

衝撃弾性波法によるひび割れ注入工法での充填状況の確認方法の検討

リック(株) ○片岡繁人 日大生産工 渡部 正
リック(株) 岩野聡史

1 はじめに

コンクリートに発生したひび割れの補修工法の1つに、注入工法がある。注入工法とは、ひび割れに樹脂系またはセメント系の材料を注入し、補修するものであり、防水性・耐久性の向上が期待されている。このためには、この注入工法において、ひび割れの内部まで満遍なく注入材料を充填させることが重要になると考えられる。しかしながら、実際の施工時に実施されている品質管理方法は、コンクリート表面での目視確認や、注入材の使用量の確認に留まっており、コンクリート内部のひび割れまで充填されていることを確認する方法は確立されていないと考えられる。そこで本実験では、注入工法によるコンクリート内部のひび割れの充填状況を、非破壊試験である衝撃弾性波法によって確認する方法について検討した。

実験では、コンクリートの内部のみにひび割れが存在している供試体を用いた。この供試体で、内部のみにひび割れが存在している状況（内部未充填）と、エポキシ系の樹脂で内部のひび割れを完全に充填した後の状況（充填後）で測定した。これらの結果から、充填状況を評価する方法について検討した。

2 実験内容

2. 1 実験方法

測定状況を写真1、図1に示す。実験には、中央1点载荷により曲げひび割れを発生させた角柱供試体（寸法150mm×150mm×530mm）を使用した。ひび割れは、背面側より発生させており、長さは100~110mmと確認されている。表面側は健全であるが、コンクリート内部にひび割れが存在する状態であり、コンクリート表層のみに充填されている充填不足の状況（内部未充填）を模擬している。測定は、まず、内部未充填の状態で行い、その後、注入工法（写真2）により、エポキシ系の樹脂を充填させた状態（充填後）で行った。

測定方法は、鋼球打撃による入力波形を、打

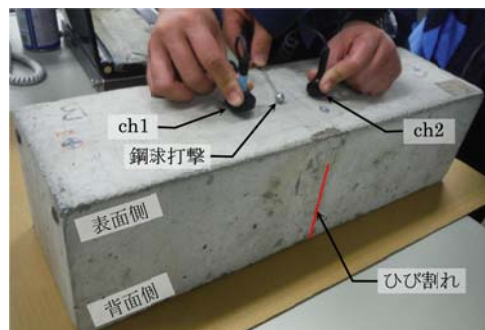


写真1 測定状況



写真2 注入状況

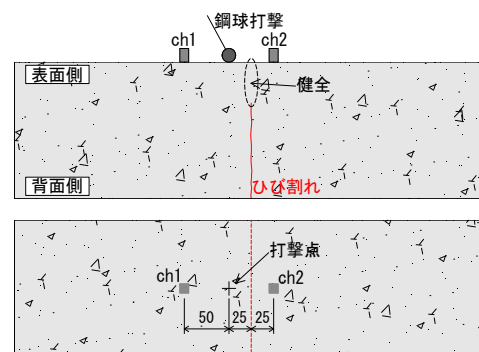


図1 測定位置図(上:側面図, 下:平面図)

撃点から等距離（50mm）に設置した加速度計センサー2点（ch1・ch2）で受信する方法とした。打撃点とch1の間には内部ひび割れが存在しない状態、打撃点とch2の間には内部にひび割れが存在する状態である。今回は、測定され

Study on Quality Control Method for the Crack Injection Method by Impact elastic wave method

Shigeto KATAOKA, Tadashi WATANABE and Satoshi IWANO

た速度波形の位相差に着目する方法を検討した。測定に使用した鋼球は直径10mmである。計測装置のサンプリング時間間隔は2 μ sに、測定時間長さは500 μ sに設定した。

2. 2 解析方法

ch1とch2で測定された速度波形に対してフーリエ変換を行った。周波数の分解能は0.05kHzとし、0.1kHz~20kHzの範囲で解析した。次にフーリエ変換により算出したフーリエ余弦係数 a_n 及びフーリエ正弦係数 b_n を式(1)に代入し、各周波数の初期位相を求めた。

$$\theta_f = \tan^{-1} \left(\frac{b_{nf}}{a_{nf}} \right) \quad (1)^1$$

ここで、 θ_f : 周波数 f の初期位相(rad)、 a_{nf} : 周波数 f のフーリエ余弦係数、 b_{nf} : 周波数 f のフーリエ正弦係数である。

