

打込み型ウェッジアンカーの開発とコーン破壊荷重に関する考察

日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 正会員 ○文屋 遼太郎
日本ヒルティ株式会社 正会員 宮崎 剛

1. はじめに

トンネル覆工の剥落防止対策として、格子状のFRP メッシュを金属アンカーで固定した工法が用いられている。アンカーには心棒打ち込み式等の拡張式アンカーが多く使用されてきたが、ナットの脱落等やアンカーの抜けが報告され¹⁾、ナット締め不要の打込み型ウェッジアンカーを開発した。本論文ではアンカーの埋め込み長をパラメータとした引張試験を行い、破壊形態を確認し、既存のコーン破壊荷重式との整合性を評価する。

開発した打ち込み型ウェッジアンカーは従来のウェッジ式の特徴である、ナットのトルク締めによるスリーブの拡張作業は必要とせず、アンカーの打ち込み時にアンカー先端のスリーブが拡張され、穿孔したコンクリートとの強い摩擦力で固着される。また、引き抜き荷重の作用によってアンカーのスリーブがより拡張され、コンクリートとの摩擦力と支圧力の合力で強力に固着されるものである。ここで固着概念を図-1 に示す。

2. 引張試験

2.1 試験概要

打込み型ウェッジアンカーの埋め込み深さは20mm, 25mm, 30mm およびアンカーの首下長全長となる60mmの4種とした。コンクリートは幅、高さ200mm、厚み150mmの圧縮強度22N/mm²の無筋コンクリートとした。引張試験は、アンカーの埋め込み深さによらず、コンクリートにφ6.0mmのドリルビットによって深さ70mmの穿孔を行い、エアブローによって、穿孔内のコンクリート粉塵を清掃した後、所定深さまで手打ちハンマーでアンカーを打ち込んだ。試験は日本建築あと施工アンカー協会が定める引張試験に準じて行い、1水準n=3の試験を破壊まで一定の载荷速度で鉛直上向きに荷重を与えて行った。図-2 に試験概要を示す。

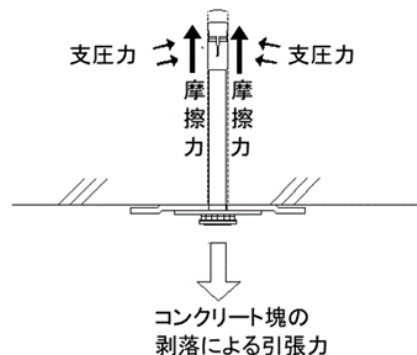


図-1 打込み型ウェッジ式アンカーの固着原理

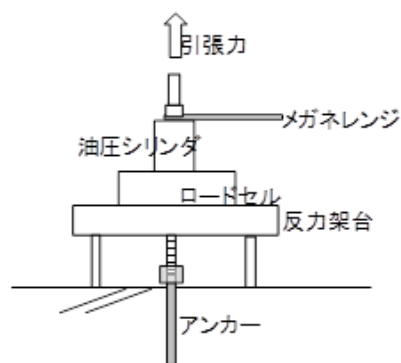


図-2 試験概要

2.2 試験結果

表-1 に試験結果を示す。アンカーの埋め込み長さが30mm以上の場合、アンカーの鋼材が降伏し、破断する破壊形態であった。埋め込み長さが25mmの場合、コンクリートのコーン破壊とアンカーの破断が混在する結果となり、埋め込み長さが20mmの場合はコンクリートのコーン破壊となった。

3. コーン破壊荷重式の考察

金属アンカーのコーン破壊荷重は各種基準でコンクリートの割裂強度とアンカー先端からコンクリート表面へ45°線を引いた有効水平投影面積の積で求

キーワード：トンネル覆工剥落対策、あと施工アンカー、打込み型ウェッジアンカー、コーン破壊

連絡先：〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 日鉄日本橋ビル 日鉄ケミカル&マテリアル（株）

められ、土木学会発行のコンクリートあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案）²⁾ではバラつきを考慮しない場合には式(1)-(4)で表される。

$$l_e = l - d \tag{1}$$

$$c\sigma_t = 0.31 \times \sqrt{f_c} \tag{2}$$

$$A_c = \pi \times l_e \times (l_e + d) \tag{3}$$

$$P = A_c \times c\sigma_t \tag{4}$$

ここで、 l_e :有効埋め込み長さ、 d :アンカー径、 $c\sigma_t$:コンクリートの割裂強度、 A_c :有効水平投影面積、 P :コーン破壊荷重とする。

