

複数本のあと施工型アンカーボルトの相互作用に関する研究

名古屋工業大学

小栗 智喜

小畑 誠

後藤 芳顯

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。構造物の施工後に取り付け可能であることから柔軟な適用性を持っており補修等にも用いられるものである。この付着型アンカーボルトは底部に定着板等を持つもの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とが混在するためその破壊形式は図1に示すように複雑なものとなる。その破壊機構について著者らはコーン破壊に対し簡単な破壊力学の考えを導入することにより合理的で汎用性のある解析法を提案し、単一のアンカーの引き抜きのみならず縁端距離の影響も含めてその妥当性を実証してきた¹⁾²⁾。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、既に考察した縁端距離の影響の他に隣接するアンカーボルト間の相互作用の影響も重要である。これはアンカーが単一で使用されることは少なく、多くは複数本で使用されるアンカーボルト間の間隔が小さい場合も考えられるためである。この相互作用の影響を考えるには、既に示した汎用の解析法で縁端距離の影響を考慮したものと基本的には同様の手法を用いることができる。本研究では最も基本的な場合として2本のアンカーボルトを考えて、その引き抜き耐力および破壊機構に及ぼすアンカー間の距離および引き抜き力の比の影響を理論および実験的に検討する。

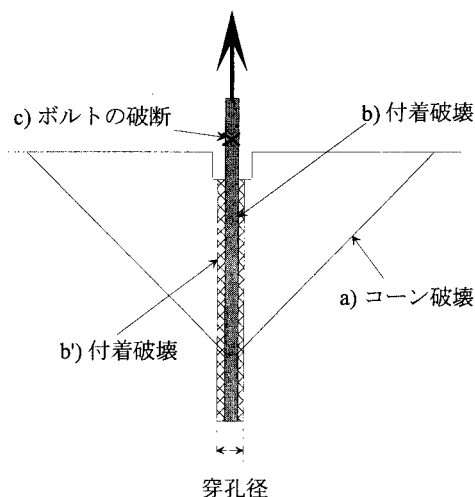


図1 付着型アンカーボルトとその破壊機構

2. 複数本アンカーの相互作用の影響を考慮した引き抜き耐力の評価法

基本的な場合として図2のように配置された2本のアンカーボルトの一定の軸力比での引き抜きを考える。それぞれのアンカーに作用する引き抜き力を P_1, P_2 としその比を $\alpha = P_2 / P_1$ とする。このときアンカーは付着力、コンクリートのコーン破壊強度、定着長さ等により様々な破壊形式を呈する。なお、厳密には図1のb)とb')の付着破壊は区別をして考える必要があるがこれらをまとめて付着破壊と見なして考えるものとする。コーン破壊を含む破壊形式が現れる場合を考え、それぞれ x_{1c}, x_{2c} の深さでコーン破壊が生ずるものとする。と力のつりあいから次式を得る。

$$P_c(x_1, x_2) = P_b(x_1, x_2) \quad (1)$$

$$\left. \frac{\partial P_c}{\partial x_1} \right|_{x_1 = x_{c1}} = \left. \frac{\partial P_b}{\partial x_1} \right|_{x_1 = x_{c1}}, \quad \left. \frac{\partial P_c}{\partial x_2} \right|_{x_2 = x_{c2}} = \left. \frac{\partial P_b}{\partial x_2} \right|_{x_2 = x_{c2}} \quad (2), (3)$$

ここで付着応力分布を一定とすると

$$P_b(x_1, x_2) = P_1 \frac{x_1 - u}{\ell} + P_2 \frac{x_2 - u}{\ell} = P_1 \{ (x_1 - u) + \alpha (x_2 - u) \} \quad (4)$$

である。コーン破壊強度 P_c については現在各種設計指針に示される有効コーン破壊面積の考え方をを用いると P_c の発生深さ x_c に対する依存性が2乗となり実験値以上に大きくなることが知られている。そこでここでは著者らが破壊力学の考察により理論的に提案した x_c に対する依存性を1.5乗とする次式を用いる²⁾。

$$P_c(x_1, x_2) = C \left\{ y_1^{1.5} \left(1 - \frac{\theta_1}{\pi} \right) + y_2^{1.5} \left(1 - \frac{\theta_2}{\pi} \right) \right\}, \quad y_i = D/2 + x_i \tan \phi, \quad i = 1, 2 \quad (5), (6)$$

