

音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発 ー接着系あと施工アンカーボルトの接着材量との関連性に関する検討ー

桐蔭横浜大学	正会員	○上地 樹
桐蔭横浜大学	正会員	杉本 恒美
佐藤工業 (株)	正会員	黒田 千歳
佐藤工業 (株)	正会員	歌川 紀之
明篤技研		片倉 景義

1. はじめに

コンクリート構造物内部の欠陥を把握する検査方法として、打音検査法が多く用いられてきた。しかしこの方法では直接打音が困難な場所での検査が困難である。そこで我々は、長距離音響発生装置 (LRAD : Long Range Acoustic Device) とスキャニング振動計 (SLDV : Scanning Laser Doppler Vibrometer) を用いた、非接触による非破壊探査法の検討を行っている[1-3]。

2012年12月2日、山梨県大月市笹子町にある笹子トンネル(中央自動車道上り)で約130mに渡り天井板の崩落事故が発生した。崩落の原因として、老朽化による接着剤の経年劣化や接着剤の量が不十分であること等が挙げられている。この事故により、現在ではアンカーボルトに対する非破壊検査技術が注目されている。本研究では、遠距離からの検査計測が可能である非接触音響探査法を用いて、アンカーボルトにおける接着剤の充填率の検出が可能であるかを検証した。比較対象としてハンマ加振により計測したデータも同様に取得し、比較検討を行う。比較を行う項目として、今回は振動エネルギーに着目した。

2. 原理

2.1 非接触音響探査法

Fig.1 にアンカーボルトの接着剤の充填率を測定する概念図を示す。空中放射音波がコンクリート壁を振動させ伝搬する様子を Fig.2 に示す。今回我々が行った実験では、音波によりコンクリート壁を励振させた時、その振動がアンカーボルトへ伝搬していくと考えられる。アンカーボルトとコンクリートは接着剤により接続されている。そのためコンクリートからアンカーボルトへ振動が伝搬される場合、接着剤を振動が伝わっていく。このことから、伝播される振動のエネルギーは接着剤の量により変化すると考えられる。従って充填率が低いと伝搬エネルギーも低下し、アンカーボルトの振動も小さくなると考えられる。

2.2 振動エネルギー

実際の現場では検査対象の共振周波数は不明であり、また複数の共振周波数ピークが存在する場合がある。そのため、データ解析を行う際に共振周波数を絞る事が困難である。

$$[VE](m/s)^2 = \int_{f_1}^{f_2} (PSD_{vib}) df \quad (1)$$

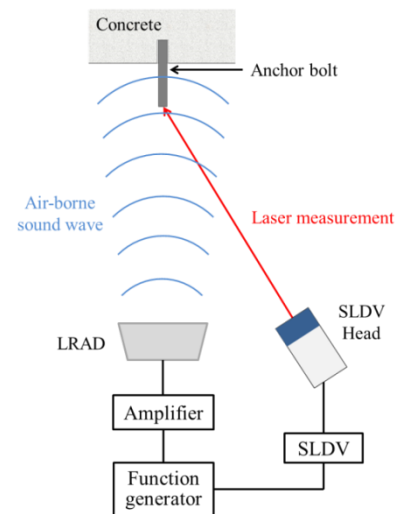


Fig.1 計測概念図

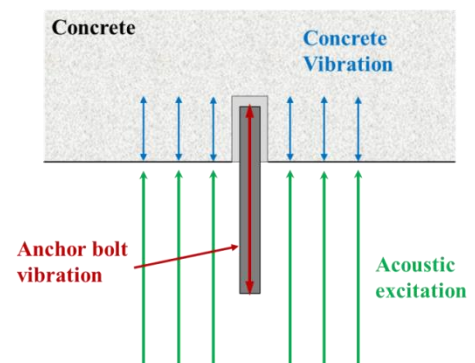


Fig.2 振動伝播図

キーワード：アンカーボルト、非破壊検査、非接触音響探査法、長距離音響発生装置(LRAD)、スキャニング振動計(SLDV)

連絡先：〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL 045-972-5881(ex,2283 or 3684) FAX 045-972-5972

そこで本研究では対象周波数帯域を網羅した、振動エネルギー(VE : Vibrational energy)を用いて解析を行った。振動エネルギーを(1)式で定義する。 PSD_{vib} は振動速度のパワースペクトル密度、 f_1, f_2 はそれぞれ下限周波数と上限周波数を示す。

