

有限要素法による板の衝撃挙動解析に関する一考察

金沢大学大学院 学生員 ○赤田 朋哉，金沢大学工学部 正会員 梶谷 浩
金沢大学大学院 正会員 深田 宰史，国土交通省 正会員 石井 繁治

1. 研究目的

山間部にも交通量の多い道路が建設される現代では落石災害なども多く発生しており，構造物の安全性が大きな問題になってきている．しかしながら，衝撃荷重下での構造物の挙動は静的な場合と大きく異なり不明な点が多い．それゆえ，衝撃応答解析法の改善と汎用性の向上には解析手法に反映できる基礎的データの更なる蓄積と研究が望まれる．

このような観点により，本研究では最も基本的な部材の一つである板を用いた実験値と有限要素法を用いた解析値を比較する事によって，低速度な衝撃荷重を受ける鋼板の弾性範囲内の衝撃挙動を解明することにした．

2. 鋼板の衝撃実験

図-1 に本実験で使用した供試体の諸元と測点配置を示す．また，図-2 には実験装置全体図を示す．鋼板を用いた弾性範囲内における衝撃実験として，鋼板中央付近をインパルス・ハンマーで衝撃力を加える実験（実験 ），鋼板中央に設置したロードセルに衝撃荷重を加える実験（実験 ）を行った．実験 によって衝撃荷重と加速度を計測し，各加速度計から得られたデータをもとに卓越振動数と振動モードを把握した．また，実験 によって衝撃荷重と変位を計測し，変位の経時変化を把握した．

3. 解析概要

図-3 は解析に用いた鋼板のモデル図である．鋼板を 12.5mm 間隔でメッシュを切り，シェル要素にモデル化した．実験で用いた鋼板と同じように張出しまで考慮し，図における太線部分で支持している．拘束条件については，図-3 に 6 自由度分を付記した（0：自由，2：固定）．

静的解析（ADINA）では鋼板中央へ 1kN の集中荷重を与えた．また，衝撃による動的解析では，実験 で得られた衝撃荷重を用いて Newmark- β 法（ $\beta = 1/4$ ，時間間隔 = $1/1000$ ）による直接積分法により応答加速度を求めた（解析 ）．また，汎用ソフト ADINA を用いた解析では実験 で得られた衝撃荷重を用いて，解析（減衰非考慮）を行い，応答変位を求めた（解析 ）．

4. 実験・解析結果

（1）静的実験と静的解析の比較・検討

静的実験では鋼板中央に 1kN の荷重を油圧ジャッキを用いて載荷した．図-4 は静的載荷時の荷重と変位 A，B，

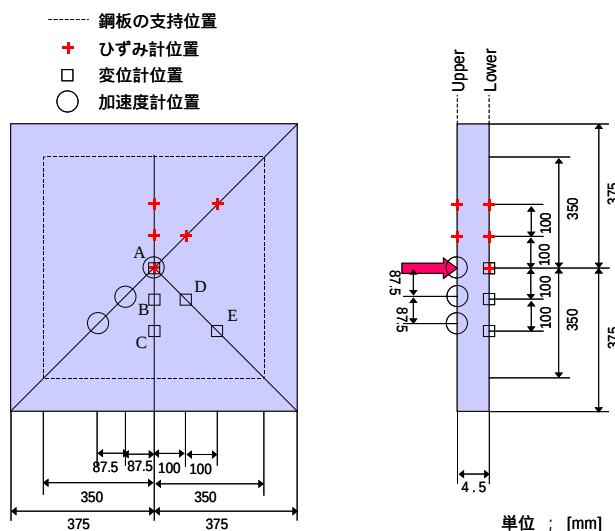


図-1 供試体諸元と側点配置

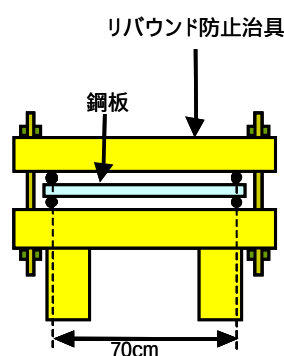


図-2 実験装置全体図

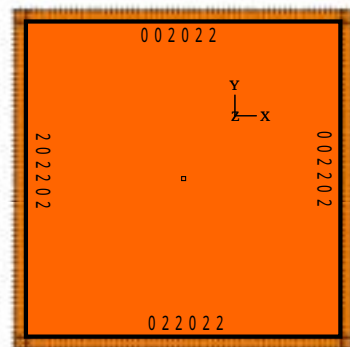


図-3 解析モデル図

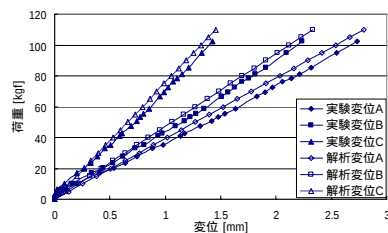


図-4 荷重と変位の関係の比較

Key Words : 衝撃荷重，板，有限要素法

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科 Tel.076-234-4603 Fax.076-234-4632

C(図-1 参照)の関係と比較したものを示している .図からわかるように ,有限要素法で使用した供試体モデルは実験で使用した供試体をうまく再現できたといえる .

