

東京都立大学 (正員) 堀川 浩雨  
 東京都立大学 (学生員) 夜辺 望

I. 概説 鋼材の伸びの測定値-伸び値-は降伏比の上昇に伴って低下する。特に最近使用され始めているHT 80の様な高張力鋼においては、伸び値はかなり小さなものとなる。そこで構造物において、伸びはどのような意義があるのか検討することは重要なことである。ここでは伸びを次の2点にわけて考えることにした。1つは、構造物の加工の段階で要求される伸びで、曲げ加工・溶接による角変形のプレス矯正において板の表面に必要とされるものである。これは使用される素材の伸び値に直接関係する。もう1つは、ボルト孔の様な断面欠損のある構造物が破壊する際、伸びをあまり併ねない不安定な破壊を防ぐ為に、構造物材全体に必要とされる伸びである。これは使用される素材の伸び値と、断面欠損部の設計によって決まる。断面の欠損と構造物の伸びとの関係を、ボルト孔を想定した穴孔き材の引張試験によって解析した。最終的には、ある伸び値を確保する為に、素材については降伏比の限度、部材については継手部の設計のあり方を述べる。

II 鋼材の伸び 鋼材の引張試験を行いその伸び値を調べると、破断箇所付近のくびれた部分に集中する局部伸びと、その両側の平行部にはほぼ一様に分布する一様伸びとからなっている。一様伸びは、荷重が降伏点を超えて最大荷重に達するまでの安定した変形過程に生ずるもので、その値は降伏比の上昇に伴って低下する。これらの間には次の様な関係がみられる。
$$\epsilon_u = 0.6(1 - \sigma_s/\sigma_b) - \Phi \quad (1)$$
$$\epsilon_u: \text{一様伸び} \quad \sigma_s/\sigma_b: \text{降伏比}$$
局部伸びは、最大荷重を超えた後、荷重が低下していく不安定な変形過程で生じるくびれを併った伸びである。この値は試験片の形状によって異なるが降伏比には関係しない、本研究で対象となる伸びは、最大荷重に達するまでに生ずる一様伸びである。

III 構造物において必要とされる伸びの値 曲げ加工および溶接による角変形のプレス矯正の際に必要とされる素材の一様伸びは、次の様に考えると約3%である。  
 ・曲げ加工に伴う部材表面の伸びは、示方書に規定されている最小曲げ半径で加工した場合について計算する。  
 ・プレス矯正の場合の伸びは、余盛を削除した溶接継手の場合で20mm/mの角変形を矯正した時、約3%となる。図1は角変形量に変化した時の溶着鋼の平均伸び率である。ただしこの場合、伸びは溶接による軟化部に生じているので素材の伸びではないが1つの目安と考えられる。

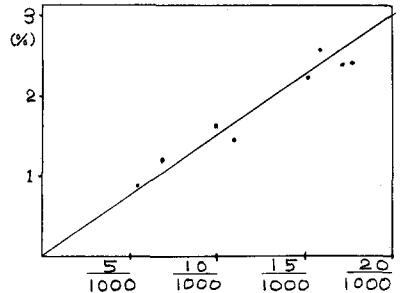


図-1 角変形量と溶着鋼の平均伸び率

構造物材に必要とされる伸びの値は定かではないが、次の様な例から1つの目安が得られる。正三角形のパネルを持つトラスの中央付近の下弦材が1~3%伸びた場合のたわみを考える。1%の時、トラスのたわみは約1/300に、3%の時約1/100となる。一方示方書によりトラスのたわみは1/500に制限されている。それ故1~3%の伸びが構造物材に必要とされる伸びの目安と考えられる。

IV 穴孔き材の引張試験

使用鋼材の降伏比	1 実験方法	図-2に示す
SM 41	0.67	
SM 50	0.68	
SM 50Y	0.76	
SM 58	0.87	
HT 80	0.95	

試験片を降伏比の異なる5種の鋼材の各々について、純

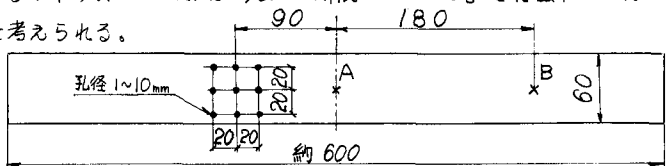


図-2 穴孔き引張試験片

断面積 (A<sub>n</sub>) と平滑部断面積 (A<sub>s</sub>) の比を変化させて作成し試験を行った。各試験片について、引張強さ、平滑部の標点A B間の伸び(これを部材全体の伸びと考える)を測定した。

