

大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行 大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
日本構研情報(株) 正 員 狩野正人 大阪市立大学大学院 学生員○水越牧郎

1. まえがき 本研究では、鋼骨組構造物のための弾塑性有限変位解析プログラム EPASS と薄肉補剛板構造の弾塑性有限変位解析プログラム USSP とをドッキングしたより実際的な鋼薄肉骨組構造の弾塑性有限変位解析を行うことができるプログラム EPASS plus を用いて、局部座屈と全体座屈との連成挙動を考慮する必要のある薄肉骨組構造の弾塑性有限変位解析の解析手法について検討を行った結果を報告する。

2. 解析モデル 解析モデルとしては、図-1(a)に示すように、兵庫県南部地震で数々の災害を被った 2 層門型の薄肉鋼製ラーメン橋脚を対象とする。そして、図-1(b)に示すように、この地震により下横梁中央腹板のせん断座屈損傷が発生した部分を板要素でモデル化し、この部分を以下、USSP ブロックと呼ぶ。しかし、その他のラーメン部材は、弾塑性箱形断面梁・柱要素でモデル化する。ここで、点 A と点 B は、それぞれ隅角部、および弾塑性箱形断面梁・柱要素と USSP ブロックとを結合している節点である。また、計算の効率をよくするため、USSP ブロックでは、図-2 に示すように、対称性を考慮した 1/2 断面の解析モデルを使用する。すなわち、同図(a)のように、実際の断面は、縦補剛材間の板パネルが 6 つである。したがって、板パネルの局部座屈波形に関しては、対称性が考慮できない。そこで、同図(b)のように、板パネル数が 5 つの等価な薄肉箱形断面に理想化した。そして、このモデルを、解析モデル 1 とする。また、比較のために、橋脚全体を骨組構造物として、弾塑性箱形断面梁・柱要素でモデル化したものを解析モデル 2 とする。なお、荷重は、図-3 に示すように、死荷重 D と地震荷重 E_q とを対象にして、それらを静的に载荷した。ただし、支承位置における水平地震力は、上部構造の重心位置と支承位置とのずれによって生じるものである。また、設計地震荷重は震度法で求めており、その際の設計震度 k_h は以下のとおりとした。すなわち、上部構造では $k_h=0.3$ 、また橋脚においては $k_h=0.24$ とみなした。そして、死荷重 D を载荷したのち、地震荷重 $E_q(=k_h \cdot D)$ に荷重パラメータ α を乗じた漸増荷重(αE_q)を载荷し、弾塑性有限変位解析を行った。

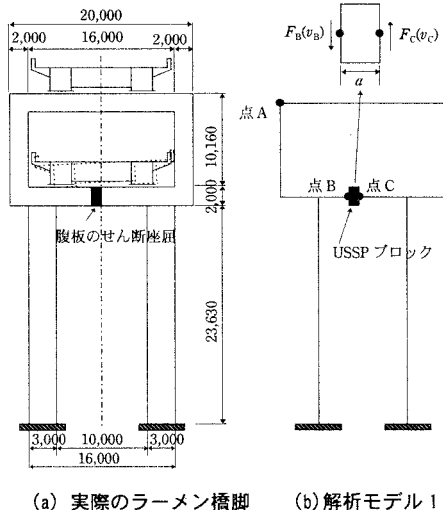


図-1 解析モデル(寸法単位: mm)

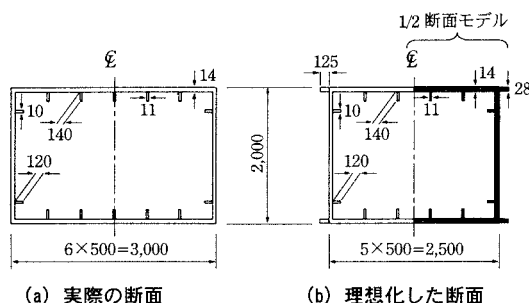


図-2 実際の断面、および理想化した断面(寸法単位: mm)

