

サーモソニック法による超音波加振条件と 内部ひび割れの発熱挙動





正確かつ効率的な手法が検査手法が求められている 上記の要件を満たす可能性のある手法が<u>サーモソニック法</u>である



サーモソニック法



<u>表面の情報から内部の欠陥</u>を確認でき、所要時間も短い



正確かつ効率的な非破壊検査手法としてサーモソニック法の確立を目指す。

しかし、セメント系材料への適用の<u>先行研究は少ない。</u>

そこで実用化の前段階として本研究では以下の事項を目的とする。

サーモソニック法の 加振条件と損傷部の発熱挙動の関係性を分析する。



加振条件と発熱挙動の関係性(Relationship of excitation conditions to exothermic)







撮影の様子



4

「データのとり方(How to choose a sample)



^{実際の供試体} 供試体A→フィルム2枚を設置して打設 かび割れ幅を変化させた サンプル点は供試体の発熱部分から選択 分析にはその中からそれぞれ20点を使用



結果①: 圧力による発熱の傾向変化





結果①(Result1): 圧力による発熱の傾向変化







|結果②:周波数による発熱の傾向変化|

34kPaの拘束応力下での温度上昇



34kPaの拘束応力下での2種類の超音波に 対する発熱をまとめた

供試体Aと供試体Bではプロットの分布が 異なる特徴を見せている



|結果③:周波数による発熱の傾向変化|



20kHzでの発熱>30kHzでの発熱



一定の傾向は確認できない

ン ひび割れの幅が小さい方が周波数による発熱の変化が顕著になる 幅の小さいひび割れは20kHzの超音波に対して発熱が大きくなる



結果のまとめ

- 拘束応力が高いほどひび割れ界面での発熱は大きくなる
- ひび割れが狭い場合、加える超音波の周波数が変化すると上記の傾向の強さは変動する
- 幅の狭いひび割れは34kPaの応力下では20kHzの超音波に対する発熱 が30kHzの超音波に対する発熱と比較して大きくなる
- 比較的幅の大きいひび割れでは周波数を変化させたときの発熱の変化 はサンプル点ごとに傾向が異なる



サーモソニック法の適用によるひび割れ界面の可視化

北海道大学 〇橋本勝文 京都大学 塩谷智基



コンクリート内部の非破壊検査による調査

コンクリート中のひび割れや空隙、浮き・はく離に関する情報を得るために、弾性波 法や電磁波法が利用される事例が増えている。

北海道大学

(P)

EmE



例:打音法、超音波法、衝撃弾性波法、AE法・・・ 例:電磁波レーダ、X線、赤外線サーモグラフィ・・・

内部の損傷および欠陥部の可視化結果

測定(計測)結果の収集+数値計算処理や情報処理アルゴリズム

X線CTによる内部構造の観察











適切な画像処理(二値化) ⇒ひび割れを可視化



X線CTの現場適用事例







部材厚:300mm X線照射時間:30分 8~10枚/1日 部材厚:400mm X線照射時間:60分 5~7枚/1日 ۲۵۲۲ E. FOO

部材厚:500mm X線照射時間:120分 2~3枚/1日

提供:株式会社CORE技術研究所

適用箇所や事例は限られる(時間・費用)

PC 编材

ーモソニック法とは



熱伝導率の高い材料の場合、この温度上昇現象を赤外線サーモグラフィで画像化・ ひび割れ部を可視化できることは知られている。 (以下、サーモソニック法(他に、Sonic-IR、Vibro-Thermography))



ひび割れの検知を目的として同手法をコンクリートに適用した研究事例。は見当たらない。

本研究の目的と概要



サーモソニック法 <◆ 圧縮試験により損傷を生じたモルタル供試体

・ レノークノム ◆ エポキシ樹脂により模擬ひび割れを充填したコンクリート供試体

◆ 内部ひび割れ(損傷)の可視化および圧縮応力に伴う供試体の損傷程度
 ◆ 模擬ひび割れ補修箇所における樹脂充填状況の定量化



本研究の目的と概要





※20℃に空調設定した試験室内にて実施
 a) モルタル供試体
 水セメント比(W/C):0.5 砂セメント比(S/C):3.0



◆ 内部ひび割れ(損傷)の可視化および圧縮応力に伴う供試体の損傷程度

27.6MPa(n=3)の圧縮強度が得られた材令3日の時 点で、圧縮強度の10%、30%、50%、70%、90%およ び100%(α=0.0~1.0)となるまで載荷することで、ひび 割れ(損傷)発生程度の異なる供試体を作製した。

◆ 模擬ひび割れ補修箇所における樹脂充 填状況の定量化







50mm



マイクロフォーカスX線CT:KYOTO-GEOµXCT(TOSCANER-32250µHDK) 最小ボクセルサイズは縦56.3 µm、横56.3 µm、高さ62.0µm(1024×1024画素で出力) ひび割れや空隙(空気)を示すGSV(Gray Scale Value)の閾値は、下限をGSV = 0として上限をモルタルおよび骨材を表すヒストグラムのピークのGS、の 半分の値として二値化処理





50mm



マイクロフォーカスX線CT:KYOTO-GEOµXCT(TOSCANER-32250µHDK) 最小ボクセルサイズは縦56.3 µm、横56.3 µm、高さ62.0µm(1024×1024画素で出力) ひび割れや空隙(空気)を示すGSV(Gray Scale Value)の閾値は、下限をGSV=0として上限をモルタルおよび骨材を表すヒストグラムのピークのGS√の気 半分の値として二値化処理



北海道大学 日前の

HOKKAIDO UNIVERSITY HOKKAIDO UNIVERSITY



時間(sec)

超音波加振時間(最大3秒間)の経過とともに表面温度が上昇している。 せん断すべり面に沿って熱画像から得られる温度上昇は3秒間で0.3~0.8℃程度で あることが確認できる。







熱画像を構成するピクセルのヒストグラム⇒分布形状を保ちながら温度上昇

損傷度が大⇒超音波加振による温度上昇差分の値が大





Temp. °C

23.0

22.5

22.0

21.5

21.0

20.5

20.0





Time sec











- 材料内部の欠陥箇所やひび割れを検出することができる非破壊検査手法であるサーモソニック法をモルタルおよびコンクリートに適用した。その結果、以下の知見が得られた。
- サーモソニック法を圧縮破壊したモルタルに適用することで、X線CT画像と同様に一軸圧 縮試験により応力の集中やひずみの局所化に伴って形成される破壊領域を可視化すること ができる。
- 2) サーモソニック法を応力履歴の異なるモルタル供試体に適用することで、 歪みの局所化や ひび割れの発生を伴う損傷の進展を供試体全体の温度上昇として定量的に把握することが できる。
- 3) 5mm幅の模擬ひび割れを有するコンクリート供試体にサーモソニック法を適用した場合、 エポキシ系樹脂材料の充填深さが浅いほど超音波加振時の温度上昇速度が速くなる。