2. 実験結果および考察。応力の応力に対する影響を無視して考えた時、試験片の平滑部に伸びが生ずる為の条件は次のようになる。まず平滑部と継手部に加わっている荷重が等しいことから、 $\sigma^p \times A_g = \sigma^j \times A_n$  ( $\sigma^p$ :平滑部の応力、 $\sigma^j$ :継手部の応力) 変形して  $\sigma^p / \sigma^j = A_n / A_g$  ② ( $A_n / A_g$ :純断面積比)。つぎに破断時には、 $\sigma^j = \sigma_B$  であり、この時平滑部に伸びが生ずる為には  $\sigma^p > \sigma_y$  でなければならぬ。よって求める条件は②から  $A_n / A_g > \sigma_y / \sigma_B$  ③ 即ち平滑部に伸びが生ずる為には、純断面積比が降伏比より大きくなければならぬ。

・実験の結果から継手部の引張強さを求めると、それは素材の引張強さより大きくなっている。これは、応力のまわりに応力集中が起り塑性歪れを抗束するからである。いま継手部引張強さの素材引張強さに対する比 $\alpha$ を各純断面積比についてプロットしたものが図-3で、これによれば、継手部の引張強さは鋼種によらず素材の引張強さの約1.1倍となっていることがわかる。この様に実際には継手部の強度が増加する為③式の右辺が降伏比より小さくなり、その結果平滑部が伸びを生ずるのに必要な純断面積比もより小さくなる。

・図-4は純断面積比と平滑部の伸びとの関係を示したものである。この図から部材全体にある値の伸びを確保するのに必要な純断面積比が求まる。道路橋の示方書によれば継手部の強度は全強の75%以上の強度を持つように規定されている。これは純断面積比を0.75にすることと同じ意味である。図-4からそれに相当する伸びを求め、更にその時の継手部の、平滑部の強度に対する比を求めたものが、

表-1である。これから現行の設計方法では40~50キロ級鋼については、4~5%の伸びが確保されており、継手の強度も実際には全強の90%近くとなっている。60~80キロ級鋼についてはほとんど伸びが得られないことを示している。

・表-2に1%2%3%の伸びを確保する時に現行の設計方法で継手部の設計を行える降伏比の上限値を示した。継手部の板厚を増せば降伏比の上限値は大きくなるが、HT80の様に降伏比が大きくなると普通の設計はしにくい事を示している。

V 結論。構造用鋼材は加工の段階で約3%の一律伸びが必要とされる。それ故鋼材は素材としての一様伸びを3%程度確保しなければならぬ。この為には降伏比の上限は0.95位となる(①式参照)

・構造部材としての伸びは1~3%程度必要とされる。現行の設計方法で継手部の板厚を变化させないで設計できる降伏比の上限は0.8位である。

・応力集中の伸びは鋼材の降伏比によって異なるので、純断面積比は各鋼材について規定した方が合理的である。各鋼材ともその降伏比程度の純断面積比で継手を設計すれば、部材として必要な伸びは確保できる。

参考文献 (1)本州四国連絡橋上部構造に関する調査研究報告書

(2)JSSC vol.9 No89 「80和 high 張力鋼溶接部のわずみ時効の影響調査」

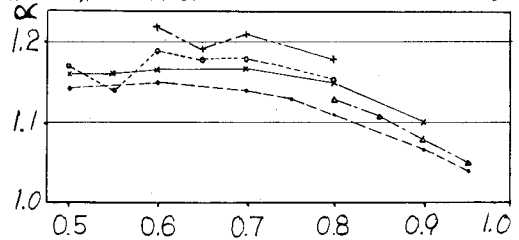


図-3 純断面積比( $A_n/A_g$ )と強度増加率( $\alpha$ )

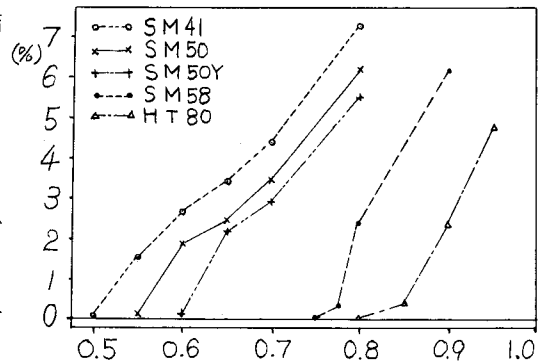


図-4 純断面積比( $A_n/A_g$ )と伸び

鋼種	$A_n/A_g$	伸び	強度比
SM41	0.75	5.8%	0.87
SM50	0.75	4.8	0.87
SM50Y	0.75	4.2	0.89
SM58	0.75	0	—
HT80	0.75	0	—

表-1

板厚比	1.0	1.1	1.2	1.3
1%	0.85	0.91	0.97	—
2%	0.83	0.89	0.96	—
3%	0.81	0.87	0.94	1.00

表-2 継手部板厚比と伸びと降伏比の上限 ( $A_n/A_g = 0.75$ )