

I - B188

弾性体の衝撃問題に対する有限要素解の一検討

大阪市立大学大学院 学生員 ○奥田 洋一 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 室谷 耕輔
 大阪市立大学工学部 正会員 小林 治俊 大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

1. はじめに

衝撃問題を数値解析によりシミュレートする場合, DYNA3D に代表される汎用有限要素コードが用いられることが多い。しかしながら, これらの計算コードの弾性波動問題への適用性やその精度についてはそれほど明らかにされていない。そこで本研究は, 汎用コード(DYNA3D, MARC)と3次元FEMコード(福井)[1]を用いた数値解析を通じてその波動問題への適用性を探ることとし, 基本構造要素であり解析解のある矩形厚板[2]およびRC高架橋橋脚モデルの柱部の応力に着目した応答解析を行った。

2. 矩形厚板の動的解析

取り扱う厚板は正方形板で, 単層板は鋼板, 二層板はコンクリート板の下面に鋼板が完全接着したものである(図1)。いずれも板厚比は $h/a=0.2$ であり, 二層板の層厚比は $h_1:h_2=9:1$ とした。周面での境界条件は単純支持とする。荷重は上面中央部に作用する部分等分布荷重 $q_0(b/a=0.1)$ であり, 時間に関しては(1)ステップ関数, (2)台形関数を用いた。解析では対称性より 1/4 モデルを用い, その z 方向の要素分割は, 単層板では40分割とし, 二層板の上層は28分割, 下層は12分割とした。 x, y 方向はともに10分割であるが, 荷重載荷部分は他より 1/2 細かく分割している。鋼・コンクリートの材料定数は通常用いられているものとし, 時間についてはコンクリートの縦波速度 c_1 を基準にした無次元時間 $\tau=c_1 t/h$ を用いた。着目する応答は単層板では鋼層中央, 二層板ではコンクリート層中央の板厚方向応力 σ_z とした。

(1)ステップ荷重による応答(図2)

荷重下より発生した最初の応力波(縦波)の到達による応答($\tau=0.5$)から $\tau=0.6$ の間では DYNA3D 解と3次元FEM解(福井)[1]および厳密解はほぼ一致しているが, その後は両有限要素解は一致を示さない。特に板の表・裏面からの反射波の到達による不連続的な応答は, 単層板・二層板ともにこれを全く捉えきれていない。二層板では鋼板内で応力波が頻繁に繰り返し反射するとともにコンクリート層へも透過するので, 応答はより細かな不連続変動となるが, これも表現できていない。

(2)台形荷重による応答(図3)

台形荷重は, 立ち上がり部 τ_1 , 平坦部 τ_2 , 立ち下がり部 τ_3 に対して, 2 ケース : ① $\tau_1=0.5, \tau_2=1, \tau_3=0.5$, ② $\tau_1=1, \tau_2=3, \tau_3=3$ を用いた。ケース①の場合, 有限要素解は厳密解にほぼ等しい応答を示しているが, ケース②では, DYNA3D による応答周期は他とほとんど同じであるが応答値に大きな違いが見られる。

3. RC 高架橋橋脚の動的解析

RC 高架橋橋脚を図4に示すようにモデル化し, その対称性より 1/4 領域に対して有限要素モデルを構築し, フーチング底面に矩形パルス荷重を $t=0.0033\text{sec}$ まで載荷した。材料定数は $\rho=2.4 \times 10^{-6}\text{kgf/cm}^3$, $E=3.0 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$, $\nu=1/6$ としているが自重は考慮していない。

図5は底面より 3m, 7m 地点の柱部分の鉛直応力 σ_z を示している。DYNA3D は, 0.015sec までの比較的短時間の応答については他の2法と比較して応答には目立った差異は見られない。また 0.02sec 付近のピーク応力値にやや違いは見られるが, それほど変わるものではない。しかしながら, 矩形板の応答と同様に, 0.015sec 以降の長期応答では smoothing の効果により, 応答値, 応答周期に違いが表れている。

