

局部座屈を考慮した逆L形鋼製橋脚の耐震性

熊本大学工学部 学生会員 ○松本 正樹

熊本大学大学院 正会員 広田 武聖

熊本大学大学院 学生会員 川畑 智亮

熊本大学大学院 正会員 渡辺 浩

熊本大学工学部 正会員 崎元 達郎

1. はじめに

上部構造重量が橋脚の中心軸より偏心して作用するような逆L形鋼製橋脚は、橋脚基部で上部構造重量により軸圧縮力、面内曲げを受け、さらに面外に地震力が作用したとき面外曲げ、ねじりを受けることになり局部座屈を含む複雑な挙動の基に耐力と変形能が決定される。しかし面外力を受ける場合の耐震性を検討した研究は少なく、骨組としての通常の動的解析プログラムでは局部座屈が考慮できないという問題点がある。そこで、逆L形橋脚を対象にファイバー要素を用いて等価な応力-ひずみ関係¹⁾を動的解析プログラムに復元力モデルとして導入することにより、近似的に局部座屈を考慮することを考える。ところで、既存の高架橋では逆L形橋脚の横梁上に上部桁構造の支承が複数個設置されていることと、上部桁構造の水平面内の剛性が非常に大きいことを考えると、地震時のねじれはかなり拘束される可能性がある²⁾。そこで、逆L形橋脚の挙動を正確に把握するため、連続高架橋全体系としての検討を行い、単一逆L形橋脚と比較、検討する。さらに、これらの高架橋システムの挙動特性をもとに、逆L形橋脚を有する高架橋を単一橋脚として扱う場合のモデルの条件について考察する。

表1 材料及び解析モデルの諸元

鋼種	SM490Y
ヤング係数 E (GPa)	210
降伏応力 σ_y (MPa)	353
降伏ひずみ ϵ_y (%)	0.168
ポアソン比 ν	0.3
幅厚比パラメータ R	0.7
偏心率 e/H	0.41

$$R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{4\pi^2}} \quad \dots (1)$$

2. 解析モデル

解析モデルの諸元を表1に示す。このモデルは既存の逆L形鋼製橋脚を持つ3スパン連続高架橋を単純化したもの²⁾であり、図2に示す。

本解析で用いる逆L形鋼製橋脚はPL17、PL18、PL19、PL20である。支承条件をまとめて表2に示す。これより、橋軸方向水平荷重はPL19がすべて負担する。また各支承はねじり剛性を持たないものとする。上部構造の桁は面内の曲げ剛性と面外の曲げ剛性が実際の上部構造の主桁と等しい一本の弾性梁部材でモデル化する。橋脚の柱と梁の分布質量はそれぞれ4.35ton/m、2.88ton/mとする。ここでの単一橋脚モデルとは、連続高架橋全体系の逆L形鋼製橋脚のうちPL19を取り出し単純化したものであり、図1に示す。単一橋脚モデルでは、鉛直荷重として上部構造死荷重の分担分 $P=7.86\text{MN}$ の一定荷重を考える。上部構造の質量としては、橋脚頂部に上部構造の全質量 $M=2153\text{ton}$ を集中荷重として与える。

表2 支承条件 (連続高架橋全体系モデル)

	PL17	PL18	PL19	PL20
支承数	2	2	2	2
橋軸方向	可動	可動	固定	可動
橋軸直角方向	固定	固定	固定	固定

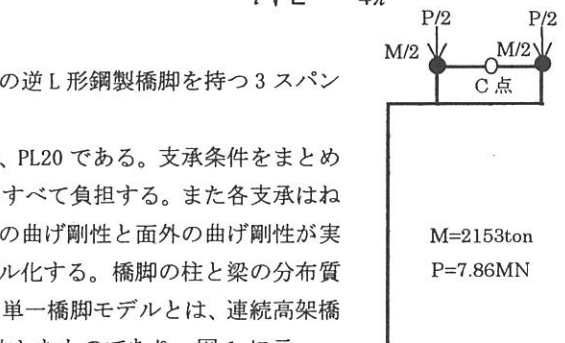


図1 単一橋脚モデル

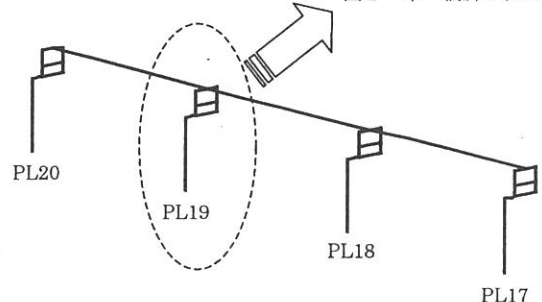


図2 連続高架橋モデル

3. 汎用プログラム TDAPⅢによる解析概要

橋軸方向から地震波を与え 3 次元の解析を行うため、三次元ファイバー要素を使用した。解析法は直接積分法で、積分法として Newmark の β 法 ($\beta=0.25$) を用いた。動的応答の検討に用いる地震波は、神戸海洋気象台 N-S 成分で、30 秒間橋軸方向に作用させる。時間積分の分割は 0.0005 秒を用いる。減衰マトリックスはレーリー減衰を用い、減衰定数は弾性 1 次固有振動に対応した $h=0.01$ とする。解析断面分割数はウェブ・フランジともに 20 分割とする。

