

I-24 3 層ラーメン構造物の水平材剛性
 変化が耐荷力に及ぼす影響

東京都立大学 学生員 安部大志
東京都立大学 正 員 野上邦栄

1. まえがき：許容応力度設計法を用いてラーメン形式吊橋主塔の耐荷力に対する照査を行う場合、有効座屈長の概念を導入した方法を用いることにより設計上対処している。このため、この有効座屈長の評価が極めて重要となる。本報告では、3層ラーメン構造物に対する弾塑性有限変位解析による最大強度相関曲線と本州四国連絡橋吊橋主塔設計要領・案（HSBA）¹⁾、アメリカ鋼構造協会（AISC）²⁾、道路橋示方書（JSHB）³⁾の各規程との比較により、特に水平材剛性の変化が耐荷力評価の精度に及ぼす影響について検討を試みている。

2. 安定照査式：現在一般的に用いられている安定照査式および強度限界式は次式である。

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{\psi M}{M_{cr} (1 - P/P_{cr})} \leq 1 \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$
$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{M_u} \leq 1 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

ここに、P、P_{cr}及びP_yは各々作用軸荷重、許容軸荷重、Euler座屈荷重及び降伏荷重、M、M_{cr}及びM_uは各々作用曲げモーメント及び許容曲げモーメント、ψはモーメント換算係数を意味する。また、各規程について式①、②の要因を比較したものが表-1である。ここに、βは有効座屈長係数、M_p及びM_yはそれぞれ降伏モーメント及び全塑性モーメントを意味する。なお、図-1は付加曲げモーメントの影響を示したものである。

表-1 各規程の要因パラメータ

	AISC	JSHB	HSBA
P, M	微小変位	微小変位	有限変位
P _{cr} のβ	設計公式	設計公式	E _r 法
P _y のβ	設計公式	設計公式	1
M _{cr}	M _p	M _y	M _y
M _u	1.18M _p	M _y	M _y
ψ	0.85	Austin	Austin
P-Δ効果	ψに考慮	無視	考慮
P-δ効果	考慮	考慮	考慮

3. 解析結果：表-1に示した各規程の特徴を踏まえ、本州四国連絡橋下津井瀬戸大橋主塔に対して検討を行った。なお、解析は実橋（モデル1）に加え、表-2に示す水平材剛性を変化させたもの（モデル2および3）についても解析を行った。ここに、fは水平材剛性（f = I_b/I_{b0}）を表し、I_{b0}は実橋の水平材の断面二次モーメント、I_bはモデルの水平材の断面二次モーメントを表す。

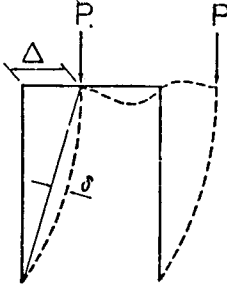


図-1 付加曲げモーメント

まず有効座屈長の比較を現在の代表的な算出法である(1)弾性固有値解法、(2)設計公式、(3)接線弾性係数法（E_f法）、(4)非弾性有限変位解析法の4つの解法について行った。その結果が表-3である。表から明らかのように、どちらの場合についてもE_f法が(4)解法と比較して

表-2 解析モデルの水平材剛性

	モデル	1	2	3
f	上 部	1.0	0.3	0.2
	中 部	1.0	0.3	0.5
	下 部	1.0	0.3	1.0

表-3 各解法の有効座屈長の比較(m)

	解 法	(1)	(2)	(3)	(4)
モ デ ル	1	82.0	102.4	61.0	40.4
	2	115.0	167.5	78.4	59.2
	3	92.6	118.1	71.0	48.3

最も精度の良い結果となっており、また設計公式が最も安全側の値となっている。

次に、実際に各規程が耐荷力をどのように評価しているかを鉛直荷重と分布横荷重を受ける3層ラーメン構造物の耐荷力解析による最大強度相関曲線と比較を行った。⁴⁾⁵⁾⁶⁾図-2は鉛直荷重のみが作用する場合の

