

東京都立大学 正 員 堀川 浩甫
 東京都立大学 学生員 ○ 渡辺 望
 日本道路公団 正 員 結方 正

はしがき 高強度の鋼材を溶接する時、溶接金属はいわば鑄造組織であるので、母材と同等の性質を確保することが困難となり、場合によっては溶接われが生じ易くなる。この溶接われの対策の1つに軟質継手という考え方があ。それは、母材より多少強度の低い溶接材料を用いることによって品質の高い溶着鋼を作り出そうとするもので、溶接われの原因となり易く強度に余り影響を及ぼさない多層盛溶接の初層、溶接外観補修の爲の化粧盛等に実際に用いられ効果をあげている。更に荷重軸と直交する突き付け継手に軟質継手を用いても、軟質部の塑性流動を両側の母材が抗束するので、継手全体としての強度はほとんど低下しないことが理論および実験によって確かめられている。¹⁾²⁾本研究は、軸力とせん断力とが同時に作用するすみ肉溶接に軟質継手を用いた場合の影響について、梁の模型の曲げ試験から検討したものである。

材料および実験方法 実験は、すみ肉溶接部に母材と同等の強度の溶接材料を用いた（同質継手）模型（略号H）3体と、母材より低い強度の溶接材料を用いた（軟質継手）模型（略号S）3体について実験A、Bの2回にわたって実施した。梁のスパン中央に載荷し、各部の歪、中央点のたわみを測定した。表-1 表-2に使用した鋼材および溶着金属の機械的性質を、図-1に模型の形状および寸法を示す。

実験結果および考察 図-2に荷重-たわみ曲線を、表-3に各梁の最大荷重を示す。・同質継手の梁は破断するまでウェブとフランジと

が一体となって荷重を受けるI型梁として挙動すると考える。軟質継手の場合は溶接部が降伏するまではI型梁として挙動するが、その後ウェブとフランジとの間にすべりが生じ、増加した荷重については重ね梁として働くと考え。

・I型梁と仮定して、最大荷重時の梁下面の塑性ひずみから、歪硬化を考慮した応力分布を求めて最大荷重を計算すると126 tonとなり、表-3の同質継手の実験結果と一致する。それ故、同質継手の梁はI型梁として荷重を受けているとみなされる。・同質継手の梁と軟質継手の梁との最大荷重の差は、軟質継手の梁が溶着鋼の降伏した後は重ね梁として働くことによって説明される。すなわち、最大荷重時に軟質継手の梁は図-3に示す応力分布を呈するが、これは同質継手の梁に比べて斜線の部分だけ応力が減少しており、それが最大荷重の差となる。最大モーメントの差 ΔM は $\Delta M = 2(\sigma_B - (\sigma_x)_y)(b_2 \times t/2) \times (h_1 \times t/2)$ —Eq.1

〔 σ_B :母材引張強度 $(\sigma_x)_y$:溶着鋼降伏時の軸応力〕

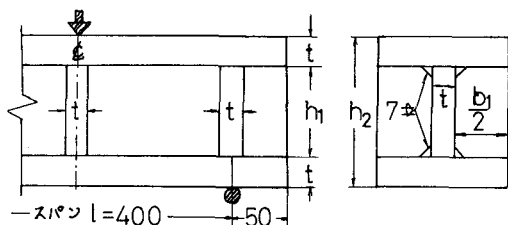
ΔM は実験から既知であるから $(\sigma_x)_y$ が求まる。

実験	鋼種	板厚	降伏強度 ^{kgf/cm²}	引張強度 ^{kgf/cm²}
A	HT80	13 mm	76.9	79.2
B	HT80	12 mm	84.0	89.0

表-1 母材の機械的性質

実験	継手	溶接材料	溶着鋼Hv	引張強度 ^{kgf/cm²}	せん断強度
A	S	LB180	157	49.2	—
A	H	LB116	262	85.8	—
B	S	LB47A	203	65.4	41.1
B	H	LB116	281	92.8	55.0

表-2 溶着鋼の機械的性質



$b_1 = 88$ $b_2 = 100$ $h_1 = 87$ $h_2 = 111$ $t = 12$

図-1 模型形状および寸法（実験Bの寸法）

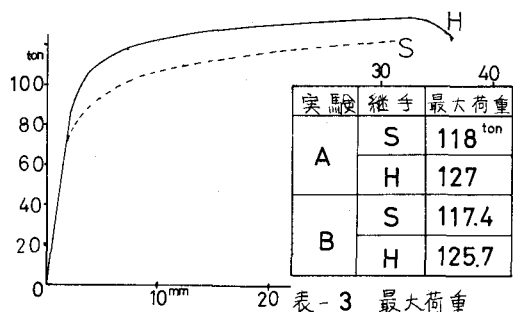


表-3 最大荷重

図-2 荷重-たわみ曲線

$$(\sigma_x)_y = \sigma_s - 4M \times \{1/\{(h_1 + t/2) \times (b_2 \times t/2) \times 2\} \} \quad - \text{Eq. 2}$$

実験A, Bの各々について計算すると A: $(\sigma_x)_y = 69.4 \text{ kg/mm}^2$

B: $(\sigma_x)_y = 76.6 \text{ kg/mm}^2$ 。又この時の荷重Pは A: 115.7 ton

B: 115.5 ton。Pを用いて溶着鋼のせん断応力を求めるとA:

