

I - A175

複数本の付着型アンカーボルトの相互作用に関する研究

東邦瓦斯 正会員 小栗 智喜

名古屋工業大学 正会員 小畑 誠 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。その破壊形式は底部に定着板を持つ物とは異なり引き抜き力に対して引張破壊であるコーン破壊と付着破壊とが混在するため図1に示すようにより複雑なものとなる。その破壊機構について著者らはコーン破壊に対して簡単な破壊力学の考え方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⁾。実構造への適用を考える場合、アンカーの多くは複数本で使用され、その間隔が小さい場合も考えられるため隣接するアンカーボルト間の相互作用の影響を考慮することは重要である。そこで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、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ことを目的とする。

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

図2のように配置された2本のアンカーボルトを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 $\alpha = P_1/P_2$ 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み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力の釣り合いから次式を得る。

$$P_c(x_{1c}, x_{2c}) = P_b(x_{1c}, x_{2c}) \quad (1)$$

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

ここで付着応力分布を一定とすると

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

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_i に対する依存性が2乗となるが、これは深さが大きいときに実験値との対応が悪い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_i に対する依存性を1.5乗とする次式を用いる²⁾。

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

ここで C はコンクリートの強度に依存する定数である。この式の妥当性は縁端距離の影響を考慮した実験

キーワード：付着型アンカー、相互作用、あと施工型アンカー、1.5乗則

〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 TEL 052-735-5491

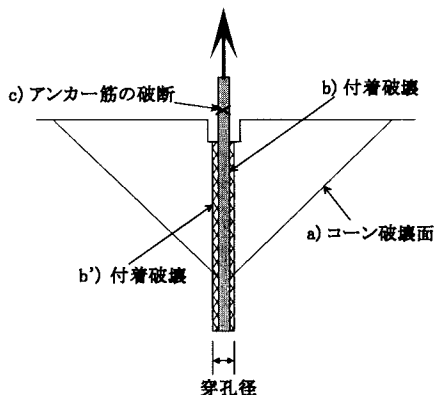


図1 付着型アンカーボルトとその破壊機構

より示されている。なお、以下ではコーン破壊の発生角 $\phi=45^\circ$ として D については穿孔径ではなくボルト径とみなす。以上の式(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_{c1}, x_{c2} 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

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

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式(7)で与えられる x_c の2倍程度の大ききで現れることが予想される。そこで図3に $c/2a = 0.7$, $a/D = 6$, $u/D = 1$ のときについて引き抜き力の比 α と引き抜き耐力 P およびコーン破壊発生深さ x_{c1}, x_{c2} の関係を表した。なお、以下の計算では解析値、実験値ともに影響のないときの引き抜き耐力を P_d として P_d で無次元化してある。 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。また $0.8 < \alpha$ では2本のアンカーともボルト下端からコーン破壊が生じている。引き抜き荷重は $0.4 < \alpha$ において α の増加に対してほとんど変化が無くなり最大でも引き抜き荷重は相互作用の影響のない場合の75%程度にとどまる。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. 実験結果と考察

相互作用の引き抜き耐力と破壊性状への影響を検証するために実験を行った。本実験では引き抜き力の比を1で固定し、アンカー間距離と相互作用の影響について調べた。図4にアンカー間距離と引き抜き耐力との関係についての解析結果と、実験により得た引き抜き耐力との比較を示す。なお、現行の設計で用いられている2乗則の結果もあわせて示した。図より実験において引き抜き耐力に相互作用の影響が現れるのは2乗則の予想を大きく上回り $c/2a > 1.0$ となっている。また全体としての挙動は明らかに1.5乗則に近いものとなっている。

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

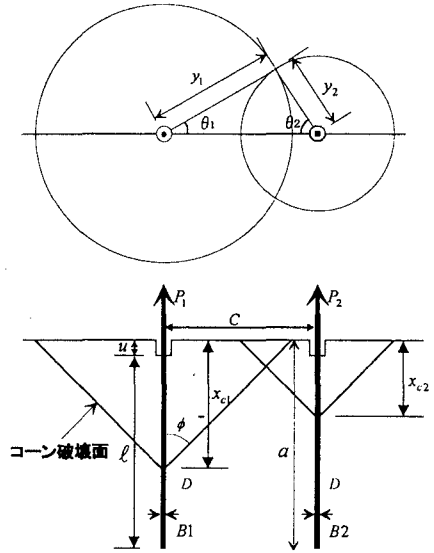


図2 2本のアンカーボルトの引き抜き破壊 x_c/D

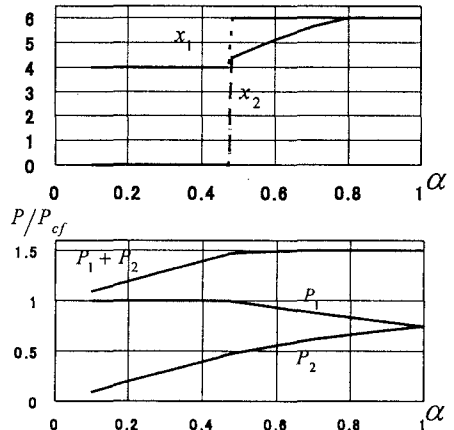


図3 引き抜き力の比とコーン破壊発生深さおよび引き抜き耐力との関係

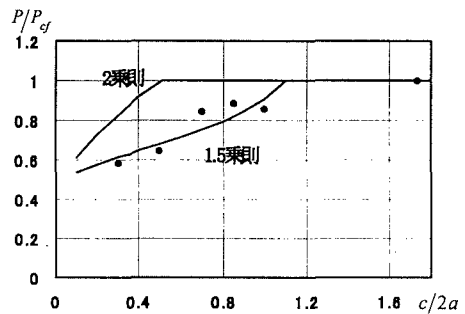


図4 相互作用の影響と引き抜き耐力