

打撃試験による軸力を導入した接着系あと施工アンカーの接着剤充填率の
非破壊評価手法に関する基礎的検討

(株)ケー・エフ・シー 正会員 ○齊藤 透
富山県立大学 正会員 内田 慎哉, 学生会員 針木 陽菜, 学生会員 川端 恭平
日東建設(株) 正会員 久保 元樹, (株)ケー・エフ・シー 正会員 中矢 共起
大阪大学大学院 フェロー会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

接着系あと施工アンカーは、母材コンクリートの削孔部にボルトを挿入し、そこに接着剤を充填して固着させることで、所要の性能を発揮している。したがって、あと施工アンカーを適用した構造物の安全性が確保されるには、少なくとも接着剤の充填状況が適切であることが前提条件となる。

そこで本研究では、接着剤の充填率に4ケースのバリエーションを設けた上で、実際の構造物での調査の場面を想定して、ナットとプレートを用いて正規の軸力を導入したボルトを対象に、加速度センサを内蔵したハンマによる打撃試験を行い、得られた波形から打撃応答特性（遅延時間）を算出し、これと接着剤充填率との関係を把握することを目的とした。

2. 実験概要

2.1 供試体

1200mm×1200mm×厚さ 300mm のコンクリート供試体に対して、表-1 で示した条件の接着系あと施工アンカーボルト（先端寸切り）を施工した。図-1 に示すように、アンカーボルトにプレートを取り付けてナットで締結することで、ボルトに軸力を導入した。使用した接着剤は、無機系注入式のものである。接着剤の充填率は、正規施工で充填する場合の接着剤の体積を100%とし、それに対する体積比率として管理した。本実験では、トルク法において各ボルトの降伏軸力の 70%の軸力がボルトに導入されるようにナットで締結した。

2.2 打撃試験

写真-1 に、打撃試験の状況を示す。使用したハンマの質量は420g である。このハンマにより、アンカーボルトを軸方向に打撃すると、図-2 に示す受信波形が得られる。なお、受信波形は、サンプリング時間間隔 0.5μs, 測定時間長 2ms で記録した。

表-1 接着系アンカーの施工条件

ボルト径	ボルト長 (mm)	埋込長 (mm)	設定充填率 (%)
M20	270	200	25, 50, 75, 100
M22	300	220	25, 50, 75, 100
M24	330	240	25, 50, 75, 100

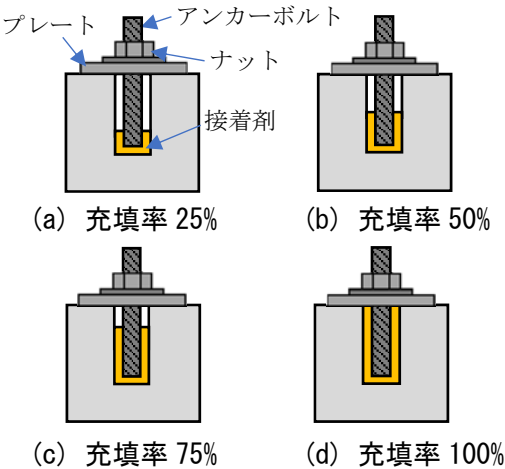


図-1 接着剤の充填率（4 ケース）



写真-1 打撃試験の状況

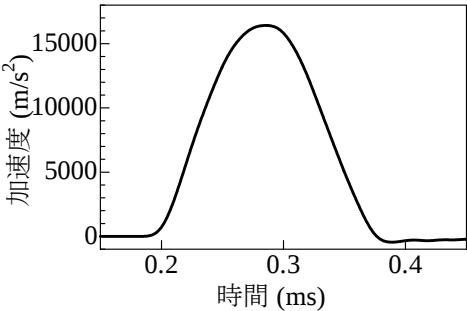


図-2 受信波形の一例

3. 実験結果および考察

3.1 受信波形

図-3 に、ボルト径 M20 のアンカーボルトを打撃した際に得られた受信波形の例を示す。充填率が 100% および 75% の場合、ピークが一つで、かつそのピークを中心に左右対称の受信波形が得られた。一方、充填率が 25% および 50% の場合では、ピーク以降の後半部分の傾斜がなだらかな形状になった。このような傾向を示す理由としては、ボルトが以下の挙動を示したと考えられる。すなわち、ハンマでボルトを打撃すると、衝突によりボルトが振動すると同時に、ボルト内部に弾性波が伝搬する。前者はハンマの衝突に伴う「打撃応答波形（図-4）」である。後者の波動

