

第V部門 接着剤の物性が電磁パルス法によるあと施工アンカー固着部の評価に与える影響

大阪大学工学部 学生員 ○加藤 梨花 大阪大学大学院工学研究科 学生員 湯川 量平
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基 大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部 晋一
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

2012年の笹子トンネル天井板落下事故を機に接着系あと施工アンカーの施工不良を評価する必要が高まっている。あと施工アンカーを非破壊で評価する手法に電磁パルス法がある。これまで、接着系あと施工アンカーの埋込長不足¹⁾、孔内清掃不良などの施工不良に対して、電磁パルス法による評価の可能性が示唆されているが、接着剤の物性に関する検討が不十分であり、実際に施工された接着剤の物性値を把握した実験的な検討を行う必要がある。接着剤は低温養生下では硬化不良を起こす可能性があり、その物性は養生温度の影響を受けると考えられる。そこで本研究では、接着剤の物性を変化させる方法として養生温度に着目し、接着剤の物性が電磁パルス法によるアンカー固着部の評価に与える影響について実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

図-1に供試体概要を示す。供試体のコンクリート部の寸法は、縦200mm×横200mm×高さ200mmとした。またボルト(M16, SUS304)は埋込長130mm、突出し長100mm、穿孔径19mmとした。養生温度は、-20℃、20℃、80℃の3ケースで養生期間は1日とした。供試体は各ケース3体作製した。また、供試体中の接着剤の物性を評価するため、接着剤単体での供試体(接着剤供試体)を別途、上記のケースごとに3体作製した。30mm四方の金属型枠に接着剤を流し込み、コンクリート供試体と同様の温度・期間で養生を行った。

2.2 計測概要

本研究では、接着剤の物性について、半固体状のものから固体状のものまでを一律に評価するために、超音波伝播速度を用いた。式(1)より明らかとなお、超音波伝播速度には、基本的にはその弾性係数と一義的

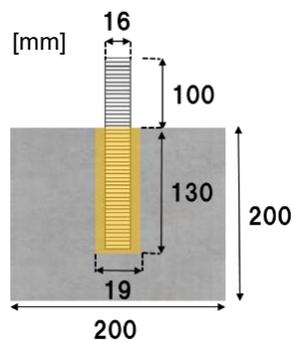


図-1 供試体概要



図-2 超音波伝播速度の計測の様子

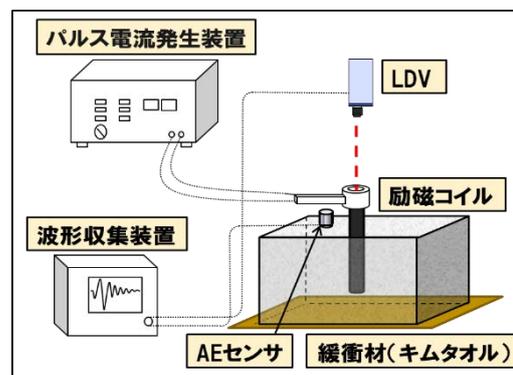


図-3 電磁パルス法の計測概要

な関係がある。

$$V_p = \sqrt{\frac{(1-\nu)E}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1)$$

ここで、 V_p : 縦波伝播速度、 ν : ポアソン比、 E : 弾性係数

図-2に超音波伝播速度の計測の様子を示す。5MHzの探触子を用い、二探触子法により計測した。1つの接着剤供試体につき3点で計測を行った。

図-3に電磁パルス法の計測概要を示す。電磁パルス法は、リング状の励磁コイルにパルス状の電流を流すことによりコイル周辺に瞬間的な磁場を発生させ、供試体に埋設されたアンカーボルトを加振し、発生した弾性波をとらえ分析する非破壊検査手法である。設

定電圧は 500V，励磁コイル巻き数は 6 ターンと 12 ターンで行い，各供試体 3 回計測を行った．振動の受信は，レーザードップラー振動計（LDV）によりボルト頭部の振動を受信し，ボルトの中心から 50mm の位置に設置した AE センサによりコンクリート表面の振動を受信した．

