

放電衝撃によるコンクリート部材の破砕実験とシミュレーション解析

大成建設(株) 正会員 ○小尾 博俊,
日立造船(株) 佐々木 加津也,

伊東 章
北嶋 秀昭, 阪本 良

1. はじめに

放電衝撃破砕工法は火薬類を用いないため安全性が高く、また、発破に比べ騒音・振動が小さく周辺環境に配慮した破砕工法として注目されている。この工法は、図-1 に示すように、破砕対象物に穿孔し、金属細線と特殊液を封入した放電カートリッジを埋め込み、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、対象物を破砕するものである¹⁾。

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。そこで本研究では、鉄筋コンクリート造の円柱部材を用いた破砕実験を行い、特殊液量、すなわち衝撃力をパラメータとした破砕性状の違いを調べた。その後、放電衝撃力の計測結果から圧力波形を仮定し、陽解法 FEM を用いたシミュレーション解析を実施し、特殊液量に合った圧力波形を用いることで、円柱部材の破砕性状をある程度再現できることを示した。

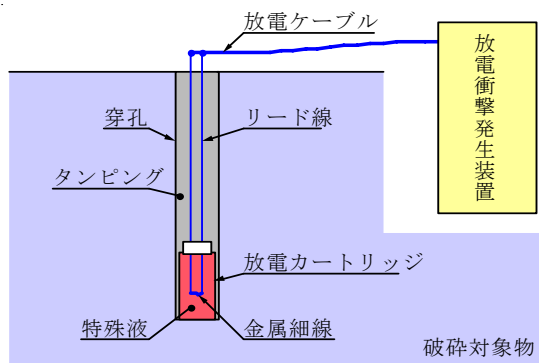


図-1 放電衝撃破砕工法の概念図

2. 鉄筋コンクリート柱の破砕実験

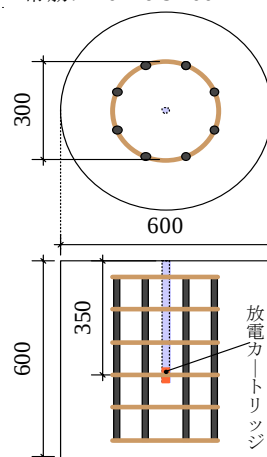
破砕実験に用いた円柱部材の寸法および配筋条件を図-2 に示す。また、コンクリートおよび鉄筋の材料定数を表-1 に、実験ケースを表-2 に示す。

実験後の破砕状況の一例として、試験体 A_特殊液量 10cc のケースを写真-1 に示す。なお、いずれの試験体においても、鉄筋に破断した個所は観測されなかった。

次に、各試験体の上面と側面を展開したひび割れ分

試験体 A

主筋:D22×8,L=500
帯筋:D10×6@100



試験体 B

主筋:D22×8×2,L=700
帯筋:D10×7@100

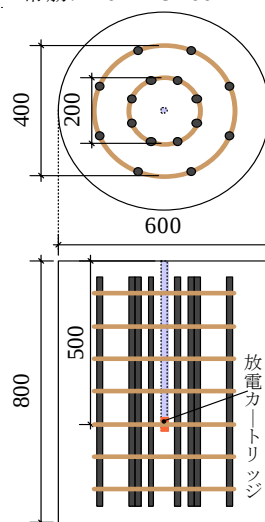


図-2 円柱部材の寸法(mm)と配筋

表-1 コンクリート・鉄筋の材料定数

材 料	ヤング 係数 E (kN/mm ²)	密度 ρ (ton/m ³)	ポア ソン 比 ν	圧縮 or 降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
コンクリート	27.6	2.35	0.24	24.5	1.99
D22_SD345	185	7.8	0.3	396	574
D10_SD295	186	7.8	0.3	371	505

表-2 円柱部材の破砕実験ケース

特殊液量(cc)	5	10	15
試験体 A	○	○	—
試験体 B	—	○	○

試験体 A_特殊液量 10cc
破砕実験後



外周コンクリートを撤去



写真-1 円柱部材の破砕状況

布を図-3 に示す。図中、薄墨色の線は鉄筋を表し、赤線は幅 1.0mm 以上のひび割れを、青線は幅 1.0mm 未満

キーワード 放電衝撃破砕, コンクリート柱, 衝撃力, 陽解法 FEM, ひずみ速度依存性

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

のひび割れを表す。試験体 A の上面ではひび割れが観測されたが、試験体 B では観測されなかった。また、試験体 A では、側面の鉛直方向のひび割れが、上下面の縁に達しているものが多いが、試験体 B では達していないものが多い。特に、試験体 A_特殊液量 10cc のケースでは、配筋位置とひび割れ位置が極めて良く一致していた。