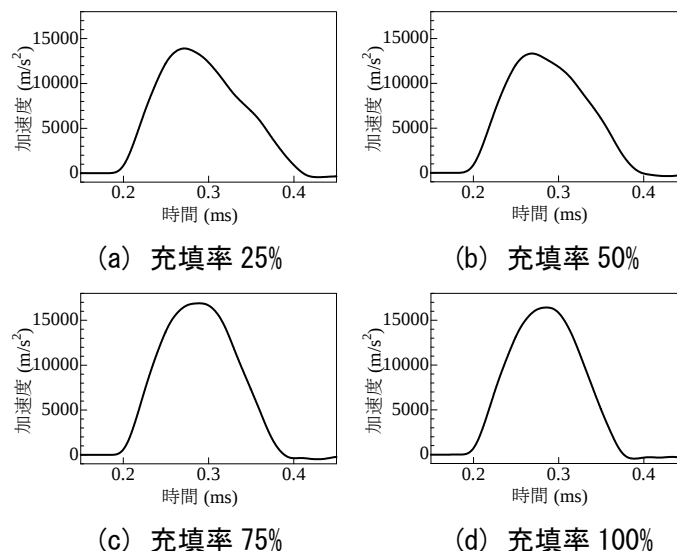


図-3 受信波形（ボルト径 M20）

は、接着剤で固定されたボルトの固定端で反射し、ボルト頂部（打撃面）においてハンマを押し戻す方向に応力を生じさせる（「反力波形（図-4）」）。充填率が 100% の場合は固定端までの距離が相対的に短く打撃応答波形と反力波形が合成された波形となる。一方、未充填部がある場合は、充填率が低くなるにつれて打撃面と固定端との距離が相対的に長くなり、その距離に応じて反力波形が出現することになる。ただし、軸力を導入したことにより、プレートが打撃に対する抵抗力の一部を受け持つため、図-3 (a) および (b) に示すピーク以降がなだらかな上に凸の波形になったと考えられる。

以上より、信号処理により、受信波形から打撃応答波形と反力波形をそれぞれ抽出し、各波形のピーク時刻を算出、その差分を遅延時間として定義し、これと接着剤充填率との関係を把握することにした。

3.2 遅延時間

図-5 に遅延時間を示す。ボルト径により傾向は異なるものの、充填率が大きい場合は打撃応答波形が支配的となるため遅延時間は 0ms となり、一方で、充填率が低い場合は遅延時間が大きくなる現象が認められる。

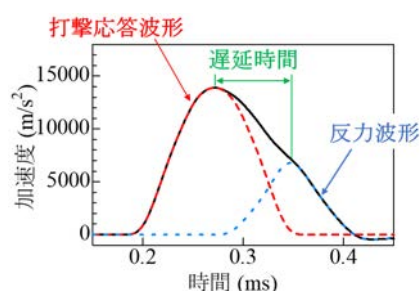


図-4 打撃応答波形

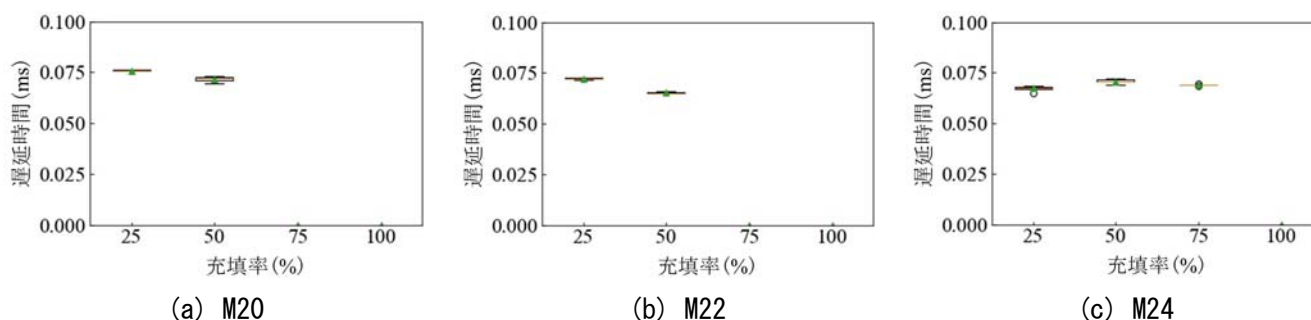


図-5 遅延時間

4. まとめ

打撃試験で得られた受信波形から打撃応答波形と反力波形をそれぞれ抽出し、各波形のピーク時刻から遅延時間を算出した結果、軸力を導入したボルトにおいても、充填率の低いものを検出できる可能性があることを明らかにした。

謝辞

本論文の成果の一部は、経済産業省「新市場創造型標準化制度」で採択された「非破壊検査—ボルトテストによるアンカーボルトの健全性試験方法—打撃力波形方式」に関する標準化の委員会（JIS 原案作成委員会）資料から引用させていただいた。ここに記して謝意を表する。