

電磁パルス法を用いた非破壊での接着系あと施工アンカーの引抜耐力評価に向けた基礎的研究

大阪大学工学部 学生員 ○木村 太郎
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 加藤 梨花
 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 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 鎌田 敏郎

1. はじめに

中央道笹子トンネルでの天井板落下事故を機に、近年、接着系あと施工アンカーの施工不良や耐久性に関する性能を評価する手法に対するニーズが高まっている。この評価は非破壊によるのが望ましく、そのための技術として電磁パルス法の適用に関する研究が行われてきた。既往の研究では、接着剤の充填不良等に起因する施工不良の評価のための指標の一つとして波形エネルギーが用いられているものの、引抜耐力を定量的に評価するのに適した指標の検討は未だなされていない。そこで本研究では、電磁パルス法における各種評価指標と引抜耐力との関係を把握することを目的として実験的な検討を行った。

2. 電磁パルス法による非破壊試験

2.1 供試体概要

図-1に供試体外観を示す。コンクリート部分は縦1000mm×横1600mm×高さ300mmでボルトは直径20mm、埋込長140mm、突出長100mmである。本研究では引抜耐力が低下した状態を接着剤充填不良によって模擬した。接着剤充填率は図-2に示すように10%～50%、100%の合計6ケースを各3本ずつ用意した。ボルトはSNB7、接着剤はエポキシ樹脂を使用した。

2.2 計測概要

本実験で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に磁場を発生させ、供試体に設置されたボルトを加振した。なお計測は巻き数が12ターンの励磁コイルを使用し、印加電圧は600Vとした。ボルトの振動によって生じた弾性波はボルト頭部でレーザードップラー振動計を用いて受信した。計測は各ボルトにおいて3回ずつ行った。

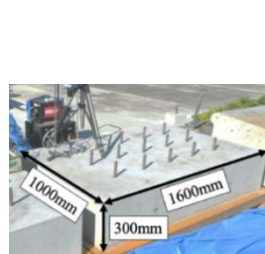


図-1 供試体外観

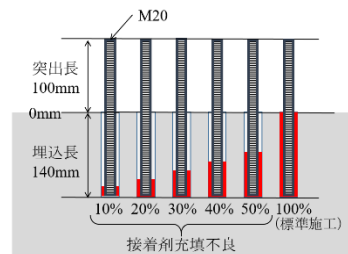


図-2 実験ケース

2.3 評価指標

本研究では引抜耐力を定量的に評価するために以下の2つの評価指標を用いた。まず、時刻歴応答波形の各サンプリング点における振幅値の2乗和を波形エネルギーとして、以下に示す式(1)によって算出した。

$$E = \sum_{i=0}^n y_i^2 \quad (1)$$

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, n : 応答波形におけるサンプリング数 ($n=10000:0 \sim 10000\mu s$) である。

次に、波形の減衰速さを表す指標として、以下に示す式(2)によって対数減衰率を算出した。

$$\delta = \frac{1}{N} \times \ln \frac{a_0}{a_N} \quad (2)$$

ここで δ : 対数減衰率, $a_0 = |y_i|_{max}$, a_N : a_0 から数えて N 番目の波のピークの振幅値である。本研究では $N=5$ と定めた。

2.4 計測結果

充填率毎の評価指標値の算出結果を図-3に示す。まず、波形エネルギー比と接着剤充填率の関係を調べた。波形エネルギー比とは、充填率100%の標準施工の波形エネルギーを基準 (=1) とした場合の各充填率での値との比を表している。図-3(a)より接着剤充填率が低下するにつれて波形エ

キーワード 非破壊検査手法, 接着系あと施工アンカー, 電磁パルス法, 引抜耐力

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学工学部 社会基盤設計学領域 TEL: 06-6879-7618

エネルギー比が増加する傾向が確認できた。

次に、対数減衰率比と接着剤充填率との関係を調べた。対数減衰率比とは、充填率 100%の標準施工の対数減衰率を基準 (=1) とした場合の、各充填率での値の比を表している。図-3(b)より接着剤充填率が低下するにつれて対数減衰率比が小さくなる傾向が確認できた。

