

空気浮上式重錘衝突実験のシミュレーション解析

防衛大学校 学生員 ○角田正昭 学生員 原木大輔
学生員 白石博文 正会員 香月 智

1. 緒言

本解析は重錘などの衝突点におけるコンクリート材料の構成則について調べるため、先に空気浮上式重錘衝突実験装置を使って得られた実験結果を1次元バネ～質点系モデルを用いて再現解析を行い、実験結果の妥当性について検討したものである。

2. 空気浮上式重錘衝突実験の概要

実験は、写真-1 に示す長さ 1.0m、重量 300kg の鋼材 2 本を圧縮空気によって浮上させ、底面との摩擦力の影響が無い状態で、1 体(被衝突鋼材)は静止させ、もう 1 体(衝突鋼材)を衝突させるものである。衝突鋼材の設定速度は、コンクリート供試体の静的圧縮実験を参考にして、それぞれ微小ひび割れ、ひび割れ、破壊が生じることが期待できる表-1 のような 3 段階の初速度を用いる。使用したコンクリート供試体は写真-2 に示すような $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体で、内部にひずみゲージを貼り付けたアクリル棒を埋設し、コンクリート供試体の軟化過程においても変形量を計測できるようにしている。また、衝突前後の衝突鋼材、被衝突鋼材の速度を速度計によって計測し、衝突前後において鋼材の失った運動エネルギーを求めた。

3. シミュレーション解析

3.1 解析モデル

解析モデルは、図-1 に示すようなバネ～質点系モデルを用いた¹⁾、10 分割される衝突・被衝突鋼材、衝突部と被衝突部にロードセル要素、および中心にあるコンクリート供試体要素が全て 1 次元のバネにモデル化されている。図-2 に入力したコンクリート供試体の静的載荷、高速載荷および空気浮上式重錘衝突実験の構成則を示す。これらはそれぞれの実験で得られた実験値を 5 段階の非線形モデルで近似したものである。解析では図-3 に示すように Newmark

の β 法($\beta=1/6$)を用いた。

3.2 実験・解析結果および考察

図-4 に普通強度の供試体に対し衝突速度 $V_0=2.0\text{m/s}$ で衝突させた場合の荷重と変形量の時刻歴を示す。まず、荷重の時刻歴は、非線形的な抵抗力の減少をよく再現している。また、変形量につい



写真-1 空気浮上式重錘衝突実験装置 写真-2 コンクリート供試体

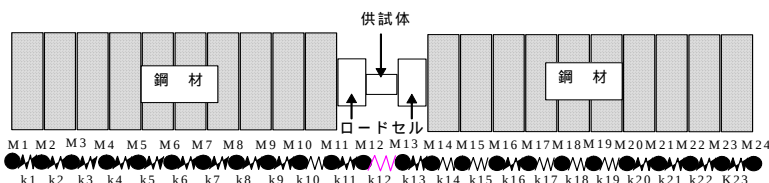


図-1 解析モデル

	静的載荷	高速載荷	衝突実験		
			微小ひび割れ	ひび割れ	破壊
低強度	3	3	1.2m/s	1.7m/s	2.3m/s
			3	4	4
普通強度	3	3	1.2m/s	2.0m/s	2.4m/s
			3	4	4
高強度	3	3	1.2m/s	2.0m/s	2.8m/s
			3	4	4

表-1 実験ケースと試験回数

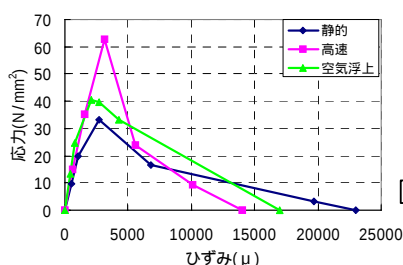


図-2 入力構成則

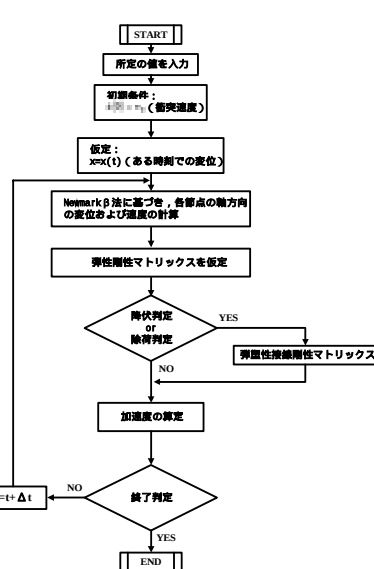


図-3 本解析法のフローチャート

キーワード：コンクリート供試体、空気浮上式重錘衝突実験、エネルギー吸収、バネ～質点系モデル

連絡先：〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL:0468-41-3810 (内線 3518) FAX:0468-44-5913

