

# グリップジョイント工法に関する研究 (第4報)

——高温加熱時の継手性状の比較試験——

高橋 久雄  
西川 勝久  
(東京本社建築本部工務部)

## Studies on Joints of Deformed Bars by Grip Joint Method (Part 4) —Comparative Tests in Tension of Reinforcing Bars with Joints at High Temperature—

Hisao Takahashi  
Katsuhisa Nishikawa

### Abstract

Information is needed on how the properties of reinforcing bar joints made by the Grip Joint Method vary with temperature in the range associated with fires and on thermal effects produced by constant heating. In this report, the results of comparative tests on yield points and Young's moduli of reinforcing bars with and without joints under the actions of tensile loads in the temperature range of 20 to 500°C are shown. From the experimental results, it is found that joints made by this method do not have any adverse effect on the properties tested.

### 概 要

本論文は、グリップジョイント工法による異形鉄筋の継手を鉄筋コンクリート構造物に使用した場合、煙突やコークス炉のようにたえず受ける熱の影響または火災に伴なう温度上昇の影響などによる継手の性状変化を検討するために行った比較試験結果をまとめたものである。温度範囲は、20°Cから500°Cまで6段階である。

試験結果から、高温加熱を受けても継手は、鉄筋素材にくらべて降伏点およびヤング係数の低下が少ないことが明らかになった。

## 1. まえがき

本報は、グリップジョイント工法にて施工した異形鉄筋の継手が高温加熱された場合の性状変化について継手のない鉄筋素材と比較検討したものである。

この目的は、煙突、コークス炉のように高温度をうける鉄筋コンクリート構造物に本工法による継手を使用する場合の設計資料を得ることおよび一般の鉄筋コンクリート建築物においても火災をうけた時の温度上昇による鉄筋の性能変化を検討することである。

なお、グリップジョイント工法とは、異形鉄筋の両端部を円筒状のスリーブで包み、これを小型化したプレス機により加圧し、鉄筋のフシ部にスリーブをくい込ませて相互に機械的に接合する方法である。

## 2. 試験の内容

### 2.1. 鉄筋

試験に使用した異形鉄筋は、川崎製鉄製“リバーコン”SD35・D25である。但し、継手用(GRIP)の鉄筋と比較のために行った素材用(BAR)の鉄筋とは同一銘柄の製品であるが、製造ロットが異なるため性状に多少の差異がある。

表—1に各鉄筋の機械的性質を示す。

### 2.2. 試験体

素材用の試験体は、全長1,200mmの鉄筋そのものである。

継手用の試験体は、長さ700mmの鉄筋を中央にて接合した全長1,400mmである。

種類		降 伏		最 大		伸び率 (%)
		荷 重 (t)	応力度 (kg/mm <sup>2</sup> )	荷 重 (t)	応力度 (kg/mm <sup>2</sup> )	
継手用 (GRIP)	1	18.8	37.10	28.05	55.36	24.7
	2	18.65	36.81	28.4	56.05	27.4
	3	18.9	37.30	28.55	56.34	26.9
	平均	18.78	37.07	28.33	55.92	26.3
素材用 (BAR)	1	19.45	38.39	29.25	57.73	24.8
	2	19.4	38.29	29.35	57.92	23.3
	3	19.4	38.29	29.25	57.73	22.9
	平均	19.42	38.32	29.28	57.79	23.7

表-1 鉄筋の機械的性質

スリーブは、横フシ型異形鉄筋の標準仕様書に基づく、材質STKM 13A、外径 42.7mm、肉厚 6.0mm、長さ 150mm を使用した。

スリーブの加圧（縮付け）作業は、プレス機 HP22 を使用し、標準仕様書に従って行った。

試験体は、同一条件につき各 2～3 本製作した。

### 2.3. 加熱温度範囲

常温20℃を基準として、100℃、200℃、300℃、400℃、500℃の5種類の各温度に加熱した。

なお、K建設技研の報告によると、3時間加熱を受けた場合の鉄筋コンクリート部材中の平均温度は、かぶり厚さ20～40mmで最高約290℃であり、また、他の文献にも、火害を受けたコンクリート部材の温度は、鉄筋付近で300～400℃、中心部で200℃程度であると記されている。