荷重と主塔の水平方向最大変位の関係を示したものである。図中、縦軸は鉛直荷重を降伏荷重で無次元化したもの、横軸は水平方向最大変位と主塔高の比を示している。図が示すように、荷重が耐力力に近づくと水平材剛性が低い場合急激に変位が増加していることがわかるが、耐力力の減少はあまり見られない。また、図-2における限界荷重作用時の主塔の変形モードを表したものが図-3である。図-4は各規程の耐力力評価を表している。図中、縦軸は鉛直荷重を降伏荷重で無次元化したもの、横軸は曲げモーメントを全塑性モーメントで無次元化したものである。まず最大強度相関曲線について三つのモデルを比較すると、水平材剛性を一律に落としたモデル2が若干低い結果を示しているもののモデル1と3に関してはほとんど同様の結果を示している。この結果から、水平材剛性の変化は剛性を極端に低下させない限り、構造物の耐力力にはあまり影響を与えないことがわかる。続いて各規程の耐力力評価の精度を比較すると、鉛直荷重の大きい領域ではHSBAが、曲げモーメントの大きい領域ではAISCが最も妥当な耐力力評価を行っている。この理由として、HSBAは有限変位理論に基づき断面力を算出していること、有効座屈長算出法としてE_f法を用いていることが、AISCは許容曲げモーメントに全塑性モーメントを用いていることが挙げられる。また、各規程の精度を水平材の剛性変化に着目して比較すると、上部ほど剛性低下を大きくしたモデル3はモデル1と同様の傾向を示しているが、剛性を一律に低下させたモデル2は有効座屈長算出法としてE_f法を用いているHSBA以外はかなり安全側の結果を与えている。

〔参考文献〕 1)土木学会・本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会：主塔設計に関する検討，1984

2)AISC: Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings 1978 3)日本道路協会：道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編 Ⅱ鋼橋編），1980 4)伊藤文人・野上邦栄・田中充夫：ラーメン形式吊橋主塔の耐力力解析，構造工学論文集，Vol.34A，1988 5)安部大志・野上邦栄：ラーメン形式吊橋主塔の安定照査式の検討，土木学会第43回年次学術講演会，1988 6)野上邦栄・安部大志：吊橋主塔の安定照査式に関する一考察，構造工学論文集，Vol.35A，1989

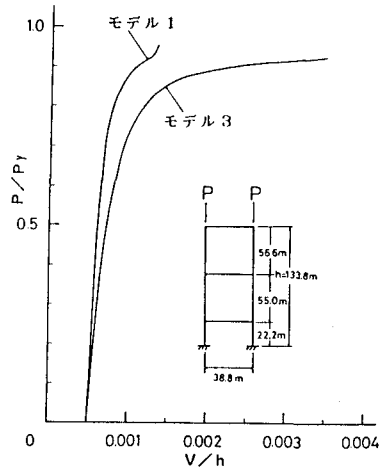


図-2 鉛直荷重と水平変位の関係

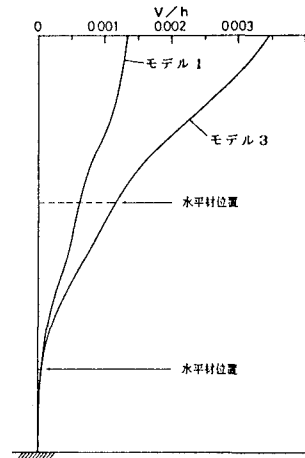


図-3 限界荷重作用時の変形モード

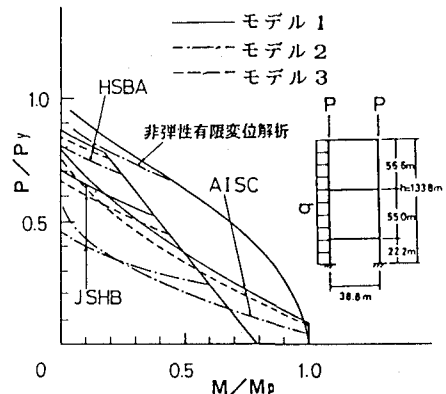


図-4 現行規程の耐力力の評価