

1 はじめに

既設の構造物に鉄筋を定着する方法として、最近では樹脂による方法がかなり多く用いられている。しかし、その際の計算方法には簡略的に鉄筋の付着強度による場合が多い。この実験では埋込長、ボア・ホール径、コンクリートの圧縮強度及び鉄筋の形状等の組合せを行い、その破壊状況等から樹脂アンカーの定着に関する計算方法を提案したい。

2 実験の概要

表-1に示す条件を組合せて供試体と各5~10体製作する。載荷(引抜き)方法は上部コンクリートの圧縮拘束を除くために図-1のように行い、破壊耐力と破壊状況を調べる。コンクリートはレディミフストコンクリートを使用し、試験後ごとに圧縮試験を行う。ボア・ホールの穿孔にはジャックハンマーを使用する。樹脂は一般的に使用されているエポキシ樹脂アンカー(カプセルタイプ)を用いる。

3 実験の結果と考察

埋込長と破壊耐力の関係を図-2に示した。丸鋼(SR24)を除けば埋込長と破壊耐力との間には高い相関性(相関係数 $r = 0.95$)があることがわかった。丸鋼(SR24)の破壊耐力が埋込長20cmで一定値を示しているが、これは丸鋼が降伏点に達する荷重であった。

ボア・ホール径、コンクリートの圧縮強度と破壊耐力との関係を図-3, 4に示した。各々、破壊耐力と相関性(相関係数 $r = 0.80, r = 0.81$)があることがわかった。

次に、破壊状況は図-5に示したようなパターンに大別することができた。Aは埋込長が20cm以上の丸鋼(SR24)の場合で、一般の丸鋼の引抜き試験でみられる付着(接着)が切れて鉄筋がそのまま抜け出てきたものであった。Bは埋込長が10cmのすべての鉄筋の場合で、埋込まれた鉄筋の先端からコンクリートが斜め引張りにより破壊して、傘をひろげたような形状で抜け出てきたものであった。Cは埋込長が15cm以上の丸鋼(SUP#9種)と異形鉄筋の場合で、コンクリートの斜め引張り破壊とせん断破壊の複合したものであった。また、このせん断破壊面はボア・ホール径に相当するものであり、鉄筋径ではなかった。傘の角度 θ は全供試体と実測の結果 $\theta = 54^\circ$ (母平均95%信頼限界 $52^\circ \leqq \mu \leqq 56^\circ$)であった。

表-1 試験条件

埋込長 l (cm)	10, 15, 20, 25, 30
ボア・ホール径 d (mm)	28, 32, 36, 40
コンクリート強度 f_c (<small>圧縮強度</small>) (MPa)	150, 210, 270, 300 (196) (247) (292) (329)
鉄筋	丸鋼 $\phi 25$ (SR24, SUP第9種)
	異形 $\phi 25$ (SD35)
樹脂	エポキシ樹脂(圧縮規格値 600 MPa 以上)

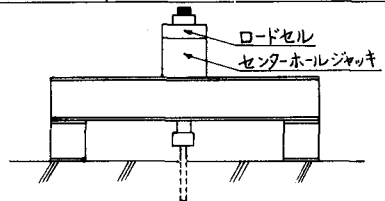


図-1 載荷方法

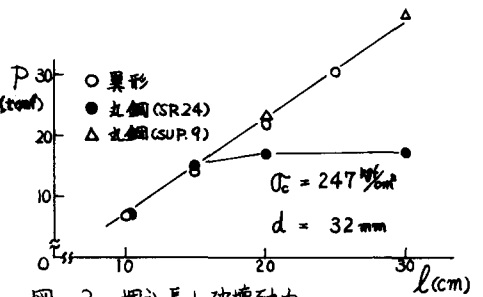


図-2 埋込長と破壊耐力

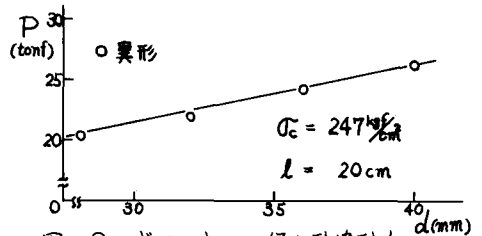


図-3 ボア・ホール径と破壊耐力

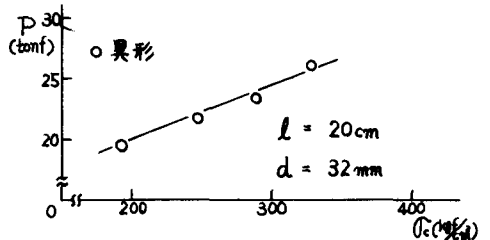


図-4 コンクリート圧縮強度と破壊耐力

以上の結果から考察すると、破壊耐力は埋込長、ボア・ホール径及びコンクリートの圧縮強度と相関性があり、破壊状況から埋込長に関しては10cmまではコンクリートの斜め引張力のみで抵抗し、10cmを越える場合の耐力の増加はコンクリートのせん断破壊部分に依存している。そして、その抵抗面は鉄筋表面ではなく、ボア・ホール内面であると考えられる。ただし、使用鉄筋が丸鋼の場合は降伏点荷重が埋込長、ボア・ホール径及びコンクリートの圧縮強度に関係ない破壊耐力となっている。これは、降伏点に達すると鉄筋径が細くなり、樹脂の変形(追随)能力の限界の時点で鉄筋と樹脂との付着が失われるためであると考えられる。

