

建築鉄骨柱・梁混用継手の残留応力およびひずみ

中 辻 照 幸
藤 盛 紀 明
藤 盛 義 嗣

§ 1. はじめに

建築鉄骨の柱・梁接合部によく用いられる、ウェブをH. T. ボルト接合しフランジを溶接接合する混用継手では、一般にH. T. ボルト接合が溶接接合に先行するため、溶接接合時の収縮変形はH. T. ボルト接合部によって拘束され、残留応力が発生する。このような残留応力が、構造的にどのような影響があるかということは明らかでなく、またこのような残留応力を測定した例もみあたらない。

本報告は、筆者らの研究¹⁾で使用した実物大の柱・梁接合部模型試験体を用いて、ウェブのH. T. ボルト接合を解放した時の残留ひずみを測定し、ウェブのH. T. ボルト接合の拘束による残留応力およびひずみを実験的に調べたものである。

§ 2. 試験体

2.1 試験体形状・寸法

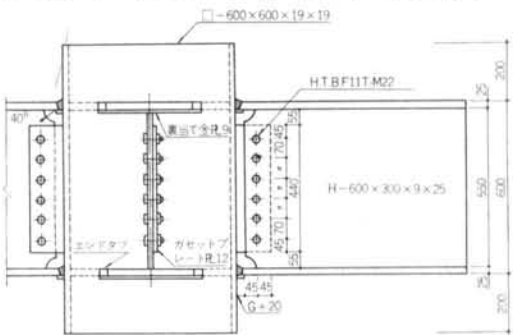
試験体の形状および寸法は、図一1に示す。柱はロー600×600×19×19のボックス柱とし、梁はH—600×300×9×25のビルトアップH形梁とした。供試材料は市販のSM50Aを用いた。材料の機械的性質および化学成分は表一1に示す。

2.2 試験体の作成

ウェブのH. T. ボルト接合にはF11T—M22を使用し、締めつけトルク値は70kg・mとした。ウェブとガセットプレート(円12)の摩擦面は、一様に赤く見えるサビの状態とした。

フランジの溶接は、裏当て金付きレ形開先で手溶接で行なった。溶接金属の盛り方および溶接条件は、それぞれ図二、表二に示す。開先間隔(G)は7mm, 9mm, 12mmの3種類とし、それぞれの開先間隔をもつ試験体の

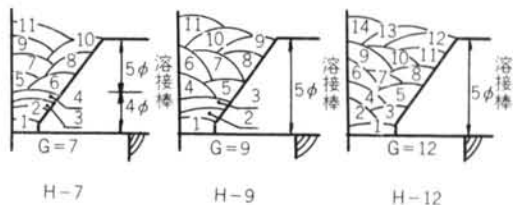
記号を、それぞれH—7, H—9, H—12とした。



図一1 試験体形状・寸法

	機械的性質			化 学 成 分 (%)					
	最大降伏 耐力 (kg/mm ²)	耐力 (kg/mm ²)	伸び (%)	C	Si	Mn	P	S	
梁フランジ 円25	59	41	22	0.16	0.45	1.46	0.013	0.016	
梁ウェブ 円9	54	41	27	0.12	0.36	1.24	0.015	0.015	
柱フランジ 円19	54	39	25	0.12	0.38	1.36	0.011	0.009	
	51	34	24	0.15	0.37	1.44	0.017	0.023	

