

先端研究施設共用イノベーション創出事業【産業戦略利用】
『みんなのスパコン』TSUBAMEによるペタスケールへの飛翔
利用報告書 平成19年度新規利用拡大採択課題 i07nf

高層ビルの大規模耐震構造解析
Large scale seismic structural analysis of high-rise building

秋葉博
Hiroshi Akiba

株式会社アライドエンジニアリング
Allied Engineering Corporation
<http://www.alde.co.jp/>

建築構造物を、ソリッド要素を用いて標準的な有限要素法解析を行う試みは、実施者らの知りえる限り、世界的に見ても例がない。当社は、防災科学技術研究所・数値振動台委員会の協力を得て、汎用並列有限要素法コードADVCに大規模耐震解析の機能を備えるべく、開発を進めている。TSUBAMEによる本解析では、本格的な解析を行う準備として、小さなノード数でのパフォーマンスチェックと、5階モデルの固有値解析を、TSUBAMEを用いて行った。

To our knowledge, no prior analyses of building structures using solid elements basis on FEM analysis have been found in the world. We are promoting a development of seismic analysis function using the general purpose parallel structural analysis code ADVC in cooperation with National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention. In the analysis using TSUBAME, we have conducted analyses to define performances of the system ADVC on TSUBAME.

Keywords: Structural analysis, Parallel processing, Seismic analysis, High-rise building

・背景と目的

建築構造物を、ソリッド要素を用いて標準的な有限要素法解析を行う試みは、実施者らの知りえる限り、世界的に見ても例がない。当社は、防災科学技術研究所・数値振動台委員会の協力を得て、汎用並列有限要素法コードADVCに大規模耐震解析の機能を備えるべく、開発を進めている。TSUBAMEによる本解析では、本格的な解析を行う準備として、小さなノード数でのパフォーマンスチェックと、5階モデルの固有値解析を、TSUBAMEを用いて行った。

・概要

本解析では、本格的な解析を行う準備として、小さなノード数でのパフォーマンスチェックと、5階モデルの固有値解析を行った。本解析では、時間の関係で、十分な調査ができなかった。

・結果および考察

まず、パフォーマンスのチェックを行った。計算対象は480万自由度機械部品単体モデルで、キューはRAM128GB、RAM64GB、innoの3つ、MPIはTSUBAMEにバンドルされているVoltaire-MPIおよびADVCの標準MPI環境HP-MPIの2つを

仮定、HP-MPIによるコアの指定を行う。評価対象と結果を以下に示す。

- (1) HP-MPIでオプションcpu_bind=rankを指定。
このオプションはダイナミックに変わるコアを固定するためのものである。キューはRAM128GBおよびRAM64GB

Table 1

ノード数	ノード内プロセス数				
	1	2	4	8	16
1	961	669	349	258	234
2	494	349	221	157	
4	265	227	147	134	

- (2) Voltaire-MPI、キューはRAM128GBおよびRAM64GB

Table 2

ノード数	ノード内プロセス数				
	1	2	4	8	16
1	790	495	359	307	254
2	467	274	220	190	
4	278	181	139	189	

- (3) HP-MPI でオプション `-cpu_bind=map_cpu:`
0,2,4,6,8,10,12,14,1,3,5,7,9,11,13,15 を指
定。本オプションはコアを指定・固定するも
ので、この指定方法だとソケット毎に 1 つ
ずつコアを指定することになる。キューは
RAM128GB および RAM64GB

Table 3

ノード数	ノード内プロセス数				
	1	2	4	8	16
1	958	492	274	198	230
2	500	270	177	135	167
4	270	169	114	99	

- (4) (3) をキュー inno で実行する。

Table 4

ノード数	ノード内プロセス数				
	1	2	4	8	16
1	1099	614	290	209	230
2	500	282	230	131	193
4	未実行				

以上によれば、ノード内プロセスは 4 または 8 ま
でが実用的で、HP-MPI をコア指定で行う
`-cpu_bind= map_cpu:...` が最もよい並列効率を与え
ている。

