

打音検査によるコンクリートの浮き剥離危険度の定量的評価に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○金子 裕輔  
九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨

1. 目的

近年、老朽化したコンクリート構造物の適切な維持管理がますます重要になってきている．5年に1度の実施が義務付けられた定期点検においては、目視点検やコンクリートの表層近傍の健全性を把握する打音検査が行われている．これらの検査は、簡易かつ低コストで実施可能であるが、検査者の熟練性に依存することから、より合理的に検査するためには、打音検査においてはコンクリート内部の欠陥状態を打音データで定量化する試みが重要である．本研究は、打音検査でコンクリート表面の浮き剥離の危険度を定量的に把握することを目的として、繰り返し打撃を行った時の打音データの変化に着目した検討を行った．

2. 実験

2.1. 実験供試体および欠陥部

今回の実験では、図-1に示すような10×30×30 cmのモルタル供試体を用いた．表-1にモルタルの配合を示す．ここでは、人工欠陥のある供試体を作成した．人工欠陥を含む供試体には、正方形の欠陥を想定し、3Dプリンター（UP mini2 ES）で作成したABS製の3Dプリントモデル（図-2）を埋設した．人工欠陥の寸法は51×51mm、厚さ6mmで、埋設位置は供試体表面から5 cmの位置とした．また、人工欠陥は内部に50×50mm、厚さ5mmの空洞ができるように作成している．供試体は湿布養生とし、打設後28日以降で実験を行った．

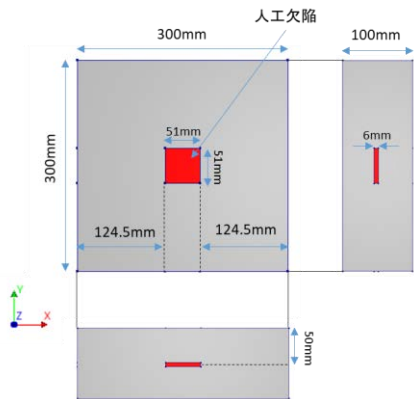


図-1 供試体の形状・寸法

表-1 モルタル供試体の配合表

| W/C | S/C | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |
|-----|-----|-------------------------|-----|------|
|     |     | W                       | C   | S    |
| 0.5 | 3.5 | 227                     | 454 | 1588 |

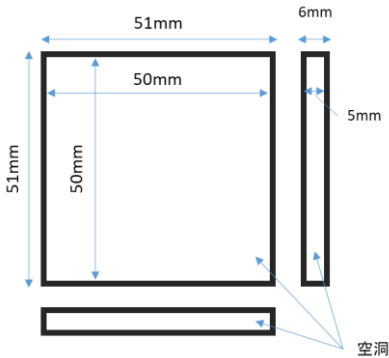


図-2 人工欠陥の形状・寸法

2.2. 実験方法

今回作成した供試体を用いて、モルタル供試体の浮き剥離が起こる際の打音の特性の変化を観察するために、繰り返し衝撃実験を行った．モルタル供試体の測定点は、中心から5 cm間隔で上下に1点ずつと左右に1点ずつの9点の測定（写真-1）を行った．写真-1に示すように測定点は左上から測定点1, 2, …としている．また、供試体の支持条件は、2点支持で測定を行った．

繰り返し衝撃には、重さ6.115kgの鉄球を用いた．方法は、供試体の中央から高さ150 cmの位置で鉄球を自由落下させて行った．録音は鉄球を落とした供試体の面とは反対の面の測定点で収録した．収録の際は、FFT Analyzer CF-9400(ONO SOKKI)に音圧波形として収録した．CF-9400の測定設定はサンプリング周波数が40kHz、サンプリング点数が8192個として収録した．また、インパルスハンマーを用いて打撃を加えて荷重も同時に計測した．測定は測定点1点につき3回打撃を行った．また、繰り返し衝撃回数は50回とした．

3. 振幅比を用いた評価

本研究では、検査箇所の浮き剥離の程度を評価するために、振幅比を用いて衝撃回数ごとの評価を行った．すなわち、収録した打音データと荷重データを用いて、打撃力の最大値と発生する打音の最大音圧の比として定義される振幅比を、式(1)を用いて求め、図-3、図-4に示すように衝撃回数ごとの測定点の各点における振幅比を算出し、

キーワード 浮き剥離, 振幅比, コンター図  
連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 TEL:092-802-3370

散布図やコンター図として表示した。

$$\text{振幅比} = P_{\max}/F_{\max} \quad (1)$$

ここで、 $P_{\max}$ ：音圧の最大値  $F_{\max}$ ：荷重の最大値

### 3. 実験結果および考察

実験結果を測定点における衝撃回数ごとの振幅比の散布図を図-3に、衝撃回数が0回目、10回目、20回目、30回目、40回目、50回目での測定面における全9打点の振幅比によるコンター図を図-4にそれぞれ分けて示す。なお、同じ打撃点を3回打撃した際の振幅比の平均値をその打点の代表値としている。振幅比の散布図は、縦軸が振幅比の値、横軸が衝撃回数を示しており、図-3の左上が測定点1に相当する。振幅比によるコンター図は、左上の1-横1が測定点1に相当する。また、コンター図内の各測定点における数値はその位置での振幅比を示している。

