

接着系アンカーの引抜き力に対する設計式の比較検討

Comparative investigation of design equations under tensile force for bonded anchor

北海道大学

北海道大学

日本ヒルティ株式会社

日本ヒルティ株式会社

○学生員

正会員

正会員

正会員

佐原愛士 (Aishi Sahara)

佐藤靖彦 (Yasuhiko Sato)

高橋宗臣 (Muneomi Takahashi)

櫻井和人 (Kazuto Sakurai)

1. はじめに

近年、既設構造物の付帯設備の補修・補強工事が増えるにつれ、あと施工アンカーの使用が増加している。そのような状況に鑑みて、土木学会ではあと施工アンカー工法の設計施行指針¹⁾を作成した。また、日本コンクリート学会では、あと施工アンカーに関する調査研究活動を活発化させている。

これまでに、接着系アンカーの引抜け破壊とコンクリートコーン破壊に対する耐力算定式がいくつか提案されている^{1)~3)}。接着系アンカーで多く見られる破壊形式は、引抜け破壊とコンクリートコーン破壊が複合して発生する複合破壊であると言われている⁴⁾。耐力算定式の精度と信頼性の向上に向けた継続的な検討が必要である。

著者らは、土木学会による耐力式¹⁾と CEN/TS に耐力式²⁾³⁾の比較検討を行い、耐力算定式の精度に関する検討を行ったのでここに報告する。

2. 接着系アンカーの引張応力に対する耐力式

土木学会と CEN/TS が提案している接着系アンカーの引張力に対する耐力式を示す。なお、接着系アンカーの降伏耐力 T_y は、アンカー筋の降伏により定まる耐力であり、両者に差がなく本研究の対象外であるため記載を割愛する。

土木学会指針では、付着耐力は式 (1) により、コンクリート破壊耐力は式 (2) により算定する。

$$T_b = \pi D_a L_d \tau_a / \gamma_b \quad (1)$$

ここで、

$$\tau_a : \text{付着強度(N/mm}^2\text{)} \quad \tau_a = 10 \sqrt{\frac{f'_c}{21}}$$

$$L_d : \text{有効埋め込み深さ(mm)}$$

$$D_a : \text{アンカー筋の呼び径(mm)}$$

$$T_c = 0.23 A_c \sqrt{f'_c} / \gamma_b \quad (2)$$

ここで、

$$A_c : \text{母材のコーン状破壊面の有効水平投影面積(mm}^2\text{)}$$

$$A_c = \pi L_d (L_d + D_a)$$

$$\gamma_b : \text{部材係数 (一般に 1.6)}$$

一方、CEN/TS による付着破壊耐力の耐力式は式 (3) により、コンクリートコーン破壊耐力は式 (4) により

算定される。

$$N_{Rk,p}^0 = \pi D_a L_d \tau_{Rk} \quad (3)$$

ここで、

$$\tau_{Rk} : \text{母材温度、ひび割れの有無に応じた付着応力度の特性値(N/mm}^2\text{)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \varphi_{s,N} \varphi_{re,N} \varphi_{ec,N} \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \quad (4)$$

ここで、

$$N_{Rk,c}^0 = 10.1 \sqrt{f'_c} L_d^{1.5} : \text{アンカー抵抗の初期値}$$

$$\varphi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \quad \varphi_{s,N} : \text{へりあき、はしあき}$$

による低減係数

$$\varphi_{re,N} = 0.5 + \frac{L_d}{200} \leq 1 \quad \varphi_{re,N} : \text{鉄筋有無による低減係数}$$

$$\varphi_{ec,N} = (1 + \frac{2e_N}{s_{cr,N}})^{-1} \leq 1 : \text{郡効果による低減係数}$$

$$\gamma_{Mc} : \text{安全係数, } \gamma_{Mc} = \gamma_c \gamma_2$$

$$\gamma_c : \text{コンクリートの材料係数 (一般に 1.5)}$$

$$\gamma_2 : \text{施工に対する安全係数}$$

式 (3) において、付着応力度の特性値には、使用する樹脂によって異なる値を用いることになっている。そこで今回の比較では、土木学会式の付着強度式を使用することとする。すなわち、式 (1) と式 (3) は、一致することになる。また、本検討では、式 (4) における各種低減係数が 1.0 である場合を比較対象とする。

3. 考察

式 (1) から式 (4) で示した耐力式と、既存の実験データとの比較を図 1 と図 2 に示す。図 1 は安全係数を 1.0 とした場合、図 2 は安全係数を用いた場合の結果である。なお、比較に使用した実験データは 58 体³⁾⁴⁾であり、破壊形態は引抜け破壊と複合破壊である。また、耐力は、コンクリート強度の相違を考慮するために、圧縮強度の平方根で正規化されている。実験データのほとんどが安全側にあるが、土木学会、CEN/TS 両者の設計式で、正確に実験値を評価できていないことが確認できる。