(2) 衝撃実験と解析の比較・考察（弾性範囲内）

表-1 に固有値解析による固有振動数 , 振動実験で得られた卓越振動数および減衰定数を示す . また , 図-5 に解析より得られた 1 次から 5 次までの振動モード図を示す . 固有値解析による解析値と実験値を比較すると , 解析では実験値と近い結果が得られている .

次に , 衝撃実験と動的解析の比較を行う . 解析 では実験 から得られたインパルス・ハンマーの荷重波形を用いた . また , 減衰は表-1 の 1 次 , 2 次の値を用いた Rayleigh 減衰を仮定した . 図-6 に実験から得られた加速度の時系列波形を , 図-7 に解析 から得られた加速度の時系列波形をそれぞれ示す . 図-6 , 7 を比較すると加速度振幅には差が見られない .

解析 では図-8 に示ように , 実験 から得られたロードセルの荷重波形を元にして入力荷重を定めて用いた . 得られた変位 A , D の経時変化が図-9 である . 図-9 から解析 では実験 と近い結果が得られている .

5 . まとめ

本研究では , 鋼板の衝撃による弾性範囲内の応答特性を実験と解析で比較検討した . 本研究により得られた結果は以下の通りである .

- (1) 静的実験と静的解析より , 解析モデルの剛性評価は妥当であった .
- (2) 衝撃実験から得られた卓越振動数と固有値解析から得られた固有振動数は , 比較的類似しており , 解析モデルの剛性 , 質量 , 拘束条件の評価が妥当であった .
- (3) 衝撃実験と動的解析の結果を比較すると , 応答加速度振幅 , 変位の経時変化共に実験を解析でうまく再現できた .

今後 , 板構造の衝撃破壊問題へ応用していく予定である .

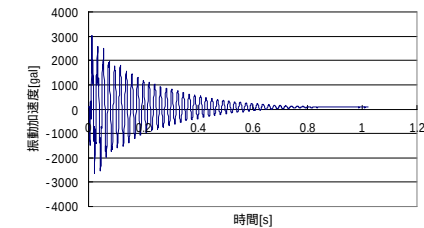


図-6 実験 より得られた応答波形

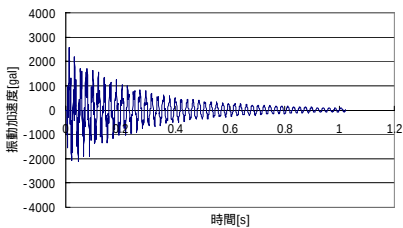


図-7 FEM より得られた応答波形

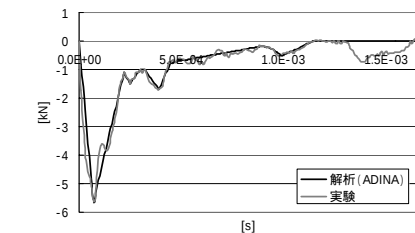
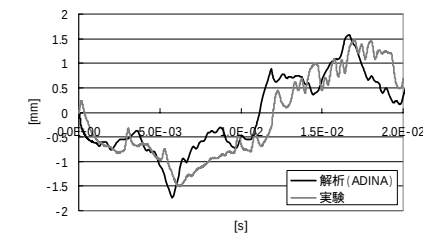
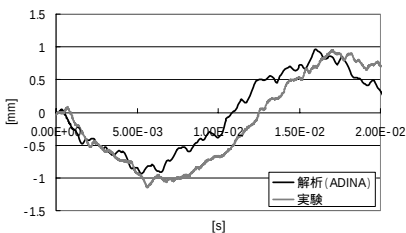


図-8 実験 荷重波形と入力荷重波形



(a) 変位 A の比較



(b) 変位 D の比較

図-9 衝撃実験 と ADINA による解析の変位の経時変化比較

表-1 振動特性

	解析値 [Hz]	実験値 [Hz]	減衰定数 [-]
1次	46.584	47.6074	0.01
2次	114.419	116.577	0.006
3次	114.419	—	—
4次	185.453	187.378	0.007
5次	225.742	229.248	—



(a) 1 次振動モード



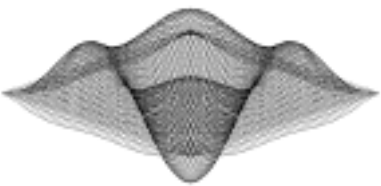
(b) 2 次振動モード



(c) 3 次振動モード



(d) 4 次振動モード



(e) 5 次振動モード

図-5 振動モード図（解析）