

[149] 異形鉄筋を用いたアンカーボルト定着型深礎基礎の力学性状

坂本 傑 (住友金属工業 中央技術研究所)

山崎 章 (住友金属工業 製鋼品条鋼技術部)

正会員 ○高田啓一 (住友金属工業 中央技術研究所)

1. 緒言

アンカーボルト定着型基礎は建築構造物を始めとして、多くの使用例がある。筆者等は例えば図1に示す鋼管トラス送電鉄塔のごとく、引揚力の卓越する大形の深礎基礎を対象として、アンカーボルト(以下、A.Btと略す)材に従来の丸鋼に代わり、コンクリート付着力の優れる異形鉄筋を使用した新しい構造形式の可能性を検討している。

異形鉄筋のコンクリート付着力を利用することにより、軸方向剛性の向上といった力学性能、支圧用アンカーフレームの撤廃といった経済性、施工性の向上が期待でき、また、H.T材の適用により軽量化も計れる。ここでは、上記新形基礎の基本的な力学性能を明らかにする目的で、異形鉄筋の群定着効果に着目して実施した縮尺1/2.7モデル実験結果について述べる。

2. 実験結果

(1) 供試体 表1および図2に供試体一覧を示す。A.Btには異形ねじ鉄筋SD40・D19を用い、実験変数としてA.Bt間隔およびA.Btの加力端側に設けたアンボンド長 L_u (コンクリート付着力の除却された区間)を選んだ。

また、比較のためA.Btに丸鋼SR24・19φを用いた供試体R-1を用意した。

異形鉄筋を用いたA.Btの定着長 L は日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準」に準拠し $L = 35d$ (d =鉄筋の公称直径)とし、供試体R-1については、アンカーフレーム直上のコンクリートせん断耐力が許容引揚力を上回るよう $L = 66.8d$ とした。

供試体D-3, D-4のA.Bt間隔は上記学会規準に示される最小鉄筋間隔1.7dである。なお、供試体RC部分の径, A.Btサークル径および軸力筋サークル径は全て一定で、図2中に示す値とし、コンクリートはA.Bt材軸方向に打設した。

表-2 コンクリートの圧縮強度 F_c

供試体名	D-1	D-2	D-3	D-4	R-1
$F_c: \text{kgf/cm}^2$	240	247	240	234	245

使用素材の機械的性質を表2,3に示す。

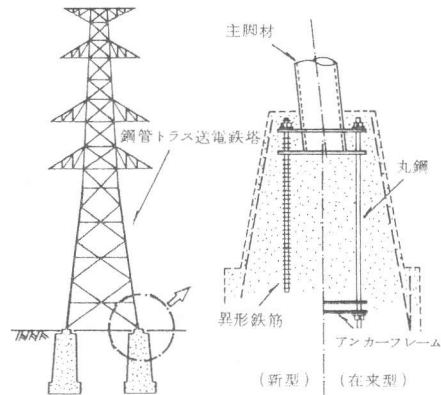


図-1 アンカーボルト定着型深礎基礎

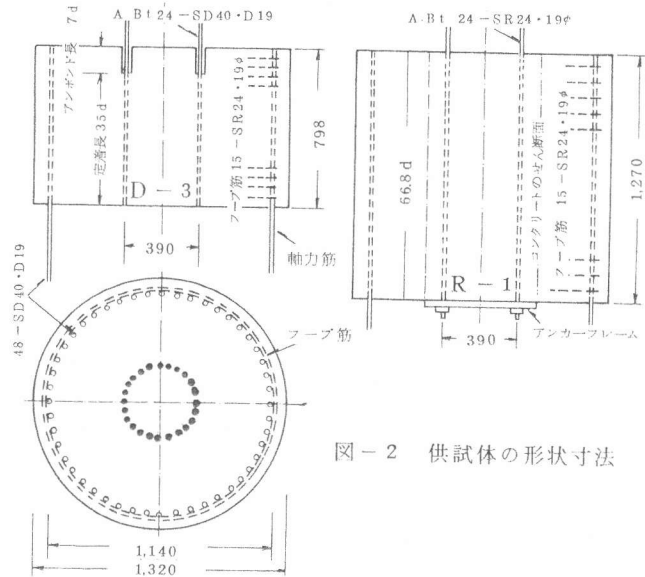


図-2 供試体の形状寸法

表-1 供試体一覧

供試体名	アンカーボルト	A. Bt 間隔	アンボンド長: L_u	アープ筋	軸力筋
D-1	1-SD40・D19	—	7d	—	48-D19
D-2	12-SD40・D19	4.4d	7d	15-19φ	↑
D-3	24-SD40・D19	1.7d	7d	↑	↑
D-4	24-SD40・D19	1.7d	20d	20-19φ	↑
R-1	24-SR24・19φ	1.7d	—	15-19φ	↑

