

付着型アンカーボルトの引き抜き耐力におよぼす縁端距離の影響

名古屋工業大学

井上 道雄

小畑 誠

柳原 伸裕

後藤 芳顕

1. はじめに

付着型アンカーボルトは棒鋼表面の付着力を高めて定着するタイプのアンカーである。この付着型アンカーボルトは底部に定着板等を持つ物とは異なり引き抜き力に対して引張り破壊であるコーン破壊と付着破壊が混在する複雑な破壊形式を呈する。そういった場合の引き抜き耐力について著者らは既に汎用性のある解析法を提案し比較的簡単な場合にはその妥当性を実証してきた¹⁾。実構造への適用を考える場合には様々な使用条件を想定する必要があるが、中でも自由表面への縁端距離は重要なもののひとつである。縁端距離が小さい場合の影響については主としてかぶりのコンクリートが小さいことから拘束圧の減少によるものと、コーン破壊面の欠落によるものとが考えられる。これらうち既に示した汎用の解析法でもアンカーボルトに加わる拘束圧の影響を考慮することはでき、その意味で縁端の影響を含めることが可能であるが、この場合の解析法の精度については確認しておく必要がある。一方、コーン破壊に対して縁端距離の影響をどのように考慮するかについてはまだ十分に明らかにされているとはいいがたい。実際、頭付きスタッドに対するものではあるが例えば CEB²⁾ではコーン破壊の考え方自体が明確でないために実験式を与えているにすぎない。明解なコーン破壊の考え方をを用いている ACI のコード³⁾も付着破壊とコーン破壊が混在する場合においてそのまま適用可能かどうかについては自明ではない。そこで本研究では基本となる単一のアンカーボルトの引き抜き耐力に及ぼす縁端距離の影響について解析および実験の両側面から考察することとする。

2. 縁端距離が小さい場合の引き抜き耐力の推定

ここでは図 1 のように縁端距離 c の位置にある付着型アンカーボルトに対し次の仮定のもとに引き抜き耐力を推定する。1) ACI のコードにある有効コーン投影面積の考え方をを用いる。2) 縁端距離による拘束圧の減少の影響は無視し付着応力分布は一樣であるとする。破壊コーンの頂角は 90° 、深さ x_c でコーン破壊が生じるとするとコーン破壊強度と付着強度の釣り合いを考えることにより次式が成立する。

$$P_c(x_c) = P_b(x_c), \quad \frac{dP_c}{dx} \Big|_{x=x_c} = \frac{dP_b}{dx} \Big|_{x=x_c} \quad (1a-b)$$

ただし $P_c(x)$ と $P_b(x)$ はそれぞれ x の深さまでのコーン破壊強度と付着力である。縁端距離の少ない場合を考えると $P_c(x)$ は図 1 にあるように

$$P_c(x) = \begin{cases} \sigma_{cone} \pi \left\{ \left(x + \frac{D}{2} \right)^2 - \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right\} & u \leq x \leq c - \frac{D}{2} \\ \sigma_{cone} \left\{ \left(x + \frac{D}{2} \right)^2 (\pi - \theta) + c \left(x + \frac{D}{2} \right) \sin \theta - \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \right\} & c - \frac{D}{2} \leq x \leq \ell + u \end{cases}$$

$$\cos \theta = \frac{c}{x + D/2} \quad c - \frac{D}{2} \leq x \leq \ell + u \quad (2a-c)$$

で与えられることになる。また $P_b(x)$ は付着応力が一定であるから

$$P_b(x) = P \frac{x-u}{\ell} \quad u \leq x \leq \ell + u \quad (3)$$

となる。ここに P は引き抜き力、 σ_{cone} はコンクリートのコーン破壊強度である。縁端距離 c が定着長 ℓ に対して十分に大きいとすると式(1a-b)、(2-a)、(3)から

$$x_c = u + \sqrt{u^2 + Du}$$

の深さで最初のコーン破壊をおこすことになる。そしてそのときの荷重は

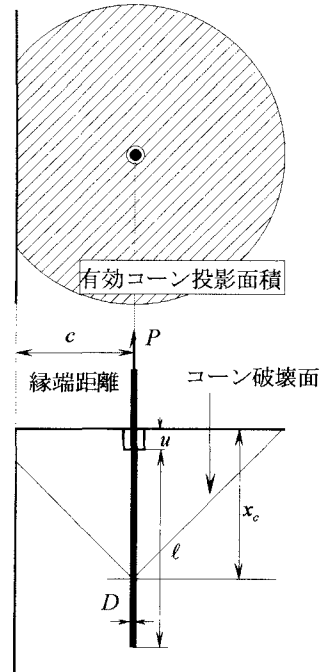


図 1 縁端の影響を受ける付着型アンカーボルト

(4)

$$P = 2\sigma_{cone} \ell \pi \left(x_c + \frac{D}{2} \right) \quad (5)$$

で与えられる。式(4)からわかるようにコーン破壊を起こす深さはアンボンド長 u と棒鋼径 D だけで決定される。ただしこのときの平均付着応力がアンカーボルトの最大付着強度を上回るときにはより低い引き抜き力で付着破壊が生じることになる。したがって頭付きスタッドの場合と同様に考えれば式(2b)から縁端距離 c が $x + D/2$ より小さいときにはその影響がでることになる。しかしながらコーン破壊と付着破壊が混在する付着型アンカーボルトにおいては図2から

