

衝撃弾性波法によるアンカーボルトの付着状況の評価方法の検討

リック (株) 正会員 岩野 聡史
 日本大学生産工学部 正会員 柳内 睦人
 リック (株) 非会員 實藤 大夫
 リック (株) 非会員 坂本 良憲

1. はじめに

アンカーボルトはコンクリート構造物に落橋防止用金具、ガスパイプラインなど、様々な大型設備を固定するための建設材料として広く利用されている。近年は、アンカーボルトとコンクリート構造物との付着状況の評価方法に対して、社会的関心が高まっていると考えられる。この背景から、筆者らは非破壊試験の1手法である衝撃弾性波法により、短時間でアンカーボルトを直接評価し、かつ、より客観的に精度良く評価できる方法の確立を目指して実験してきた¹⁾。今回の実験では、付着状況を変化させた供試体を用いて、衝撃弾性波法による測定値と引張試験結果との比較を行い、有効な評価方法を検討したので報告する。

2. 実験内容

供試体の外観を図1に示す。コンクリートの円柱供試体 ($\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$) の上面を削孔し、ケミカルアンカーのカプセルを挿入して、アンカーボルトを埋め込んだ。使用したコンクリートの主な配合は、セメント種類が普通ポルトランドセメント、水セメント比が47%、である。ケミカルアンカーは日本デコラックス社製のR-16の標準タイプを使用し、固着材の充填率を各供試体で変化させた。各供試体の充填率と一部の供試体で実施した引張試験の結果を表1に示す。充填率は0%~100%の範囲で概ね6段階とし、各充填率の供試体数を2本とした。なお、充填率が約75%以上となるNo9とNo11の引張試験では、コンクリートの円柱供試体の破断による最大荷重となった。測定状況を図1に示す。コンクリート上面に加速度計(以下、ch1という)と、アンカーボルト上面に加速度計(以下、ch2という)を設置し、ch2とch1の一直線上で、ch1の近傍となるコンクリートの上面を $\phi 10\text{mm}$ の鋼球で打撃して、発生する振動を測定した。各加速度計で測定した振動(以下、測定振動という)のサンプリング間隔は $2\mu\text{s}$ 、サンプリングデータ数は1000個である。

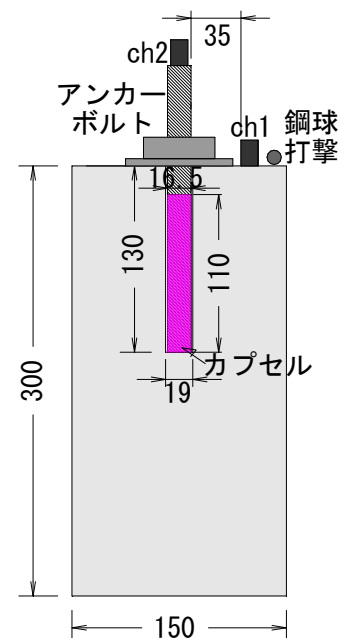


図1 測定点設定状況

3. 測定結果および評価方法の検討

測定振動とFFTによる周波数スペクトルの一例を図2に示す。ch1の測定振動および周波数スペクトルは供試体による変化が生じていない。一方ch2は、充填率が低くなると測定振動の振幅値が小さくなり、周波数スペクトルで15kHz以上の振動が測定されなくなるという変化が確認される。ケミカルアンカーの固着材の充填率が低くなれば、鋼球打撃による振動はアンカーボルト上面まで伝搬し難くなり、特に、周波数が高い振動ほど伝搬し難くなるという周知の現象が生じていると考えられる。以上の現象を定量的に示し、アンカーボルトとコンクリートとの付着状況の評価する方法を検討した。まず、ch1の測定振動の初期部分とch2の測定振動との相互相関関数を式(1)により算出し、相互相関関数で最初に得られる極大値から相関係数を求め、また、最初に極大値が得られる時刻(以下、第1

表1 各供試体の充填率、引張試験結果

名称	充填率 (%)	引張試験最大荷重 (kN)
No1	0.0	—
No2	0.0	—
No3	13.1	4.1
No4	10.1	0.6
No5	24.9	20.7
No6	25.0	—
No7	49.9	24.5
No8	49.7	—
No9	74.6	63.2
No10	75.1	—
No11	99.9	51.6
No12	99.9	—

キーワード：アンカーボルト、衝撃弾性波法、非破壊試験、相互相関関数、周波数スペクトル
 連絡先：〒143-0004 東京都大田区昭和島 2-4-3 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3765-5190 E-mail siwano@ri-k.co.jp

極大時間という)を求めた。

$$R(\tau) = \frac{\sum_{t=t_0}^{\eta} (y_1(t) \cdot y_2(t+\tau))}{\sum_{t=t_0}^{\eta} (y_1(t) \cdot y_1(t))} \quad (1)$$

ここで、 t 、 τ は時刻、 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ は時刻 t でのch1、ch2の測定振動の振幅値、 t_0 はch1の測定振動の開始時刻、 t_1 はch1の初期部分の周期から判断して0.15msとした。アンカーボルトの付着状況が悪ければ、ch1の測定振動と同様の振動はアンカーボルト上面まで伝搬し難くなることから、相関係数は低くなり、また、第1極大時間は長くなると考えられる。