3. 引抜試験による耐力評価

3.1 試験概要

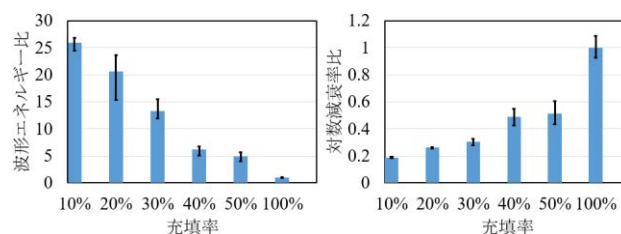
図-1の供試体に対して、油圧式試験機と支圧板を用いて引抜試験を行った。その後電磁パルス法による計測結果と引抜耐力との関係を把握した。

3.2 非破壊評価指標と引抜耐力との関係

波形エネルギー比と引抜耐力との関係を図-4に示す。引抜耐力が低下すると波形エネルギー比は増大する傾向が確認できた。これは引抜耐力が低下しボルトの拘束力が弱くなることで、ボルト頭部での振幅がより増加するためであると考えられる。次に対数減衰率比と引抜耐力との関係を図-5に示す。引抜耐力が低下すると対数減衰率比も低下する傾向が確認できた。これはボルトの引抜耐力が高い場合、振動の減衰と関連の深い摩擦の影響が大きいため、減衰に着目することでその差が明瞭に現れると考えられる。そしてこれらの実測値に指数近似を当てはめた結果いずれも決定係数が 0.9 以上と高くなった。

図-4 と図-5 を比較すると、図-4 の波形エネルギー比は引抜耐力が低くなるにつれてその変化量が大きくなるが、ばらつきも大きくなっている。よって、引抜耐力が低い範囲での波形エネルギー比を用いた評価の有効性についてはさらなる検討が必要である。一方、図-5 の対数減衰率比は引抜耐力が高くなるにつれてその変化量が大きくなる。よって、引抜耐力が高い範囲での対数減衰率比を用いた評価の有効性が確認できた。

具体的な評価方法としては、例えば評価指標を適用する引抜耐力の範囲を約 150kN で 2 分割する。波形エネルギー比が 10 以上、対数減衰率比が 0.4 以下の場合、引抜耐力が約 150kN 以下まで低下していると判別でき、波形エネルギー比の値からより正確に引抜耐力を推定できると考えられる。また波形エネルギー比が 10 以下、対数



(a)波形エネルギー比 (b)対数減衰率比

図-3 充填率毎の評価指標値

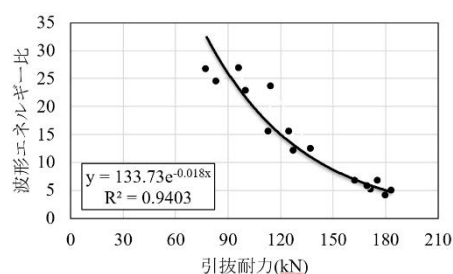


図-4 波形エネルギー比と引抜耐力との関係

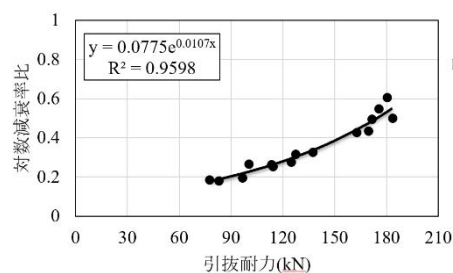


図-5 対数減衰率比と引抜耐力との関係

減衰率比が 0.4 以上の場合、約 150kN 以上の引抜耐力を有していると判別でき、対数減衰率の値からより正確に引抜耐力を推定できると考えられる。

4. まとめ

- (1) 本研究の範囲において、引抜耐力と、ボルト頭部受信波形の波形エネルギー比および対数減衰率比とは良い相関を示した。
- (2) 非破壊評価指標を組み合わせることで、施工不良が生じた接着系あと施工アンカーの引抜耐力を評価できる可能性が示唆された。

参考文献

山本貴大、鎌田敏郎、寺澤広基、服部晋一：電磁パルス法による接着系あと施工アンカーの施工不良を対象とした非破壊評価手法、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、第 17 巻、pp.95-100、2017.10