表一1 供試材料の機械的性質および化学成分



図二 溶接金属の盛り方

	4φ棒	5φ棒
電 流 (A)	180	240
電 圧 (V)	28~33	28~33
溶接速度 (cm/s)	約0.18	約0.24

表二 溶接条件

(a) 上下梁フランジWSG貼り付け位置

(b) 染ウエブWSG 貼り付け位置

図-3 H-9試験体のW, S, G, 貼り付け位置

フランジを溶接した時の収縮量, H. T. ボルトのすべり量, ウェブの面外変形量などについては, 参考文献1)を参照されたい。

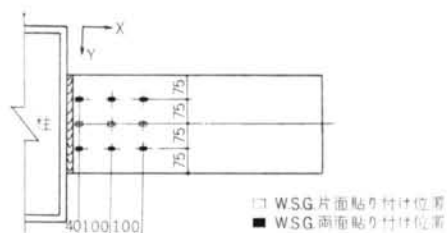
§ 3. ひずみの測定

3.1 ワイヤストレーンゲージ貼り付け位置

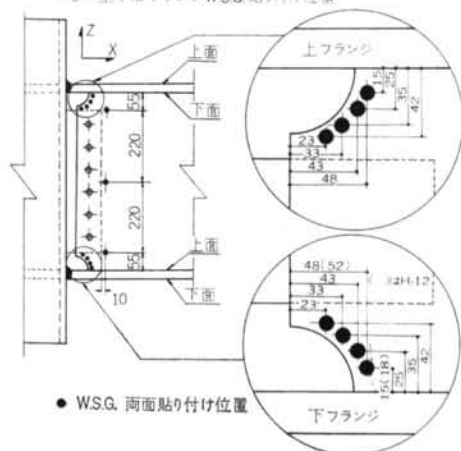
H-9 試験体は主としてフランジの残留ひずみを測定し、H-7、H-12試験体は主としてスカラップ近傍の残留応力を測定した。H-9 試験体のワイヤストレインゲージ（以下、W. S. G.）貼り付け位置は図-3に、H-7、H-12試験体の W. S. G. 貼り付け位置は図-4に示す。フランジにはX方向のひずみを測定するために1軸ゲージを、ウェブには主応力を測定するために3軸ゲージをそれぞれ使用した。なお、上フランジと下フランジには、ウェブを中心として対称となるようにW. S. G. を貼り付けた。またウェブには表裏同一個所に W. S. G. を貼り付けた。

3.2 H. T. ボルト接合部の解放方法

H. T. ボルトはトルクレンチを用いて、上フランジに



(a) 上下梁フランジWSG貼り付け位置



(b) 梁ウェブWSG貼り付け位置

図-4 H-7, H-12試験体のW. S. G. 貼り付け位置

近い方から順次解放した。解放されたひずみは、デジタル式ひずみ計で測定した。測定値は残留ひずみであるので、本論文ではひずみの測定値を正負逆にしてとりあつてゐる。

§ 4. 測定結果および考察

4.1 フランジのひずみ分布

H. T. ボルト解放後のフランジのX方向のひずみ分布を図—5～図—7に示す。図からわかるように、H. T. ボルトの拘束によってフランジには複雑な曲げモーメントが働いており、柱面からの距離が250mm以上になれば一様な引張力が働いている。そして、500mm以上になれば残留ひずみはほとんど零になる。このような状態を模式的に示したのが図—8(a)である。同時にモーメント図も示してある。

このような曲げモーメントが生じるのは、以下に述べる理由からである。図-8(a)に示した曲げモーメント図は、図-8(b)に示したカンチレバー端を支持し中央部に荷重を加えた場合の曲げモーメント図に類似している。すなわち、図-8(a)のような曲げモーメントが働くのは、

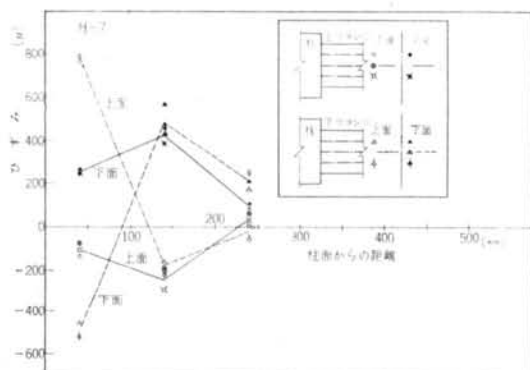


図-5 H-7試験体におけるフランジの残留ひずみ

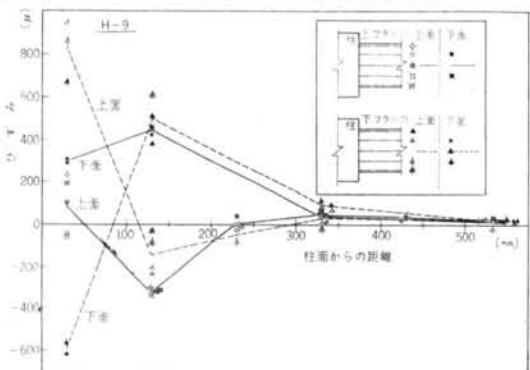


図-6 H-9試験体におけるフランジの残留ひずみ

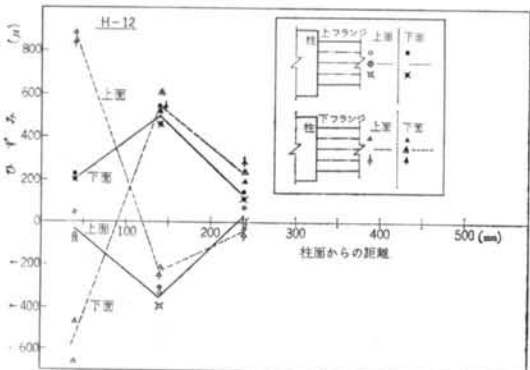


図-7 H-12試験体におけるフランジの残留ひずみ

上下フランジが溶接によって上方に角変形しようとするが、ウェブを接合してあるH. T. ボルトによって、上フランジにはウェブの引張方向に拘束力が働き、下フランジにはウェブの圧縮方向に拘束力が働くためである。