いずれにしても、本試験の温度範囲は、十分に目的の条件を満足している。

## 3. 試験方法および測定方法

### 3.1. 試験方法

試験装置は、図-1 および写真-1 に示すように、200 t 万能試験機の下側のチャック台に加熱炉（三光熱機械製、最大温度580℃）を設置したもので、加熱中に引張試験が行なえるようにしてある。

この加熱炉は、任意の温度にコントロールすることができ、試験体挿入部分は、内径φ60 mm、長さ500 mm の内法を有している。しかし、設定した温度が均等に加熱される部分の長さは、約400 mm である。この加熱部分は、試験体を挿入してから上下端をガラスウール

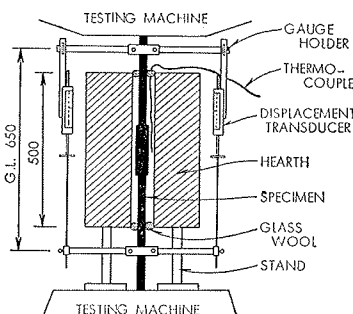


図-1 試験装置の詳細

にて断熱密封し、できるだけ炉内からの放熱を防いだ。

引張試験は、試験体の中心部まで温度がほぼ一様に分布するように、炉内の温度が設定温度に到達してから約1時間保持させた後行った。

なお、試験は引張試験機のストロークの関係で、試験体が破断するまで加力することができなかつた。

この試験は、降伏点と処女応力ひずみ曲線を得ることが主たる目的であったため、最大耐力付近で終了した。

### 3.2. 測定方法

試験中の測定は、上位降伏点を読みとることと、試験体中心部の変形量である。変形量は、図-1 に示すようにすべての試験体に共通で検長650mm にセットした2個の変位計（共和電業製、DT-50A）にて測定した。なお、これらの値は、XYレコーダー（理研電子製、D-72B）に自動記録させた。

この検長は、鉄筋の加熱されている部分と炉外で放熱している部分とを含んでいるため、各加熱温度における完全な変形量とは言い難いが、継手の有無を比較する場合にはそれほど問題がないと考えた。

## 4. 試験結果と考察

試験結果の一覧を表-2 に示す。

以下に各項の考察結果を示す。

### 4.1. 降伏点

表-2 には、引張試験機の荷重指針の動きで示される上位降伏点と変位計から得られる荷重-変形曲線より求めた0.2% ひずみ時の耐力を示した。

素材試験体と継手試験体を比較するために各加熱温度での降伏点の値を20℃における値に対する比で示したのが図-2、3 である。

上位降伏点（図-2）については、素材試験体と継手試験体の差が殆んど認められず、しかも、加熱による顕著な低下も認められない。即ち、加熱温度200～500℃における低下率は、僅か5～10%である。なお、500℃において素材試験体には上位降伏点が現われなかった。

