

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 大阪市立大学工学部 学生員○岡田 潤

1. まえがき 本研究においては、ある荷重場に対する補剛板の弾塑性有限変位挙動を有限要素法によって解析するプログラム USSP と、ある時間場における 1 自由度系振動体の動的挙動を数値積分法によって解析するプログラム FDDA1 とをドッキングする。そして、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 USSP・D を、構築する。つぎに、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に対して、ここで開発した解析プログラム USSP・D を適用し、その有用性を検討する。

2. USSP・D の概要 USSP・D には、弾塑性有限変位解析プログラム USSP と、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 の解析手順の詳細は、図-1 のとおりである。

3. 解析モデル プログラム USSP・D の妥当性を検討するために、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片持柱を対象として解析を行った。

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状態で、水平方向(y 軸方向)に初期変位(自由振動解析の場合)、弾性範囲内の強制振動による変位、静的繰返し変位、あるいは地震動に伴う応答変位を入力する。

一方、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する。

4. 解析結果とその考察 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、初期変位 0.3cm を与え、それを解放した後の自由振動、および周期 0.08(sec)で、振幅 400(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る。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する。

まず、自由振動における厳密な解析値は、微分方程式 $M\ddot{\delta} + C\dot{\delta} + K\delta = 0$ を解くことによって求められる。このようにして、得られた解析値を USSP・D による数値解析結果と比較したものを、図-3 に示す。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を、図-4 に示す。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

Toshiyuki KITADA, Hiroshi NAKAI, Masato KANOU and Jun OKADA

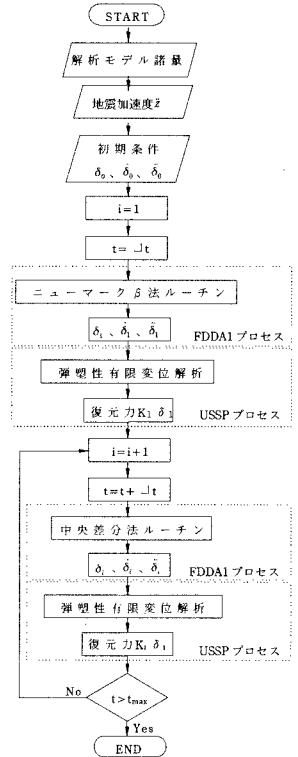


図-1 USSP・D の計算フローチャート

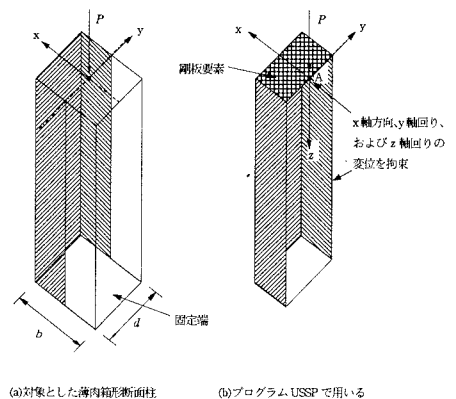


図-2 解析モデル

好に一致している。

つぎに、USSP・D に用いられている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载荷する。そして、USSP による解析結果と、過去に行われた実験結果¹⁾との比較を行う。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 回目の正側への载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-水平変位曲線を実験結果と比較したものを、図-5 に示す。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、本解析で用いた材料の構成則に、等方硬化を無視したことが考えられる。

さらに、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、その妥当性の検討を行う。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)を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なように、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、等方硬化を無視したこと、および繰返し载荷による材料の硬化現象(繰返し硬化現象)が、現在、USSP で完全に考慮できていないことが挙げられる。

5. 結論 本研究より得られた主な結論、および今後の検討課題を示すと、以下のとおりである。

- 1) 図-3、および図-4 によると、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) 本解析では、等方硬化を無視した解析を行った。そのため、図-5、および図-6 によると、数値解析結果と実験結果との間には、若干の差異が見られた。
- 3) 等方硬化と移動硬化との比率を種々変化させた解析を行い、適切な構成則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・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。

2)中井 博・北田俊行・中西克佳・穴瀬哲也：鋼製・合成橋脚柱の地震時保有水平耐力に及ぼす軸力の影響に関する実験的研究，平成 9 年度年次学術講演会講演概要集，土木学会関西支部，I-5-1,pp.188～222,1997 年 5 月。

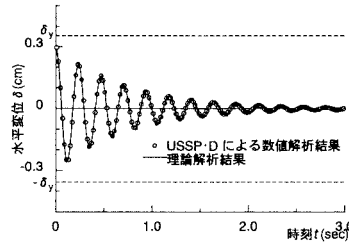


図-3 自由振動における水平変位の時刻歴応答

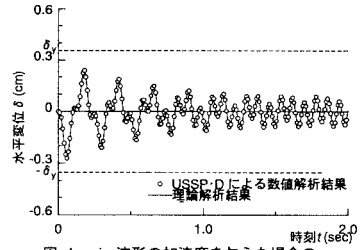


図-4 sin 波形の加速度を与えた場合の水平変位の時刻歴応答

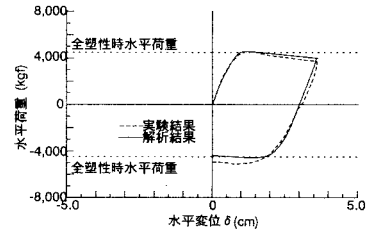


図-5 静的繰返し変位载荷時の水平荷重-水平変位曲線

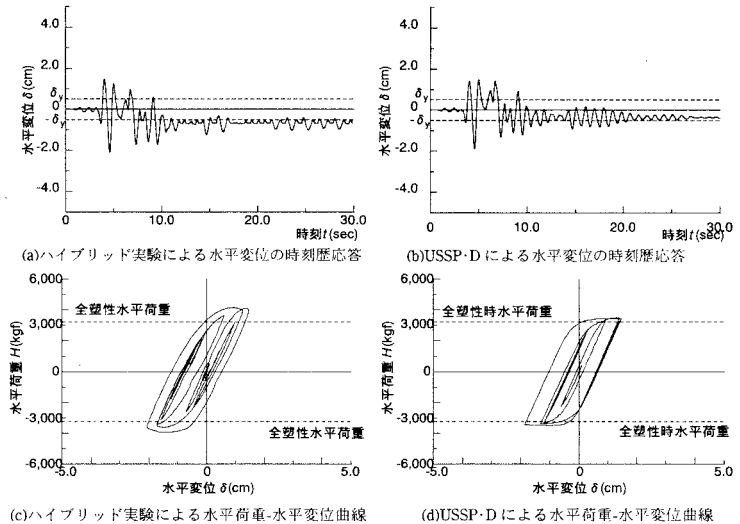


図-6 ハイブリッド実験結果と USSP-D との解析結果の比較