

機械インピーダンス法による後施工アンカーの健全性診断

日東建設(株) 正会員 ○久保 元樹
 日東建設(株) 正会員 久保 元
 日東建設(株) 正会員 金田 重夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

2012年12月2日、中央自動車道上り線笹子トンネルで多数の死傷者が出る天井板落下事故が発生した。事故の原因は、色々な視点から議論されているが、天井板を吊るアンカーボルト接着部の不良が最も有力な発生原因と考えられている。笹子トンネルに関しては、2000年以降ボルトの近接点検がなされておらず、調査・点検体制についても各方面から問題提起されているが、従来から行われているアンカーボルトの試験方法は打音検査であり、試験方法そのものに議論の余地がある。筆者らは、コンクリートを打撃した際に得られる打撃力波形から機械インピーダンスを求め、圧縮強度を推定する技術(機械インピーダンス法と呼称)の研究を行ってきた。本報告は、機械インピーダンス法をアンカーボルトに適用し、アンカーボルトの健全性を評価できるか検討を行った結果を示すものである。

2. 測定原理

機械インピーダンス Z は、打撃対象物をハンマで打撃した際に発生する力の最大値を $F_{\max}$ 、ハンマの初速度を V とすると、 $Z=F_{\max}/V$ として算出される。これは、図1に示すような上に凸となるピークが一つある打撃力波形が得られ、打撃対象物がバネ的な挙動を示すが前提となっている。アンカーボルトが健全な状態にある場合、基本的には弾性体として仮定でき、しかもそのバネ係数は相当に大きいと想定される。一方で、健全ではない状態のアンカーボルトでは、弾性体ではあるものの、ヒステリシスを持っていると考えられ、バネ係数も健全部と比較して低下するものと考えられる。以上より、健全部と比較して非健全なアンカーボルトでは、測定される波形および機械インピーダンスに変化が見られると考えられる。

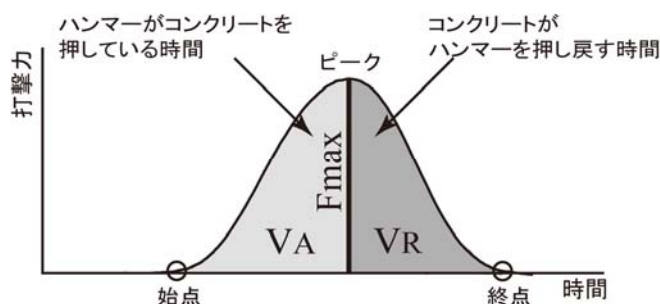


図1 打撃力波形

3. 供試体と実験方法

供試体は図2に示すように、1500×1500×400mmのコンクリート板に、接着剤の充填率を3段階(100%, 61%, 25%)変化させたものとした。使用したアンカーボルトはM16で長さ230mm、根入れ長は100mmである。測定は、ハンマでボルト頭部を軸方向に打撃して行った。測定の条件として、ボルトのみの場合とボルトにプレートをつけ、ナットで締結した状態の2条件でそれぞれ測定を行った。

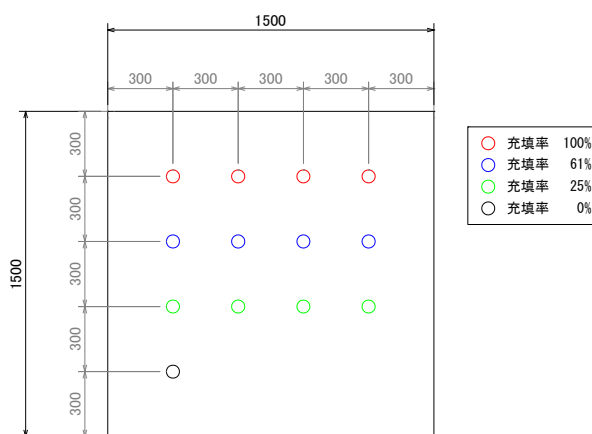


図2 供試体概要

4. 測定結果

図3はボルトのみ測定結果である。図は、横軸に機械インピーダンス、縦軸にINDEX値(波形のピークより後

キーワード 機械インピーダンス, INDEX値, 後施工アンカー, 非破壊試験, 付着

連絡先 〒003-0833 北海道札幌市白石区北郷3条4丁目9-8 日東建設株式会社札幌支店 TEL011-874-6200

半と前半の面積比)をプロットしたものである。充填率 100%と 61%は、明瞭に区分されているが、充填率 25%の布置は、2つに分かれ、傾向的には 100%、61%のどちらとも異なっている。図 4 に充填率 25%の打撃力波形を示しているが、単一ピークを持つ波形ではなく双峰状となっており、信号が一旦 0 以下になる場合(図 4 CASE-1)と、ならない場合(図 4 CASE-2)に区分される。信号が一旦 0 となると機械インピーダンス値の計算は、最初の波形のみで行われ、機械インピーダンスは大きく、また INDEX 値も大きくなる。これに対し、途中で 0 にならない場合には、波形全体が計算対象となり、機械インピーダンス値、INDEX 値ともに小さくなる。図 3 において、充填率 25%の布置が分かれているのはこのためである。なお、波形が双峰状となるのは、打撃によってボルトが押し込まれる方向に運動し、反力が急速に減衰した後、ハンマがアンカーボルトに追いついて再打撃現象が生じるためと考えられる。