図-3、図-4から、今回の実験で行った繰り返し衝撃では振幅比の変化は見られなかった。図-3から各測定点における振幅比はおおよそ0.025~0.035の範囲に収まっていることが分かる。このことから、振幅比がその範囲にある場合には、供試体の浮き剥離は起こらないと考える。ここで、音圧波形から高速フーリエ変換に

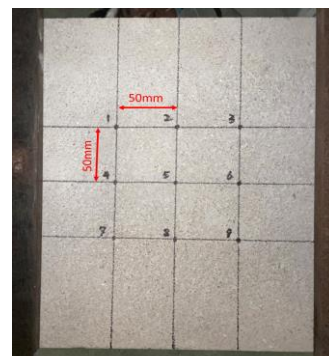


写真-1 供試体の測定点(全9点)

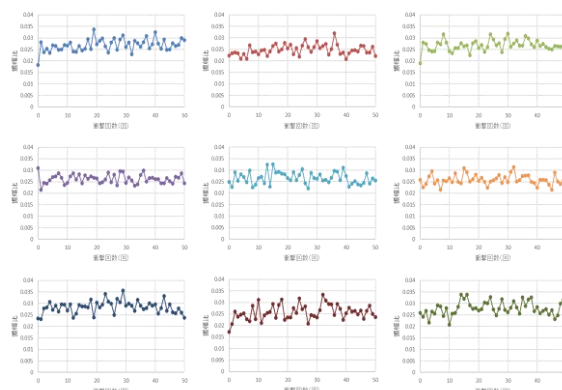


図-3 各測定点の衝撃回数ごとの振幅比の散布図

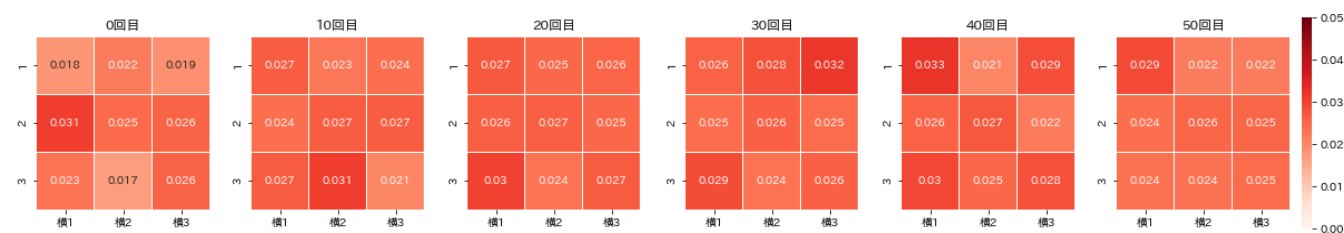


図-4 測定面における全9打点の振幅比によるコンター図

より周波数スペクトルを求め、そこから周波数重心を式(2)により計算した。図-5のように横軸を10回ごとの衝撃回数(0回目、10回目、..., 50回目)、縦軸を周波数重心として表すと衝撃回数が増えると周波数重心が徐々に小さくなる傾向があることが分かった。

$$\text{周波数重心} = \frac{\sum_i^N E_i F_i}{\sum_i^N E_i} \quad (2)$$

ここで、 $N$ : サンプルング点、 $E_i$ :  $i$  番目の周波数成分の大きさ

$F_i$ :  $i$  番目の周波数

### 4. 結論

本研究の成果として、作成した供試体に対して重さ 6.115kg の鉄球を用いて繰り返し衝撃実験を行ったが、評価指標として用いた振幅比には明確な変化が見られなかった。本実験では、繰り返し衝撃として与えた荷重レベルが小さかったため振幅比を評価指標とすることは不可能であったが、打音の周波数重心については、コンクリート内部の損傷状態の僅かな変化でも捉えることができる可能性があると思われる。今後も、繰り返し衝撃試験を継続的にを行い、徐々に損傷が進展する状況を把握することが可能な振幅比に代わる有効な評価指標について検討したい。

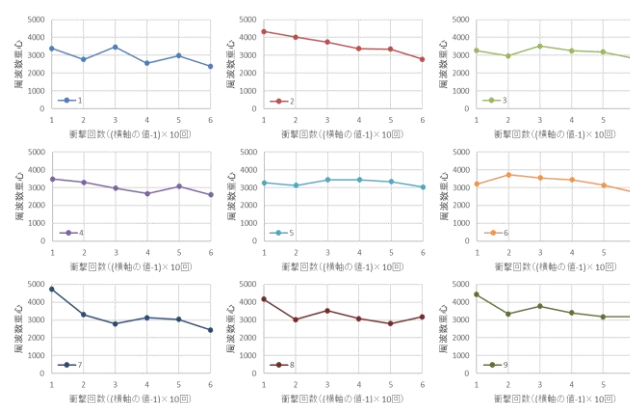


図-5 各測定点の衝撃回数ごとの周波数重心