

I - B128

サイクリック荷重を受ける鋼製箱形断面橋脚の解析手法研究

川崎重工業（株） 正会員：磯江暁 正会員：大南亮一 非会員：吉川孝男
川崎重工業（株） 正会員：岸田和人 正会員：石毛立也

1 はじめに

兵庫県南部地震以降、レベル2地震に対する鋼製橋脚の耐震安全性を動的非線形解析を用いて照査する方法が望まれている。著者らは、「橋脚は常時軸圧縮力を受けているため、曲げ力が作用した場合圧縮フランジの応力状態が引張りフランジよりも厳しくなる」ことに着目し、箱形断面橋脚を簡易な弾塑性梁へとモデル化する手法を開発した。

2 サイクリック荷重を受ける場合のフランジの挙動

箱形断面を構成するフランジに軸力を負荷したときの軸力-変位関係($N-u$)が、図1の実線のように表されるとする。すなわち、引張り変位に対しては抵抗力は線形に増加し、圧縮変位に対しては弾性範囲を越えた後最大耐力状態に至り、その後耐力が低下する挙動を示すとする。この仮定の基に橋脚頂部にサイクリックな水平力を負荷した場合を考える。軸力 P を支持している橋脚の下端部C断面が、 $\pm\theta_0$ の大ききで交互に傾斜するように塔頂水平変位を与えると（図1(a)）、A,B両フランジは両者の鉛直方向相対変位が $b\cdot\theta_0$ となる強制変位を受けるので、図1(b)~(e)に示すようにそれぞれが圧縮側になった時に塑性変形が進展することになる。ここではウェブの寄与を無視したが、箱形断面橋脚の強度の低下の主因が図1のようなフランジの圧縮変形の蓄積であると考えて、ウェブを含んだモデル化の考え方と解析例を以下に示す。

3 橋脚下部のモデル化

軸力と水平力を受けて弾塑性・有限変形挙動をする場合の橋脚下部のモデル化を、図2に示す。モデル化は、以下の考え方により行う。

(a)フランジおよびウェブを各3分割し、各板部分は面内鉛直伸びおよび剪断の2種類の変形をする。反力として、軸力 N および剪断力 S を生じる。各板部分相互の力の釣り合いは無視する。弾性範囲における変位-断面力関

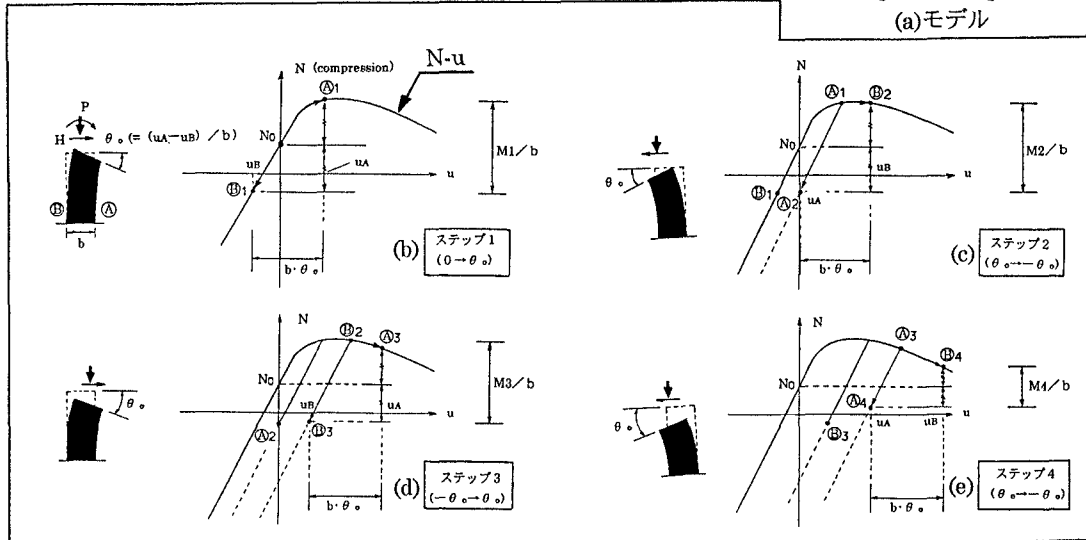
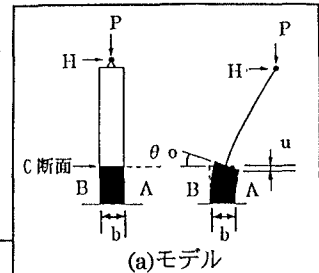