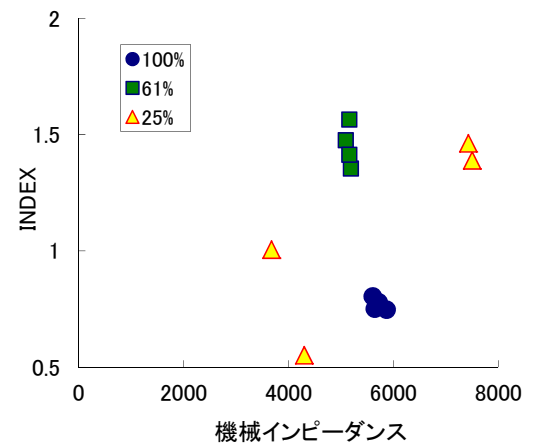


図 3 測定結果(ボルトのみ)

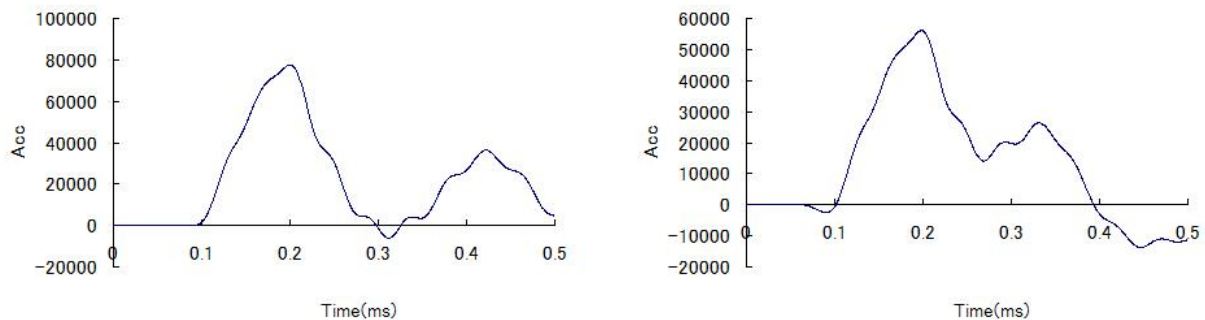


図 4 充填率 25%の場合の打撃力波形(左:CASE -1, 右:CASE-2)

ボルトにプレートをつけてナットで締結を行った状態での測定結果を図 5 に示す。結果的に、機械インピーダンス及び INDEX 値は、充填率 100%と 61%では違いがない。これは、両者にプレートを所定の締め付け力で締結できるキャパシティ(許容荷重)があり、プレート締結によって、打撃力に対する反力生成にプレート(コンクリート表面)が加担するためと考えられる。一方、充填率 25%の場合は、布置がばらついていて、これもボルトのみの場合と同様に波形が双峰となっており、どの時刻で 0 クロスするかによって機械インピーダンス等の計算値が異なるためである。

5. まとめ

アンカーボルトの健全性を評価する技術として、機械インピーダンス法を適用した結果、ボルトのみの場合では、機械インピーダンスおよび INDEX 値を指標とすることで、充填率 100%と 61%を明瞭に区分することが可能であったが、プレート付きの場合は違いが見られなかった。充填率 25%の場合は、プレートの有無に関係なく双峰状の波形が得られ、弾性体とは言い難い挙動を示すため、機械インピーダンスや INDEX 値では評価が難しいが、波形段階で明らかな異常を示すことがわかった。これから、①単峰であれば機械インピーダンスと INDEX 値によってアンカーの健全性を評価し、②双峰となるような場合では、波形段階で非健全とみなす、という評価を行う事で、アンカーボルトの健全性をある程度把握することが可能であることが分かった。

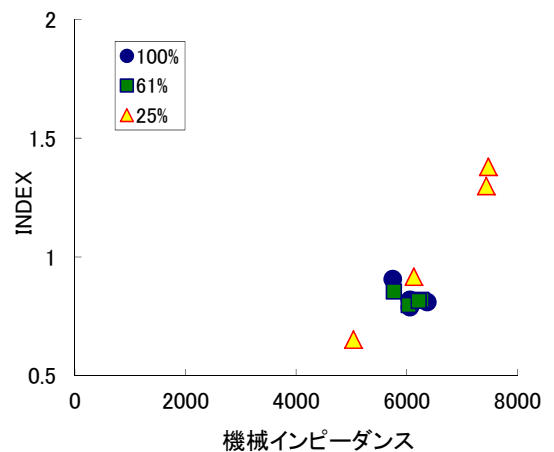


図 5 測定結果(プレート付き)