

大阪市立大学 正員 中井 博 大阪市立大学 正員 北田俊行
 阪神高速道路公団 正員 西岡敬治 日本構研情報㈱ 正員 狩野正人
 大阪市立大学 学生員 〇森 昭紀

1. まえがき

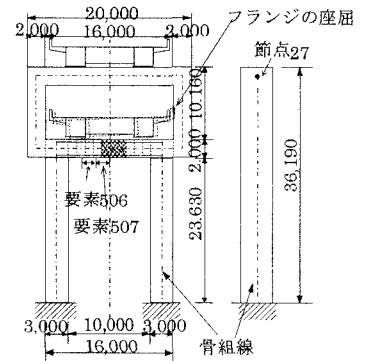
本研究では、兵庫県南部地震により被害を受けた鋼製ラーメン橋脚の損傷のうちで、横梁の腹板におけるせん断座屈を取り上げ、その損傷原因について検討した。すなわち、実際にこの損傷が発生した鋼製ラーメン橋脚を対象にして、①ラーメン構造全体を骨組み構造要素の集合体、②横梁の着目区間のみを板要素の集合体でモデル化した2つの解析モデルを作成する。そして、これらの2つの解析モデルを用いた弾塑性有限変位解析を実施することによって、着目する腹板パネルに発生したせん断座屈のメカニズムを明らかにする。

2. 解析モデル

まず、図-1、および図-2に示す鋼製ラーメン橋脚を対象として、すなわち、2つの解析モデルを作成した。図-1には骨組構造の解析モデル、また図-3には板構造の解析モデルを示す。つぎに、図-1に示した骨組解析モデルを用い、プログラム EPASS¹⁾によって、上部構造と橋脚との自重を作用させた状態で地震荷重 E_q のみを次式によって漸増した弾性微小変位解析、および終局状態通過後の領域に至るまでの弾塑性有限変位解析を、それぞれ行った。

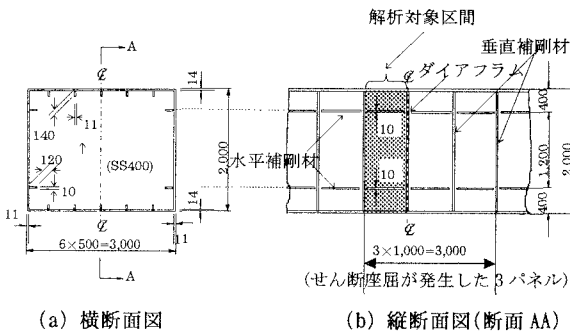
$$E_q = \alpha E_{q0} \tag{1}$$

ここに、係数 α は、設計地震荷重 E_{q0} に対する倍率であり、以下、荷重パラメータと呼ぶ。



(a) 正面図 (b) 側面図

図-1 骨組構造としての解析モデル



(a) 横断面図

(b) 縦断面図(断面 AA)

図-2 せん断座屈が発生した下横梁部の横・縦断面図

(寸法単位: mm)

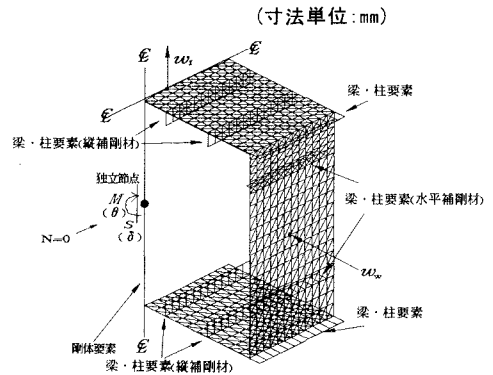


図-3 板構造としての解析モデル、および要素分割状況

さらに、図-3に示す板構造の解析モデルに対してプログラム USSP²⁾を用い、弾塑性有限変位解析を行った。その際、図-2(a)に示したように、実際の横梁断面の上・下フランジでは、縦補剛材で囲まれる板パネルの数が6となる。そのため、補剛材間の板パネルに局部座屈が発生すると、面外変位の対称性が失われるために、対称性を利用して断面の二分の一を取り出すような解析は、不可能となる。そこで、図-3に示すように、縦補剛材を一本削除することによって、実際の断面を、板パネル数が5の等価な薄肉箱形断面に理想化した。ただし、このような理想化を行ったとき、元の箱断面としての断面二次モーメント、および断面積が保持され、かつ局部座屈が起こらない梁・柱要素の集合体とみなしてモデル化している。