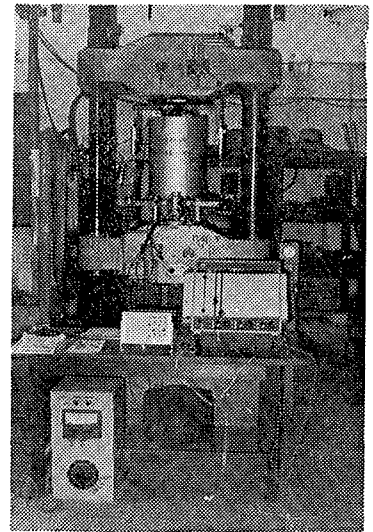


写真-1 試験状況

試験体	温度 (°C)	降伏点				見掛けのヤング係数 * ( $\times 10^6 \text{kg/cm}^2$ )			P- $\delta$ 曲線の分 類 **
		上位降伏点		0.2%耐力		長期応力度 (22 $\text{kg/mm}^2$ )	短期 $\times 0.7$ (24.5 $\text{kg/mm}^2$ )	短期 $\times 0.95$ (33.25 $\text{kg/mm}^2$ )	
		荷重 (ton)	応力度 ( $\text{kg/mm}^2$ )	荷重 (ton)	応力度 ( $\text{kg/mm}^2$ )				
素 材	20	19.25 19.0 (1.00)	37.99 37.50	19.35 19.0 (1.00)	38.19 37.50	2.47 (1.00)	2.49 (1.00)	2.35 2.35 (1.00)	A
	100	19.35 19.4 (1.01)	38.19 38.29 38.29	19.25 19.15 (1.01)	37.99 37.79 38.29	1.99 2.10 (0.82)	1.99 2.21 (0.81)	2.04 2.00 (0.85)	B
	200	18.4 18.25 (0.96)	36.31 36.02	17.9 (0.94)	35.33 35.52	1.79 1.88 (0.75)	1.81 1.90 (0.74)	1.66 1.97 (0.82)	C
	300	17.6 17.7 17.5 (0.92)	34.73 34.93 34.54	17.15 16.9 (0.89)	33.85 33.35 34.14	2.10 2.31 (0.89)	1.99 2.21 (0.85)	1.08 1.09 1.26 (0.49)	D
	400	16.3 17.7 17.65 (0.90)	32.17 34.93 34.83	15.8 16.05 (0.84)	31.18 31.68 31.97	1.79 1.88 (0.73)	1.56 1.66 1.56 (0.63)	0.64 0.71 0.72 (0.29)	D
	500	—	—	13.35 13.7 (0.71)	26.35 27.04	1.19 1.23 (0.49)	1.05 1.02 (0.41)	0.23 0.22 (0.10)	F
継 手	20	18.4 18.4 (1.00)	36.31 36.31	18.45 18.5 (1.00)	36.41 36.51	1.99 2.17 (1.00)	1.99 2.04 (1.00)	1.77 1.80 (1.00)	A
	100	17.8 17.6 (0.96)	35.13 34.73	18.0 17.8 (0.97)	35.52 35.13	1.99 1.93 (0.94)	1.94 1.77 (0.92)	1.72 1.59 (0.93)	A
	200	17.0 17.0 (0.92)	33.55 33.55	17.2 17.25 (0.93)	33.95 34.04	2.17 2.17 (1.04)	1.94 2.10 (1.00)	1.77 1.90 (1.03)	C
	300	16.9 16.75 (0.91)	33.35 33.06	16.85 16.85 (0.91)	33.25 33.25	1.83 1.79 (0.87)	1.73 1.73 (0.86)	1.00 0.92 (0.54)	D
	400	17.2 16.95 (0.93)	33.95 33.45	16.3 16.6 (0.89)	32.17 32.76	1.79 1.79 (0.86)	1.77 1.59 (0.83)	0.78 0.83 (0.45)	D
	500	17.15 17.4 (0.94)	33.85 34.34	15.35 14.85 (0.82)	30.29 29.31	1.55 1.40 (0.71)	1.35 1.23 (0.64)	0.51 0.52 (0.29)	E

