

建築構造用アンカーボルトの破断伸び性能に関する実験的研究 (その2 追加曲げ引抜き試験)

214-080 取瀨 晋

1. 序

アンカーボルト (以下 A. Bt) 先行降伏型の露出柱脚の大変形域において、A. Bt に生じる曲げせん断変形が破断伸び性能に及ぼす影響を定量的に評価するため、文献 1) ではコンクリートに埋め込まれた ABR490 の A. Bt セットの曲げ引抜き試験を実施した。さらに、文献 2) では柱脚形式での実験を実施した。その結果、破断する方向とは逆方向の変形やベースプレート (以下 B. P) の水平変位が破断伸び性能に影響したと考えられた。

本報では、これらの影響について調べるため、追加の曲げ引抜き試験を実施する。

2. 実験計画

本実験に用いる試験体一覧を表 1、形状・寸法を図 1、荷重装置を図 2 に示す。文献 1) のパラメータである上ねじ部ナット数をダブルナット、上ねじ部長さ $3d$ 、回転半径 $10d$ 、初期水平変位 0 mm と共通に設定し、今回、既往研究で破断伸び性能に影響したと考えられた逆方向の変形と B. P 水平変位を新たにパラメータとして設定した。ここで d はねじの呼び径である。以下に新たに設定したパラメータについての説明を記す。

・逆方向荷重

実際の露出柱脚は単調荷重ではないので、A. Bt を破断する方向と逆向きに 1 度曲げてから荷重することで破断伸び性能が変化すると考えられる。

・B. P 水平変位 u : $0.5 \times$ 標準, 標準

既往の露出柱脚実験²⁾において、荷重に伴い B. P に概ね次式のような水平変位 $u(\text{mm})$ が生じた。

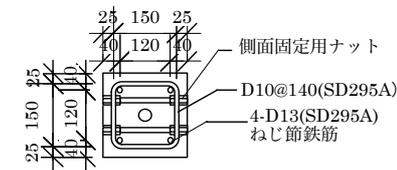


図 1 試験体形状・寸法

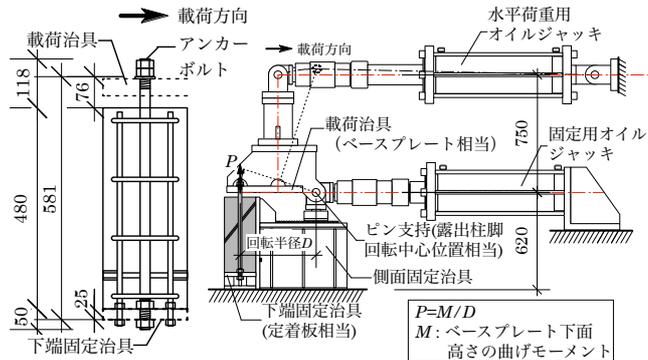


図 2 荷重装置

$$u=25 \theta_b \quad (0 \leq u < 2), \quad u=240 \theta_b - 17.2 \quad (2 \leq u) \quad (1)$$

この u を標準の水平変位として、破断伸び性能に及ぼす影響を検討する。 $0.5 \times$ 標準水平変位では次式のように設定した。

$$u=25 \theta_b \quad (0 \leq u < 2), \quad u=120 \theta_b - 7.6 \quad (2 \leq u) \quad (2)$$

実験で使用したコンクリートの材料試験結果は、最大耐力 24.4 N/mm^2 、ヤング係数 31300 N/mm^2 である。A. Bt セットの寸法や材料強度は文献 3) の M24 (ABR490・B 社製) と同じである。

荷重方法は、図 2 のようにピン支持された荷重治具に A. Bt を挿入し、水平荷重用オイルジャッキにより、標準曲げ引き抜きでは単調荷重を、逆方向荷重ではある一定値まで破断する方向と逆向きに荷重し 1 度曲げてから、試験体を逆に設置してもう一度荷重を、B. P 水平変位では単調荷重に加え、下側のオイルジャッキを荷重方向と同じ方向に (式 1)、(式 2) のように水平変位させ、それぞれ破断に至るまで荷重を行う。標準曲げ引き抜きでは下側のオイルジャッキで B. P 水平変位が生じないようにしている。