また、上フランジと下フランジの柱面近傍での曲げモーメントの逆転位置は異なり、下フランジの方が柱面から遠い。これは、下フランジの方の荷重点が柱面から遠いことを示している。この理由は明らかでないが、上フランジ近傍のウェブには引張力が働き、そのほとんどの

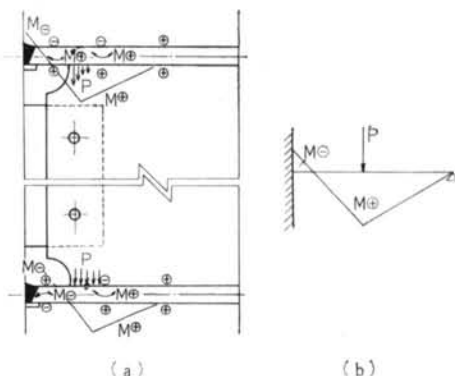


図-8 フランジに生じる残留ひずみの模式図

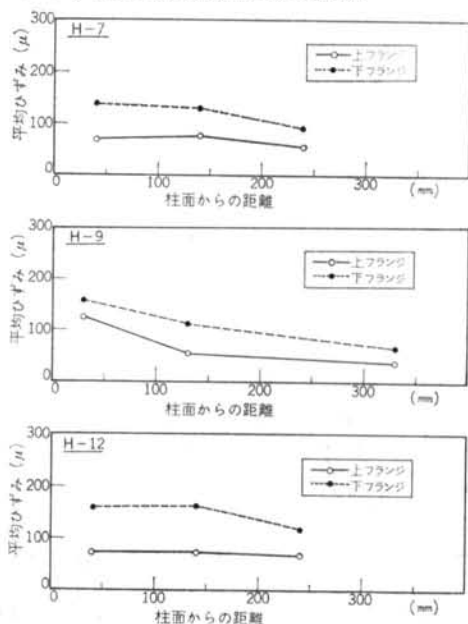


図-9 フランジの平均残留ひずみ

力はスカラップ近傍で受けもつものに対し、下フランジ近傍のウェブには圧縮力が働くため座屈し、圧縮力をウェブ面X方向に長い距離で受けもつようになるため、下フランジの方の荷重点が柱面から遠くなるのであろうと推定される。

以上のような、曲げモーメントがH. T. ボルトの拘束力としてフランジに働いていることは、ラメラータ発生に対して安全側の応力分布になっているということである。なぜなら一般にラメラータは溶接による角変形のためにルート部に引張力が働き、ルート部から発生するが、本実験の測定結果では、ウェブのH. T. ボルト接合の拘束のためにルート部に圧縮力が働く傾向にあり、ルート部に働く引張力が緩和されるからである。

図-9は、各試験体のフランジの上面下面の平均ひず

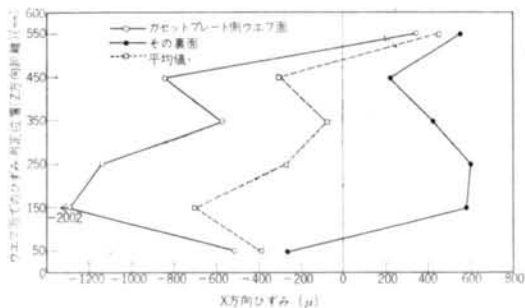


図-10 ガセットプレート近傍のウェブのX方向残留ひずみ

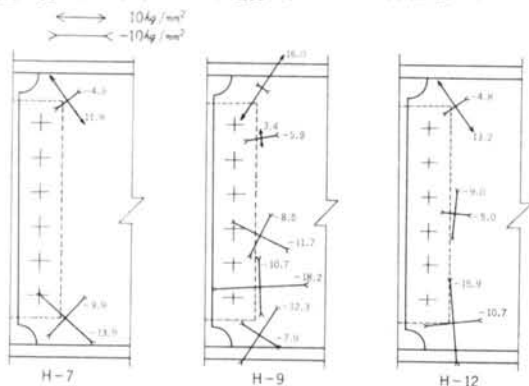


図-11 ガセットプレート近傍の残留主応力

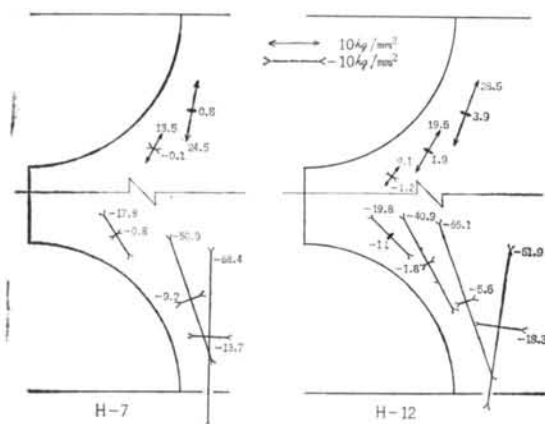


図-12 スカップ近傍の残留主応力

みを示したものである。平均ひずみは、柱面から遠ざかるにしたがって低下する傾向にあり、溶接部近傍の平均ひずみは高々200 μ 程度である。したがって、ウェブH. T. ボルト接合によるX方向の平均的拘束力は、それほど大きなものではない。