図1 载荷に伴うフランジの変位-断面力関係の推移

係は、式(1)を用いる。

$$\begin{Bmatrix} N \\ S \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} Ku & 0 \\ 0 & Kv \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} \quad (1)$$

(b) フランジおよびウェブの全 24 変位成分（4 枚 X 3 分割 X 2 方向）は、断面保持の仮定により柱断面中心の変位（6 自由度）に関係付ける。

(c) 図 1 の $N-u$ 関係を $(N,S)-(u,v)$ 関係へと拡張するため、 (u,v) 中の塑性変位成分を (u_p, v_p) とし、式(2)の関係を設定する。また引張り力にも、限界耐力を設定する。

$$(N/N_{max})^2 + (S/S_{max})^2 \leq 1 \quad (2)$$

ただし、 N_{max}, S_{max} は (u_p, v_p) の履歴関数で、それぞれが単独で作用した場合の耐力である。

(d) 式(1)に示す剛性（ Ku, Kv ）が、変位の増加に伴い低下する効果を考慮する。

4 解析例

高さ 10m、1 辺 2m の正方形断面橋脚に、軸力 4,510kN が作用している場合を例にする。弾塑性挙動をするのは最下段ダイヤフラムより下の高さ 1.25m 以下の部分（板厚 19mm）に限定し、簡単のため上部を剛とする。各フランジおよびウェブには断面 160mmx16mm のスチフナーを 3 本ずつ配置した。

まず FEM 解析により橋脚頂部に水平力が作用した場合の応答を、単調荷重およびサイクリック荷重の両者に対して求めた（図 3 (a), (b)）。図 3 (a) の結果から $N-u$ 関係を推定し、それに基づき図 2 のモデルを用いて応答を求めた。結果を図 3 (c), (d) に示す。提案した手法による結果は FEM 解析の結果より耐力の低下が早い。紙面の都合上詳細は示していないが、今後モデルの精度向上や 3 次元問題および動的問題への適用を検討したい。

<参考文献> 宇佐美、他：補剛箱形断面鋼圧縮部材の繰返し弾塑性挙動に関する実験研究、構造論 Vol.37A

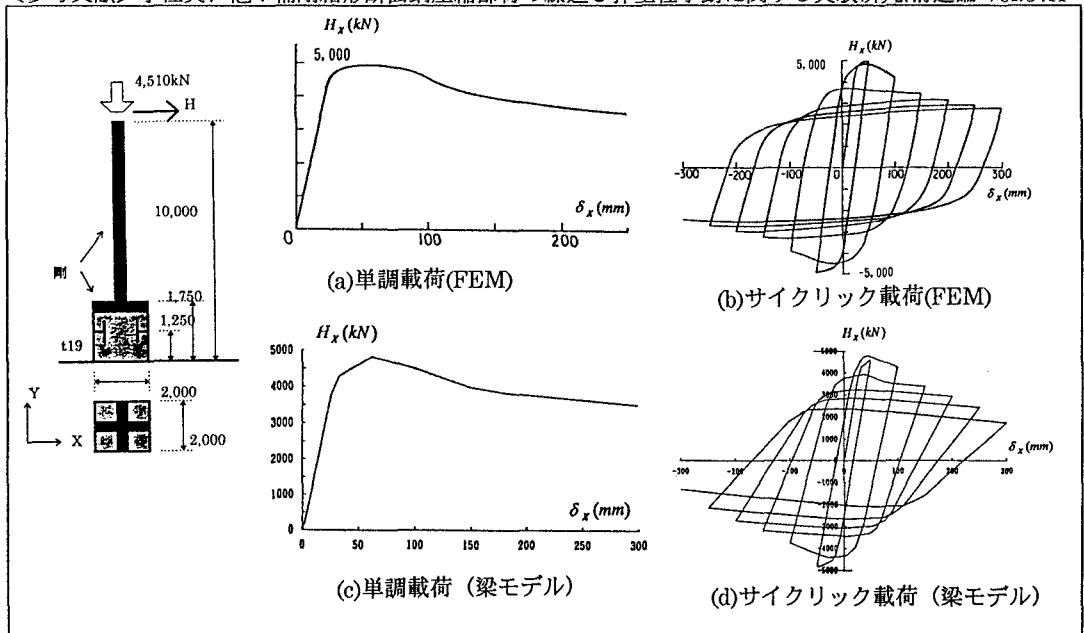


図 3 FEM 解析結果と本解析結果の比較