FEM 解析結果を基にして、あらかじめ局部座屈による等価な応力-ひずみ関係が既往の研究¹⁾により定式化されており(図 3)、その復元力モデルを TDAPⅢの user subroutine に組み込んで解析を行った。

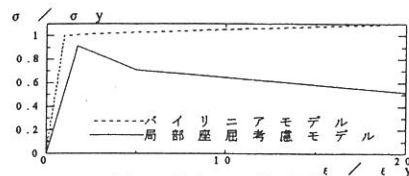


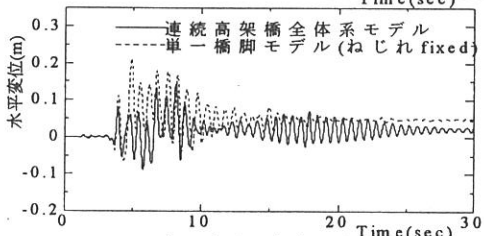
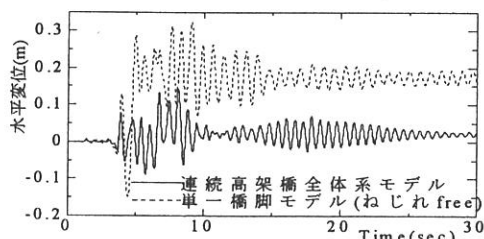
図3 応力-ひずみ関係

4. 解析結果

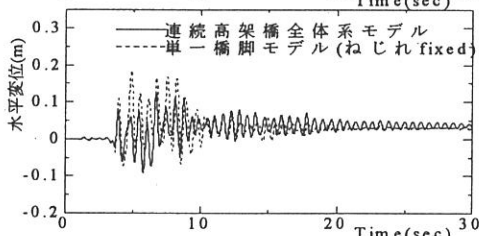
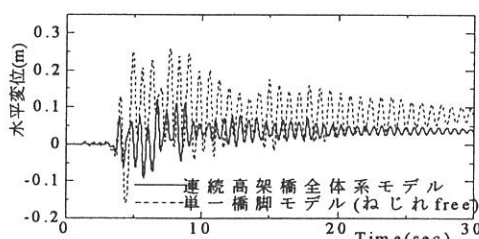
連続高架橋全体系モデルと単一橋脚モデルの固有周期を表 3 に示す。動的応答特性は連続高架橋全体系モデルと単一橋脚モデルに対して、構成則として局部座屈を考慮した等価な応力-ひずみ関係を用いて検討する。また、構成則として多用されているバイリニア移動硬化則を用いた場合と比較を行う。単一逆 L 形橋脚モデルでは横梁の水平面内の回転(ねじれ)を自由(free)としたモデルと上部構造からの拘束を考慮して固定(fixed)としたモデルを考慮する。ここで、連続高架橋全体系モデル・単一橋脚モデルの変位とは PL19 の横梁上の支承を結んだ線分の中点 C における橋軸方向水平変位である。

表 3 固有周期 T (s)

連続高架橋全体系モデル		0.570
単一逆 L 形橋脚モデル	ねじれ free	0.742
	ねじれ fixed	0.572



a) 局部座屈考慮モデル



b) バイリニアモデル

図4 時刻歴応答

5. まとめ

図 4 に示す解析結果より、単一橋脚モデルとしては、逆 L 形橋脚のねじれを固定したモデルのほうが全体系モデルの挙動をよく表すといえる。全体系解析結果についてみると、バイリニアモデルでは局部座屈考慮モデルより応答変位が小さく危険側に評価される可能性が示されている。

参考文献

- 1) 崎元 達郎、鶴田 栄一、木下 照章、三好 喬、渡辺 浩：局部座屈とねじりを考慮した鋼箱形断面を有する骨組の終局挙動解析法、構造工学論文集、Vol. 48A、pp89-93、2002.3
- 2) 日本鋼構造協会次世代土木鋼構造研究特別委員会：橋梁システムの動的解析と耐震性、土木学会鋼構造委員会鋼構造の耐震検討小委員会報告書、pp255-278、2000.4

表 4 連続高架橋全体系モデルに対する
単一橋脚モデルの最大応答変位の比
a) 局部座屈を考慮した復元力モデル

単一モデル (ねじれ free) / 全体系モデル	2.25
単一モデル (ねじれ fixed) / 全体系モデル	1.47

b) バイリニアモデル

単一モデル (ねじれ free) / 全体系モデル	2.11
単一モデル (ねじれ fixed) / 全体系モデル	1.51