キーワード : FEM, DYNA3D, 波動解析, 矩形厚板, RC 橋脚

連絡先 : 奥田 洋一 〒558 大阪市住吉区杉本 3-3-138 Tel&Fax 06-605-2723

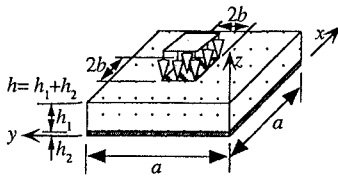


図1 正方形板モデル

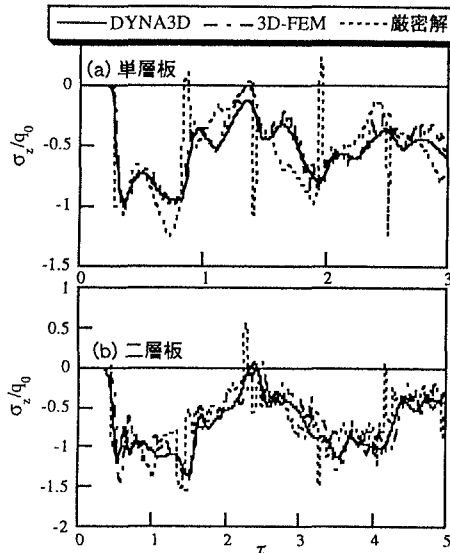


図2 ステップ荷重を受ける正方形板の応答

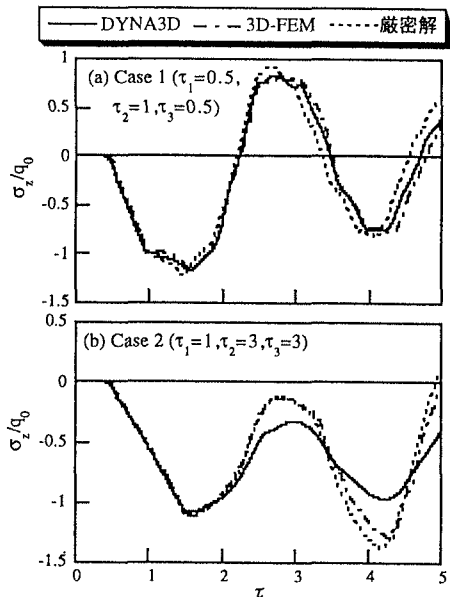


図3 台形荷重を受ける二層板の応答

参考文献

- [1] 福井敦史：兵庫県南部地震におけるRC高架橋の衝撃的破壊についての数値解析による検討，大阪市立大学修士論文，1996。
- [2] 石丸・小林・園田：弾性板の波動伝播解析に関する固有関数展開法と有限要素法，計算工学講演会論文集，Vol. 1-1, pp. 875-878, 1996。

4. おわりに

DYNA3Dによる矩形厚板および高架橋橋脚モデルの波動伝播解析を行い他の有限要素解と比較した結果，DYNA3Dでは応答に対して減衰作用的な smoothing が自動的に行われる影響で，応答の平滑化や応答周期の伸びが現れる．比較的長期の応答性状については検討が必要と思われる。

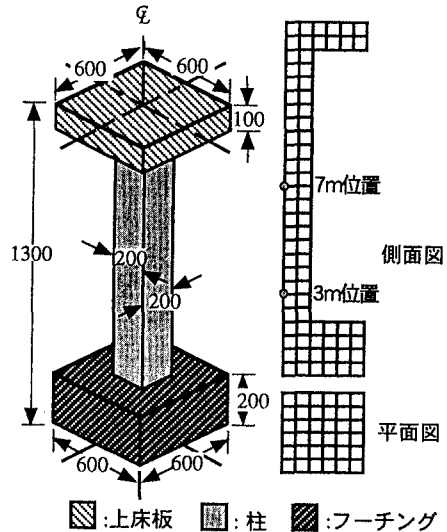


図4 高架橋橋脚モデルと要素分割

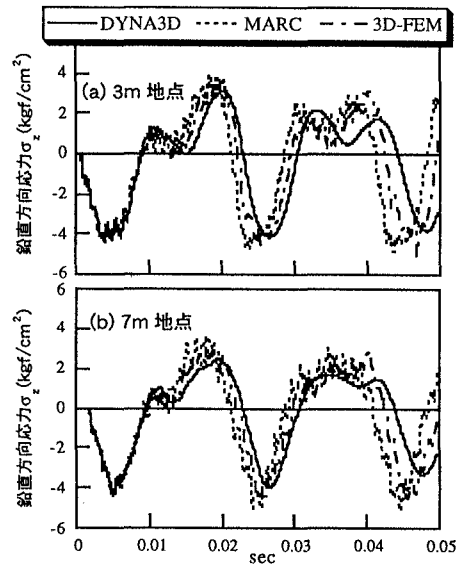


図5 柱部(3m, 7m地点)の σ_z の応答