3. 実験方法

3.1 アンカーボルトモデル

Fig.3 に実験の対象としたアンカーボルトモデルの概要図を示す。今回の実験では、径 16 mm、長さ 370 mm、削孔径 19 mm、削孔長 130 mm のアンカーボルトを対象にした。更に、アンカーボルトを固定するための接着剤の充填率を 100 %・78 %・55 % と変化させ、疑似的な充填率不足を作成して計測を行った。

3.2 実験セットアップ

加振用音源である LRAD はアンカーボルトから 3 m の位置に設置した。振動速度の計測を行う SLDV は 15° 角度を付けて 3.3 m の位置に設置した。LRAD から空中音波を放射しコンクリート壁面を励振させ、SLDV のレーザによりアンカーボルトの先端面の振動速度の計測を行った。なお、打音法との比較のためにハンマ加振を用いた実験も同様に行った。ハンマ加振の場合ではコンクリート面を打撃して、非接触音響探査法と同様にアンカーボルト先端面を SLDV で計測を行った。

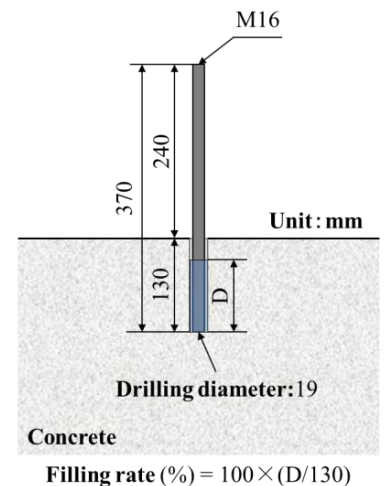


Fig.3 アンカーボルトモデル

4. 実験結果

4.1 ハンマ加振+SLDV

Fig.4 にハンマ加振の場合の、接着剤の充填率に対する振動エネルギーを示す。この結果から 55%まで充填率が低下すると振動エネルギーが明確に低下している事が確認出来る。比例関係にない原因として、ハンマでは人の手で力を調整するため、一定の加振力で加振出来ていないことが挙げられる。これは検査者の技術力が影響してしまうことが問題であると考えられる。

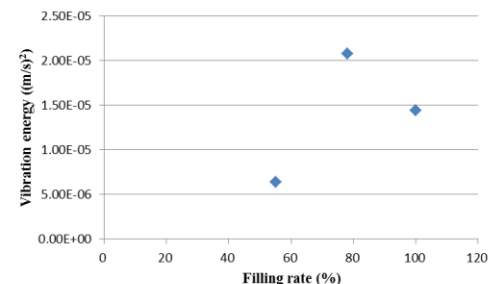


Fig.4 振動エネルギー：ハンマ加振

4.2 非接触音響探査法

Fig.5 は非接触音響探査法の場合の、接着剤の充填率に対する振動エネルギーである。この結果から、接着剤の充填率が低下すると振動エネルギーも同様に低下していることが確認出来る。これは接着剤の充填率が下がることにより、アンカーボルトに伝わる振動が低下したと考えられる。ハンマ加振とは異なり値が充填率と比例する結果となった。要因として音響装置による加振を行ったため、一定の加振力が得られた結果、規則的な値になったと考えられる。

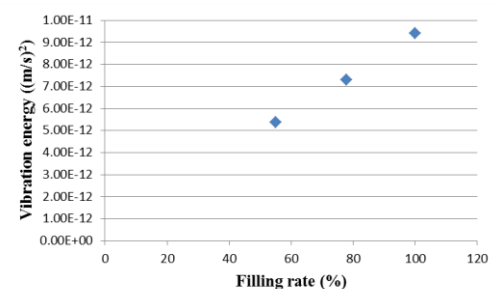


Fig.5 振動エネルギー：
非接触音響探査法

5. まとめ

非接触音響探査法により、アンカーボルトにおける接着剤の充填率の差異を検出できる可能性が示された。しかし現時点では計測データ数が少なく、再現性の確認を含め検証を重ねていく必要がある。

参考文献

- [1] R. Akamatsu, T. Sugimoto, N. Utagawa and K. Katakura: Abstract Book, IEEE IUS Proc., p.94 (2012).
- [2] R. Akamatsu, T. Sugimoto, N. Utagawa and K. Katakura, JJAP, Vol.52, 07HC12, (2013).
- [3] K. Katakura, R. Akamatsu, T. Sugimoto, and N. Utagawa, JJAP, Vol.53, 07KC15, (2014).