

大阪大学工学部

学生会員 ○林本 和也

立命館大学理工学部

正 会 員

内田 慎哉

大阪大学大学院工学研究科

正 会 員 鎌田 敏郎

西日本高速道路(株)

正 会 員

宮田 弘和

大阪大学大学院工学研究科

正 会 員

寺澤 広基

1. はじめに

本研究では、接着系あと施工アンカーを対象とし、鋼球でボルトを打撃し弾性波を入力する方法により、接着剤の充填状況を非破壊で評価する方法の適用性を実験により検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

図-1 に供試体の概要を示す。供試体の寸法は、縦 1000mm×横 1000mm×厚さ 350mm とし、長さ 240mm のアンカーボルト (M16, SS400 相当材) をコンクリート表面から 110mm 突出するように設置した。接着剤の充填パターンは図-2 に示すように、孔内の深部側が充填されたもの (孔内深部側充填) と表面側が充填されたもの (孔内表面側充填) を作製した。各充填パターンにおける接着剤の充填率は、それぞれ 3 水準 (25%, 50%, 75%) と孔内全てに接着剤を充填した充填率 100% を設けた。いずれのアンカーボルトにおいても、鋼製プレートを設置し、2 個のナットでプレートを固定できるようにした。

2.2 計測概要

計測概要を写真-1 に示す。加速度センサを取り付けた鋼球 (直径 9.6mm, 19.1mm) によりボルト頭部を打撃し、ボルトの振動に伴い生じた弾性波をボルト中心から 100mm 離れたコンクリート表面の加速度センサ (周波数応答: 0.003~30kHz) により受信した。同時に、鋼球に取り付けた加速度センサ (周波数応答: 0.0002~25kHz) で打撃力波形を収集した。測定は各充填率に対して 10 回ずつ行った。

2.3 評価指標

本研究では波形エネルギーおよび機械インピーダンスを評価指標とした。波形エネルギーは

打撃ごとのばらつきを考慮し、受信波形の各振幅値を打撃力波形の最大振幅値で除した後、2乗総和として求めた。機械インピーダンス Z は打撃力波形から求める評価指標で、次式により算出した。

$$Z = \frac{F_{\max}}{V} = \frac{MA_{\max}}{\int_{T_1}^{T_2} A(t)dt} \quad (1)$$

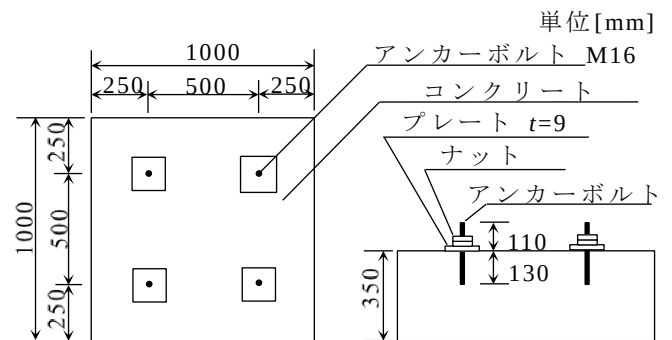


図-1 供試体概要

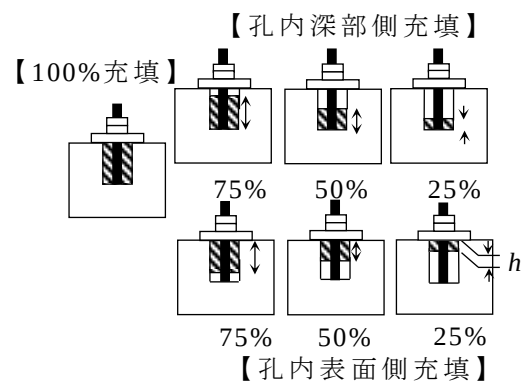


図-2 接着剤充填パターン

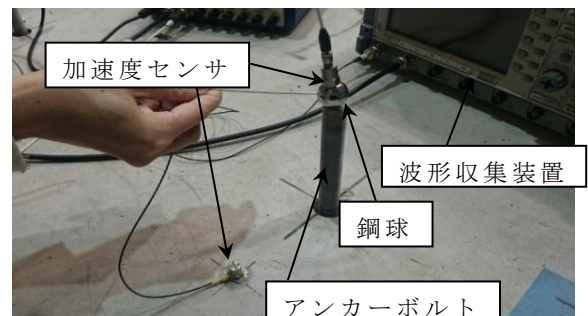


写真-1 計測状況

ここに、 F_{max} ：最大打撃力、 M ：センサと鋼球の総質量、 A_{max} ：最大加速度、 A ：加速度、 T_1 ：打撃開始時刻、 T_2 ：最大加速度となる時刻である。