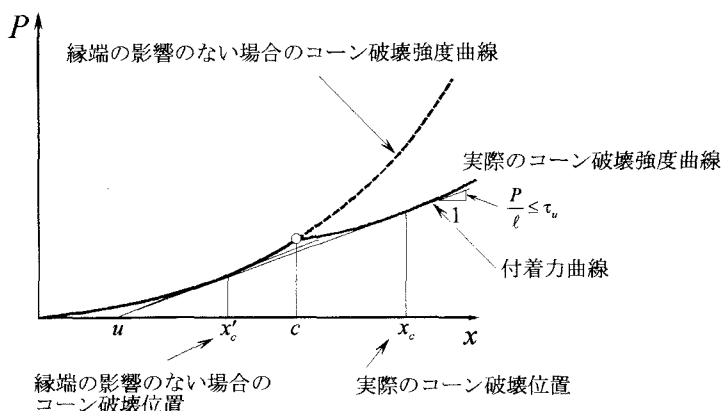


図2 コーン破壊発生深さに対する縁端の影響

表1 材料および構造諸元

コーン破壊強度(σ_{cone})	15.9kgf/cm ²
付着強度(τ_u)	110kgf/cm ²
アンボンド長(u)	3.5cm
定着長(ℓ)	16.0cm
棒鋼径(D)	3.5cm

もわかるように最大付着強度にも依存するが縁端距離の影響は実際には $c > x_c + D/2$ のときにも現れる。そしてコーン破壊を起こす深さは縁端距離の変化に対して不連続に変化しうることになる。具体的な例として表1のような場合について解析を行い引き抜き耐力の推定を行った。結果は図3,4にまとめて示す。図3に示すように、縁端距離の影響のない場合には引き抜き力 P が0から増加していくとき $P = 16.3\text{tonf}$ 、 $x_c = 8.45\text{cm}$ で最初のコーン破壊が生じそのときの引き抜き力が最大となる。そして縁端の影響は $c < 10.6\text{cm}$ のときに現れ、縁端距離 c とともに引き抜き耐力 P_c は連続的に減少していく。図4には縁端距離 c とコーン破壊の発生深さ x_c の関係を示したが、図2から予想されるように縁端距離の影響は $c = 10.6\text{cm}$ において x_c が不連続的に変化していることがわかる。

4. まとめ

付着型アンカーボルトの引き抜き耐力に及ぼす影響を縁端によるコーン破壊面の欠落を考えることにより考察した。なお今後ここにあげた解析例に対応する実験を行いここで用いた仮定の妥当性や適用範囲等を検証する予定である。

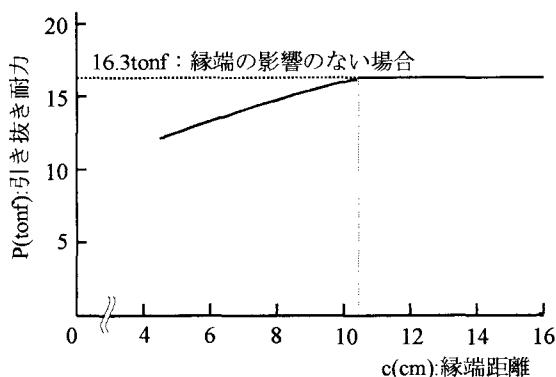


図3 縁端距離と引き抜き耐力

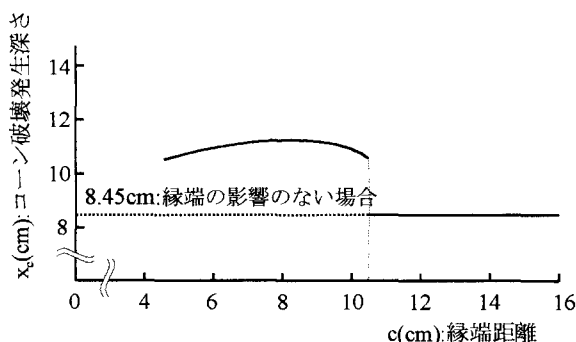


図4 縁端距離とコーン破壊発生深さ

参考文献

- 1) 前野裕文、後藤芳顯、小畑誠、松浦聖、土木学会論文報告集、No.441/I-18、(1992)
- 2) CEB, Fastenings to reinforced concrete and masonry structures(1991)
- 3) ACI, Code requirements for nuclear safety related structures(1985)