

土木構造物の衝撃解析に関する基礎的研究

名古屋大学工学部 学生員 ○笹田俊治

名古屋大学理工科学総合研究センター フェロー 伊藤義人

1. 序論

最近のEWS（エンジニアリング・ワークステーション）の性能向上および普及により、土木工学における衝撃問題の数値解析に、汎用の衝撃解析コードを利用することができるようになってきている¹⁾。しかしながら、衝撃を受ける材料の構成則のモデル化、接触問題の取り扱い方などについては、個々の問題に対しての研究例はいくつか公表されているものの、その他の問題に対する有効性は明らかになっていないものが多い。本研究では、鋼・コンクリート部材から成る土木構造物を対象として、汎用有限要素法衝撃解析コードLS-DYNA3Dにより、変形の大きい衝撃（ソフトな衝撃）、変形の小さい衝撃（ハードな衝撃）両問題の解析を行い、材料構成則のモデル化の検討、接触問題の取り扱い、メッシュモデル形状の違いが及ぼす影響などについて考察を行った。

2. 材料モデル

鋼の材料モデルは、vonMisesの降伏基準に従う等方性弾塑性体を用いた。応力-ひずみ関係は、完全弾塑性体、あるいはひずみ硬化を考慮した弾塑性体とした。また、ひずみ速度による降伏応力の増加を考慮の有無による結果の違いを比較できるようにした。一方、コンクリートの構成則モデルとしては、TYPE 1, TYPE 2の2種類を用いた。TYPE 1は、LS-DYNA3Dに組み込まれている完全弾塑性モデルであり、ひずみ速度依存性は考慮していない。降伏基準にはDrucker-Prager則を使用し、圧縮側で降伏した後は完全弾塑性体となり、引張側では圧力がカットオフ値（引張強度）を超えると偏差応力=0となりカットオフ圧力のみが作用する。TYPE 2は、山口ら²⁾が提案したひずみ速度を考慮した3軸応力-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用いたものである。

3. 解析モデル

3.1 変形の大きい衝撃問題

ここでは、石川ら³⁾が行った中空鋼管およびコンクリート充填鋼管の衝撃载荷実験を対象とする解析を行った。鋼管径は60.5mm、板厚は3.2mm、重錘重量は150kgf、衝突速度は8m/s、支持条件は両端単純支持である。中空鋼管の有限要素モデルおよびコンクリート充填鋼管の有限要素モデルを図-1(a), (b)にそれぞれ示す。鋼管は円周方向に16分割したものと32分割したものを使用し、メッシュサイズの違いによる影響を考慮できるようにした。モデルの物性は、鋼管および载荷用治具を等方弾塑性体、ロードセルおよび重錘を弾性体とした。

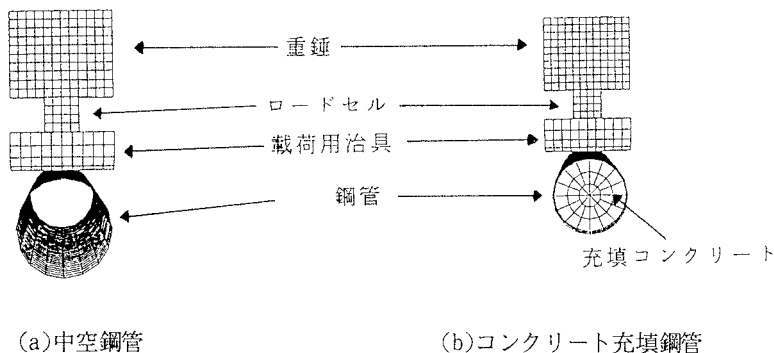


図-1 有限要素モデル

3.2 変形の小さい衝撃問題

当大学で昨年まで行ってきたメタルライナー取付構造の衝撃解析の材料構成則モデルに改良を加え、岩石重錘を用いた解析、アンカーボルトとコンクリート躯体間の接触の取り扱いに対する考察を行った。

4. 解析結果

変形の大きい衝撃問題の解析結果例のみを示す。

中空鋼管

図2に、中空鋼管の荷重-変位関係についての、衝撃載荷実験結果と解析結果例を示す。図中、実線は実験結果、点線は鋼管を円周方向に16分割したもの、破線は32分割したものの解析結果を表す。鋼管の物性はひずみ硬化を考慮し、降伏応力のひずみ速度依存性は考慮していない。また、解析結果は荷重時刻歴波形から高周波成分を除去したものを使用している。両解析結果とも、変位80mm程度までは実験結果と比較的良く一致している。

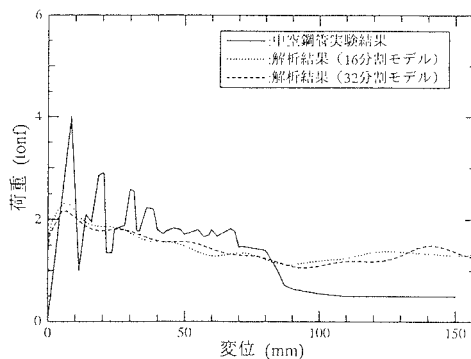


図-2 中空鋼管の荷重-変位曲線

コンクリート充填鋼管

図3において、実線は実験結果、点線はコンクリートの材料モデルとしてTYPE 1を使用した解析結果から高周波成分を除去したものを表す。なお、Drucker-Prager則のパラメータ α , k は、材料の圧縮強度および引張強度から求めたMohr-Coulombの破壊面の圧縮子午線に一致するように求めた。実験結果に比して、解析結果は荷重が小さくなり、荷重が急激に減少するときの変位は大きくなった。これは、ひずみ速度による圧縮強度、弾性係数などの増大を考慮していないためと考えられる。

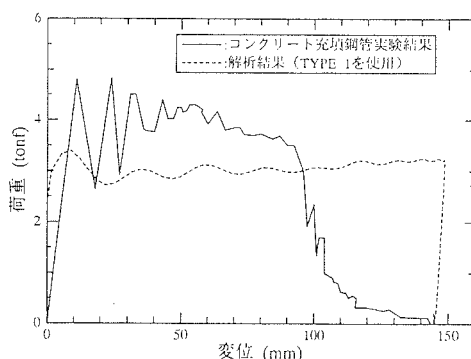


図-3 コンクリート充填鋼管の荷重-変位曲線

5. 結論

本研究では、鋼・コンクリート部材（構造物）から成る土木構造物の衝撃解析のために、鋼およびコンクリートの材料モデル化に関する考察を行った。その結果、実験結果を比較的良く再現できることを確認した。また、接触の取り扱い、メッシュ形状の違いがおよぼす影響、鉄筋とコンクリートの付着に関する考察を行った。

参考文献

- 1) 土木学会：構造物の衝撃挙動と設計法 構造工学シリーズ 6, 1993. 12.
- 2) 山口 弘ら：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 高速載荷, 日本建築学会構造系論文報告集 第396号, 1989年2月.
- 3) 石川信隆ら：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.