

有限要素法による鋼板の衝撃挙動に関する研究

金沢大学大学院 学 ○赤田 朋哉, 金沢大学大学院 学 石井 繁治
金沢大学大学院 正 深田 宰史, 金沢大学工学部 正 梶谷 浩

1. 研究目的

衝撃挙動特性に関する研究には、実験による研究のほか、精度良く再現できる理論研究あるいは数値解析的な研究が行われており、近年では数値解析法に関する研究が盛んに行われている。しかし、汎用性のある衝撃応答解析法が十分に確立されているとは言い難いのが現状である。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、鋼板、コンクリート版を用いた弾塑性問題への発展を念頭に置いて、本研究では鋼板を用いて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、弾性範囲内における実現象を把握することにした。

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定配置を示す。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を行った。この実験によって衝撃荷重と加速度、変位を計測し、各加速度計から得られたデータをもとに卓越振動数・振動モードを把握した。

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値を求めた。

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の関係を示している。図-4 (a)

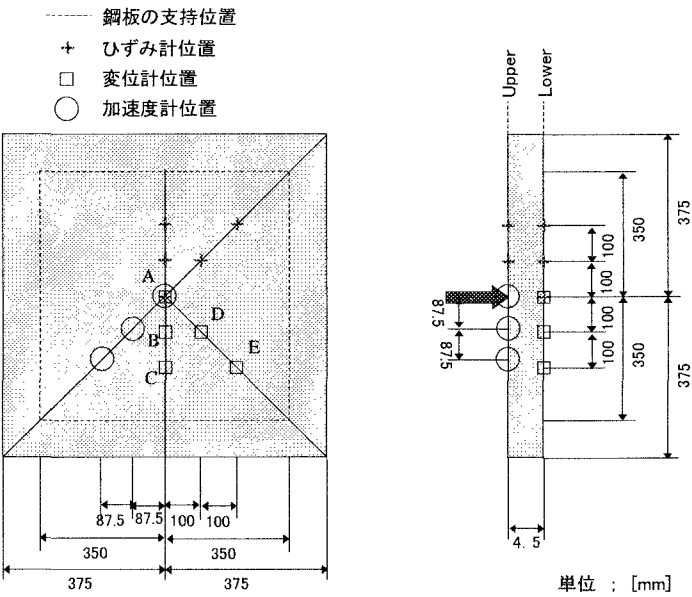


図-1 供試体諸元

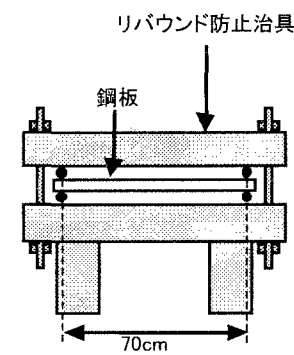


図-2 実験装置全体図

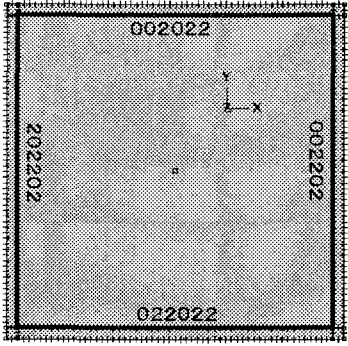
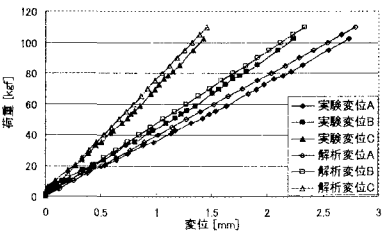
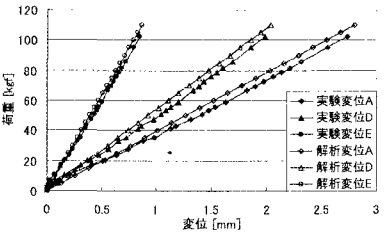


図-3 解析モデル図



(a) 変位計 A, B, C



(b) 変位計 A, D, E

図-4 荷重と変位の関係の比較

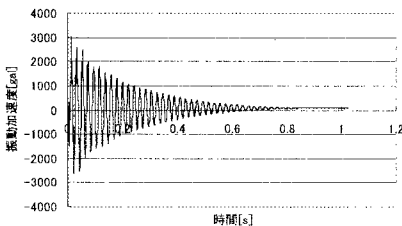
は図-1の変位A, B, Cの比較を, 図-4 (b) は図-1の変位A, D, Eの比較を示している. 図から分かるように, 有限要素法で使用した供試体モデルは実験で使用した供試体をうまく再現できたといえる.

