

エアフローティング鋼材衝突実験のシミュレーション解析

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

1. 緒言

著者らは、本研究に先立って衝突局部におけるコンクリート材料の荷重～変形関係を得るためにエアフローティング鋼材衝突実験装置を用いた衝突実験を行った。本研究では、1次元バネ～質点系モデルを用いて、この実験結果の再現解析を行い、実験結果の妥当性について検討したものである。

2. エアフローティング衝突実験の概要

エアフローティング衝突実験とは、長さ 1.0m、質量 300kg の鋼材 2 本を圧縮空気で浮上させ、底面との摩擦力の影響が無い状態をつくり、1 体(衝突鋼材)に初速度を与え、もう 1 体(被衝突鋼材)に衝突させるものである。鋼材間に設置した使用したコンクリート供試体($\phi 100 \times L200\text{mm}$)は、低・普通・高強度の 3 種類とし、内部にひずみゲージ付アクリル棒を埋設している。衝突鋼材の設定速度は各強度によって異なり、静的圧縮試験結果から「微小ひび割れ」、「ひび割れ」、「破壊」が生じることが期待できる 3 段階の初速度を表-1 のように決定した。実験では鋼材衝突前後での損失エネルギー計測のため、衝突前後の各鋼材の速度を専用速度計によって計測した。

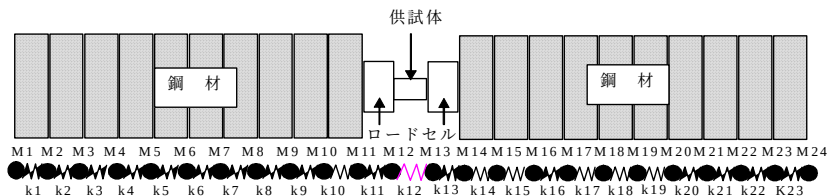


図-1 解析モデル

表-1 衝突速度

供試体強度	最大強度 (N/mm ²)	破壊形態	設定速度 (m/s)
低強度	25.0	微小	1.0
		ひび割れ	1.7
		破壊	2.4
普通強度	35.0	微小	1.2
		ひび割れ	2.0
		破壊	2.4
高強度	78.0	微小	1.2
		ひび割れ	2.0
		破壊	2.8

表-2 解析パラメータ

項目	単位	数値
重錘のヤング係数(E)	N/mm ²	2.06×10^5
重錘の密度(ρ)	kg/cm ³	7.9×10^{-3}
重錘断面積	mm ²	4.0×10^4
重錘一要素長	m	1.0×10^{-1}
ロードセル要素長	m	1.4×10^{-1}
粘性減衰定数(α)	s ⁻¹	0
構造減衰比例定数(β)	s	1.0×10^{-5}

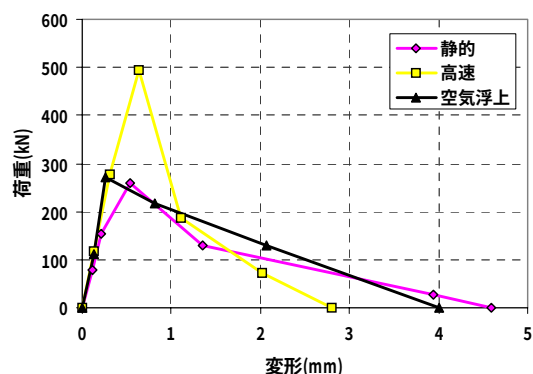
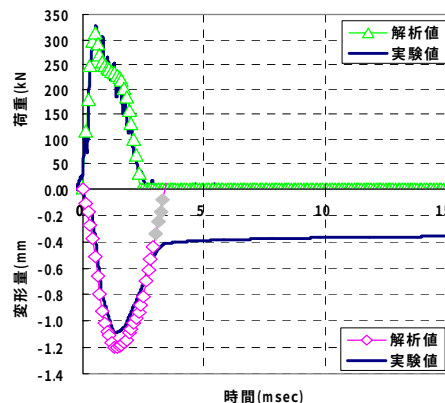


図-2 荷重～変形関係

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。表-2 に解析パラメータを、図-2 に入力したコンクリート供試体の静的載荷、高速載荷およびエアフローティング衝突実験より得られた荷重～変形関係を 5 段階の非線形モデルで近似したものを示す。本解析では 2 本の鋼材が衝突した時点を時刻の起点($t=0$)とし、鋼材の各