3. 解析結果、およびその考察

上述の解析法より得られた解析結果を、以下に示す。まず、図-4、および図-5には、純せん断力を載荷した場合の荷重-たわみ曲線、および終局状態における変形図を示す。図-5によると、水平補剛材間の腹板パネルに著しいせん断座屈波形が発生していることがわかる。なお、この座屈波形は、実際に損傷した腹板の残留たわみとよく一致している。つぎに、図-6には、作成した終局強度相関曲線を示す。ここで、 M_u 、および S_u は、それぞれの全塑性断面力 M_p 、および S_p で無次元化されている。そして、図中には、4次式で表された全塑性相関曲線、および EPASS によって求められた着目断面の曲げモーメントとせん断力との変動相関経路も示されている。これら EPASS と USSP との解析結果を比較すると、 $\alpha = 1.85 \sim 2.0$ 程度の荷重状態で、対象橋脚の下横梁の中央部には、せん断座屈を起こしたことが推察できる。この値を EPASS による解析結果とともに、図-7に示している。この図によると、対象橋脚は、弾性応答加速度が $550 \sim 600 \text{ gal}$ 程度でせん断座屈する。その後、図中の点線で示すように、保有水平耐力が低下せず、面内剛性が失われて面内に著しく変位したものと推定できる。

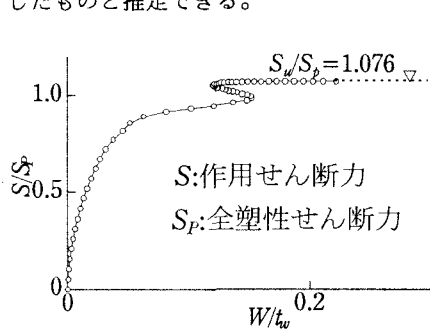


図-4 荷重-たわみ曲線(腹板の中央部)

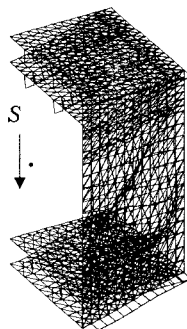


図-5 終局状態における変形図(純せん断力)

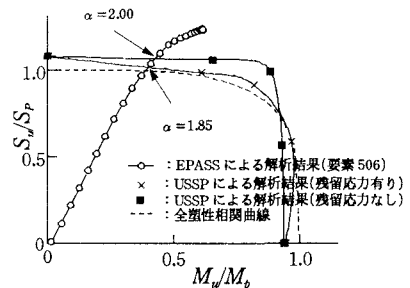


図-6 曲げモーメントとせん断力との終局強度相関曲線

4. まとめ

本研究によって得られた成果をまとめると、以下のとおりである。

- i) 着目した下横梁の中央部においては、曲げモーメントが、ほとんど発生せず、せん断力が卓越していた。
- ii) 弾性応答加速度が $550 \sim 600 \text{ gal}$ 程度で下横梁の中央部の腹板がせん断座屈を起こすと、対象橋脚は、著しく水平横方向に変位し、それ以上の地震力が橋脚に作用しなくなる。そして、座屈を起こした腹板の斜張力場による著しい塑性変形によって、地震エネルギーが効率的に吸収され、この橋脚は、崩壊に至らなかったものと考えられる。

- iii) 兵庫県南部地震のような内陸直下型の地震に対し、今回の研究で対象としたような2層門型ラーメン橋脚の下横梁の腹板に、せん断座屈を発生させないように補強するか否か、あるいは現状どおりの設計をしており、せん断座屈で地震エネルギーを吸収させるのがよいのかに関しては、今後、種々な面から検討を加え、設計方針を決める必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 北田俊行・大南亮一・丹生光則・田中克弘：ケーブルを用いた鋼橋の耐荷力解析用の汎用プログラム開発、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、日本鋼構造協会、第13巻、pp. 89~94、1989年7月
- 2) USSP 研究会：USSP ユーザーズ・マニュアル、理論編、Ver. 3.0、日本構研情報(株)、1996年10月

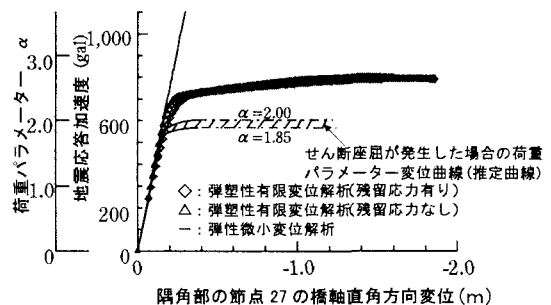


図-7 せん断座屈が発生したと推定される加速度と弾塑性有限変位解析結果との比較