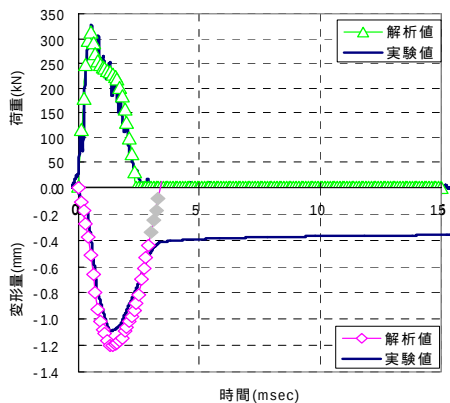


図-4 荷重と変形量の時刻歴
(普通強度, $V_0=2.0\text{m/s}$)

ても、ピーク値から復元する過程までよく一致している。この際、変形量のピーク値の生じる時間と荷重のピーク値の生じる時間のズレもよく一致している。なお、変形量の で示した領域では、実験は変形が完全に復元しないのに、解析では零まで戻っているが、これは解析で離反に関する処理が考慮されていないためである。図-5(a)には、この時刻歴を同調して得られる荷重～変形量関係を示す。当然のことであるが実験結果とよく一致している。図-5(b)には、鋼材の速度変化について示しているが、最終速度が実験結果と良く一致している。比較のために、静的圧縮実験で得られた構成則を与えた場合の解析結果を図-5(c), (d)に示している。この場合には、実際の荷重～変形量関係よりも変形量が大きくなる解析結果となっており、最終速度は、被衝突鋼材は実験値より大きな速度で、逆に衝突鋼材は小さな速度で離反しており、実験に比して、より塑性衝突に近い解析値となっている。図-5(e), (f)には、高速載荷実験の構成則を代入した場合の結果を示している。この場合には、全く塑性的な応答が現れず、最終速度も、完全弾性衝突に近いものとなった。すなわち、静的や高速載荷の構成則はいずれも衝突実験のものとは異なっているため、実験結果を忠実に再現できない。図-6 には、衝突速度ごとの解析結果を示す。弾塑性領域へわずかに移行するひび割れ限界程度の $V_0=2.0\text{m/s}$ において高速載荷や静的載荷の構成則に

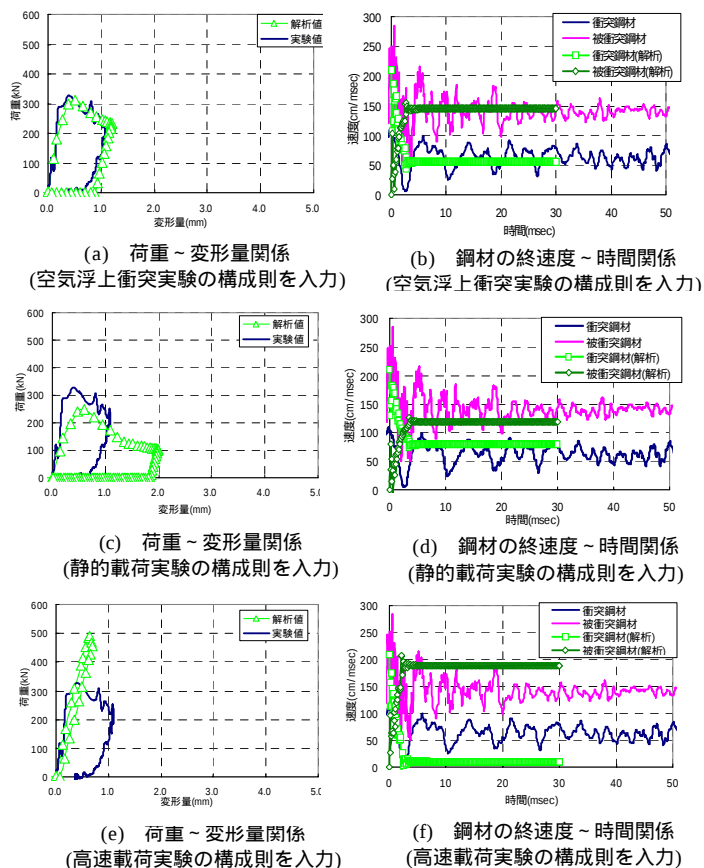


図-5 荷重～変形量関係と鋼材の終速度

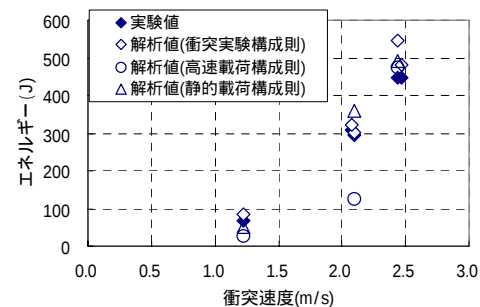


図-6 逸散エネルギー～衝突速度関係

よる実験結果との違いが大きくなることがわかる。

4. 結言

空気浮上式重錘衝突実験で観測された構成則を、1次元バネ～質点系モデルに用いて解析すると、荷重、変形量の時刻歴または衝突前後の終速度をよくシミュレートでき、実験で得られた構成則の信頼性を確認できた。

参考文献

- 1) 金光明, 梶田幸秀, 香月智, 石川信隆:「ゴム製緩衝材を用いた桁間衝突実験のシミュレーション解析」
構造工学論文集 Vol.48A 土木学会 pp887-898, 2002.3