図-3 荷重と変形量の時刻歴
(普通強度, $V_0=2.0\text{m/s}$)

キーワード：エアフローティング衝突実験装置、バネ-質点系モデル、荷重～変形関係、エネルギー吸収
連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL: 046(841)3810 e-mail: katsuki@nda.ac.jp

質点の変位は $t=0$ の時点における各質点を基準として、その位置からの移動量により表している。

3.2 実験・解析結果および考察

図-3 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-4(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-4(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-4(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-4(e), (f)には、高速載荷実験の荷重～変形関係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、静的や高速載荷の荷重～変形関係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。

4. 結 言

1 次元バネ～質点系モデルでの構成則としてエアフローティング鋼材衝突実験で得られたコンクリート供試体の応力～ひずみ関係を用いた場合、静的および高速載荷時の構成則を使用した場合と比較して荷重、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、実験で得られた荷重～変形関係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

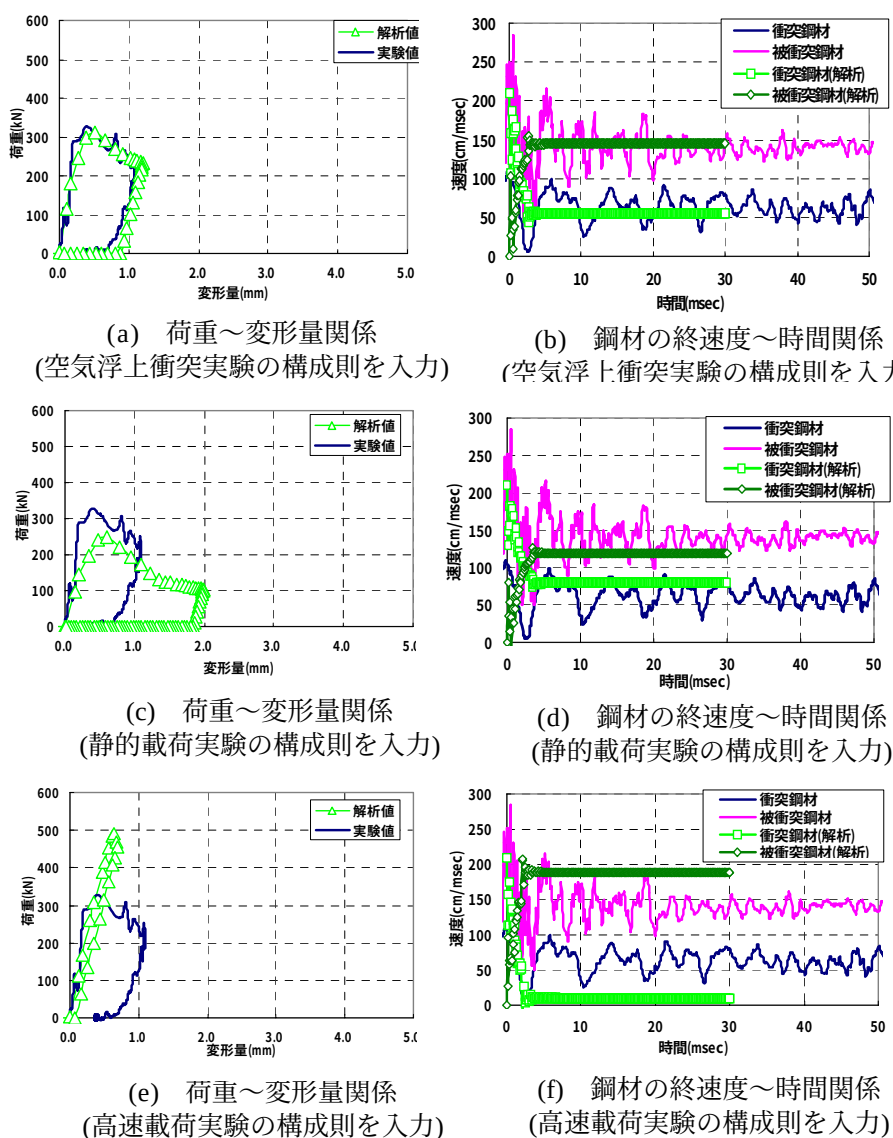


図-4 荷重～変形量関係と鋼材の終速度