埋め込み長 20mm のコーン破壊面の対辺の長さは 75mm であり、コーン破壊面を円形とすると、水平有効投影面積の半径は約 35mm となり、アンカーの先端から、コンクリート表面まで約 60° 線によってコーン破壊面が形成されたと考える。したがって三平方の定理から式(3)を式(3)’のように変形し、式(4)によって計算すると、試験値とおよそ合致した。また破壊した試験体状況から、有効埋め込み長は埋め込み長の全長とした。埋め込み長 20mm の試験値と土木学会算定値及び、破壊面実測から提案する式による算定値を表-2 に、概念図を図-3 に示す。

$$A'_c = \pi \times \sqrt{3}l \times (\sqrt{3}l + d) \tag{3}'$$

さらに、提案式にコンクリートのバラつきに関する係数、短期、長期作用に関する係数を与えることで安全側にコーン破壊荷重を算定できると考えられる。

4. まとめ

- ・コンクリートの埋め込み長が 30mm 以上であれば、アンカーの破断となり、埋め込み長が 25mm 以下であれば、コンクリートのコーン破壊が発生する。
- ・打込み型ウェッジアンカーでのコーン破壊面角度は 45° より大きくなり、心棒打ち込み式を代表とする拡張アンカーと比較し、コーン破壊しづらい。
- ・水平投影面積の半径を埋め込み長の√3倍の半径、有効埋め込み長を埋め込み長さとしてコーン破壊荷重を算定すると、およそ試験値と合致する結果を得た。

参考文献

1) トンネル安全対策工法研究会:FRP によるトンネル覆工対策マニュアル, 山海堂出版, 2003.5
2) コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案）, 土木学会, 2014.3

表-1 試験結果

埋込長 (mm)	番号	破壊荷重 (kN)	平均荷重 (kN)	破壊形態
20	1	6.49	7.60	A
	2	7.94		A
	3	8.36		A
25	1	12.5	12.9	A
	2	14.2		B
	3	12.1		A
30	1	14.3	14.3	B
	2	14.3		B
	3	14.3		B
60	1	13.5	13.3	B
	2	12.9		B
	3	13.5		B

A：コンクリートのコーン破壊, B:アンカーの破断

表-2 実験値とコーン破壊計算値

埋め込み長 (mm)	最小実験値 (kN)	学会式 (kN)	提案式 (kN)
20	6.49	2.48	6.71
25	12.1	3.70	10.2

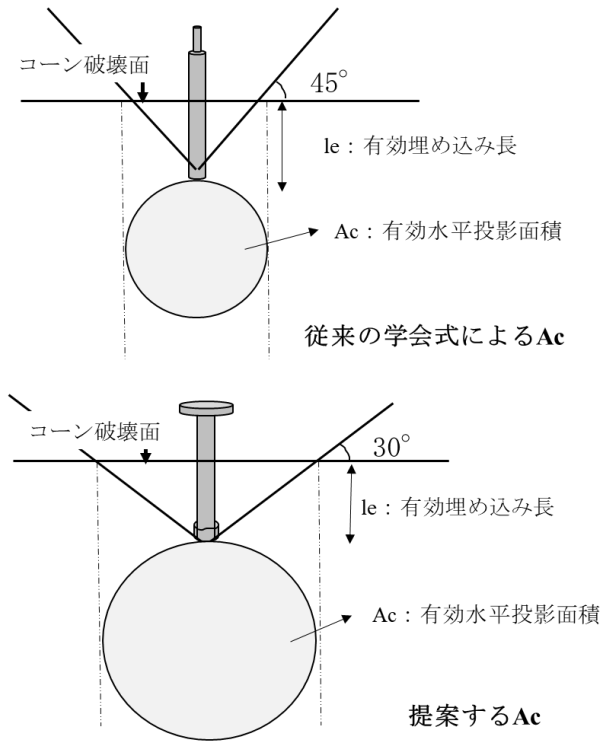


図-3 有効水平投影面積の概念