

株式会社技術部 正会員 坂西俊一
正会員 以西吉一

1 まえがき

アンカーボルトの埋設方法はコンクリート打設前にセットする所謂フレアンカー(直埋)工法が採られてきたが最近土木建築工事、フラント建設業において工期短縮省力化及び施工精度の要求、エポキシ樹脂の開発施工技術の向上と共にボストアンカー(後埋)工法—コンクリート打設後、ボーストを行ない樹脂接着によりボルトを埋設する—が採られる様になってきた。ところが、本工法については実験例が少なくフレアンカー工法に基く施工者の判断により埋込長が決定されているのが現状である。ここではボルト埋設設計の一助となることを目的としたアンカーボルトの後埋工法による引抜実験を行ない、埋込長、付着応力、コンクリート応力の分布及び破壊形状を検討するための基礎実験を行った。

2. 実験概要

ボストアンカー後埋工法の設計要因⁽¹⁾としては種々なことが考えられるがここでは1)ボルト径(22φ)及び形状(総ネジ切り) 2)エポキシ樹脂接着剤(表-1) 3)埋込孔径(32φ) 4)コンクリート強度(表-2)を一定とし、ボルト埋込長⁽²⁾を変化させることにし既報の実験結果より埋込長を(表-3)のごとく定め最適埋込長、付着応力分布及び破壊形状を検討することとした。尚、モールドゲージはコンクリート打設前に埋設し、ボルトゲージの貼付はネジ山部をグラインダーで削除してボルトの一面のみ貼付をおこなった。引抜き载荷はセンターホールジャッキを用い、载荷時の荷重段階は2.0トン間隔とした。

3 実験結果と考察

3-1 埋込長と破壊形状

ボルトの埋込長と破壊荷重の関係を(図-1)に示す。ボルト引抜の状態はボルトを中心にコンクリート表面に放射線状のヒビワレが発生し逆傘状を呈し、コンクリートとエポキシ樹脂との界面破断とコンクリート部の剪断が組み合わされた状態であった。以上の状態を考慮し、又、既報の実験を参考にし、ボルト引抜け直前の力の釣り合い状態を(図-2)のように仮定し、埋込長と破壊荷重の関係を検討する。

樹脂の機械的強度

強度	引張強度	伸び率	JISに準ずる
930 kg/cm^2	433 kg/cm^2	308 kg/cm^2	3.4 %

表-2 コンクリートの設計

設計基準強度	スランパ	粗骨材最大径	単位セメント量	混和剤
210 kg/cm^2	18±2 cm	25 mm	317 kg/cm^3	ポゾリスNo.10

表-3 供試体一覧

ボルト埋込長	供試体形状	ゲージ		供試体数	備考
		ボルト	コンクリート		
I $l=5d$	650×650×300	無	無	3	コンクリートには
II $7d$	650×650×300	有	有	3	打設前に
III $10d$	900×950×400	有	有	3	モールドゲージを
IV $15d$	1,200×1,250×600	有	有	3	埋設

図-1 埋込長と破壊荷重の関係

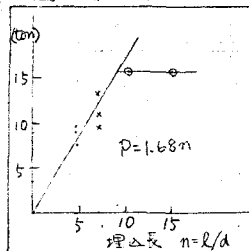
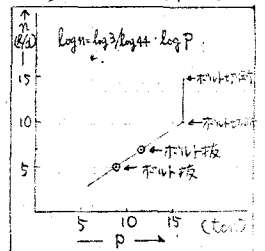


図-2 埋込長と荷重の関係



即ち $P = 0.8 \cdot A_s = \pi(l_b \cos \theta + d_0/2) l_0 T_c / \sin \theta + \pi d_0 l_a T_c$, $l_a = (1+k)l$, $l_b = k l$ (1)

上式において 0.8 : ボルト応力 A_s : ボルト断面積 T_c : コンクリート剪断応力 θ : コンクリート破壊角度

T_c : エポキシ樹脂とコンクリートの付着応力 d_0 : 埋込孔径 k : 係数

(1)式より $P = K_1 \cdot l^2 + K_2 \cdot l$, $K_1 = \pi k^2 T_c / \sin \theta \cdot \cos \theta$ (2)

