

放電衝撃破砕工法の力学的特性に関する基礎研究

大成建設(株) 正会員 ○小尾 博俊 高畑 正人 石原 哲
日立造船(株) 正会員 荒井 浩成

1. はじめに

放電衝撃破砕工法は非発破なため安全性が高く、周辺環境に配慮したコンクリート破砕工法として注目されている¹⁾。この工法は、放電カートリッジに充填した特殊液中の金属細線に高速大電流を流すことで発生する高い衝撃力を利用して、コンクリートを破砕するものである。本工法を実工事に適用する場合、FEM解析により予め構造物の破砕範囲や残存部の健全性・強度低下等を予測することができれば極めて有益な情報となる。そのためには、放電衝撃圧の時刻歴波形等、その力学的特性を把握することが必須である。

そこで本研究では、高压配管用炭素鋼管（以下、鋼管）内で放電衝撃力を発生させ鋼管に貼ったひずみゲージの計測データから、陽解法 FEM を用いた逆解析により放電衝撃圧の時刻歴を求めるとともにその力学的特性について考察した。

2. 実験概要

放電を発生する本破砕技術では非常に大きな電気的ノイズが生じ、通常、ひずみゲージを用いた計測が不可能となる事例が多い。そこで、ひずみ計測はノイズの除去方法に検討を重ね、図-1 に示す計測システムおよび図-2 に示す試験体を考案した。

実験では鋼管の長さ方向中心位置に放電カートリッジをセットし、鋼管の外側にひずみゲージを貼付し、鋼管円周方向のひずみを計測した。

実験に使用した鋼管の諸元と放電カートリッジに充填した特殊液量は、条件選定のために予め行った事前実験を参考に表-1 に示す組み合わせで6通り実施した。

放電衝撃力は特殊液量と充電電圧にほぼ比例的に増加し、液量については火薬発破で用いる薬量とほぼ同等の爆破力を有し、電圧については電圧の1.5乗に比例すると報告されている¹⁾。

写真-1 に実験に使用した放電カートリッジと砂中に埋設する鋼管試験体を示す。

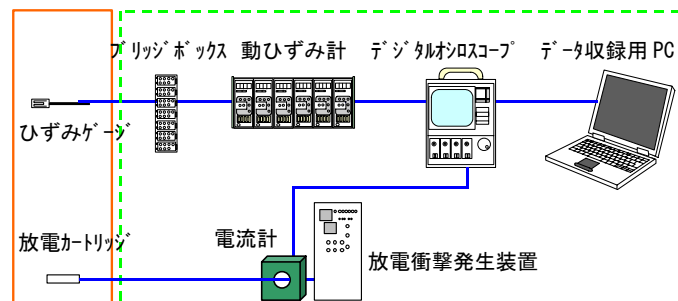


図-1 計測システム

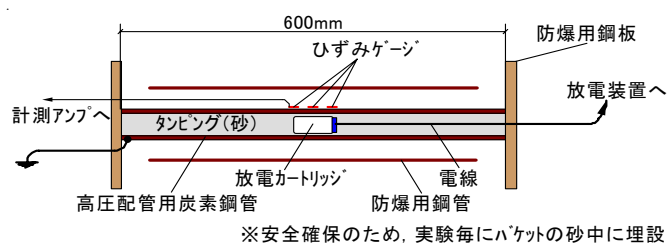


図-2 試験体

表-1 鋼管諸元と特殊液量

高压配管用炭素鋼管			特殊液量(cc)					
外径 (mm)	肉厚 (mm)	長さ (mm)	7.5	10.0	12.5	17.5	20.0	22.5
42.7	6.4	600	①	②	③	—	—	—
48.6	7.1	600	—	—	—	④	⑤	⑥

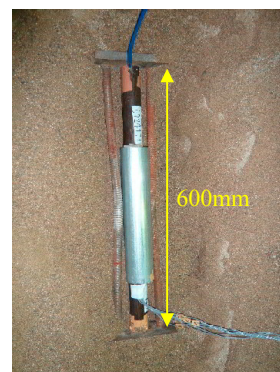


写真-1 放電カートリッジと試験体の一例

3. 実験結果およびシミュレーション解析

ひずみ計測結果の一例として、鋼管肉厚 6.4mm、液量 10cc（表-1 の②）の場合のひずみ時刻歴を図-3 に示

キーワード 放電衝撃破砕工法, 高压配管用炭素鋼管, 衝撃圧, 時刻歴, 陽解法 FEM, ひずみ速度効果

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7230

す。先に述べたように6通りの実験を行ったが、鋼管

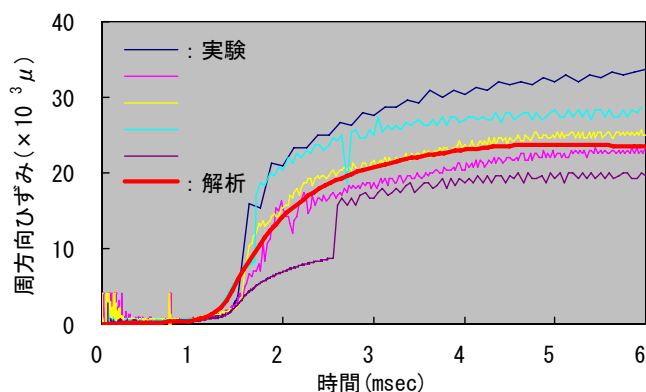
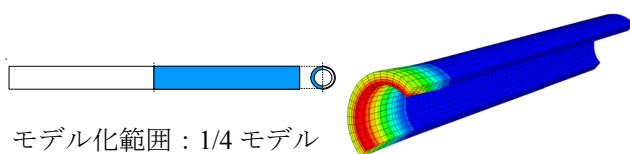