3. 実験結果および考察

本章では、既往研究の引張試験結果および今回実施した標準曲げ引き抜きと各パラメータを比較することで、各パラメータが及ぼす影響について考察する。

本実験より得られた試験結果一覧を表 1、柱脚曲げモーメント M_b -柱脚回転角 θ_b 関係を図 3 に示す。図 3 を見ると、標準曲げ引き抜きに比べ、B. P 水平変位を与えた試験体の θ_b が低下している。また、図 3 から逆方向荷重と標準の水平変位を与えた試験体と標準の水平変位のみを与えた試験体の変形性能は同程度である。よって、曲げ変形における性能低下は、逆方向荷重による影響は小さく、B. P 水平変位が及ぼす影響が大きいと考えられる。

4. 変形性能評価

(i) まず、曲げ引き抜き試験における破断伸び δ_{ub} を既往研究³⁾の引張試験における δ_{ut} で除して無次元化した δ_{ub}/δ_{ut} と、破断が生じた時点での柱脚回転角 θ_{ub} 関係から、逆方向荷重や B. P 水平変位が破断伸び性能に及ぼす影響を考察する。文献 1) より、ABR では θ_{ub} が大きくなるにつれて線形的に δ_{ub}/δ_{ut} は低下する。そこで、ABR490 において回帰式 ($\delta_{ub}/\delta_{ut} = \alpha \theta_{ub} + \beta$) により評価し、 θ_{ub} 時点の変形状態を図 4 のように仮定し、簡単のため $\sin \theta = \theta$ と近似すると、 $\theta_{ub} = \delta_{ub}/D$ と表され、これを回帰式に代入すると、引張試験に対する曲げ引き抜き試験の低減量における半実験式が次式のように求まる。

$$\delta_{ub}/\delta_{ut} = \beta D / (D - \alpha \delta_{ut}) \quad (3)$$

ここで、D は回転半径を表す。図 5 に今回の曲げ引抜き試験の $\delta_{ub}/\delta_{ut} - \theta_{ub}$ 関係と式 (3) を示す。傾きを変えず各パラメータの δ_{ub}/δ_{ut} を通るように式 (3) を平行移動させ、その低下量を調べると、逆方向載荷と標準の B.P 水平変位を与えた試験体は 20%、0.5×標準 B.P 水平変位を与えた試験体は 18%、標準 B.P 水平変位を与えた試験体は 27%低下した。よって、逆方向載荷や B.P 水平変位を与えると、曲げ引抜きより 2~3 割程度破断伸び性能が低下する。

(ii)次に、既往の ABR400 柱脚実験²⁾において、その実験値が曲げ引抜き試験結果と比較して 3 割ほど小さい値となった。1 章でも記したように、破断伸び性能低下に逆方向の変形や B.P 水平変位が影響したと考えられたが、3 章より、逆方向変形による影響は小さいと推察されたので、破断時柱脚回転角において標準 B.P 水平変位を与えた試験体と既往の柱脚実験結果を比較して検証する。式 (3) を δ_{ub}/D について解き、 $\theta_{ub} = \delta_{ub}/D$ を代入すると、