次に、測定振動の式(2)による振幅加算値 P をch1とch2で求め、ch2の振幅加算値をch1の振幅加算値で除することにより、振幅加算値比率を求めた。

$$P = \sum_{t=0}^{2ms} |y(t)| \quad (2)$$

アンカーボルトの付着状況が悪ければ、ch2の振幅加算値は小さくなり、振幅加算値比率は低くなると考えられる。

さらに、周波数スペクトルから式(3)による重心周波数 f_B をch1とch2で求め、ch2の重心周波数をch1の重心周波数で除することにより、重心周波数比率を求めた。

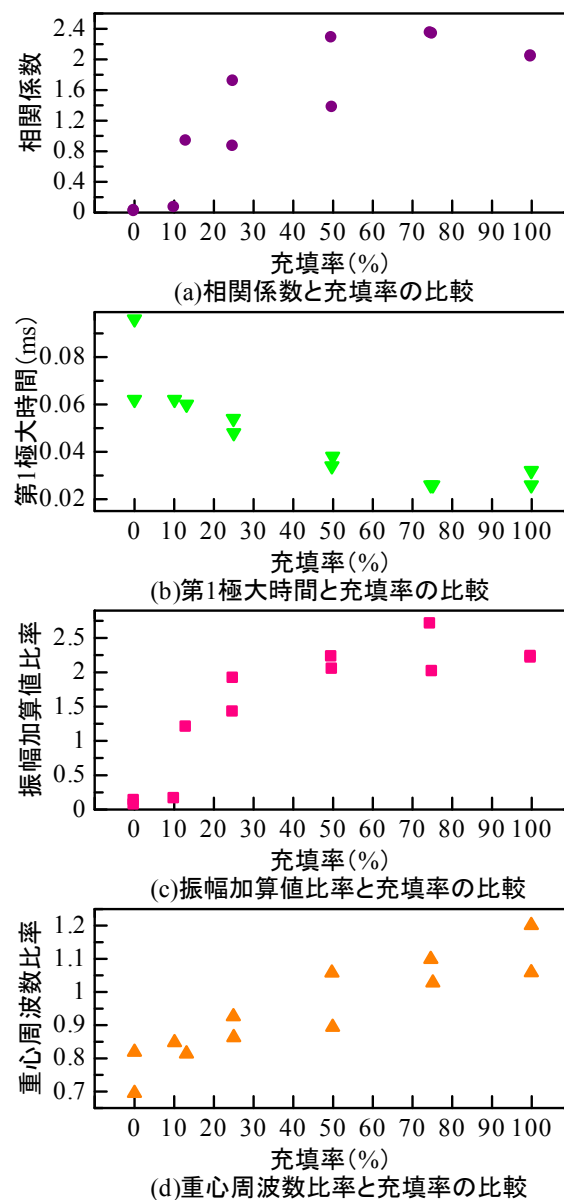
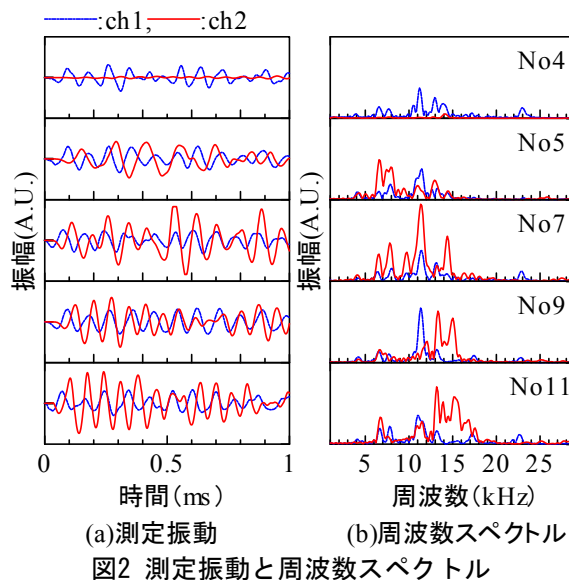
$$f_B = \Sigma(P(f) \cdot f) / \Sigma P(f) \quad (3)$$

ここで、 f は周波数、 $P(f)$ は周波数 f の振幅値である。アンカーボルトの付着状況が悪ければ、周波数が高い振動ほどアンカーボルト上面まで伝搬し難くなることから、重心周波数比率は低くなると考えられる。

各評価値とケミカルアンカーの固着材の充填率との比較を図3に示す。各評価値と充填率には前述の想定に基づく関係が確認される。ただし、(a)相関係数と(c)振幅加算値は指数関数の関係となり、充填率25%と100%での評価値に大きな差が確認されないという課題がある。これに対して、(b)第1極大時間と(d)重心周波数比率は評価値と充填率は直線比例関係であり、特に、(b)第1極大時間は充填率50%と75%で差があり、充填率75%と100%では差が生じないという引張試験と同様の傾向を示した。評価値として適切であると考えられる。

4. まとめ

衝撃弾性波法によるアンカーボルトとコンクリートとの付着状況の評価方法を検討した。付着状況が悪ければ、鋼球打撃による振動はアンカーボルト上面まで伝搬し難くなり、特に、周波数の高い振動が伝搬し難くなる現象が確認された。ただし、振幅値に着目した評価値は、付着状況と指数関数の関係となり、評価値として適切ではない。測定振動の伝搬時間や周波数に着目した評価が有効であると考えられる。



参考文献 1) 岩野聡史, 柳内睦人, 實藤大夫, 坂本良憲: 衝撃弾性波法によるアンカーボルトの付着状況評価方法の基礎的検討, (一社) 日本非破壊検査協会 平成26年度秋季講演大会講演概要集, pp.133-136, 2014.10.