(2) 衝撃実験と解析の比較・考察 (弾性範囲内)

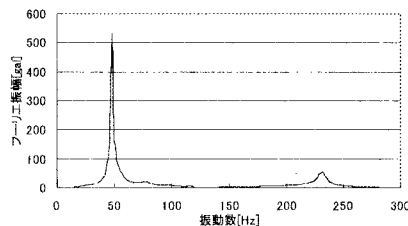
表-1に固有値解析による固有振動数, 振動実験で得られた卓越振動数および減衰定数を示す. また, 図-5に解析より得られた1次から5次までの振動モード図を示す. 固有値解析による解析値と実験値を比較すると, 解析では実験値に近い結果が得られている.

次に, 衝撃実験と動的解析の比較を行う. 動的解析では図-6に示す衝撃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-7に実験から得られた加速度の時刻歴波形と加速度スペクトルを, 図-8に解析から得られた加速度波形と加速度スペクトルをそれぞれ示す. 図-7, 8を比較すると加速度振幅には差がないが, スペクトルにおける高次の卓越振動モードに差が生じている. 高次モードの出現性については, 実験ケースによってもばらつきがあり, 荷重の与え方(加振位置と荷重)に大きく依存していると考えられる.

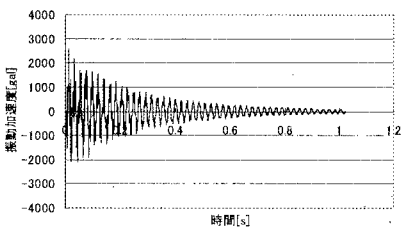


(a) 加速度波形

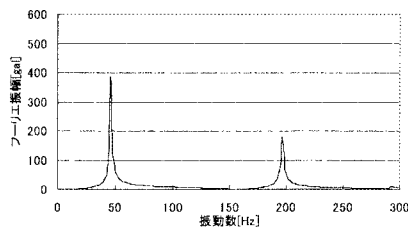


(b) 加速度スペクトル

図-7 衝撃実験より得られた応答波形



(a) 加速度波形



(b) 加速度スペクトル

図-8 有限要素法により得られた応答波形

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.

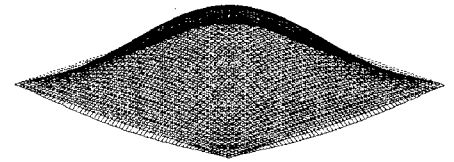
(1) 静的実験と静的解析より, 解析モデルの剛性評価は妥当であった.
(2) 衝撃実験から得られた卓越振動数と固有値解析から得られた固有振動数は, 比較的類似しており, 解析モデルの剛性, 質量, 拘束条件の評価が妥当であった.

(3) 衝撃実験と動的解析の結果を比較すると, 低次モードについてはうまく再現することができたが, 高次モードについては表現できなかった.

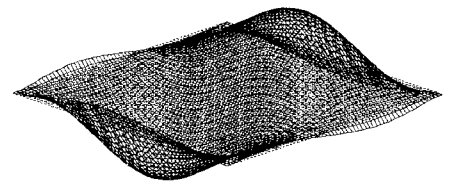
今後の課題としては, 解析での荷重の与え方を様々なパターンで検証することが必要であると考えている.

表-1 振動特性

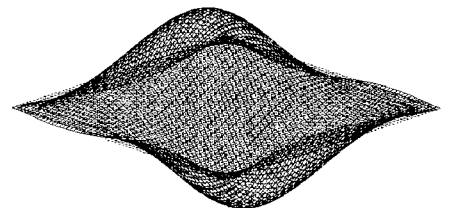
	解析値 [Hz]	実験値 [Hz]	減衰定数 [-]
1次	46.584	47.6074	0.01
2次	114.419	116.577	0.006
3次	114.419	—	—
4次	185.453	187.378	0.007
5次	225.742	229.248	—



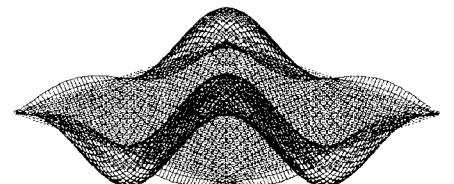
(a) 1次振動モード



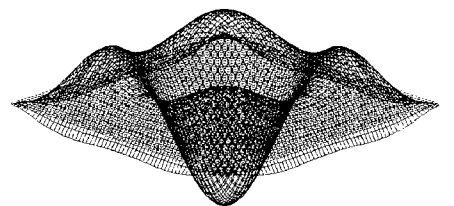
(b) 2次振動モード



(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)

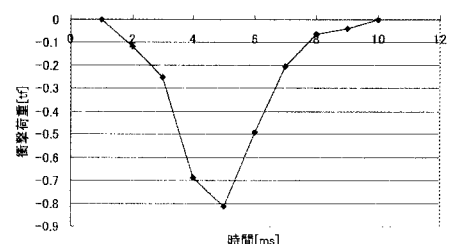


図-6 衝撃荷重波形