

京都大学大学院 学生会員 永田 和寿 京都大学工学部 フェロー 渡邊 英一
 京都大学工学部 正会員 杉浦 邦征 京都大学工学部 正会員 宇都宮智昭
 日本電子計算(株) 小谷 直裕

1. はじめに

近年の土木材料や土木技術の進歩により、明石海峡大橋をはじめ土木構造物は大規模化の傾向にある。その結果、土木構造物が周辺環境から受ける影響は大きくなりつつある現状にある。したがって、土木構造物システムとしてバランスのとれた設計法の確立が必要であると思われる。例えば、兵庫県南部地震において基礎や橋脚が大きな被害を受けたが、その多くは基礎と構造物の相互作用に起因していると考えられる。また、計算機や計算技術の向上により、大規模な構造システムの解析が可能となったが、計算時間、容量の制約から並列処理の手法が適用されつつある。このような状況を考慮し、本研究では、並列処理による基礎-構造物系の地震応答解析システムの構築を試みた。

2. 解析システムの構築

複数の構造要素からなる系の挙動を明らかにするために有限要素法などの解析的な手法を用いる際、境界条件や復元力など多くの仮定を必要とする。そのため、定量的な議論を行う際には実験による裏付けが必要となる。しかし、既存の実験施設においてこのような複数の構造要素からなる大規模な系の実験を行うことは困難である。

したがって、点在する既存の実験施設を同時に利用する新たな実験システムの構築が有効な手法であると思われる。特に、インターネットに代表されるようにマルチメディア環境が世界的な規模で整備されつつある現在において、既存の実験施設を有機的に接続することは可能であると考えられる。そこで、本研究では、通信手段を用いることにより遠隔地の実験施設を同時に利用する実験システムの開発を試みた。このような実験システムを構築するには通信による各施設の制御法を確立する必要がある。そこで、本研究では図1に示すようなインターネットに接続された3台のワークステーションを用いた並列処理による基礎-構造物系の応答解析システムを構築することにより、各制御系のデータ転送および情報交換などの手順を検討した。

通信制御は AVS¹⁾ (Application Visualization System) を用いて行っている。AVS は、通信機能を備えた解析結果を可視化するためのソフトである。図1中の WS1 は本ネットワーク環境におけるサーバーであり、並列処理の制御および管理を行う。また、WS2 および WS3 はそれぞれ上部構造と基礎の各構造要素における応答計算を行う。

次に、並列処理による応答計算のフローチャートを図2に示す。ここで、基礎と構造物の間には従属した関係があるため、応答計算には収束計算が必要となる。そこで、すべての自由度の加速度応答値と1つ前の段階の加速度応答値との差が、あらかじめ応答計算により求められている最大加速度に ϵ をかけた値より小さくなると収束したと見なした。

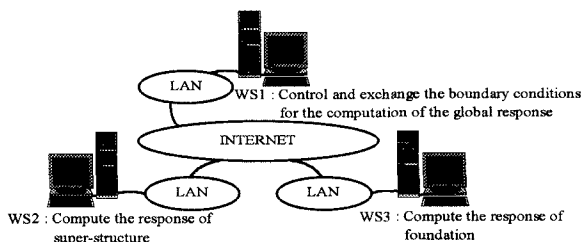


図1 並列処理による解析システム

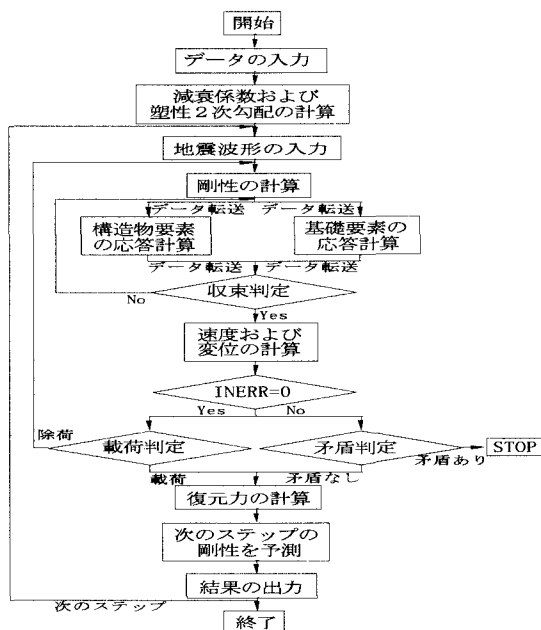


図2 応答解析のフローチャート

本研究において作成したネットワークを図3に示す。ここで、モジュール“s_ba”と“s_st”はそれぞれWS2, WS3上で実行されるリモート・モジュールである。その他のモジュールはWS1上で実行される。

