

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 転造ねじ(ABR)の場合)

210-046 河瀬 良平

1. 序

大地震時の露出形式柱脚部の必要回転量は 0.03rad 程度とされている¹⁾。アンカーボルト (以下 A.Bt) の塑性変形によってこの回転量を確保するには、有効引張長さ L_e (ナット間長さ) が曲げ回転半径と等しい場合、3%程度の伸びに相当する塑性変形があれば良いことになる。現在 JIS で規格化されている構造用転造両ねじアンカーボルトセット (ABR) と構造用切削両ねじアンカーボルトセット (ABM) において、ABR では 10%程度の伸び性能、ABM では 3%程度の伸び性能が保証されているものの、その定量的な根拠は示されていない。このような背景から既往の研究²⁾で建築構造用 A.Bt セットの引張試験を行っているが、A.Bt セットとしての伸び性能を把握するには試験体数やパラメータが十分とはいえない。そこで本論その 1 では、アンカーボルトセット (ABR) の引張試験を行い、伸び性能について定量的に評価することを目的とする。

2. 実験計画

本実験では破断伸び性能に影響を及ぼすと考えられる以下のパラメータを設定した。

- ・鋼種：ABR400, ABR490

鋼材の種類として、SNR400B, SNR490B の違いがある。

- ・ねじの呼び径：M24, M39

ねじ山のとがり山高さ H とボルト径 d の比 H/d が大きいほど塑性硬化の影響が大きく、小さいほどその影響が小さくなると考えられる。この比率が比較的大きな M24 (11.9%) と比較的小きな M39 (9.6%) について影響を検証する。

- ・A.Bt 長さ：27 d , 32 d

- ・上端ねじ部の長さ：3 d , 4.5 d

A.Bt で破断が生じる場合には、ねじ部長さと軸部長さの比率が伸び性能に影響することが推察されるので、その影響を検証する。

- ・ねじ製造メーカー：A 社, B 社

メーカーにより転造加工用の機械が異なり (A 社：3 ローラ丸ダイス, B 社：2 ローラ丸ダイス), それがねじ部の強度に影響することも考えられるので、実験により検証する。

A.Bt セット計 12 組 (各 2 本) に上記に示すようなパラメータを表 1 のように設定する。アムスラー試験機を用いて载荷を行う。試験体の形状及び寸法を図 1 に示す。

使用材料 (丸鋼のまま) の引張試験に加え、塑性加工

による耐力上昇の程度を把握するため全ねじの引張試験を行う。JIS2 号引張試験片による丸鋼の材料試験結果を表 2, 全ねじの引張試験結果を表 3 に示す。表 3 には破断伸びは標点距離を $5d$ とした値 (14 号引張試験片に相当する) を示す。表 3 を見ると、丸鋼の材料試験に対して全ねじの最大耐力は、1.15~1.26 倍になっていることがわかる。この倍率について各パラメータの平均値を比較すると、鋼種では ABR400 が 1.17 で ABR490 が 1.19 であり 2%の差、製造メーカーでは A 社では 1.17 で B 社では 1.20 であり 3%の差であった。ねじの呼び径の影響が最も大きく、M24 では 1.21 で M39 では 1.15 であり 6%の差が生じた。M24 の方が H/d が高かったためと考えられる。ABR では、ねじ部の断面積が軸部よりも 5~6%小さいが、引張強度が上述のとおり 15~26%大きくなったので、軸部破断が生じると推察される。