$(\tau)_y = 52.4 \text{ kg/mm}^2$ B: $(\tau)_y = 52.8 \text{ kg/mm}^2$ となる。・溶着部降伏時の軸

応力とせん断応力とから、溶着鋼の降伏強度 $(\sigma_w)_y$ をMisesの降

伏条件から求める。 $(\sigma_w)_y = \sqrt{(\sigma_x)_y^2 + 3(\tau)_y^2}$ -Eq.3

A: $(\sigma_w)_y = 114.9 \text{ kg/mm}^2$ B: $(\sigma_w)_y = 119.0 \text{ kg/mm}^2$ これらの値を表

-2の溶着鋼引張強度と比較すると、約60キロ近くも大きな値と

なっている。これは応力の多軸化による強度上昇の影響も含まれ

ているとは考えられるが、それだけでは説明できない。

増し脚長による補強の可能性 ・溶着鋼には軸応力 (σ) とせん

断応力 (τ) とが加わっており、この2つの応力がMisesの降伏条

件 $(\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sigma_y)$ を満足した時降伏する。 σ_y は溶着材料等によ

って決まり、梁の形状によって σ と τ の比率が決まる。ここで、

母材の断面は変化せず、溶着部の脚長を大きくすると τ は小さくなる。 τ が小さくなればMisesの降伏条件で

その分だけ σ を大きくすることができ。そこで、軟質継手の増し脚長の最大荷重におよぼす影響を考えてみる

。・断面と載荷条件が決まれば、その溶着部に加わる軸応力とせん断応力との比 (α) が決まる。

$\tau_0 = \alpha \sigma_0$ [σ_0, τ_0 : 脚長 S_0 の時の軸応力とせん断応力] 本実験では、 $\alpha = 2\sqrt{2}G/S_0h_1$ -Eq. 4

脚長を S_0 から S_1 にすれば $\tau_1 = S_0/S_1 \cdot \alpha \sigma_1$ -Eq.5となる。 α が求まり溶着鋼の降伏強度と与えられれば、Mises

の降伏条件から溶着鋼降伏時の軸応力、せん断応力が求まる。 $(\sigma_0)_y = \sqrt{1/(1+3\alpha^2)} \sigma_y$ -Eq.6

$(\sigma_1)_y = \sqrt{1/(1+3(S_0/S_1)^2\alpha^2)} \sigma_y$ -Eq.7 ・溶着部が降伏する時、軸応力とせん断力との間に常にMisesの

降伏条件が成り立っているものとして無次元化して図示したものが図-4である。横軸は軸応力の降伏強度に対す

る割合を、縦軸はせん断応力の降伏強度に占める割合である。この図から、せん断応力が軸応力に比べて小さく

ない断面(α が大)では、少しの増し脚長で降伏条件に占める軸応力の割合を大きく増加でき、その結果最大荷

重を増やせる。反対にせん断応力が軸応力に比べて小さい様な断面では、増し脚長による効果は余り期待できな

いことがわかる。実験Bの試験体について考えてみると、Eq.6 から $(\sigma_0)_y = 0.64\sigma_y$ で図-4のA点で示される

。脚長を S_0 から S_1 にすればEq.5から $(\tau_1)_y = S_0/S_1(\tau_0)_y$ となり図の点Bで示される。この時の軸応力は、B

点から横軸に平行線をひき、曲線との交点Cで与えられる。実際の橋梁の場合、Gが小さく h_1 、 l が大きいので

Eq-4の α が小さくなり $(\sigma_0)_y/\sigma_y$ は1に近いかなり大きな値となるので、増し脚長の効果は期待できない。

まとめ ・本実験では、梁全体の降伏荷重、最大荷重は、同質継手と軟質継手との間で約7%位の差が生じた

が、溶着材料の強度差を考えれば小さな差といえる。・軟質継手の溶着部は全溶着金属の強度の1.85～2.4倍と

いう結果になったが、これは母材による抗束の影響もあるが計算法の検討も必要であらう。・増し脚長による

梁全体の耐力上昇への効果は、せん断応力が軸応力の3/5位より大きい様な断面では効果が期待できる。反対に

実際の橋梁の様にせん断応力の小さな場合には、その効果が期待できない。

あとがき、本研究は日本溶接協会のS-J委員会の研究の一部として行われたものであり、実験Aは三菱重工神戸

造船所で行われ、実験Bは郡立大で行われたものである。S-J委員会の佐藤邦彦主査、三菱重工の河井清和委員

に感謝したい。

参考文献 1) 堀田, 堀川 土木学会年次学術講演会 26回I部P.649

2) 堀川, 赤沢

27回I部P.685

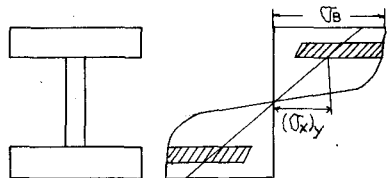


図-3 軟質継手の応力分布

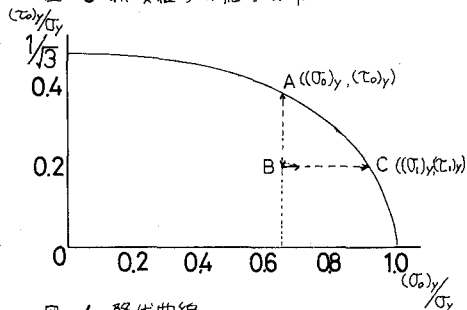


図-4 降伏曲線