\* ( )内の数字は、20°Cの値を1.00とした場合の各温度における比  
\*\* 図-7参照

表-2 試験結果

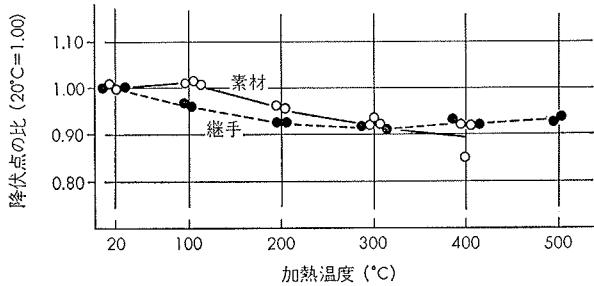


図-2 上位降伏点と加熱温度

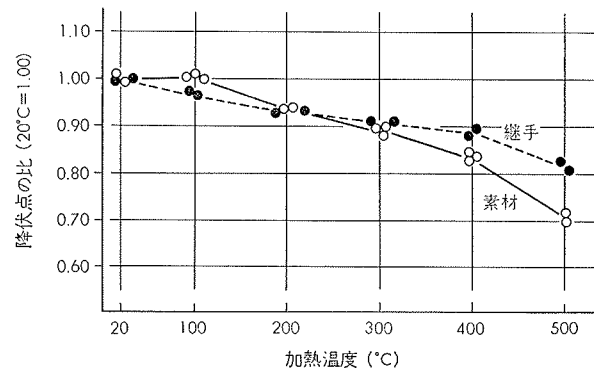


図-3 0.2%耐力と加熱温度

0.2%耐力は、上位降伏点と比較して、加熱温度の上昇とともに低下する傾向が認められた。加熱温度が300°Cまでは素材と継手の差は僅かであるが、400°C以上になると素材の低下率が継手より大きくなった。

500°Cにおける低下率は、継手で20%、素材で30%程度であった。

なお、他の実験結果では、SS41の場合、降伏点または0.2%耐力は、500°C以上になると、470°Cで常温の値の2/3、750°Cで零になるような勾配で直線的に低下すると報告されている。

表-2には示していないが、500°Cにおける試験体の最大耐力は、素材が17.25 t (34.04  $\text{kg/mm}^2$ )、継手が21.9 t (43.22  $\text{kg/mm}^2$ )であり、素材試験体の低下が著しい。これらの値は、20°Cと比較してそれぞれ41%、22%減である。

#### 4.2 ヤング係数

表-2には、鉄筋の長期許容応力度 (2200  $\text{kg/cm}^2$ )、短期許容応力度の7割 (2450  $\text{kg/cm}^2$ ) および95% (3325  $\text{kg/cm}^2$ ) におけるそれぞれの見掛けのヤング係数を示す。

