

I-119 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 学生会員 井上 道雄
 名古屋工業大学 正会員 小畑 誠
 東急建設 柳原 伸裕
 名古屋工業大学 正会員 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に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えない。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ういている 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破壊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。

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

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。

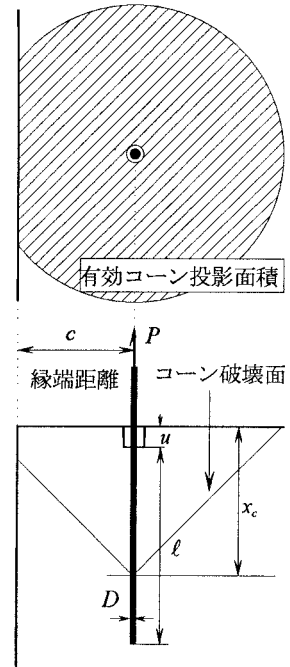


図1 縁端の影響を受ける付着型アンカーボルト

(4)

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。

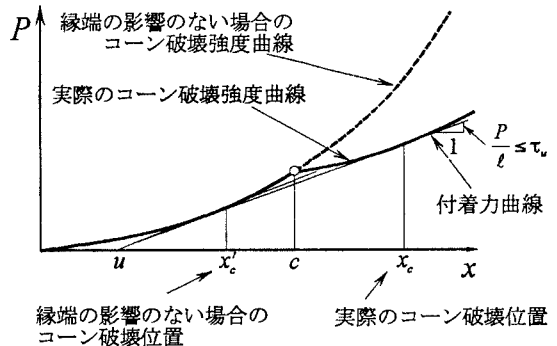


図2 コーン破壊発生深さに対する縁端の影響

3. 付着型アンカーボルトの引き抜き試験

縁端距離の耐力への影響を検証するために、縁端距離を変化させた表1に記すフーチング型供試体5体を用いて引き抜き試験を行った。フーチング型供試体を材料特性とともに図3に示す。なお、アンカーボルトには異形棒鋼D35(SD295)に24mm間隔で長さ35mmの頭付きスタッドを溶接したものを使用した。表2に縁端距離効果測定の実験結果を、また図4に前に示した解析法により推定された引き抜き耐力との比較をまとめた。各試験体の破壊形態はいずれもコーン破壊によるもので、コーン破壊が発生した時点で最大耐力が得られた。縁端距離の影響については図4にあるように縁端距離の影響がない場合のFCについては予想耐力とほぼ一致した値が得られた。他の供試体についてはいずれも予想耐力を下回っておりこの実験結果を見て明らかに縁端距離の影響は予想した距離よりも大きな所ででていることが分かる。供試体表面に見えるひび割れの形状から判断すれば、コーン破壊の発生角度 θ は図1に示す 45° よりもかなり大きいと思われる。従って、コーン破壊の発生角度の仮定において大きな食い違いがあることがこのような結果が得られた大きな原因と考えられる。

4. まとめ

今回の実験により、縁端距離の影響がある場合の引き抜き耐力について有効コーン破壊面が実際に付着型アンカーボルトの引き抜き耐力に大きく影響しており、縁端距離の影響は簡単な 45° コーン破壊面を仮定して予想されるものよりはるかに大きいことが明らかになった。このことは有効コーン破壊面積の考え方をを用いる複数本のアンカーボルトの引き抜き耐力の算定においても大きく影響していることが考えられるので、実際の設計の補強に際しては今後、縁端距離の影響もあわせて考慮していく必要があると思われる。

参考文献

- 1) 前野裕文、後藤芳顕、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)

表1 各供試体の埋め込み位置

供試体名	a(mm)	c(mm)	c/a
FC	195	400	2.0
F1.2	195	234	1.2
F1.0	195	195	1.0
F0.7	195	137	0.7
F0.5	195	98	0.5

a:埋め込み長 c:縁端距離

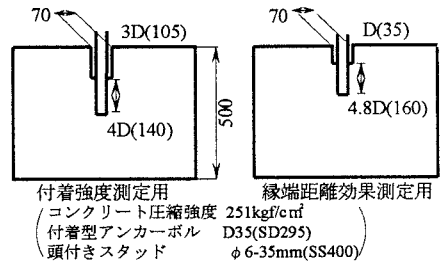


図3 フーチング型供試体と材料特性

表2 縁端距離効果測定の結果

供試体名	最大耐力(tf)	付着強度(kgf/cm²)
FC	17.6	114.3
F1.2	13.9	90.3
F1.0	13.9	90.3
F0.7	11.7	76.0
F0.5	10.4	67.6

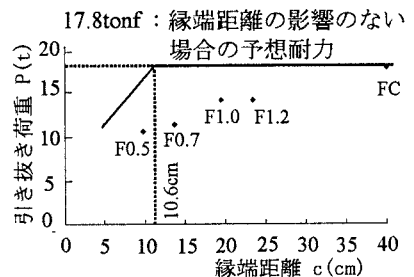


図4 縁端距離と引き抜き荷重