

I - B 272

単柱形式の鋼製橋脚の弾塑性動的応答解析

大阪市立大学工学部 学生会員 岡田 潤 大阪市立大学工学部 正会員 北田俊行
 大阪市立大学工学部 正会員 中井 博 日本構研情報（株） 正会員 狩野正人

1. まえがき 本研究では、ある荷重場に対する補剛板の有限要素法にもとづいた弾塑性有限変位解析プログラム USSP と、ある時間場における 1 自由度系振動体の差分法による動的解析プログラム FDDA1 とを結合し、1 自由度系振動体としてモデル化された鋼製橋脚の局部座屈も考慮した弾塑性動的応答を解析し得るプログラムを構築する。そして、構築されたプログラムを USSP・D と名付け、今までに行われた薄肉箱形断面を有する鋼製橋脚模型のハイブリッド実験結果と比較し、その妥当性について検討する。

2. USSP・D の解析手順 USSP・D には、弾塑性有限変位解析プログラム USSP、およびニューマークの β 法と中央差分法とにもとづく動的解析のサブプログラム FDDA1 とが組み込まれている。この USSP・D の解析方法を、図-1 に示す。

3. 解析モデルの概要 本研究では、解析モデルとして、図-2(a) に示す薄肉箱形断面を有する単柱形式の橋脚を解析対象とした。

いま、図-2(b) に示すように、対象柱の構造、載荷荷重、および、たわみ波形の対称性を利用して、対象柱から断面方向に 1/2 の部分を取り出し、プログラム USSP のための解析モデルを設定した。すなわち、載荷断面内の節点を従属させる独立節点 A を剛体要素上に設けて、独立節点 A に上部構造の自重を想定した一定の軸方向圧縮力を載荷した。そして、この状態で、水平方向(y 軸方向)に以下の 3 つの諸変位を、入力した。すなわち、(1)初期変位(自由振動に対応)¹⁾、と弾性範囲内の強制振動による変位、(2)静的繰返し変位、および(3)地震動に伴う応答変位。

また、この解析モデルは、プログラム FDDA1 による解析のために、独立節点 A を質点とした 1 自由度系振動体にモデル化した。

なお、使用鋼材の応力-ひずみ関係としては、図-3 に示すように、引張試験から得られた曲線をバイリニアで近似した。

4. 解析結果とその考察 (1) 本研究で開発した弾塑性動的応答解析プログラム USSP・D の妥当性を検討するために、周期 0.1(sec) で、振幅 300(gal) の sin 波形の加速度による強制振動を解析モデルに与えた。そして、本数値解析法で得られた水平変位の時刻歴応答を、厳密な解析値と比較した。弾性範囲内における強制振動の解析解は、微分方程式 $M\ddot{\delta} + C\dot{\delta} + K\delta = -M\ddot{z}$ を解くことにより求められる。解析解を USSP・D による数値解析結果と比較したものが、図-4 である。これらの図によると、本数値解析値と厳密な解析解との動的応答は、良好に一致している。

(2) 構成則の妥当性を検討するために、静的繰返し変位を、解析モデルに載荷した。そして、USSP による解析結果と、過去に行われた実験結果²⁾との比較を行った。本解析では、プログラムの都合上、0.5 回、すなわち繰返し回数 1 回目の正側への載荷と除荷のみを対象として解析を行った。このようにして得られた水平荷重-キーワード：弾塑性動的応答解析、鋼製橋脚柱、局部座屈、有限要素法、差分法

連絡先：〒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

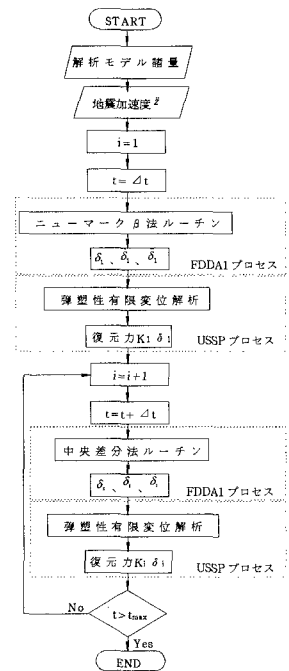


図-1 USSP・D の計算フローチャート

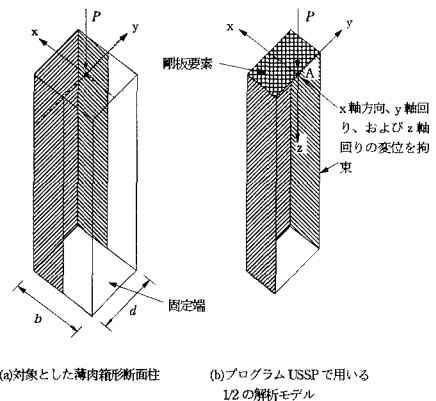


図-2 解析モデル

水平変位曲線を実験結果と比較したものが、図-5である。この図によると、その履歴は、ほぼ一致している。しかし、除荷が進行するのに伴って両結果は、少しずつ離れ始めている。そして、負側のピーク荷重付近では、解析による水平荷重が実験値より10%程度小さくなっている。その原因としては、図-3に示したように、本解析で用いた材料の構成則に引張試験から得られた応力-ひずみ関係が忠実に反映されていないためと考えられる。