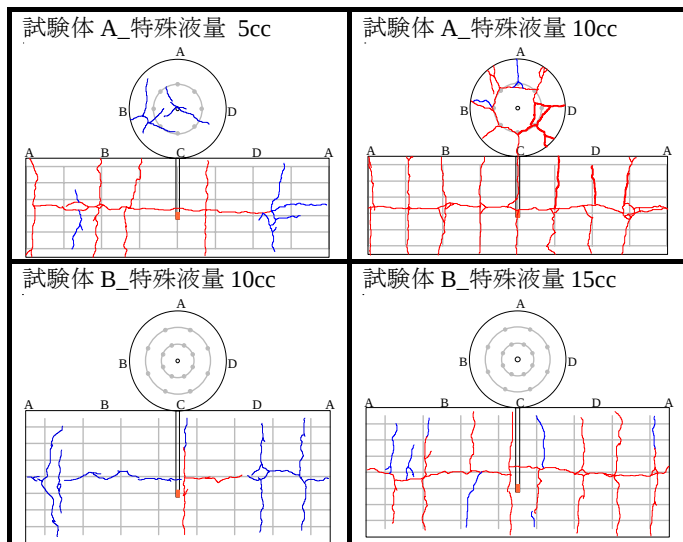


図-3 円柱部材のひび割れ図

3. シミュレーション解析

円柱部材の破砕実験をシミュレーションするにあたり、穿孔した内壁に作用する放電衝撃力の圧力波形を特定する必要がある。そこで本研究では、厚肉鋼管に圧力ゲージを貼り付けた治具を用いて圧力波形の計測を試みた。その結果、図-4 に示す波形を得たが、火薬発破を対象とした既往の研究によれば、装薬孔の内壁に作用する圧力は、薬種によっては、わずか数 μs 程度の短時間で最大圧力に達し、その後、爆破に伴って発生するガス圧力が 200 μs 前後に渡って継続するものとされている²⁾。本研究でもこれに倣い、最大圧力に達した後は 200 μs で圧力が 0 となる曲線 CD を仮定することにした。また、特殊液量の違いによる圧力波形は、特殊液の反応による最大圧力 C が C' へ移行するものとして区間 BC'D で表現することにした。以後のシミュレーションでは、実験の破砕状況を再現できるように最大圧力（区間 BC'D）を変化させながら、解析を繰り返すことにした。

解析に用いたコンクリートの材料モデルは、材料試験の結果をもとに静的な応力-ひずみ関係を定義し、その後、ひずみ速度依存性を取り込んだ材料モデルへと拡張した。また、解析モデルは試験体形状の対称性

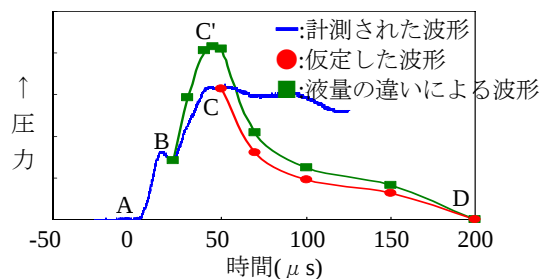


図-4 放電衝撃力の圧力波形

を考慮して 1/4 モデルとした。

コンクリートの破砕領域を評価する指標には引張ひずみを採用することとし、この分布を図-5 に示す。実験結果と比較すると、試験体上半部へのひび割れの進展がやや過小評価されているものの、側面におけるカートリッジ位置での水平方向のひび割れ、主筋に沿った鉛直方向のひび割れ、さらに、試験体 A のみで観測された上面における帯筋に沿った多角形のひび割れ等は、前述した実験結果とほぼ整合している。また、試験体内部のひび割れ状況も主筋に沿って進展しており、特に試験体 A_特殊液量 10cc のケースでは、配筋位置によって内側と外側にコンクリート塊が分離するような筒状のひび割れ面が形成されている様子が分かる。

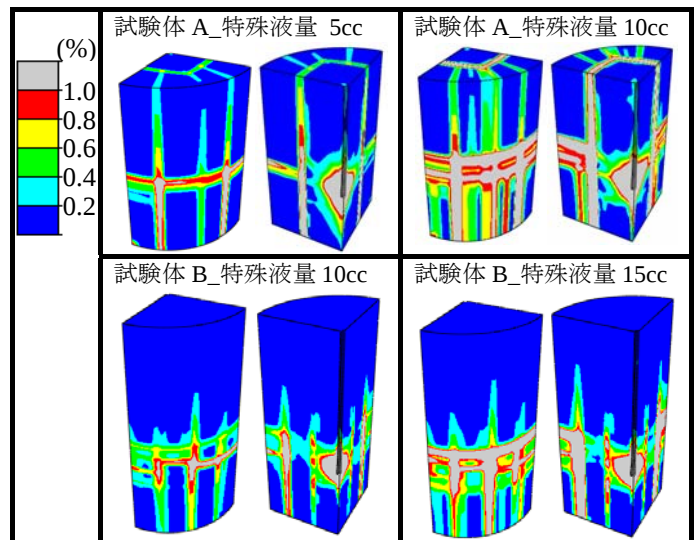


図-5 円柱部材のひずみ分布

4. まとめ

1) 円柱部材の破砕性状は、鉄筋に沿ってひび割れが進行すること、2) 放電衝撃力の圧力波形を仮定した FEM 解析は、円柱部材の破砕性状をある程度再現できること、などが確認できた。

参考文献

- 1) 北嶋秀昭, 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
- 2) 工業火薬協会: 新・発破ハンドブック, 山海堂, 1989.