表-3 鋼材の機械的性質

材種	降伏点 $\sigma_y: \text{kgf/mm}^2$	引張強さ $\sigma_b: \text{kgf/mm}^2$	伸び $E_l: \%$
SD40・D19	46.1	66.0	22
SR24・19φ (A. Bt)	34.5	48.5	29
SR24・19φ (アープ)	37.4	50.5	29

(2) 荷重および測定方法 荷重は図3に

示すようにテストベッド上に固定された治具Aに供試体の軸力筋を緊結し、加力治具Bを介して油圧ラムによりA.Btに漸増の引揚力を加えた。異形鉄筋を用いたA.Btはカブラーにより、丸鋼を用いたA.BtはM 16の細目ねじ加工を施しナットによりそれぞれ治具Bに緊結した。また、各荷重ステップ毎に図4に示されるダイヤルゲージ(D.G.)および抵抗線ひずみゲージ(W.S.G.)により、供試体各部の変形とひずみを測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 破壊性状 供試体の最大耐力は

全てA.Btの破断により決定した。供試体のRC側面には荷重の増加に伴ない円周方向および縦方向にコンクリートひび割れが発生する。RC部分の最終ひび割れ状況の一例を図5に示す。なお、実験終了後にRC部分を解体した結果、A.Btに異形鉄筋を用いた供試体ではA.Bt表面を起点とする内部ひび割れが観察された。また、供試体D-3については図6に示すようなコーン破壊と付着破壊の連成したひび割れが顕著であった。

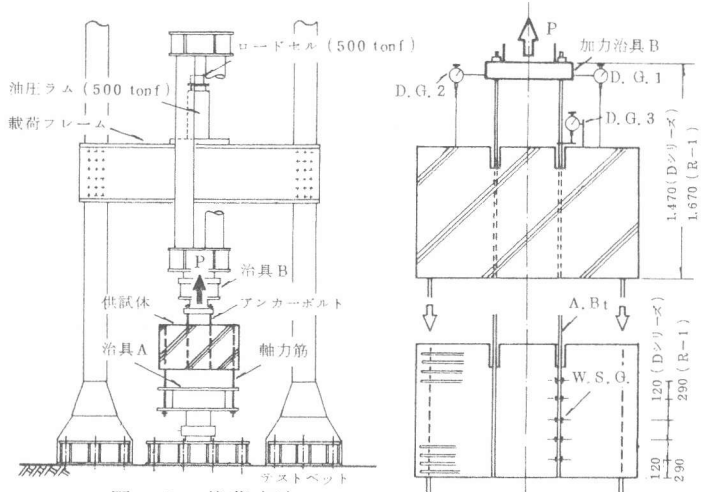


図-3 荷重方法

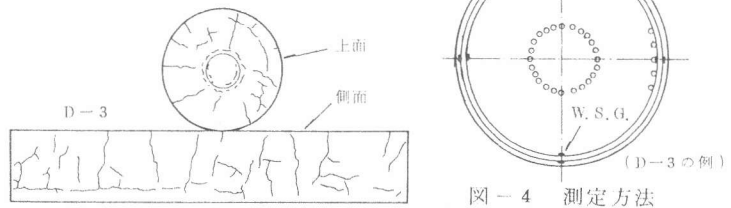


図-4 測定方法

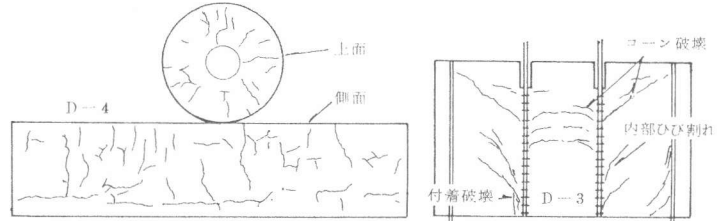


図-5 最終ひび割れ状況

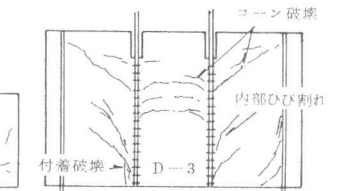


図-6 RC部断面のひび割れ

(2) 荷重-変形関係 各供試体の荷重-変形関係を図7に、A.Btの単位本数当りの軸力-加力端側引抜量関係を図8に示す。図8中の引抜量は図4に示されるD.G.3の測定値よりアンボンド部分の軸方向変形量計算値を控除して求めた。両図中にA.Btのコンクリート付着力を無視した場合の計算剛性を示す。