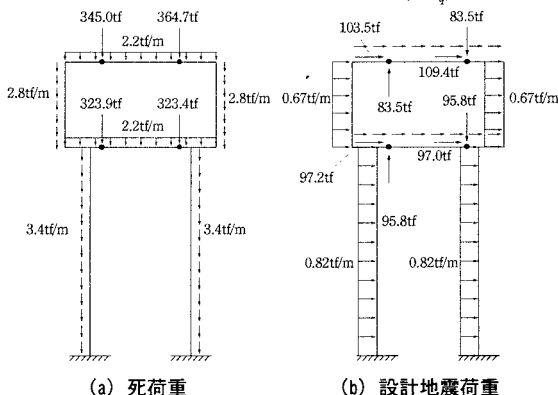


図-3 解析に用いた荷重

3. 解析結果とその考察 解析結果である荷重パラメータ α と図-1(b)に示した隅角部の節点 A における橋軸直角方向水平変位との関係を、図-4 に示す。この図によると、解析モデル 2 では、荷重パラメータ $\alpha=2.698$ の時に終局限界状態に至った。一方、解析モデル 1 では、荷重パラメータ $\alpha=2.072$ で収束解が得られず、計算が終了した。これは、板要素で構成された USSP ブロックが終局限界状態に至ったためと考えられる。そこで、図-1(b)に示した USSP ブロックにおけるせん断力-せん断ひずみ曲線を、図-5 に示す。USSP ブロックのみを取り出して実施された参考文献 2)における同様な弾塑性有限変位解析の結果では、全塑性せん断力 390.7tf の約 84%である 329tf で計算がストップしている。それに対して、図-5 では、 318tf で計算がストップした。これは、今回の解析の場合、USSP ブロックに軸方向力も作用するためと考えられる。また、計算が途中でストップしたステップ($\alpha=2.072$)における変形図と弾塑性図とを出力してみた。それらを、それぞれ図-6(a)、および図-6(b)に示す。ここで、変形図の変位の倍率は、10 倍としている。同図(a)によると、USSP ブロックの腹板の横補剛材に挟まれた板パネルは、せん断座屈を起こしていることがわかる。また、同図(b)によると、腹板のほぼ全領域には、塑性化が起り、両フランジにおいてもかなりの領域が塑性化していることがわかる。すなわち、USSP ブロックは、 $\alpha=2.072$ で全塑性状態に近い状態となっている。また、これが、収束しなかった原因と考えられる。

4. まとめ

本研究によって得られた主な成果をまとめると、それらは、以下のとおりである。

- i) 解析を行った結果、下横梁の腹板にせん断座屈波形が見られ、これは、実橋の損傷状況と類似していた。
- ii) USSP ブロックが終局限界状態に至ると、計算が、ストップした。そのため、橋脚全体の終局限界状態まで解析することが、できなかった。
- iii) 今後は、USSP ブロックが終局限界状態に達したのちにも、解析モデル全体の弾塑性有限変位解析が可能となるようにプログラムの改良が必要である。
- iv) さらなる今後の課題としては、本解析モデル、たとえばアーチ橋を対象にし、そのアーチリブのスプリング、およびクラウン付近を USSP ブロックでモデル化して、全体座屈と局部座屈との連成現象を解析してみたい。

なお、本研究は、平成 8~9 年度の文部省・科学研究費補助金・基盤研究 C(代表者：北田俊行)として研究補助を受けて行ったものである。

参考文献

- 1)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
- 2)中井 博、北田俊行、西岡敬治、狩野正人、迫田治行、森 昭紀：巨大地震による鋼製ラーメン橋脚横梁腹板のせん断座屈損傷のシュミレーション、鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、pp.223 ~pp.230、1997 年 3 月。

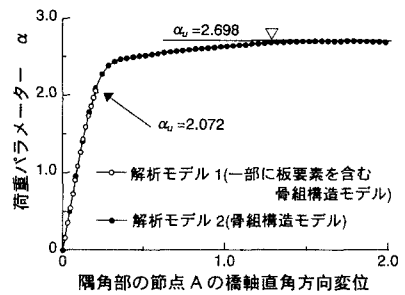


図-4 静的地震荷重による橋脚の挙動

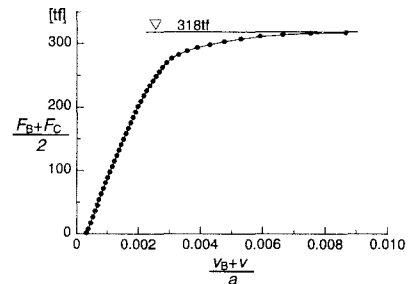


図-5 USSP ブロックのせん断力-せん断ひずみ曲線

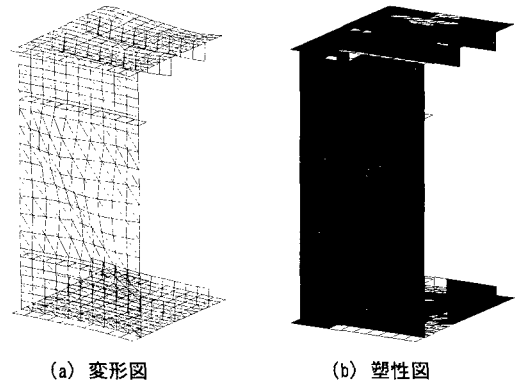


図-6 USSP ブロックの変形図、および塑性図
($\alpha=2.072$)