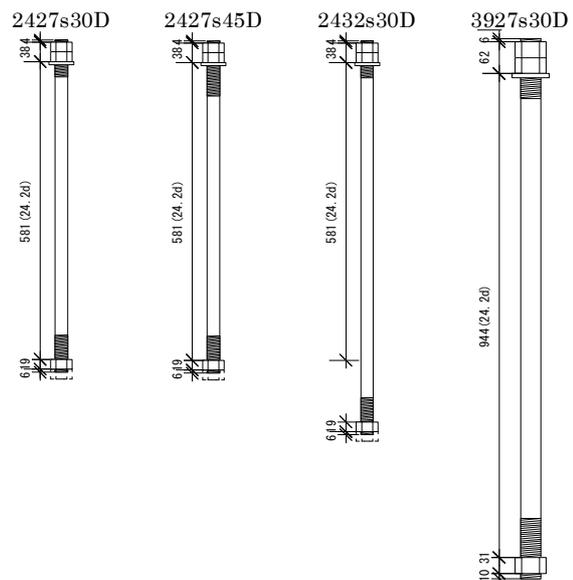


図 1 試験体の形状・寸法

表 1 試験体一覧

試験体名称	鋼種	製造メーカー	呼び径	A. Bolt		試験体数		
				全長	ねじ長			
R4A-2427s30D	ABR400	A	M24	27 d	3 d ,3 d	2		
R4B-2427s30D		B				2		
R4A-3927s30D		A	M39			2		
R4B-3927s30D		B				2		
R5A-2427s30D	ABR490	A	M24	27 d	3 d ,3 d	2		
R5B-2427s30D		B				2		
R5A-2427s45D		A				4.5 d ,3 d	2	
R5B-2427s45D		B					2	
R5A-2432s30D		A	M39			27 d	3 d ,3 d	2
R5B-2432s30D		B						2
R5A-3927s30D		A						2
R5B-3927s30D		B						2

ハッチングは文献²⁾で既の実施している試験体を表す。

表2 丸鋼の材料試験

鋼種		降伏強さ σ_y (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)	降伏比 YR (%)	一様伸び ϵ_u (%)	破断伸び ϵ_f (%)
ABR400	M24 (A社)	312	447	70	24	32
	M24 (B社)	287	429	67	23	34
	M39 (A社)	298	462	64	22	32
	M39 (B社)	282	423	67	21	33
ABR490	M24 (A社 ロット1)	342	548	62	17	27
	M24 (A社 ロット2)	334	526	64	20	28
	M24 (B社)	328	495	66	20	29
	M39 (A社)	345	528	65	16	27
	M39 (B社)	344	539	64	17	28

表3 全ねじの引張試験結果

鋼種		挿み間隔 (mm)	降伏強さ σ_y (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)	破断伸び (%)	全ねじ σ_u 丸鋼 σ_u
ABR400	M24 (A社)	192	414	516	22.8	1.16
	M24 (B社)	168	357	541	27.4	1.26
	M39 (A社)	390	360	501	22.8	1.08
	M39 (B社)	390	319	492	27.8	1.16
ABR490	M24 (A社 ロット2)	240	408	649	27.8	1.23
	M24 (B社)	168	364	597	21.9	1.20
	M39 (A社)	390	408	625	23.0	1.18
	M39 (B社)	390	364	621	22.7	1.15

3. 実験結果と考察

3.1 実験結果

A.Bt セット引張試験で得られた結果をまとめる。第2章で予測した通り、ABR では全て軸部で破断した。

鋼種ごとの伸び性能について比較する。ABR の試験体では、ねじ部が転造加工により降伏強さが上昇しているため、ねじ部に先行して軸部で降伏する。その後 ABR400, ABR490 いずれの試験体でも、18~25%程度で破断に至ることが確認できた。伸びについては呼び径, A.Bt 長さ, 上端ねじ長さ, 製造メーカーの違いによる有意な差は生じなかった。

3.2 破断伸び性能の評価

丸鋼の材料試験で得られた破断伸びを基に A.Bt セット引張試験の破断伸びを評価し、実際に A.Bt セット引張試験で得られた破断伸びとの比較を行う。評価方法としては、文献1)で示された次式より評価する。

$$\delta_{ut} = L_b \epsilon_u + L_{bf} (\epsilon_f - \epsilon_u) \tag{1}$$

L_b : 軸部有効長さ

L_{bf} : ϵ_f 測定時の標点距離 (ここでは JIS2 号引張片 8D とする)