$K_2 = 2\pi r k T_c / \sin \theta + 2\pi r (1-k) T_c$

(2)式において 係数 K_1, K_2, k の決定は供試体数が少なく十分な実験定数を得ることに至らなかった。一方(図-2)において、埋込長と荷重の関係を直線で近似すると $P = 1.68 \pi n l / d$ (l : 埋込長, d : ボルト径) を得、最短埋込長 $l_{min} = 9d$ となる。

3-2 載荷重とボルトボルトひずみの関係

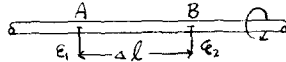
ゲージ貼付位置とひずみの関係は荷重をパラメータとして(図-3¹)に示す。本図より明らかに埋込長 $l = 10d, 15d$ においては $P = 12 \text{ ton}$ ($0.8 = 3,100 \text{ kg}$)以上になると ボルト端部のひずみは大きくなることが判る。又、ひずみ(応力)と荷重の分布はボルト端部ほど勾配の大きい2次曲線であり、ゲージ位置が先端に近づくと共に緩やかな勾配となり、深さ位置 $> 17 \text{ cm}$ ($\approx 8d$) となると、ひずみの変化は殆ど見られないことが判る。

3-3 付着応力分布

付着応力分布を図-4¹に示す。ここで 付着応力の算定は式による。

$$T_0 = (E_1 - E_2) A \cdot E / U \cdot \Delta l$$

E_1 : A点のひずみ E_2 : B点のひずみ A : ボルト断面積 U : ボルト周長 E : ボルトヤング係数 Δl : A点とB点の距離



本図より、最大付着応力(ボルト-エポキシ樹脂)はボルト許容引張応力 $0.8 = 2,000 \text{ kg/cm}^2$ 即ち $P = 7.5 \text{ ton}$ においてコンクリート表面近に発生し次の値を示している。

$l = 7d$ において $T_{max} = 150 \text{ kg/cm}^2$, $l = 10d$ において $T_{max} = 110 \text{ kg/cm}^2$, $l = 15d$ において $T_{max} = 40 \text{ kg/cm}^2$, 此れより、埋込長が長いほどボルトとエポキシ樹脂間の付着応力は小さくなっていることが判る。

[参考文献]

- 1) 西忠雄, 鶴田康彦, 山本康弘; コンクリートに接着剤を用いたボルトの鉄筋の付着強度
- 2) (株)サニタ 技術部; エポキシ樹脂接着によるアンボルト引張実験報告書
- 3) ARTHUR H. NILSON; Internal Measurement of Bond Slip
- 4) 和田 亮; アンボルト埋込理論

BB46.11. 昨建学会
昭和48 (特) 年刊技術報告
ACI Journal, July 1972
熊谷組 技術報告

図-3¹ 載荷ひずみ線図

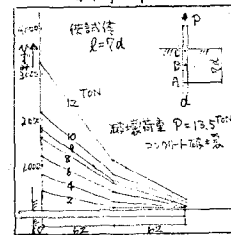


図-4¹ 付着応力分布図

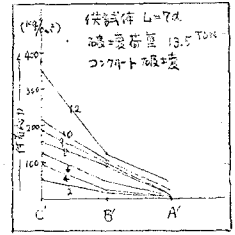


図-3² 載荷ひずみ線図

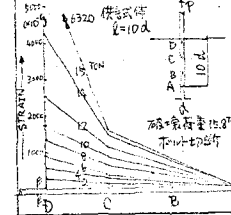


図-4² 付着応力分布図

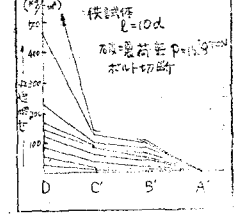


図-3³ 載荷ひずみ線図

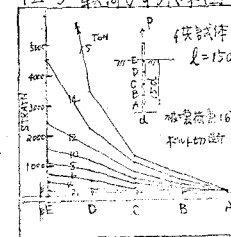


図-4³ 付着応力分布図