これら実験結果より以下の結論が得られる。

① 異形鉄筋をA.Btに使用することにより軸方向剛性が向上し、さらにアンボンド長を大きくとることでA.Btの加力端側引抜量が抑制される。

② 丸鋼を使用した場合は低荷重域でA.Btの引抜剛性が低下し、その値はコンクリート付着力を無視した計算値に漸近する。

(3) A.Btのコンクリート付着性能 各供試体のA.Btの軸方向ひずみ分布を図9に示す。また、A.Btの単位本数当りの軸力-各定着区間におけるコンクリート平均付着応力関係を図10に示す。これら実験結果より以下の結論が得られる。

① アンボンド長 $Lu=7d$ の場合は、A.Bt間隔が $4.4d$ 迄は群効果のコンクリート付着性状に与える影響は小さい。

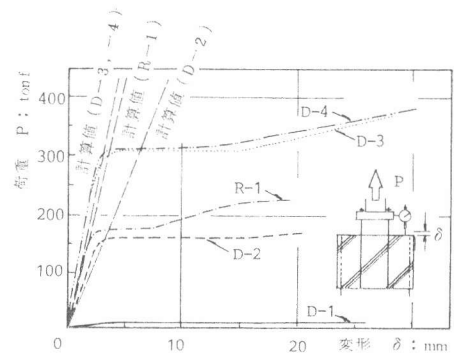


図-7 荷重-変形関係

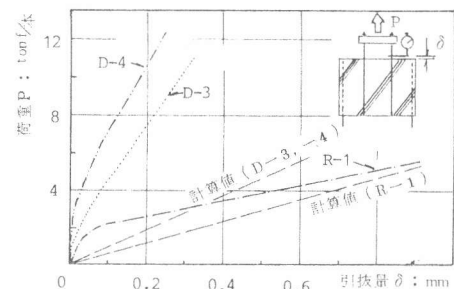


図-8 荷重-引抜量関係

②同じく、A.Bt間隔を1.7dとした場合は、群効果の影響は大きく、A.Btの加力側定着区間13d迄のコンクリート付着強度はA.Btの長期許容軸力($\sigma_{al}=22\text{kgf}/\text{mm}^2$)に到る前に劣化し始める。この区間の最大コンクリート付着応力は高々 $\tau=30\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度である。

③一方、アンボンド長 $Lu=20d$ とすると、A.Bt全長にわたりコンクリート付着強度は劣化することなく、群効果による影響は抑制できる。

④丸鋼のコンクリート付着強度は小さく、 $\tau=5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度を示した。

(4) 繰返し荷载の力学性状に及ぼす影響

供試体D-2、D-3、D-4については、A.Btの許容応力により決まる長期設計荷重および短期設計荷重($\sigma'_{al}=40\text{kgf}/\text{mm}^2$)で片振りの繰返し荷载を行なった。