3. 解析手法および解析モデル

基礎-構造物系を非線形動的相互作用の影響を考慮した3自由度系、すなわち、橋軸直角方向に対する構造物の水平運動、基礎のスウェイ運動およびロッキング運動によりモデル化を行った。なお、各自由度に対する動的特性をバネとダッシュポットで表現し運動方程式の誘導を行った。応答解析は最も一般的な手法の一つであるNewmarkのβ法(β=1/6)により行った²⁾。

解析モデルは、I種地盤上に建設される橋軸方向7(m)×橋軸直角方向9(m)×深さ方向2(m)の直接基礎とスパン30(m)、幅員10(m)の上部工および高さ15(m)の鋼製橋脚を有する橋梁である。モデル化の結果、得られた上部構造および基礎の諸元を表1と表2に示す。また、上部構造および地盤の減衰定数とバネ定数を表3に示す。復元力モデルには比較的良好な復元力特性を表現できるパイ・リニアモデルを適用している。解析に用いた地震波形は建設省土木研究所によって作成された道路橋の動的解析のための時刻歴応答解析用標準波形の中で保有水平耐力照査用(レベル2)である³⁾。

4. 解析結果

本解析システムの妥当性を検討するために3秒間の応答を1台のWSで一括して解いた場合(厳密解)と並列処理を1台および3台のWSを用いて行った場合の計3通りに対し収束誤差と計算時間の比較を行った。その結果、表4に示すようにεが1%および10%に関わらず、厳密解とほぼ等しくなっていることがわかる。このことは並列処理の課程が優れていることを示している。また、解析対象が非常に小さかったため、厳密解における計算時間(5秒)より3台のWSを用いた場合、逆に、多くの時間を要する結果となった。さらに、3台のWSを用いた計算時間が1台のWSを用いた計算時間より多くの時間を要した。これらは、並列処理による計算時間の短縮以上にデータ転送およびAVSによる並列処理に時間を要したことを示している。

5. 結論

本研究は、AVSを用いた並列処理による基礎-構造物系の地震応答解析システムの構築を行い、その妥当性について検討を行った。その結果、並列処理を用いた解析システムの構築が可能であることがわかった。今後、この手法を応用し、並列処理による実験システムの構築を行うつもりである。また、この解析システムは多くの計算時間を要する大規模な解析に対しても有効であると思われる。

参考文献

- 1) Advanced Visual Systems Inc.: AVS ユーザーズ・ガイド, クボタコンピュータ株式会社, 1990. 10.
- 2) 永田和寿, 渡邊英一, 杉浦邦征: 基礎-構造物系の非線形動的相互作用に関する研究, 構造工学論文集, 土木学会, 1996. 4.
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 丸善, 1990. 2.

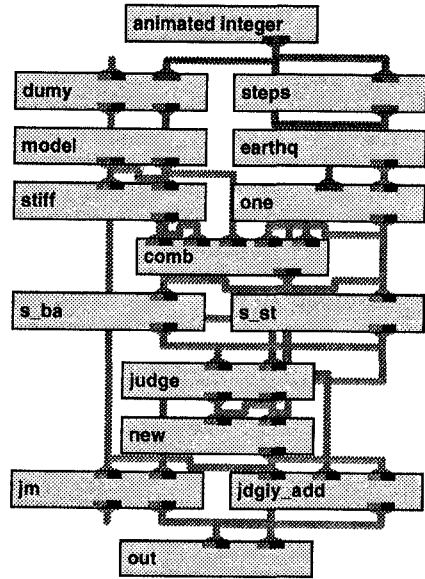


図3 ネットワーク図

表1 構造物の諸元

重量 m_1	360 tonf
橋脚高H	1500 cm
回転慣性 I_1	3.09×10^4 tonf·cm·s ²

表2 基礎の諸元

重量 m_0	315 tonf
橋軸方向の長さ	700 cm
橋軸直角方向の長さ	900 cm
回転慣性 I_0	2.28×10^4 tonf·cm·s ²

表3 減衰定数およびバネ定数

構造要素	減衰定数	バネ定数
構造物	0.05	26 tf/cm
I種地盤	基礎のスウェイ	2.22×10^3 tf/cm
	基礎のロッキング	4.49×10^8 tf·cm

表4 計算結果

ε	計算誤差		計算時間 (1台)	計算時間 (3台)
	構造物	基礎のロッキング		
1%	構造物	1×10^{-3} (cm)	19分45秒	44分20秒
	基礎のスウェイ	1×10^{-3} (cm)		
	基礎のロッキング	1×10^{-6} (rad)		
10%	構造物	1×10^{-3} (cm)	17分33秒	30分40秒
	基礎のスウェイ	1×10^{-3} (cm)		
	基礎のロッキング	1×10^{-5} (rad)		