

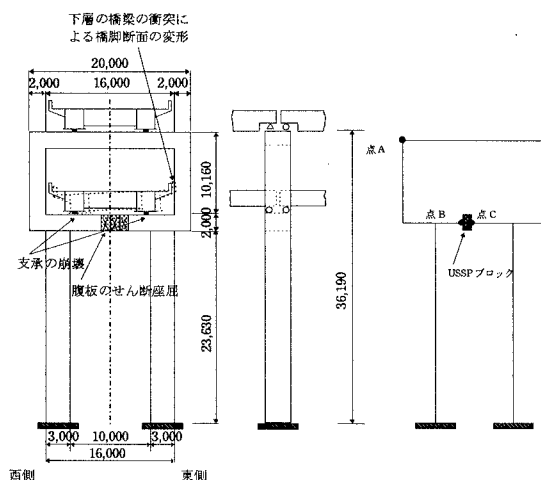
I - A114

局部座屈を考慮した鋼薄肉骨組構造の弾塑性有限変位解析

大阪市立大学大学院 学生員 水越牧郎 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㈱ 正 員 狩野正人

1. まえがき 本研究では、局部座屈と全体座屈との連成挙動が問題とな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するために、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鋼薄肉骨組構造の弾塑性有限変位解析プログラム EPASS Plus を用いて行った解析の結果を報告する。

2. 解析モデル 解析モデルとしては、図-1 に示すように、兵庫県南部地震によって下層横梁中央の腹板にせん断座屈が発生した実際の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-2 に示すように、支承が崩壊しないものと仮定して、せん断座屈損傷が発生した部分を板要素で、その他のラーメン部材を弾塑性箱形断面梁・柱要素でモデル化した。ここで、板要素でモデル化した部分を、以下 USSP ブロックと呼ぶ。また、点 A と点 B とは、そ

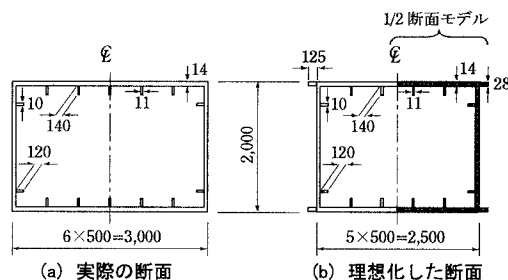


(a) 正面図 (b) 側面図
 図-1 実際のラーメン橋脚と損傷状況 (寸法単位: mm)

図-2 解析モデル

それぞれ隅角部の節点、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。さらに、計算の効率を良くするため、USSP ブロックでは、図-3 に示すように、対称性を考慮した 1/2 の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つある等価な薄肉箱形断面で理想化した。そして、この EPASS Plus で解析するモデルを、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みなして弾塑性箱形断面梁・柱要素でモデル化し、EPASS で解析するモデルを解析モデル 2 とする。なお、荷重は、死荷重 D と図-4 に示す地震荷重 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、上部構造の重心と支承との位置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 は以下のとおりとった。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 $\varnothing$ を乗じた漸増荷重 ($\varnothing E_q$) を载荷し、弾塑性有限変位解析を行った。



(a) 実際の断面 (b) 理想化した断面
 図-3 実際の断面、および理想化した断面 (寸法単位: mm)

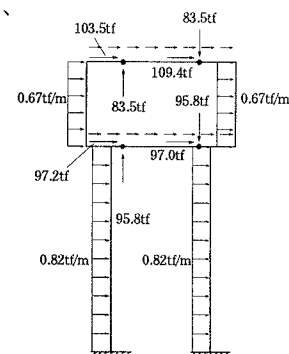


図-4 解析に用いた地震荷重

key word : 局部座屈、全体座屈、連成座屈、弾塑性有限変位解析、鋼構造物

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学部土木工学科 TEL 06-605-2735 FAX 06-605-2765

3. 解析結果とその考察 解析結果の一例として荷重パラメータ α と図-2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-5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、USSP ブロックにおけるせん断力-せん断ひずみ曲線、および、せん断力-腹板中央のたわみ曲線を、それぞれ図-6、および図-7に示す。USSP ブロックのみを取り出して

実施された文献 1)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-6、および図-7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-8(a)、および(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に達している。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。

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ことを付記する。

参考文献

- 1) 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ミュレーション、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。

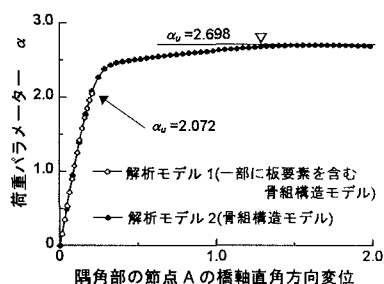


図-5 静的地震荷重による橋脚の挙動

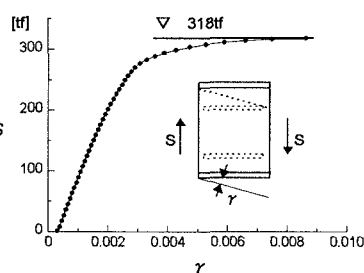


図-6 USSP ブロックのせん断力-せん断ひずみ曲線

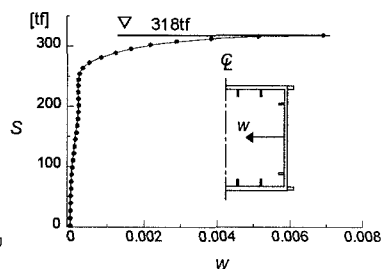
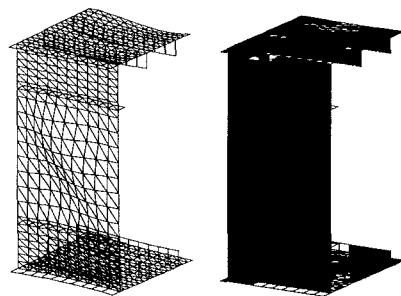


図-7 USSP ブロックのせん断力-腹板中央のたわみ曲線



(a) 変形図

(b) 塑性図

図-8 USSP ブロックの変形図、および塑性図

($\alpha=2.072$)