短期設計荷重時での繰返し荷载の軸方向剛性およびA.Btのコンクリート付着強度に与える影響を図11、図12に示す。

これより、剛性とコンクリート付着強度は繰返し回数Nと共に劣化するが、 $N=8\sim 10$ 回でほぼ定常状態になることが判る。

4. 新型基礎の耐荷機構と設計法

以上の実験結果から、異形鉄筋をA.Btに用いることによりアンカフレームを使用せずとも十分な定着性能の得られることが判明し

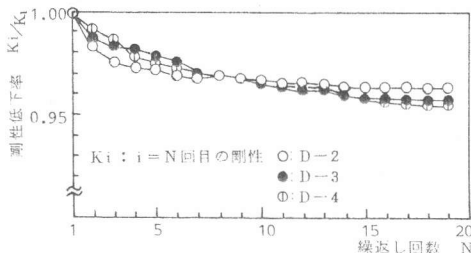


図-11 繰返し荷载の剛性に与える影響

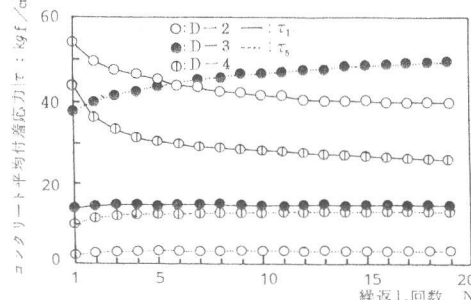
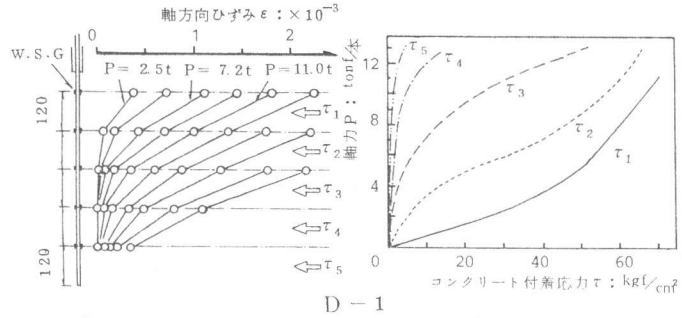
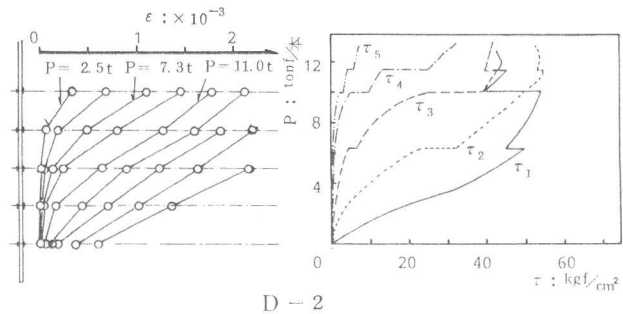


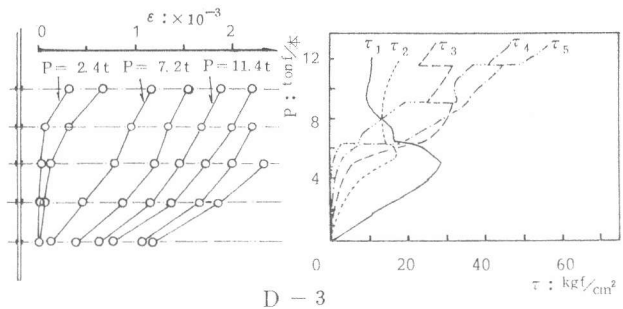
図-12 繰返し荷载のコンクリート付着応力に与える影響



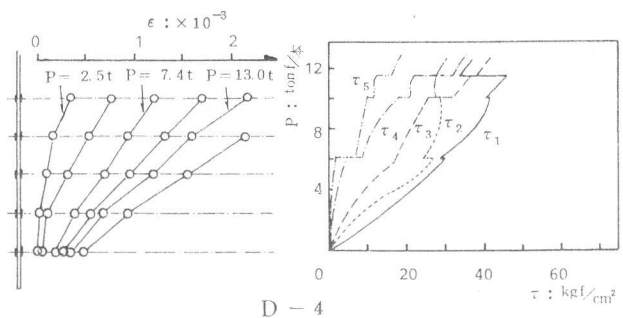
D-1



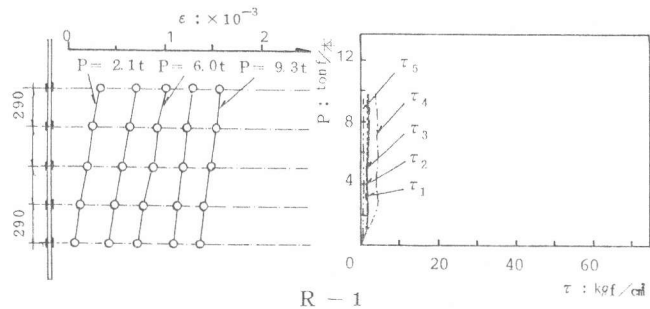
D-2



D-3



D-4



R-1

図-9 アンカーボルトの軸方向ひずみ分布

図-10 アンカーボルトの軸力-コンクリート平均付着応力関係

た。但し、その力学性状は定着長 $L=35d$ とした場合、A.Bt間隔はもち論であるが、そのアンボンド長により大きく影響を受ける。

そこで以下、モデル解析を行ない、最適なアンボンド長とフープ筋の設計法について検討する。

(1) 最適アンボンド長 $L_{u.ef}$ 供試体の破壊性状および異形鉄筋の割裂破壊理論との類推より、本構造において引揚力 P は図13に示す如く、A.Btより ϕ の傾きを有し、A.Btとフープ筋間に形成されるコンクリート圧縮場を介してRC基礎躯体に伝達されるものと考えられる。傾き ϕ は一般には実験的に求められるが、ここでは理論的に与える。

すなわち、最も効率の良い傾き ϕ_{ef} は力の釣合式①を微分することにより得られる。

$$P = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot v \left\{ L_0 \cdot \cos \phi - (b-a) \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi} \right\} \quad \text{--- ①}$$

