中西高架橋 (P2) の結果 図-9 富士川第一橋 (P1) の結果

中西高架橋について、橋脚支点部の曲げモーメントは 0.5 倍になり、橋脚の軸力が 32 倍になっている。この結果から、二枚壁橋脚は曲げモーメントを軸力に変換する機能があるといえる。富士川第一橋について、短橋脚ということから、箱型橋脚では大きな曲げモーメントがかかっているが、中西高架橋同様に、二枚壁橋脚にすることで、曲げモーメントは大幅に減り、軸力に変換されていることがわかる。

5. まとめ

それぞれの橋で特徴があり、異なる活用方法で二枚壁橋脚が使われていた。活用方法を以下にまとめる。

① 二枚壁橋脚のみを利用する場合

- ・橋全体の長周期化によって設計水平荷重の低減。
- ・短橋脚を含む場合の水平反力の集中を回避。
- ・桁のクリープ二次力に対して有効。
- ・橋脚自体の二次応力の低減。

② 二枚壁橋脚と他の工法や構造を組み合わせる場合

- ・変位拘束構造。
- ・水平変位調整工法。

更に、併用する構造や工法の組み合わせによって、合理的に二枚壁橋脚が利用でき、ラーメンの連続多径間の可能性があると言える。

参考文献

- 1) 三井住友建設：PC 設計 NEWS, No. 34,67,99,114,119, 126,132,135,136,144,147,148,152,156,158,160,166, 182,190,190,191,193,194
- 2) 渋谷智裕：二枚壁式橋脚によりラーメン剛結化を行った富士川第一橋の計画・設計
- 3) Pigué, Jean-Claude : Ponts en courbe préfabriqués et construits en encorbellement (exemple de Chillon), SIA spécial, no 3 , 71e Assemblée générale de la Société des ingénieurs et architectes, Bulletin technique de la Suisse romande, 1969
- 4) Structurae[Chillon Viaduct]<https://structurae.net/structures/chillon-viaduct>(2017/04/04)
- 5) 水口和之：2 板壁式橋脚を有する多径間連続ラーメン橋の耐震設計に関する一考察，プレストレストコンクリート，Vol.39, No.5, Sep. pp46-53. 1997