

水中衝撃波によるモルタル剥離現象の BEM 解析

熊本大学工学部社会環境工学科 学生会員 ○高口雄基
熊本大学大学院自然科学研究科教授 フェロー会員 大津政康

1. はじめに

廃コンクリート塊より再生骨材を得る手法の一つにパルスパワー技術がある。

パルスパワー技術による骨材に付着したモルタルの剥離現象は水中衝撃波が影響しているとされているが、現在までに、その現象は詳しく解明されていない。そこで本研究では、モルタルの剥離現象メカニズムを BEM 解析で解明した。

2. 水中放電によるコンクリート破壊原理¹⁾

コンクリートは気体と固体の複合誘電体といえる。複合誘電体においては、構成するそれぞれの誘電体の分担加圧が問題となる。分担加圧によってひとつの誘電体の絶縁破壊が起きると分担加圧に変化が生じて次々に誘電体の破壊が起こる。印加電圧がさほど高くない場合は、誘電体の部分的な破壊が起き、部分放電が発生する。このような場合は、すぐに全体破壊には至らない。またコンクリートの誘電体といえる気体と固体は直列結合であり、この場合、一般的に気体の絶縁破壊度が固体絶縁物よりも低く、誘電率および導電率も気体のほうが小さいため、印加電圧を上昇させると、気体の絶縁破壊が先に発生することとなり、骨材では絶縁破壊が生じない。こうして密着した、二つの媒体の境界面における絶縁破壊によって、コンクリートが破壊され、固着した骨材の分離・回収が可能となる。

3. BEM解析条件

本研究では骨材に付着したモルタルのみを 2 次元のモデルで作成し、BEM 解析を行った。解析モデルは境界要素 200 個、内部要素 1501 個で、図を下に示す。

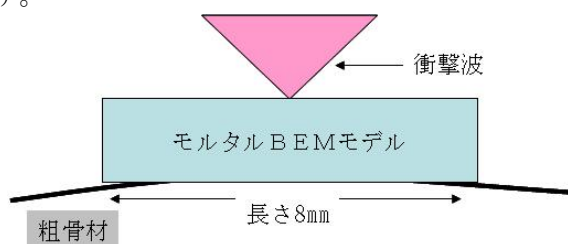


図-1 解析モデル

長さを 8mm に固定し、厚さを 1mm、2mm、3mm、4mm、5mm と変化させ、上辺中心部に 30kHz、50Khz、100kHz で 1Gpa の衝撃波を図-1 のように与えて解析した。このようにモルタルの水中衝撃波による剥離現象を解析した。

解析に用いた値としてはモルタルの一般的な数値として、弾性波速度 V_p を 4000m/s、密度 ρ を 2300kg/m³、ポアソン比を 0.20、動弾性係数 E を 33.1GPa と設定した。

4. 結果および考察

再生骨材を得るためのパルスパワー放電装置を図-2 に示す。

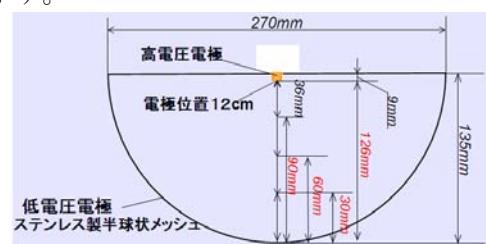


図-2 パルスパワー放電装置

このとき電極間距離とは、図の低電圧電極最下部から、高電圧電極先端部までの距離である。パルスパワー放電により得られた再生骨材の品質は、コンクリート塊と電極との距離によって変化することが、実験により図-3 のように求められている²⁾。ここで一回あたりの印加エネルギーは 1.6 kJ、印加回数は 400 回である。

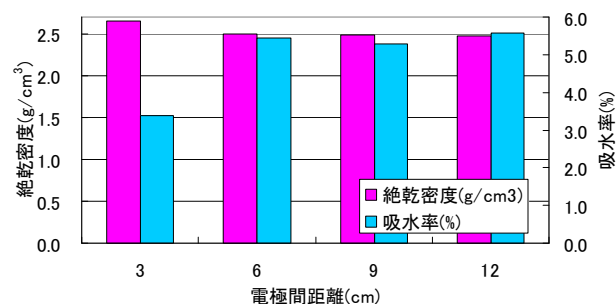


図-3 電極間距離による品質の違い

図より、電極間距離が 3cm のときに、再生骨材が高品質になることが確認され、電極間距離の影響がうかがえる。

厚さ 3mm の解析モデルに衝撃波を与えると次のような変形モードが確認された。

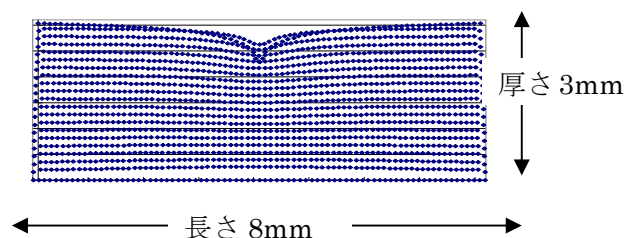


図-4 変形モード(50kHz、3点接触)