同式において、第1項が一様伸びに至るまでの軸部伸び、第2項が軸部破断位置周辺での局部伸びを表している。ねじ部については、塑性加工による強度上昇の程度が不明瞭なため、過大評価とにならないようゼロと見なしている。図2に破断伸び性能に関する評価値と実験値の比較を示す。図3に ϵ_{ut} の実験値と計算値を比較したものを示す。図2から軸部では大きく伸び、ねじ部では伸びが少ないことがわかる。図3から実験値と計算値が概ね良い対応を示し安全側の評価ができることがわかる。

4. 結

材料試験を基に引張試験の破断伸び性能を予測するための評価式は、実験値を概ね安全側に評価できることがわかった。引張試験において呼び径, A.Bt 長さ, 上端ねじ長さ, 製造メーカーの違いによる有意な差は生じておらず、伸び性能に大きな影響を与えないと考えられる。

参考文献

- 1) 長谷川隆: 露出柱脚を有する鉄骨構造骨組の地震時応答性状, 構造工学論文集 vol.46B, 2003.3
- 2) 中田雄斗, 他3名: 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)日本建築学会大会梗概集, C-1 分冊, PP.1165-1166, 2016.8

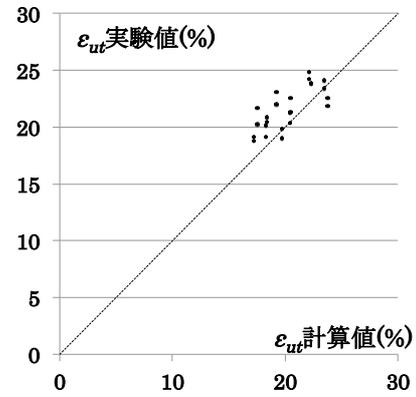


図3 ϵ_{ut} の実験値と計算値の比較

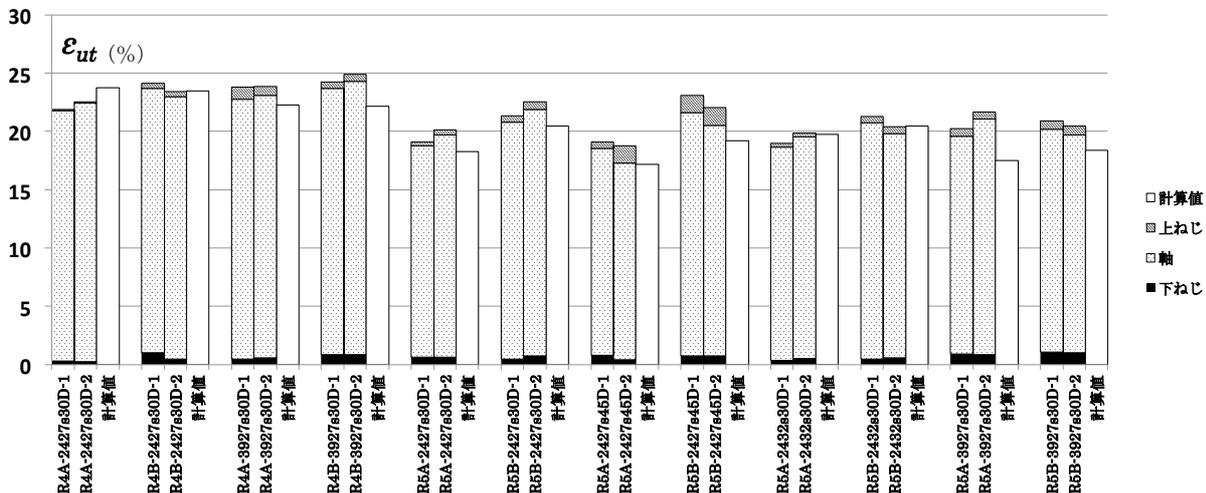


図2 破断伸び性能に関する評価値と実験値の比較