

I-B 148 土木構造物の衝撃解析モデル化に関する一考察

名古屋大学 フェロー 伊藤義人 九州電力（株） 正員 笹田俊治
 名古屋大学 学生員 大野 隆 名古屋大学 学生員 森 正樹

1. 序論

土木工学における既存の衝撃解析研究例は対象とする問題を限定しているものが多く、材料のモデル化については広く一般的に適用できるものは確立していない。本研究では、土木構造物の一部を対象として、汎用有限要素法衝撃解析コード LS-DYNA3D を用いたソフトな衝撃およびハードな衝撃両問題の解析により、実験結果を再現するための材料構成則のモデル化についての考察を行った。

2. 材料の物性モデル

鋼の材料構成則は、von Mises の降伏基準に従う等方性弾塑性体とする。また、ひずみ速度効果による降伏応力の増加を高橋ら^[1]が提案した式により考慮した。次に、コンクリートについては、圧縮強度、引張強度および弾性係数のひずみ速度依存性の考慮が解析結果に及ぼす影響を比較するため、TYPE1（考慮なし）、TYPE2（考慮あり）の2種類のモデルを用いた。TYPE1 は Drucker-Prager の降伏基準を用いた完全弾塑性体である。一方、TYPE2 は山口ら^[2]が提案した3軸応力下の応力-ひずみ関係に破壊基準として William-Warnke の5パラメータモデルを使用し、圧縮破壊後の挙動は既往の研究例より、応力を維持、または圧力を1/5、偏差応力を0とした。また、引張側ではTYPE1、TYPE2ともに最大圧力が引張強度を超えないようにした。

3. 解析結果

3.1 コンクリート充填鋼管の衝撃载荷解析

ここでは、石川ら^[3]が行ったコンクリート充填鋼管の衝撃载荷実験で得られた鋼管载荷部下縁変位-ロードセル荷重関係との比較を行った。図1は鋼・コンクリートのひずみ速度効果の考慮の有無が解析結果に及ぼす影響を比較したものであり、実験結果を実線で、鋼・コンクリートともにひずみ速度効果を考慮した解析結果を点線で、考慮していない解析結果を破線でそれぞれ表している。鋼・コンクリートともにひずみ速度効果を考慮したものが、より実験結果と近い結果を示し、ひずみ速度効果の考慮の有無が解析結果に及ぼす影響が大きいことが分かる。

次に図2は鋼のひずみ速度効果を考慮し、コンクリートのひずみ速度効果の考慮の有無が解析結果に及ぼす影響を比較したものであり、実験結果を実線で、コンクリートのひずみ速度効果を考慮した解析結果を点線で、考慮していない解析結果を破線でそれぞれ表している。コンクリートのひずみ速度効果を考慮したもののほうが、実験結果により近い値となったが、考慮の有無による解析結果の違いは比較的小さいことが分かる。図1および図2より、コンクリートのひずみ速度効果の考慮よりもむしろ鋼のひずみ速度効果の考慮の有無が及ぼす影響の方が大きいと言える。