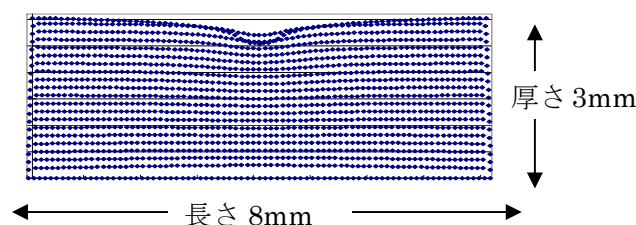


図-5 変形モード(50kHz、9点接触)

このとき骨材とモルタルの界面より発生する支点反力を解析すると、図-6 のように分布することがわかる。

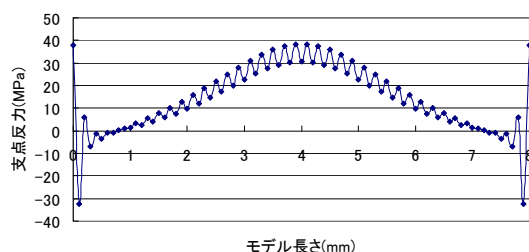


図-6 界面発生反力(厚さ 3mm、周波数 50kHz)

この図より引張反力は両端から発生しており、この発生箇所から剥離が始まると考えられる。図-7 にその反力の時間変化を示す。したがって最初の入力時の反力が最大となる。

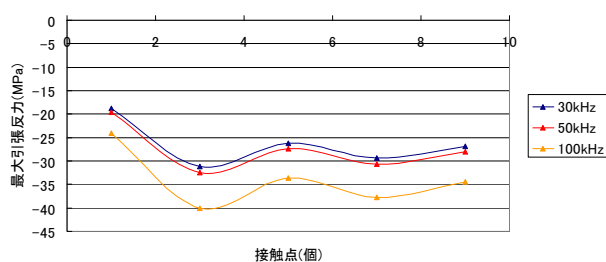


図-7 最大引張反力の時間変化

ここで、モデル厚さ及び周波数による最大引張反力の違いを図-8 に示す。

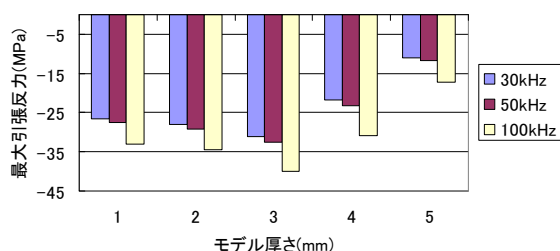


図-8 最大引張反力の比較(3点接触)

図-8 より、モデル厚さが 3mm において、最も引張反力が大きいことが確認された。

また入力した周波数を変えて、支点引張反力を解析した。ここでは周波数が高いほど電極がコンクリート塊に近い位置にあると想定できる。図-8 より、どの厚さにおいても周波数が高いほど発生する引張反力は大きくなることがわかる。

図-9,10 に発生する内部応力の分布を示す。

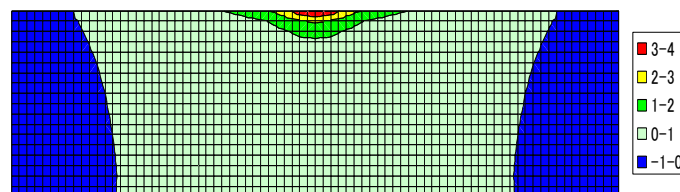


図-9 内部応力分布(厚さ 3mm)

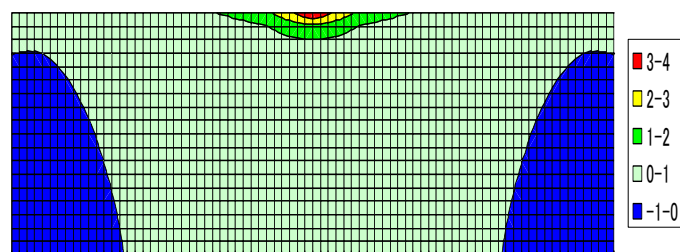


図-10 内部応力分布(厚さ 4mm)

上図の青い部分に引張応力が発生している。つまり、支点反力の結果同様、両端から剥離が始まっているといえる。ただ図-10 からわかるように、モルタルの厚さが大きくなるほど、発生引張応力が上部にまで達していないことが確認された。これは解析で用いた各周波数すべてにおいても確認された。

以上の解析結果より、衝撃波が与えられる部位より離れた箇所、このモデルにおいては両端より引張反力・応力が発生しており、この場所から剥離が発生していると確認できる。このとき発生する反力はモルタルの強度より高く、モルタルの破壊をもたらすのに十分な力が発生していることも確認できた。また、今回のモデルにおいては 8mm×3mm のものが最も強く反力が発生したが、これは 8mm という長さにおいて 3mm というものが最も共振しやすいのではないかと考えられる。

5. 参考文献

- 1) 秋山秀典: 高電圧パルスパワー工学, オーム社, pp.36-38, 2003
- 2) 前田誠司, 高木基志, 重石光弘, 浪平隆男: パルスパワー放電における電極位置が再生骨材時の消費エネルギーに及ぼす影響, コンクリート工学次論文集, Vol.31, No.1, 2009