図-4~6には、それぞれの加熱温度におけるヤング係数の値を20°Cの値に対する比で示してある。

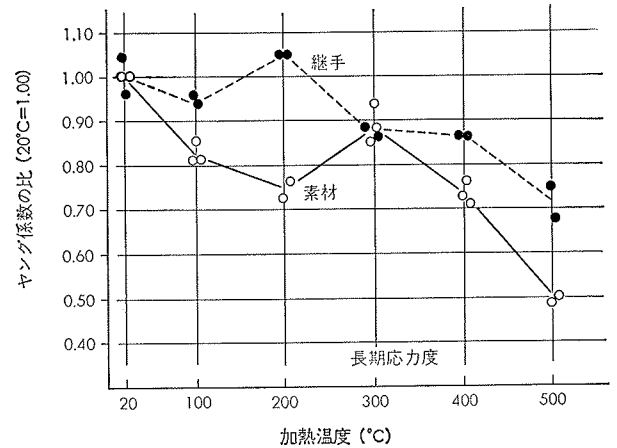


図-4 ヤング係数 (長期) と加熱温度

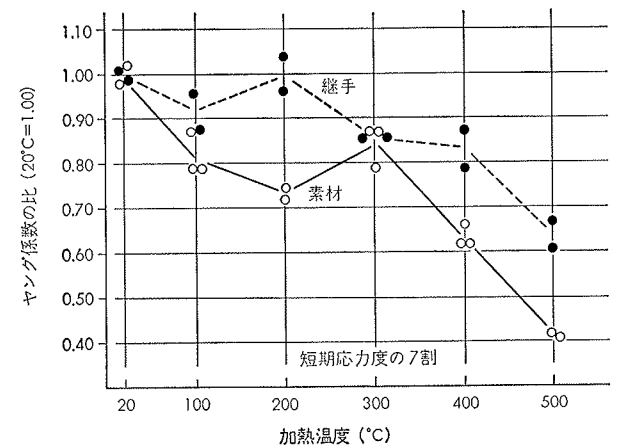


図-5 ヤング係数 (0.7 $\sigma_y$ ) と加熱温度

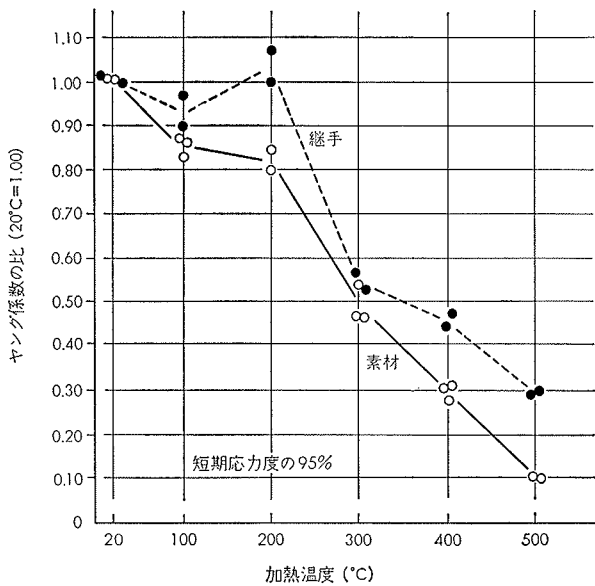


図-6 ヤング係数(0.95 $\sigma_y$ )と加熱温度

素材と継手のヤング係数は、降伏点にくらべて加熱温度の差が明瞭である。即ち、ヤング係数は、図-4, 5とも同様の傾向を示しており、加熱温度が上昇するにしたがって漸減するのではなく、素材では300°C、継手では200°Cでそれぞれ値が回復している。しかし、一般には高温で低下率は大きく、500°Cにおいて、素材では50~60%、継手では30~40%である。なお、300°Cを除いて、継手の低下率は素材よりも少ない。

一方、図-6に示した高応力時のヤング係数は、継手試験体の200°Cの場合を除いて、加熱温度の上昇にともなうほぼ直線的に低下している。500°Cのヤング係数は、20°Cの値に対して素材で10%、継手で30%にそれぞれ大きな低下を示した。

継手の剛性能は、日本建築センター RPCJ 委員会から提案されている「鉄筋継手の性能判定基準(案)」では、

- (1) 0.95 $\sigma_y$  に相当する荷重時の見掛けのヤング係数が、 $0.5 \times (\text{母材の } E) = 0.9 \sim 1.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  以上
  - (2) 0.7 $\sigma_y$  に相当する荷重時の見掛けのヤング係数が、母材の  $E = 1.8 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  以上
- とあり、この判定基準に試験結果を照合すると、20~200°Cの温度ではすべて合格している。

なお、ヤング係数の温度による影響については、文献によれば、……温度上昇によりヤング係数の減少する理由は、温度上昇につれて金属原子の振動が激しくなり、原子間距離がひろがるために相互の凝集力が減少するためである……と説明されている。さらにヤング係数と温度の関係に影響する要素として熱処理があげられる。一般に、焼入れによりヤング係数は減少し、

焼戻しにより焼入れによる減少が回復する。また、焼なましは冷間加工により減少したヤング係数を回復させる作用がある。

### 4.3. 応力ひずみ曲線

XYレコーダに記録された応力ひずみ曲線は、図-7に示す6種類に分類できる。表-2の右欄に各試験体の分類記号を示してある。

各温度における応力ひずみ曲線の特徴を列挙すると次のようである。

- (1) 常温および100°C継手において示した一般的な変形曲線—A
- (2) 100°C素材において示した上位降伏点と下位降伏点の差が大きい曲線—B
- (3) 200~400°Cにおいて、素材・継手とも共通して示した塑性部分で鋸歯状(Serrated yielding)を示す曲線、但し、200°Cと300, 400°Cでは降伏点までの勾配に差がある—C, D
- (4) 500°C継手において示した降伏伸びが少ない曲線—E
- (5) 500°C素材において示した明瞭な降伏現象が現われない曲線—F