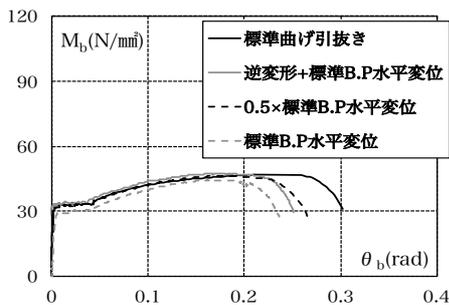


図 3 $M_b - \theta_b$ 関係

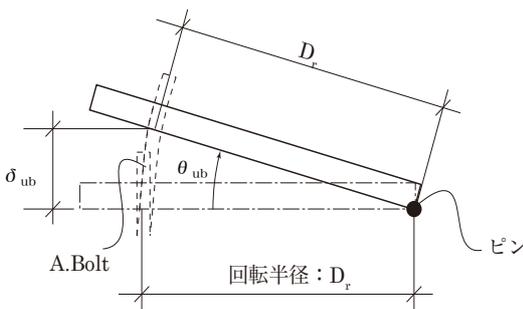


図 4 柱脚変形概要

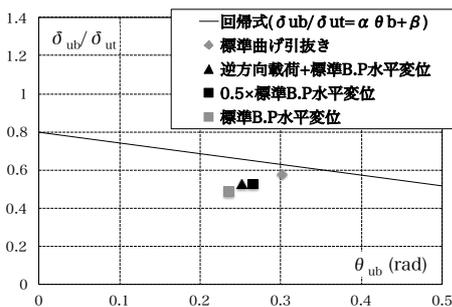


図 5 $\delta_{ub}/\delta_{ut} - \theta_{ub}$ 関係

次式のようになる。

$$\theta_{ub} = \beta \delta_{ut} / (D - \alpha \delta_{ut}) \quad (4)$$

図 6 に $\theta_{ub} - D_r/d$ 関係を示す。■は既往の ABR400 柱脚実験値を示す。図 6 を見ると、標準 B.P 水平変位を与えた試験体が柱脚実験値と良い対応を示していることが分かる。(i)で標準 B.P 水平変位を与えた試験体の δ_{ub}/δ_{ut} の低下量が 27%と概ね 3 割であることを踏まえると、既往柱脚実験値が曲げ引抜き試験結果より 3 割ほど小さい値となったことと合致する。よって、露出柱脚において B.P 水平変位はアンカーボルト変形性能低下の要因であると考えられ、標準曲げ引抜きの実験値から概ね 3 割ほど性能低下すると推察される。

5. 結

本報では、既往柱脚実験に基づいて設定したパラメータの曲げ引き抜き試験を実施し、その結果を既往柱脚実験値と比較することで、A. Bt 変形性能低下の要因を検証した。

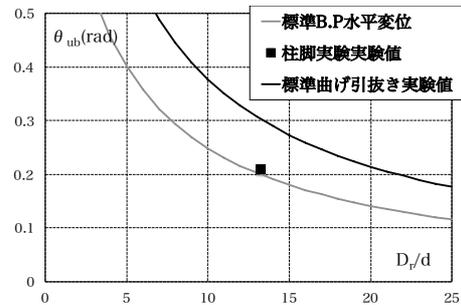


図 6 $\theta_{ub} - D_r/d$ 関係

表 1 試験体および試験結果一覧

鋼種	逆方向 載荷	B.P水平 変位	降伏強さ σ_y^{*1} (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)	破断伸び ϵ_b (%)	破断位置
ABR490	無	—	364	522	12.6	軸部
	有	標準	383	528	11.5	軸部
	無	0.5×標準	359	518	11.6	軸部
	無	標準	326	495	10.7	軸部

*1 表中の σ_y は 0.2% オフセット法により算定している。

参考文献

- 1) 村岡良亮, 向出静司, 中田雄斗, 多田元英: 建築構造用アンカーボルトの破断伸び性能に関する実験的研究(その 2 曲げ引抜き試験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, pp. 1167-1168
- 2) 村岡良亮, 向出静司, 中田雄斗, 多田元英: 建築構造用アンカーボルトの破断伸び性能に関する実験的研究(その 4 露出柱脚の載荷実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, p. 955
- 3) 中田雄斗, 向出静司, 村岡良亮, 多田元英: 建築構造用アンカーボルトの破断伸び性能に関する実験的研究(その 1 アンカーボルトセットの引張試験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, p. 1165