3. 実験結果

3.1 ボルトのみの状態での結果

鋼球径 9.6mm を用いて、ボルトのみの状態で計測した場合での波形エネルギーと接着剤の充填率との関係を図-3 に示す。いずれの充填率においても測定値の平均、最大・最小の範囲を同図に示している。孔内表面側充填では、充填率が大きくなると波形エネルギーも増加する傾向を示した。一方、孔内深部側充填では、全体的に充填率が大きくなると波形エネルギーも増加するが、充填率 75%と 100%ではその傾向が逆転したが、波形エネルギーを相対的に比較すれば、充填率の低いアンカーボルトを検出できる可能性があることが明らかとなった。

鋼球直径 19.1mm の機械インピーダンスを図-4 に示す。いずれの充填パターンにおいても、充填率が 100%の場合は比較的大きな機械インピーダンスとなるものの、ばらつきが大きく、充填率との相関は小さいことがわかった。

3.2 ボルトにプレートを締結した状態での結果

図-5 に、プレートを設置しナットで 80N・m に締め付けた状態で計測した場合における波形エネルギーと接着剤の充填率との関係を示す。孔内表面側充填では充填率の増加に伴い波形エネルギーも増加傾向を示すが、孔内深部側充填に関しては明瞭な相関関係を見出すことはできなかった。しかしながら、充填率 25%のような明らかに充填率の低いケースを検出できる可能性があることが明らかとなった。

図-6 に、機械インピーダンスの結果を示す。ボルト単体の場合と同様に、ばらつきが大きく、充填率との相関は小さい。

4. まとめ

(1) ボルト頭部を鋼球で打撃することにより得られる波形エネルギーは、アンカー固着部接着剤充填率と相関関係があり、評価指標として感度が良好である。

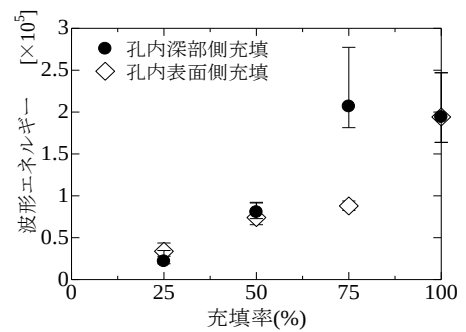


図-3 波形エネルギー（ボルトのみ）

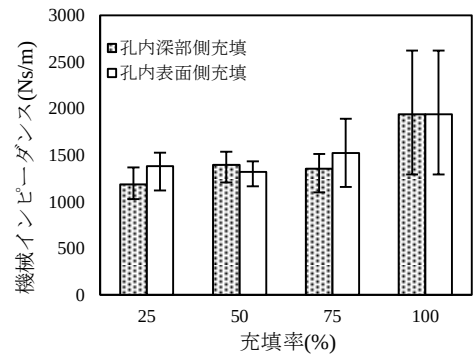


図-4 機械インピーダンス（ボルトのみ）

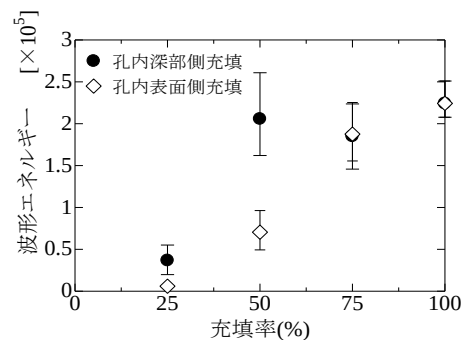


図-5 波形エネルギー（プレート締結）

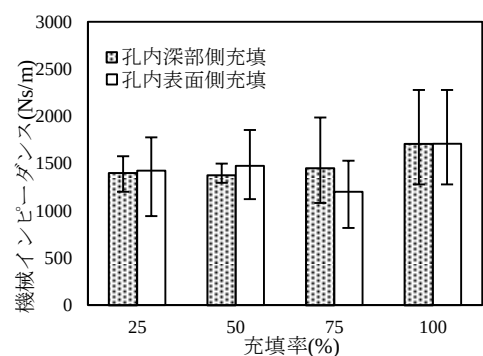


図-6 機械インピーダンス（プレート締結）

(2) 機械インピーダンスは、接着剤の充填状況を評価する指標としては感度が鈍い。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（B）25289132）の援助を受けて行なったものである。ここに記して謝意を表する。