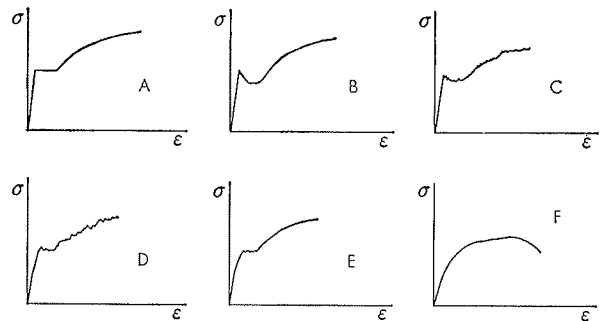


図-7 応力ひずみ曲線の分類

これらの特徴は、高温時の軟鋼にみられる典型的な現象と同様である。

図-8, 9には素材試験体と継手試験体別に各加熱温度の代表的な応力ひずみ曲線を比較して示す。これらの図より、上記の特徴が一層明らかにわかる。

## 5. むすび

グリップジョイント工法による継手が、高温加熱された場合、素材とくらべて降伏耐力およびヤング係数の低下は少ない。また、500°Cまで加熱されても継手は、スリーブから鉄筋が抜け出すことがなかった。

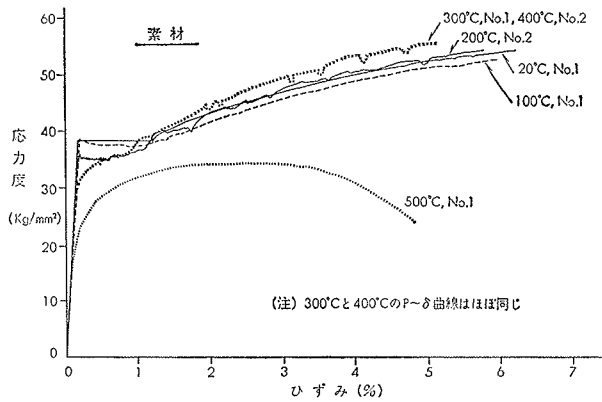


図-8 応力ひずみ曲線の比較 (素材)

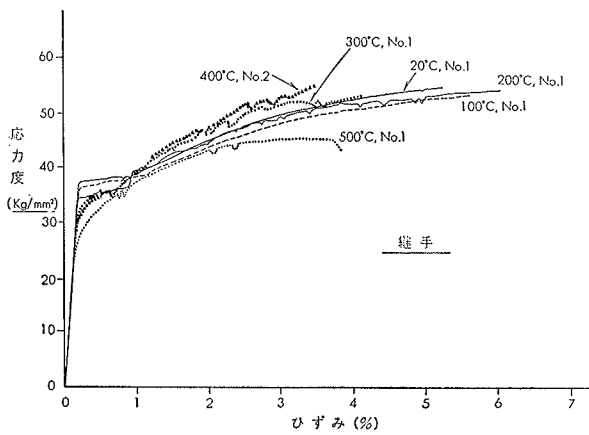


図-9 応力ひずみ曲線の比較 (継手)

参考文献

- (1) 亀田ほか：鉄粉系無収縮モルタルとスリーブを用いた太径鉄筋継手に関する研究 '73 建築学会東北大会
- (2) 竹之内：火害を受けた鉄筋コンクリート造 および 斎藤：鉄筋の高温強度と加熱後の強度 コンクリート技術事典
- (3) 日本鋼構造協会：構造用鋼材の高温時ならびに加熱後の機械的性質 JSSC Vol. 4, No. 33 '68
- (4) 原田ほか：高温における建築用鋼材の力学的性質に関する研究, 建築学会論文報告集 No. 185 '71. 7.
- (5) 西川ほか：グリップジョイント工法による異形鉄筋継手の性能試験 (第5報) 74 建築学会北陸大会
- (6) G. J. 開発グループ：グリップジョイント工法に関する研究 (第1報～第3報) 大林組技研所報 No. 7～9 '73～'74