ここで C はコンクリートの強度に依存する定数である。この式の妥当性は CEB の実験式や縁端距離の影響のあるときに実験により示されている。なお、以下ではコーン破壊の発生角 $\phi=45^\circ$ とし D については穿孔径ではなくボルト径と見なす。 D を穿孔径としても基本的な考え方は同じである。いずれにしても式(1)～(6)から引き抜き荷重 $P=P_1+P_2$ とコーン破壊発生深さ x_{1c} , x_{2c} を解くことができる。

付着強度が十分に大きく付着破壊が生じない場合の単一のアンカーに対するコーン破壊発生時の引き抜き荷重は

$$P_{cf} = C \frac{\ell}{x_c - u} y_c^3, y_c = x_c + \frac{1}{2} D = \frac{3}{2} D + 3u \quad (7)$$

で表すことができる。縁端距離の影響を考慮した結果²⁾からアンカーの相互作用はアンカーボルトの間隔が(7)の x_c の2倍程度の大きさで現れることが予想される。そこで図3に $c/(2a)=0.5(c/x_c=2)$, $a/D=8$, $u/D=1$ の場合の引き抜き力の比 α と引き抜き耐力 P およびコーン破壊発生深さ x_{1c} , x_{2c} の関係を表した。引き抜き力の比 α が0.4程度より小さいときには相互作用の影響はなく荷重が大きい方のアンカーのみで式(7)に対応する引き抜きが生じる。 α が0.4付近で相互作用の影響により破壊モードの飛び移りが生じコーン破壊の発生位置が不連続的に変化する。そして $0.4 \sim \alpha$ で引き抜き荷重は α の増加に対してもほとんど変化がなくなり最大でも引き抜き荷重は相互作用の無い場合の70%程度にとどまる。細かく見ると $0.4 \sim \alpha \sim 0.8$ 程度ではB1の底部よりコーン破壊が生じるが $0.8 \sim \alpha$ では別の破壊モードが現れB1, B2ともに底部より浅いところでのコーン破壊が生じることになる。またこの場合では $\alpha=1$ 付近で α に $\pm 10\%$ 程度のぶれが生じたとしても引き抜き荷重 P と破壊モードの変動は小さいことになる。

3. まとめ

2本の付着型アンカーが隣接する場合のアンカー間の相互作用による破壊機構への影響を理論的に考察した。実験では、アンカー間の距離の異なるいくつかの供試体に対し引き抜き破壊の観察を行いここで用いた理論や仮定の妥当性や適用範囲等を検証する予定である。

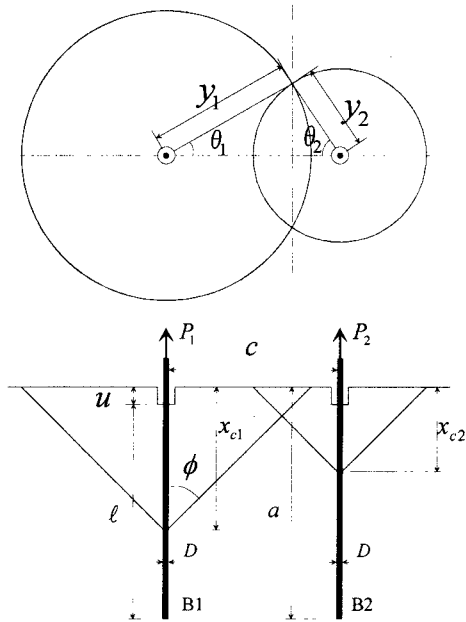


図2 2本のアンカーボルトの引き抜き破壊

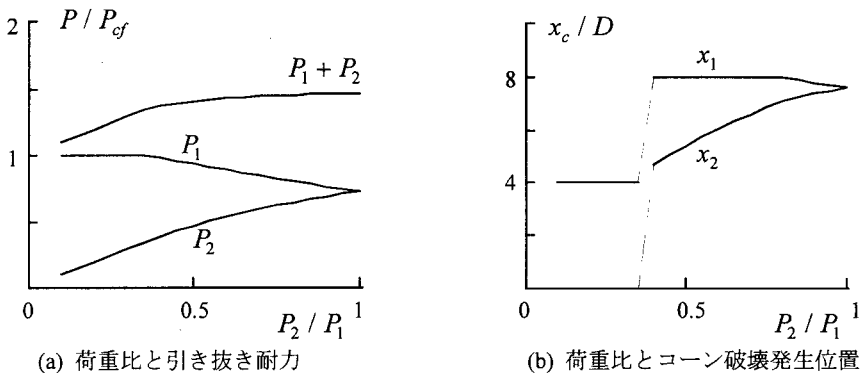


図3 2本のアンカーボルトの荷重比と引き抜き破壊性状

[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) 小畑誠, 井上道雄, 後藤芳顕, 構造工学論文集, Vol.42A (1996)