ここで、 $v = A.Bt$ サークル径位置でコンクリート圧縮場に生じている直応力、

$a = A.Bt$ のサークル半径、 $b =$ フープ筋の半径、

$L = A.Bt$ の定着長、 $L_0 = L + L_u$

$\frac{\partial P}{\partial \phi} = 0$ より、 ϕ_{ef} は次の3次方程式の解となる。

$$\frac{L_0}{b-a} \cdot \sin^3 \phi_{ef} - 2 \sin^2 \phi_{ef} \cdot \cos \phi_{ef} - \cos^3 \phi_{ef} = 0 \quad \text{--- ②}$$

ϕ_{ef} の計算結果とコンクリート内部ひび割れ傾斜角測定結果を比較して図14に示す。

最適なアンボンド長 $L_{u.ef}$ は ϕ_{ef} の傾きを有するコンクリート圧縮場がA.Btの定着長全長にわたり形成される条件より次式で与えられる。

$$L_{u.ef} = \frac{b-a}{\tan \phi_{ef}} \quad \text{--- ③}$$

(2) フープ筋の設計法 コンクリート圧縮場の水平分力($v \sin \phi$)はフープ筋の軸力と釣合う。そこで、この水平分力を内圧と考え、厚肉円筒体の理論よりRC基礎躯体の縦方向ひび割れ発生荷重を、

そして、薄肉円筒体の理論よりひび割れ発生後のフープ筋に生じる円周方向ひずみを求める²⁾。結果を実験値と比較して図15に示す。図14,15より上述の仮定を設けたモデル解析により実験結果はほぼ説明し得ることが判る。

5. 結 言

異形鉄筋を用いたアンカーボルト定着型基礎の引抜実験およびモデル解析を行ない次の結論を得た。

(1) 本定着構造は、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準」に準拠し、かつアンカーボルトに③式で与えられるアンボンド長を設けることにより、アンカーフレームを撤廃しても十分な定着性能を有する。

(2) 本定着構造で力学性能上重要となるアンカーボルトのアンボンド長およびフープ筋の設計法を提案した。

謝辞：本実験を進めるにあたり御指導を戴いた東京大学岡村甫教授に感謝の意を表す。

- <参考文献> 1.太田実他；「異形鉄筋の定着強さ」土木学会第30回年次学術講演概要集 第5部 S50.P339~340
 2.横沢和夫他；「深礎基礎における支圧板付き鋼製柱の定着耐力に関する実験的研究」土木学会第38回年次学術講演概要集 第5部 S58.P345~346

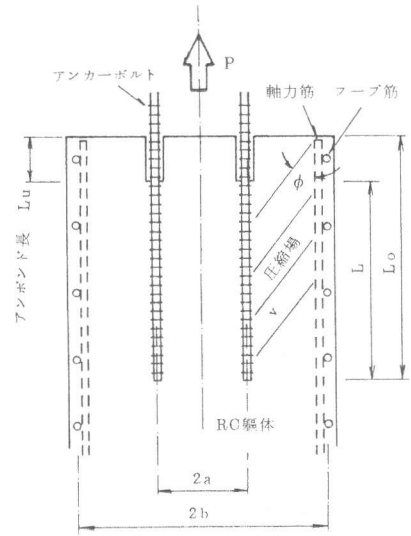


図-13 コンクリートの圧縮場

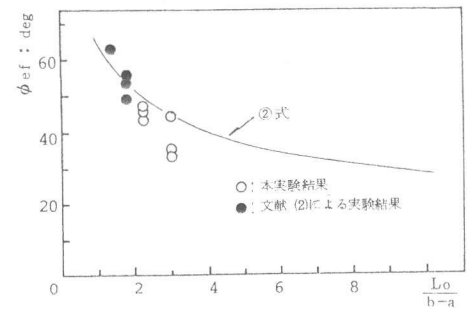


図-14 コンクリート圧縮場の傾き

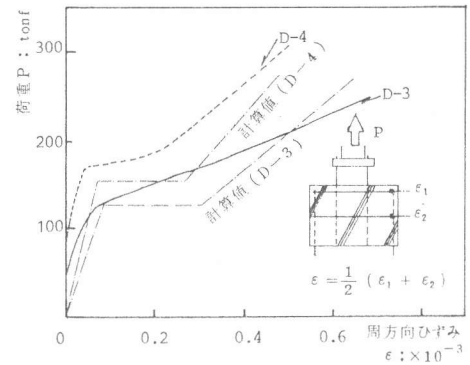


図-15 荷重-フープ筋の周方向ひずみ関係