

衝撃弾性波を用いたあと施工アンカーボルトの健全性調査

一般社団法人 i T E C S 技術協会 正会員 ○山下健太郎
一般社団法人 i T E C S 技術協会 正会員 境 友昭
一般社団法人 i T E C S 技術協会 正会員 極壇 邦夫
一般社団法人 i T E C S 技術協会 正会員 池端 宏太

1. まえがき

接着系あと施工アンカー（ケミカルアンカー）の接着剤充填量あるいは付着状況について、衝撃弾性波法を用いてこれらを検知することを試みた。ボルト頭部を打撃して入力した波動をボルト近傍のコンクリート表面上に設置したセンサで受信し、波動エネルギーの伝搬率（パワー伝送比）や波動の到達時間に着目することで、ボルトと界面の接着剤の状態を評価することを試みた。また、引抜き抵抗力との相関についても検討した結果、パワー伝送比や伝搬時間は、アンカーボルトの付着状況を定性的に判断する指標となることがわかったので報告する。

2. 測定原理

図 1 に示すように、ボルト頂部にインパルスハンマで打撃力を入力し、ボルト近傍のコンクリートの面で弾性波の伝達を測定する。ボルトに入力された波動エネルギーは、ボルトとコンクリートの境界（接着剤）を通過してコンクリート中に伝搬するが、接着剤が劣化、あるいは容量不足で、十分な音響インピーダンスを持っていない場合は不連続境界が存在するとみなせるため、波動はボルトと接着剤あるいは接着剤とコンクリートの間で阻害されるようになり、波動の伝搬に遅延が生じるとともに、コンクリートへの伝達率が著しく小さくなることが想定されるため、この現象を把握すれば、少なくとも健全な状態に施工されたアンカーボルトと非健全状態のアンカーボルトの違いは、波動の伝達率の差として定量的に評価できるものとする。

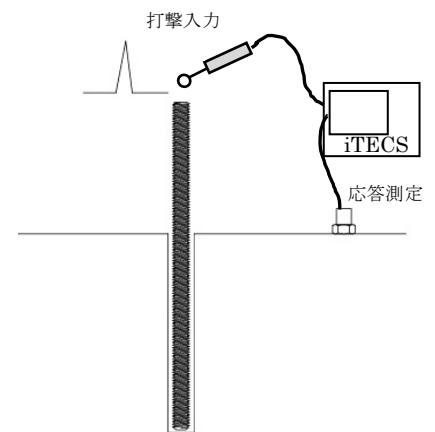


図 1 計測方法

3. 供試体

2000mm×2000mm×厚さ 300mm のコンクリート板に、接着剤（一般的なガラス管封入式）の充填率を 4 段階（14%,30%,48%,100%）として施工したあと施工アンカーボルト（M16）について測定を行った。

また、充填率毎に 3～4 本のアンカーボルトを施工し、接着剤とボルトの付着状況の変化を模擬するために、ボルト周囲にビニールテープを巻付けて施工したものも加えた。削孔深さは 160mm とした。

4. 測定方法

測定は、加速度計内蔵のインパクト（質量 15g）でボルトの頂部を軽打し、ボルト中心から 100mm 離れたコンクリート表面上に加速度センサー（100mV/G）を取り付け、波動応答を測定した。測定には汎用の衝撃弾性波法測定器（iTECS6）を用いた。測定波形から、打撃力波形のピーク値及び応答波形の最初の下に凸となるピーク値とそれらの発生時刻を読み取り、時間差及びパワー伝送比（減衰比）を求めた。パワー伝送比は、（1）式によって算出した。

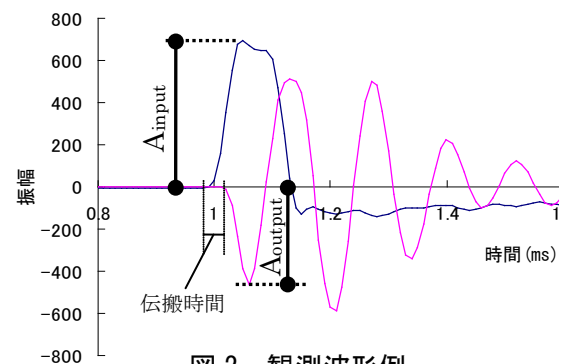


図 2 観測波形例

キーワード 接着系あと施工アンカーボルト、衝撃弾性波法、付着状況検知

連絡先 〒300-2635 茨城県つくば市東光台 1-6-6 (一社)iTECS 技術協会 TEL029-847-1861

$$H = -20 \log \frac{A_{input}}{A_{output}} \quad (1)$$

ここで、 A_{input} は入力加速度振幅、 A_{output} は受振波の加速度振幅を示し、算出したパワー伝送比の値が大きいことはボルトからコンクリートへの波動の伝搬が阻害されていることを意味する。