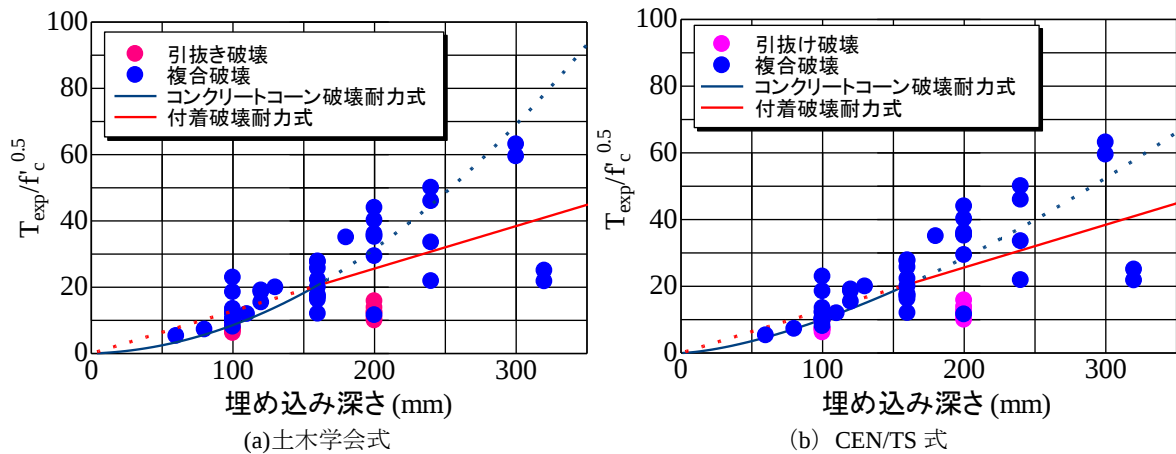


図1 耐力と埋込長さの関係 (安全係数を考慮しない場合)

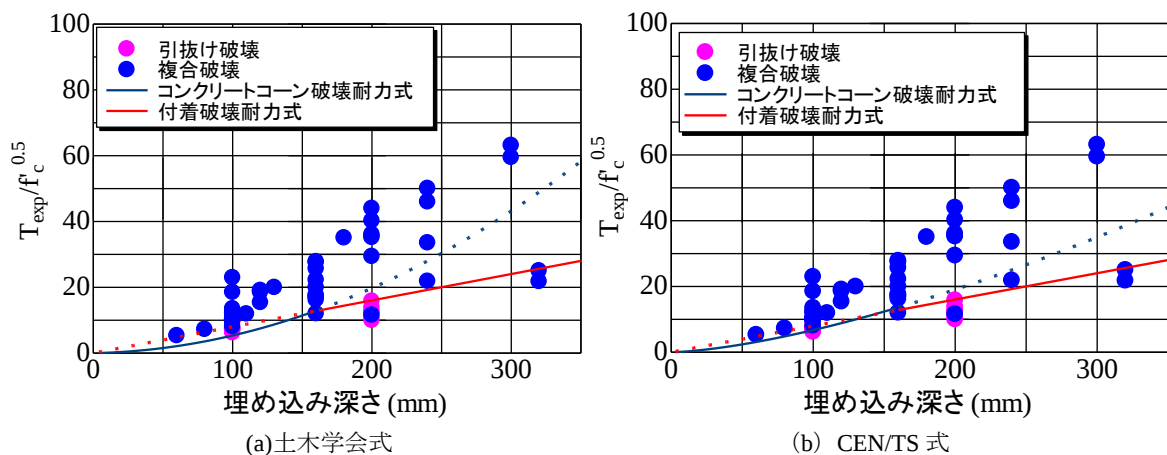


図2 耐力と埋込長さの関係 (安全係数を考慮する場合)

表1は、各耐力度式を実験値で除した耐力比の平均値と変動係数を示す。式(1)の場合、平均耐力比と変動係数ともに良好な値を示している。式(2)の場合、平均耐力比としては良好な値を示しているが、変動係数が大きい。式(4)の場合、平均耐力比、変動係数ともに式(1)と式(2)の中間的な精度を示している。

4. まとめ

本研究では、土木学会とCEN/TSが提案している接着系アンカーの設計式の精度を既存の実験データとの比較を通じて行った。その結果、耐力比の平均と変動係数が耐力度式により異なることが明らかとなった。今後、実験データを蓄積し、検討を深める。

5. 参考文献

- 1) 土木学会 コンクリート委員会 あと施工アンカー小委員会：コンクリートライブラリー 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), 2014.
- 2) EOTA, Technical Report, Design of Bonded Anchors,

表1 耐力比の平均値と変動係数

	土木学会		CEN/TS	
	式(1)	式(2)	式(3)	式(4)
耐力比	0.95	1.03	0.95	0.99
変動係数	0.24	0.41	0.24	0.38

式(1)と式(3)：付着破壊耐力度式

式(2)と式(4)：コンクリート破壊耐力度式

注：式(1)と式(3)は同じ付着強度を用いているので同一

TR029, Edition June 2007

- 3) ETAG 001, Guideline for European Technical Approval Metal Anchors for Use in Concrete, Part one : Anchors in General, Edition 1997
- 4) コンクリート用ファスニング研究委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, 1994
- 5) 塩畑英俊, 野鳥昭二, 林和彦：あと施工アンカーの耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No.2, 20