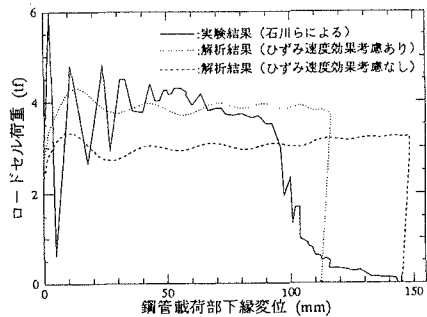


図1 コンクリート充填鋼管荷重-変位関係1

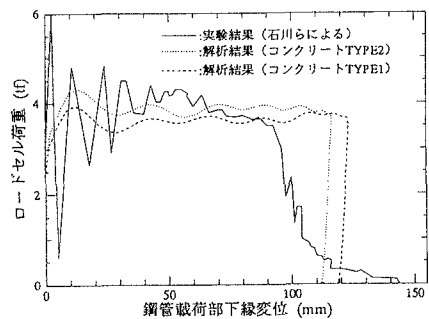


図2 コンクリート充填鋼管荷重-変位関係2

3.2 メタルライナー取付構造の一面せん断衝撃载荷解析

はじめに鉄重錘を用いた解析結果を示す。図3は重錘落下高さ3mにおける重錘加速度時刻歴を表し実験結果を実線で、鋼のひずみ速度依存性を考慮した解析結果を破線で、鋼のひずみ速度依存性を考慮していない解析結果を点線でそれぞれ示す。最大加速度は解析結果の方がやや小さい値となったが、鋼のひずみ速度依存性の考慮の有無による結果の差はごく小さく、両結果とも実験結果をよく再現できている。

次に、コンクリート重錘を用いた解析結果を図4の重錘落下高さ一ピーク衝撃力関係に示す。実験結果に見られるばらつきは、重錘が落下の度に局部変形が生じ、落下高さ50cm2回目でクラックが入り割れたことが原因である。解析結果は落下高さ20cm、30cmではともにほぼ等しい値であり、落下高さ50cmで大きな差が出た。実験結果と比較するとかなりばらつきが見られるが、圧縮破壊後の応力の軟化を表現するモデルの方がより実験結果に近い結果が得られることが分かる。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。

1. コンクリート充填鋼管の衝撃解析では、鋼のひずみ速度効果の考慮が応答結果に及ぼす影響はコンクリートのひずみ速度効果の考慮が及ぼす影響よりも大きいことを明らかにした。
2. 鉄重錘を用いたメタルライナー取付構造の一面せん断衝撃解析では、鋼のひずみ速度効果の考慮の有無が重錘最大加速度解析結果に及ぼす影響はごく小さいことを明らかにした。
3. コンクリート重錘を用いたメタルライナー取付構造の一面せん断衝撃解析では圧縮破壊後の応力の軟化を表現するモデルの方が実験結果をより良く再現することを示した。

参考文献

- [1] 高橋芳彦, 大野友則, 太田俊昭, 日野伸一: 衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの弾塑性挙動に及ぼす材料のひずみ速度効果, 構造工学論文集 Vol.37A, pp.1567-1580, 1991.3.
- [2] 山口弘, 藤本一男, 野村設郎: 高圧3軸応力下におけるコンクリートの応力-ひずみ関係 その2 高速载荷, 日本建築学会構造系論文報告集 第396号, pp.50-58, 1989年2月.
- [3] 石川信隆, 伊藤一雄, 川嶋幾夫, 鈴木宏: モルタル充填鋼管はりの衝撃限界吸収エネルギーに関する実験的考察, 構造工学論文集 Vol.37A, pp.1581-1589, 1991.3.
- [4] 伊藤義人, 八谷徹, 宇佐美勉, 片岡誠, 草田昭一: 衝撃荷重を受けるメタルライナー取付構造物の耐力力と変形能に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.39A, pp.1539-1552, 1993.3.

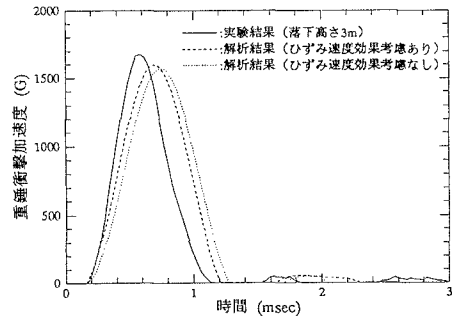


図3 鉄重錘加速度時刻歴波形

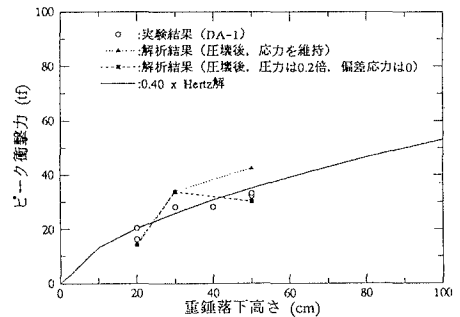


図4 コンクリート重錘最大衝撃力-重錘落下高さ関係