5. 測定結果

観測波形例を図3に示す。上は充填率100%、下は30%のものである。充填率により応答波形の振幅あるいは到達時間が異なることがわかる。図4には観測された波動の伝搬時間および、パワー伝送比の布置で、測定結果を整理したものを示す。

また、図中凡例の「プレート付き」は、実際の構造物を模擬して、山型鋼片をナットで締めつけてコンクリートに固着した状態での測定結果を示したものであるが、いずれも同一の曲線上に配置されることから、付帯物の顕著な影響は受けていないといえる。また、接着剤未充填の状態での伝搬時間は0.106msと計算され（図中赤破線）るが、これを超える測定値については少なくとも何らかの異常があると判断することができる。

次に、引抜き荷重との関係をまとめたものを図5に示す。

図の横軸は図4の試験結果のパワー伝送比及び伝搬時間の平均値が1となるように基準化し、それぞれのデータについて、原点からの距離をINDEX（汎距離）として、引抜き荷重との相関を表したものである。本実験においては一定の相関がみられた。また、本実験では充填率30%程度でも、アンカーボルトの引抜き耐力である40kN程度の引抜き抵抗力が確認された。

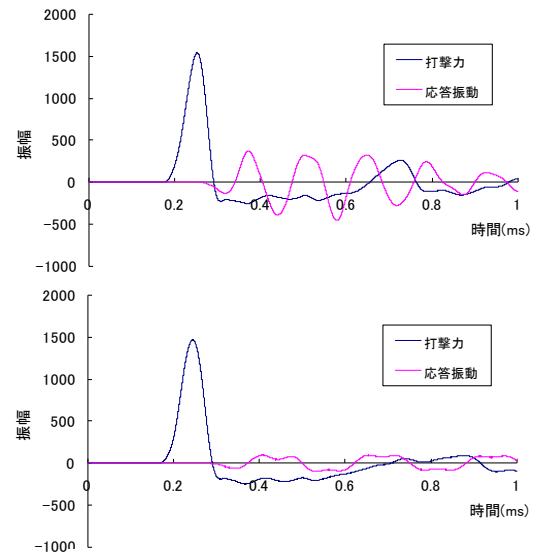


図3 観測波形

（上：充填率 100%, 下：充填率 30%）

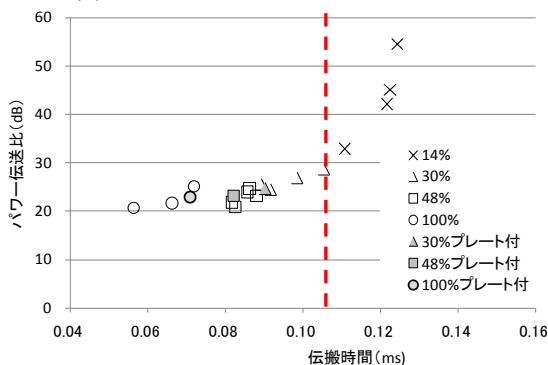


図4 測定結果

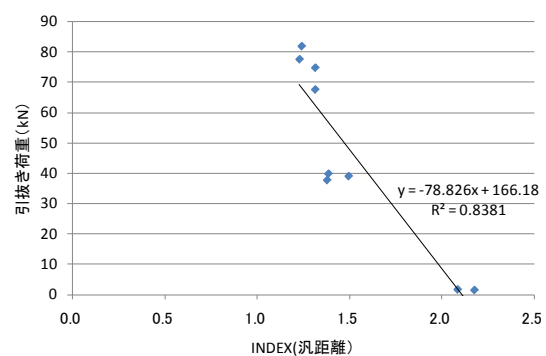


図5 引抜き抵抗力との関係

6. まとめ

- ・接着剤の充填率あるいは付着状況を変えて施工した接着系あと施工アンカーボルト供試体を用い、衝撃弾性波法を用いた健全性評価への適用性について実験的に検証を行った。その結果、パワー伝送比（減衰比）や到達時間といった指標によってアンカーボルトの接着状況を相対的に評価できることがわかった。
- ・本手法を用いる場合、実際の構造物と同様に、付帯物がナットで締めつけられた状態においても、この影響をほとんど受けないことが分かった。
- ・静的な極限引抜き抵抗力を非破壊検査手法を用いて、定量的に評価することについては、原理的に難しい点も考えられるが、今後はアンカーボルトの接着について、物理的あるいは力学的な側面にも着目し、目的とする引抜き抵抗力に対する判定基準を設ける方法について模索していきたい。