参考までに、当社が所有する HP ブレードサーバ
による解析結果を示す。

Table 5

ノード数	ノード内プロセス数		
	1	2	4
1	680	347	211
2	386	190	129
4	192	116	80
8	129	73	57

TSUBAME と比較すると、このような小ノードでは
HP ブレードサーバのパフォーマンスの良さが見える
が、これは、メモリバンド幅が TSUBAME、HP ブレー
ドサーバでそれぞれ 3.2GB/ 秒、5.3GB/ 秒と、HP
ブレードサーバが優っているためと思われる。

つぎに、高層ビルを解析するための準備として、
5 階層のモデルを作り、TSUBAME で 3 モードの固
有値解析を行った。以下にメッシュモデルの一部と
解析結果を示す。色コンタは変位ノルムである。計
算時間は TSUBAME では約 6800 秒、HP ブレー
ドサーバでは 4400 秒だった。両者とも 4 ノード 16
コア、16 プロセスを用いた。結果の例を以下に示す。
ノード数が少ないので、やはり HP ブレードサーバ
の優位性が出ている。

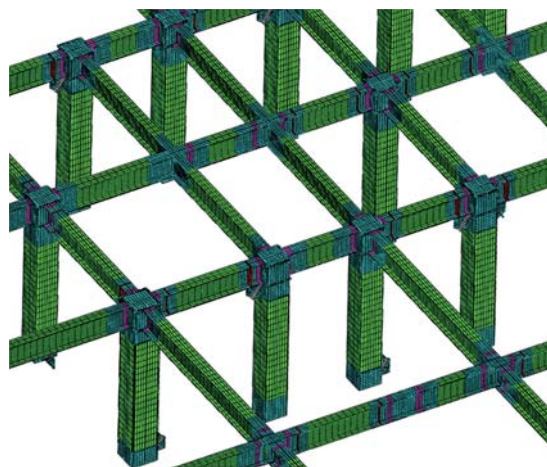


Fig. 1

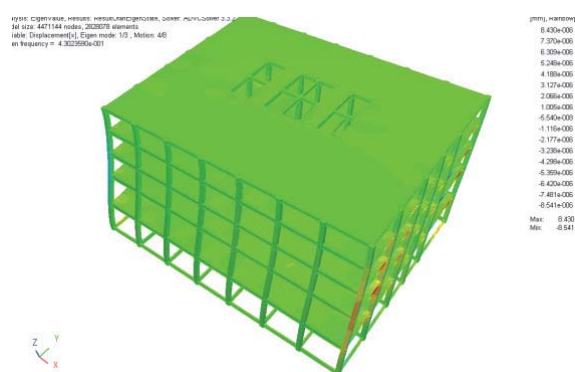


Fig. 2

Analysis: EigenValue, Results: ResultOfAnEigenState, Solver: ADVCSolver 3.3.2
Model size: 4471144 nodes, 2028078 elements
Variable: Displacement(x), Eigen mode: 20, Motion: 48
Eigen frequency = 4.8627991e+01

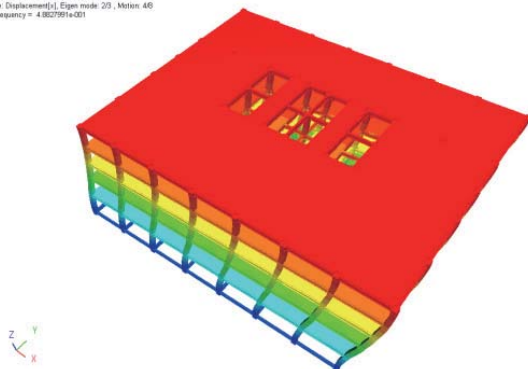


Fig.3

Model size: 4471144 nodes, 2028078 elements
Variable: Displacement(x), Eigen mode: 39, Motion: 48
Eigen frequency = 1.8212021e+02

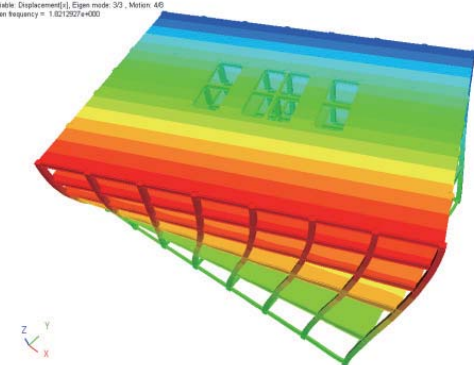


Fig 4

・まとめ、今後の課題

今後は大規模問題を解くべく、準備を進めている。