位相とは、波動のような周期的に変化する現象における時間的なずれ、またはある時刻における振動の過程の位置を示すものであり、特に時刻0での位相を初期位相という。つまり、式(2)に示される周波数 f の正弦波の一般式での $2\pi ft'$ が初期位相であり、式(1)の θ_{ft} は、式(3)の関係となる。

$$y_{(f)} = A \sin 2\pi f(t + t') \quad (2)$$

$$\theta_f = 2\pi ft' \quad (3)$$

ここで、 A : 振幅、 f : 周波数、 t : 時刻である。

3 実験結果及び考察

測定された速度波形を図2に、各周波数の初期位相を図3に示す。図3より、各条件で測定された初期位相は周波数 f と比例関係にあること

が確認された。これは、式(1)で求める初期位相は、式(3)のとおり、周波数 f と比例関係となることと一致している。次に、ch1・ch2の初期位相を比較すると、内部未充填では4kHz以上の周波数において、ch2の初期位相がch1の初期位相よりも大きくなった。一方、充填後は、ch1とch2の初期位相は概ね一致している。

前述のとおり、初期位相は波動の時間的なずれを示すものである。以上の結果は、内部にひび割れが存在する内部未充填では、ch2で測定された波動が、ch1よりも時間的に遅れていることを示す結果である。この原因は、鋼球打撃によりレイリー波やP波などの複数の弾性波が発生するが、これらの波動の伝搬経路中にひび割れが存在する場合には、伝搬時間に遅れが生じることによると考えられる。一方、充填後は、ch2で測定された波動の伝搬時間に遅れが生じていない結果となった。

以上の結果より、打撃点と受信点の間に測定対象のひび割れを設定し、測定される初期位相に着目することで、ひび割れへの注入材の充填状況の評価できると考えられる。

4 まとめ

ひび割れ注入工法での注入材の充填状況を衝撃弾性波法により確認する方法について検討した。その結果、コンクリート内部のひび割れの有無により、測定される速度波形の初期位相の差に、変化が生じることが確認された。この性質を利用することにより、ひび割れ注入工法での品質管理への適用が期待される。

「参考文献」

- 1) 日野幹雄 「スペクトル解析(新装版)」朝倉書店 2010. pp.10-18

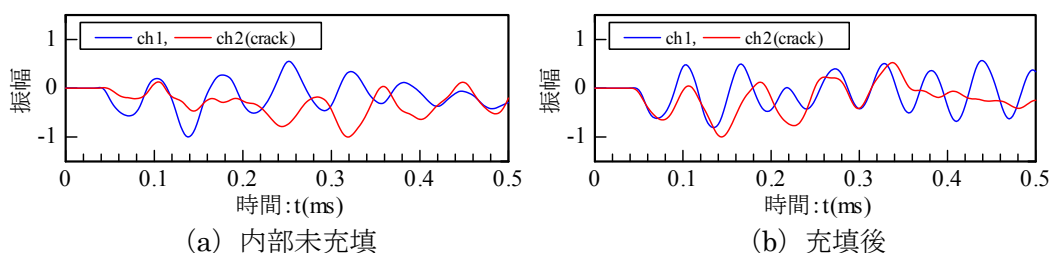


図2 速度波形

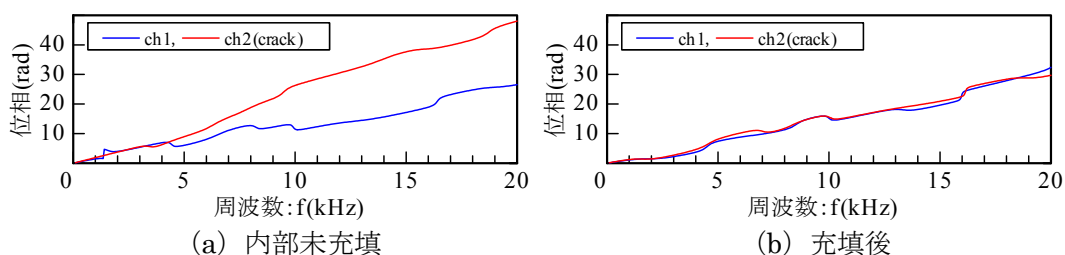


図3 各周波数の初期位相