2.3 評価に用いた指標

ボルト頭部およびコンクリート表面の振動の評価には波形エネルギーを用いた．波形エネルギーとは LDV，AE センサで得られる振動応答波形の各サンプリング点における振幅値の 2 乗和（式(2)）である．

$$E = \sum_{i=0}^n y_i^2 \quad (2)$$

ここで， E ：波形エネルギー， y_i ：応答波形における各サンプリング点の振幅値， n ：時刻歴応答波形におけるサンプリング数（ $n=10000$ ：0～10000 μ s）

3 実験結果および考察

3.1 養生温度が接着剤の物性値に与える影響

図-4 に超音波伝播速度と養生温度の関係を示す．本研究では，養生温度 20℃を標準の養生温度とした．養生温度が 80℃の場合，伝播速度は 20℃と概ね同様の値となった．養生温度が -20℃の場合は，20℃と比べ小さくなった．また，-20℃では 20℃と比べ，図中のエラーバーの長さから明らかにおり，超音波伝播速度のバラツキが大きいことから，低温養生により，接着剤が硬化不良を起こしたと考えられる．以上から式(1)より，-20℃の場合は硬化不良を起こし，弾性係数が小さくなることが確認できた．

3.2 接着剤の物性変化が非破壊評価指標に与える影響

図-5 に励磁コイル 6 ターンにおけるボルト頭部受信の波形エネルギー比と養生温度の関係を示す．波形エネルギー比とは，養生温度 20℃の時の波形エネルギーを基準（=1）とした時の各養生温度の場合の波形エネルギーである．ボルト頭部受信において，養生温度が 80℃の場合の波形エネルギー比は 20℃と概ね同様の値が得られた．一方，-20℃では 20℃と比べ，波形エネルギー比は劇的に小さい値となった．これは，接着剤供試体での結果から，低温養生では接着剤の超音波伝播速度が小さくなり，すなわち弾性係数が小さくなったことで，ボルトとコンクリートとの固着部における

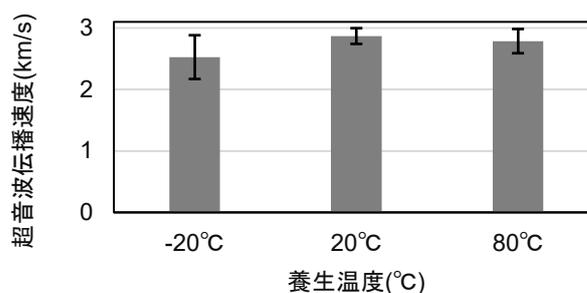


図-4 接着剤の超音波伝播速度と養生温度

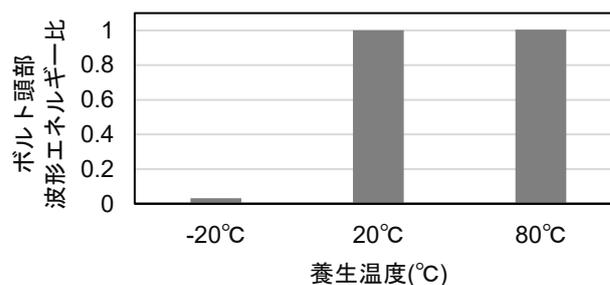


図-5 波形エネルギー比（ボルト頭部，6 巻）

剛性が低下したことで，双方による拘束状態が大きく変化したことによるものと推察される．

4. まとめ

- (1) 本実験の範囲では，接着剤の低温養生により，その弾性係数が小さくなることが確認できた．
- (2) 接着剤の弾性係数の低下により波形エネルギー比が小さくなることから，電磁パルス法により接着剤の物性変化を把握できる可能性が実験的に示唆された．

謝辞

本研究における接着剤の物性値の計測は，有限会社ニューセンサー開発の協力を受けて行ったものである．ここに記して謝意を表する．

参考文献

- 1) 服部晋一，寺澤広基，林本和也，鎌田敏郎：電磁パルス法の入力条件が施工不良を模擬した接着系アンカーの振動特性に与える影響に関する実験的評価，セメント・コンクリート論文集，Vol.71，pp.248-255，2017