実験結果、考察から破壊状況は図-6のようにモデル化し、次の仮定を設けて計算式を導く。

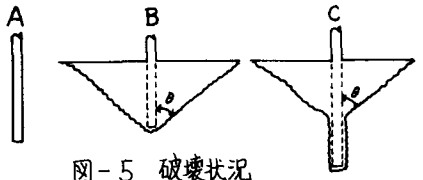


図-5 破壊状況

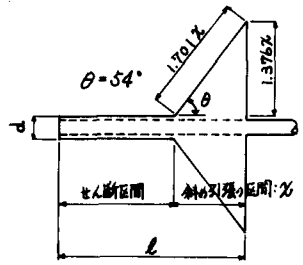


図-6 破壊状況のモデル化

(I) 破壊は、コンクリートの斜め引張力とせん断力の複合とする。

(II) 埋込長が10cm以内は斜め引張力のみとし、その時の破壊耐力は $P = 6.570 \text{ kgf}$ (実測値平均) とする。

(III) 埋込長が10cm以上の場合の破壊耐力の増加は、すべてせん断区間に依存するものとする。

この仮定から、破壊耐力 P (kgf) は次のように表す。

$$P = 1.701 \cdot \pi \cdot \alpha (1.376 \cdot \alpha + d) \tau_s + \pi d (l - \alpha) \tau_c \quad (1)$$

ここに、左辺第一項は斜め引張区間の傘の表面積、第二項はせん断区間の表面積を表す。 α : 斜め引張区間 (cm), d : せん断部分径 (cm), l : 埋込長 (cm), τ_s : コンクリートの斜め引張強度 (kgf/cm^2), τ_c : コンクリートのせん断強度 (kgf/cm^2)

τ_c は $\tau_c = \frac{P - 6.570}{\pi d (l - \alpha)}$ で与えられる。 d には破壊状況からボア・ホール径を用いる。全測定値について τ_c を求めて、各々のコンクリート強度との関係を調べると、 $\tau_c = 0.50 \tau_c$ で表すことができた。次に τ_c は、(1)式より最小破壊耐力時の α を求めて整理すると、 $\alpha = (0.2136 \tau_s \tau_c - 0.3634) d$ となり、これを(1)式に代入して τ_s について整理すると(2)式となる。

$$\tau_s = \frac{-\{P - \pi d^2 \tau_c (1.376d + 0.36)\} - \sqrt{\{P - \pi d^2 \tau_c (1.376d + 0.36)\}^2 - 0.13 \pi^2 d^4 \tau_c^2}}{0.62 \pi d^2} \quad (2)$$

(2)式に $\tau_c = 0.50 \tau_c$ を代入して、全測定値について τ_s を計算すると、 $\tau_s = 0.58 \sqrt{\tau_c}$ であった。

求める破壊耐力 P は埋込長、ボア・ホール径及びコンクリートの圧縮強度をパラメータにして(3)式となる。

$$P = \pi d^2 \tau_c \{0.5 \cdot \frac{1.701}{d} - \sqrt{0.5} (0.046 + 0.1792/\tau_c) + 0.1819\} \quad (3)$$

この破壊耐力の計算式と今回の実験値との変動係数は11.6%であった。

4 まとめ

今回の実験を行い、次のような結論を得た。

- (1) 樹脂アンカーの破壊耐力は埋込長、ボア・ホール径及びコンクリート圧縮強度の関数として求められる。
- (2) 樹脂アンカーは一般の鉄筋の付着状態と違い、ボア・ホール径が鉄筋径に相当して抵抗する。
- (3) 丸鋼をアンカー鉄筋として使用した場合は、(1)に関係なく降伏点荷重で破壊耐力が決定する。すなわち、パネ鋼、PC鋼棒等の高強度の丸鋼を用いれば異形鉄筋と同様に結論(1)がいえる。

5 おわりに

樹脂アンカーに関する実験の報告は過去数件出されているが、本実験も含めてほとんどが短期的な荷重の扱である。従って、耐久性、耐疲労性等の長期荷重に関する実験を今後の課題としたい。