図-3 円周方向ひずみの時刻歴(実験 vs 解析)



解析例(周方向ひずみ)

図-4 シミュレーション解析

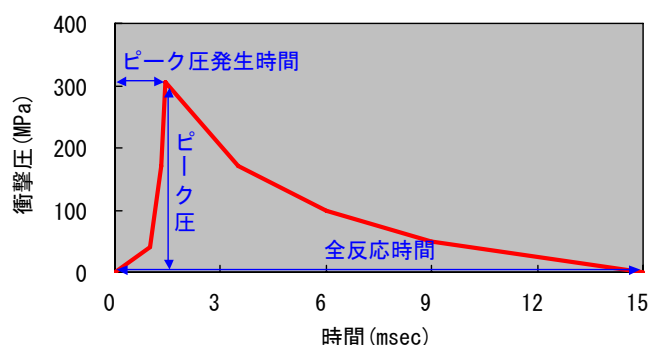


図-5 衝撃圧時刻歴の仮定

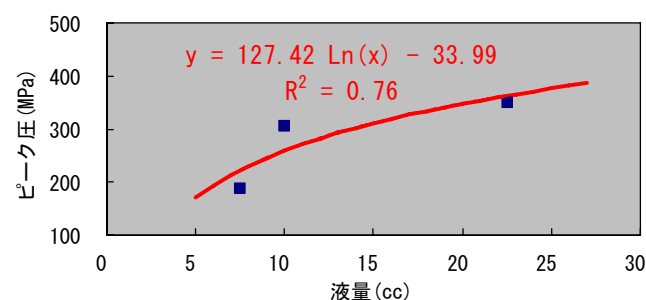


図-6 液量と衝撃ピーク圧の関係

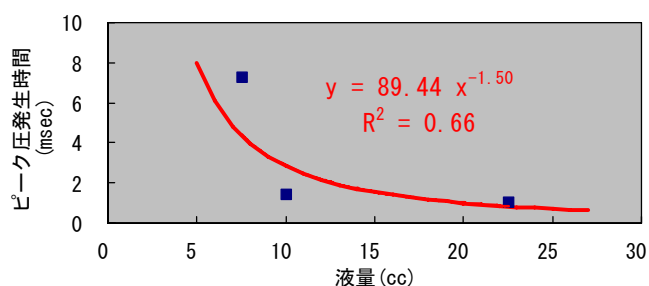


図-7 液量と衝撃ピーク圧発生時間の関係

の肉厚、液量および計測されたひずみの大小関係から判断し、シミュレーション解析には表-1 の①, ②および⑥の結果を採用した。解析は図-4 に示すように鋼管の1/4モデルを用い、陽解法FEM (ABAQUS/Explicit) にて放電衝撃圧の時刻歴を求める逆解析を行った。鋼管の材料特性は静的な引張試験を行い、応力～ひずみ (σ - ε) 関係を求め、さらに、ひずみ速度効果を考慮した σ - ε 関係を用いた²⁾。

時刻歴の同定作業にあたっては、図-5 に示すようにピーク圧、ピーク圧が発生する時間および全反応時間に着目しシミュレーションを繰り返した。その結果、図-5 に示す衝撃圧の時刻歴を入力値とし、図-3 の太赤線に示すように液量 10cc の場合の鋼管ひずみを再現することができた。

同様の手法により、表-1 の①, ⑥のケースについても逆解析を繰り返し、液量 7.5cc, 22.5cc の場合の衝撃圧時刻歴を同定した。以上の3ケースの結果から、液量と衝撃ピーク圧の関係、液量と衝撃ピーク圧が発生する時間の関係を求めると図-6, 7 に示すように以下の関係式が得られた。

$$P_{\max} = 127.42 \cdot \ln(M) - 33.99 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$T_{P_{\max}} = 89.44 \cdot M^{-1.50} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 $P_{\max}$: 衝撃ピーク圧 (MPa)

$T_{P_{\max}}$: 衝撃ピーク圧の発生時間 (msec)

M : 特殊液量 (cc)

4. まとめ

本研究により得られた成果をまとめると次のとおりである。

- 1) 特殊液量と衝撃ピーク圧の関係および特殊液量と衝撃ピーク圧が発生する時間の関係を得ることができた。
- 2) 上記の関係から、任意の液量による放電衝撃圧の時刻歴を求めることができる。

今後、コンクリート試験体による検証実験を行い、コンクリート構造物の破砕予測手法へと発展させていきたい。

参考文献

- 1) 北島秀昭, 田中幹雄, 荒井浩成: 放電衝撃破砕工法とその施工例, 建設機械 2005. 9. pp39-44
- 2) 首藤誠志, 松本憲幸, 高橋芳彦, 大野友則: 高速載荷を受ける鋼材の動的応力～ひずみ関係モデル, 土木学会第45回年次学術講演会 1990. 9. pp486-487