(3)実測された地震加速度を入力したハイブリッド実験の結果²⁾とUSSP-Dの解析結果とを比較し、その妥当性の検討も行った。入力地震加速度としては、1995年1月17日に神戸海洋気象台で記録された兵庫県南部地震の南北方向の地震加速度(最大地震加速度818.02gal)に相似率を考慮したものを入力した。実験結果、ならびに解析結果を、図-6に示す。これらの図から明らかにように、実験、および解析による変位の応答波形は、良好に一致している。また、水平荷重-水平変位曲線を比較すると、その形状は、類似している。しかし、水平荷重の最大値は、実験結果の方が大きくなっていることがわかる。その原因としては、上述のように、解析で用いた構成則に材料の応力-ひずみ関係が精度よく反映されていないことが挙げられる。

5. まとめ

- 1) 弾性範囲内におけるUSSP-Dの妥当性は、確かめられたと判断される。
- 2) しかし、弾塑性領域においては、数値解析結果と実験結果との間に、若干の差異が見られた。これは、解析に用いた材料の構成則に起因するものであると考えられる。
- 3) したがって、対象とする材料の応力-ひずみ関係を精度よく表現できる構成則を用いた解析を行い、今後、適切な構成則の設定の仕方について検討する必要がある。

参考文献 1)北田俊行・中井 博・狩野正人・岡田 潤：局部座屈を考慮した鋼製橋脚柱の弾塑性動的応答解析プログラムの開発、平成10年度年次学術講演会講演概要集、土木学会関西支部、(掲載予定)。

2)北田俊行・中井 博・中西克佳・竹野晃司：中空合成箱型断面を有する橋脚柱の耐震性に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.43A、土木学会、pp.225～236、1997年3月。

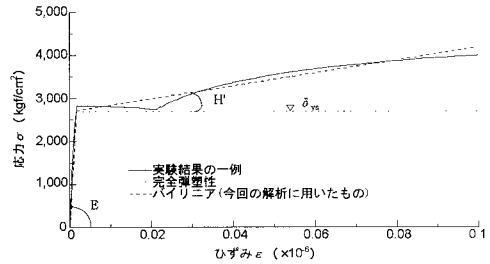


図-3 解析モデルに用いた応力-ひずみ曲線

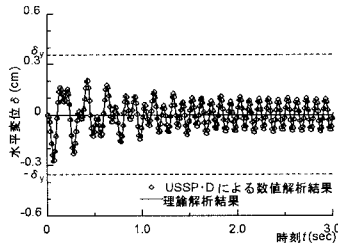


図-4 sin波形の加速度を与えた場合の水平変位の時刻歴応答

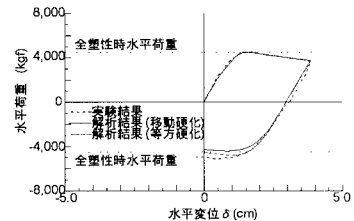
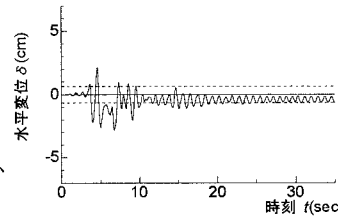
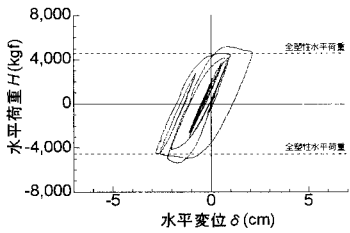


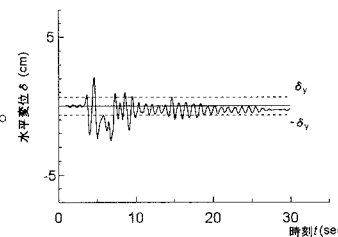
図-5 静的繰返し変位載荷時の水平荷重-水平変位曲線



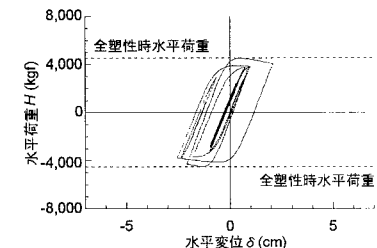
(a)ハイブリッド実験による水平変位の時刻歴応答



(b)ハイブリッド実験による水平荷重-水平変位曲線



(c)USSP-Dによる水平変位の時刻歴応答



(d)USSP-Dによる水平荷重-水平変位曲線

図-6 ハイブリッド実験結果とUSSP-Dの解析結果との比較(移動硬化)