4.2 ウェブの応力

4.2.1 ガセットプレート近傍の応力およびひずみ

ガセットプレート近傍のX方向ひずみの分布を、H-

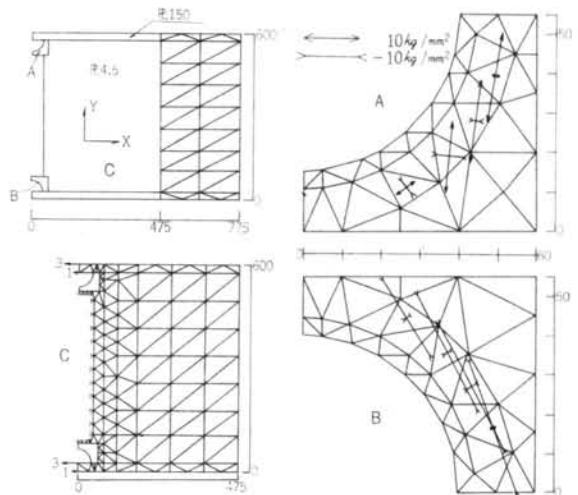


図-13 有限要素法による解析

9試験体を例にとって図-10に示す。図-10から明らかなように、平均的には圧縮のひずみが残留しているが、表側と裏側では正負逆のひずみが残留している。これはウェブが面外変形しているためである¹⁾。

ガセットプレート近傍の主応力分布を図-11に示す。主応力は、ウェブ表裏に貼り付けた3軸ゲージの表裏の平均値から計算した。図-11から明らかなように、降伏応力の $1/2$ 程度の応力が残留している。

4.2.2 スカップ近傍の応力

スカップ近傍のH. T. ボルトの拘束による残留応力を図-12に示す。上スカップ近傍には引張の主応力、下スカップ近傍には圧縮の主応力が残留している。これは、上下フランジが溶接によって上方へ角変形しようとするのを、スカップ近傍のウェブを通してH. T. ボルトが拘束しているためである。そして、主応力の絶対値はフランジに近い方が大きく、最大強度程度の応力が残留している。(圧縮の残留応力は、絶対値が最大強度以上になっているものもあるが、これは測定上の誤差とヤング係数を21000kg/mm²と仮定して計算したための誤差であろうと考えられる。)

【図-13は、スカップ近傍の残留主応力について、実験値と比較検討するために有限要素法で解析した結果である。解析上の仮定は、フランジの厚さを150mm、ウェブの厚さを4.5mm、降伏応力を35kg/mm²とし、フランジの溶接部に相当するところの上面下面に3:1の変位を与えることとした。拘束条件は図-12に示す(X方向、Y方向とも拘束)。計算は1つの要素が降伏するまで計算した。計算は弾性計算であるので絶対値は比較できないが、主応力の正負および方向については、実験値と計算値はよく一致している。

§ 5. まとめ

柱・梁混用継手フランジ溶接時の，ウェブH. T. ボルト接合の拘束による残留応力およびひずみを測定した結果を要約すると次のとおりである。

1) フランジには，ウェブのH. T. ボルト接合の拘束によって曲げの拘束力が働いている．ルート部に圧縮の方向に拘束力が働いているので，ラメラティア発生に対しては安全側の応力分布になっている．

2) フランジに働く平均的な拘束ひずみは，溶接部近傍で高々 200μ 程度である．また，溶接部から 500mm 程度の位置では，拘束ひずみはほとんど零である．

3) ガセットプレート近傍のウェブには，降伏強度の $1/2$ 程度の圧縮応力が残留している．

4) スカラップ近傍のウェブには，最大強度に近い応力が残留している．上フランジ近くのスカラップの残留応力は引張力で，下フランジ近くのスカラップの残留応力は圧縮応力である．

<参考文献>

- 1) 中辻，藤盛：“建築鉄骨の現場溶接時の収縮変形に関する研究（その1）” 清水建設研究所報第25号 昭和50年10月
- 2) 渡辺：“ひずみゲージとその応用” 日刊工業新聞社 昭和48年3月

