

報告

[2041] ガス圧接継手の力学的性状に及ぼす表面処理剤の影響に関する実験的研究

張 建東\*1・吉松賢二\*2・坂本 博\*3・田中礼治\*4

1. はじめに

鉄筋のガス圧接継手は、(社)日本圧接協会の「鉄筋のガス圧接工事標準仕様書」等により、圧接当日に圧接面の研削を行うよう規定されているとともに、(社)日本建築学会の「RC規準」等により全数継手(同一断面での全数鉄筋継手)を設けないように規定されている。しかし、最近では施工の省力化の面から各種合理化工法が開発され、鉄筋工事にあっても鉄筋先組工法が用いられるようになってきた。この工法はあらかじめ先組みした鉄筋を施工部位にセットした後に継手工事を行うため、圧接当日以前の鉄筋研削や全数継手への要求が高まってきている。

本報は、鉄筋工事の合理化促進を図る目的で開発した表面処理剤を使用するガス圧接継手に関して、①表面処理剤が圧接継手素材の力学的性状に及ぼす影響 ②現行規準では許容されていない全数継手の利用可能性 ③全数継手における表面処理剤使用の可能性について、単体の引張および曲げ試験等とRC梁部材実験を行ったものである。

2. 継手部の力学的性状に及ぼす表面処理剤の影響

2.1 工法概要

本報の表面処理剤を使用した工法は、圧接面の研削後、表面処理剤(有機樹脂系)を研削面にスプレー塗ることにより圧接面を保護し、圧接日以前に研削作業を可能としたものである。ここで使用する表面処理剤は、同等品が日本海事協会等で溶接開先面の防錆剤として認められているものである。

2.2 表面処理剤の燃焼温度

表面処理剤が圧接時の温度により燃焼することの確認を目的として鉄筋の圧接時の温度と表面処理剤の燃焼温度とを測定した。鉄筋の圧接時の温度測定は、図-1に示すように鉄筋の端面から断面の中心部に5mm径のドリル孔を明け、圧接面から2mm離して熱電対をセットした。使用した鉄筋はSD345のD25とD32である。この結果を図-2に示すが、既往の報告<sup>1)</sup>と同様、圧接時の最高温度は約1200℃であった。温度の上昇割合は、D25に比べD32の方がやや緩慢であり、20~40秒の差が見られた。

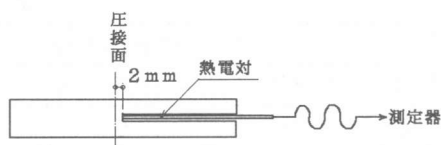


図-1 圧接部の温度測定方法

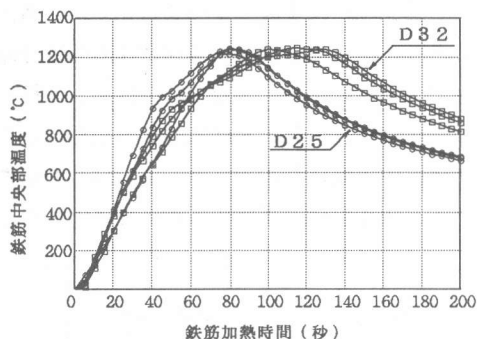


図-2 圧接部の温度測定結果

\*1 (株)熊谷組 技術開発本部 建築構造技術部 (正会員)  
 \*2 (株)熊谷組 技術開発本部 建築構造技術部 第3課課長  
 \*3 (株)熊谷組 技術開発本部 建築生産技術部 第1課係長  
 \*4 東北工業大学教授 工学部建築学科、工博 (正会員)

表面処理剤の燃焼温度は、塗布した面より削り取った試料により示差熱で測定した。その結果を図-3に示すが、500℃で98.6%燃焼することがわかった。これらの結果により鉄筋の圧接開始20~30秒後には表面処理剤はそのほとんどが燃焼してしまうことが実証できた。ただし、化学反応式上ではその成分のうち0.1%（重量比）の金属類は残留することになるが、微量のため実用上は問題にならないと考えられる。

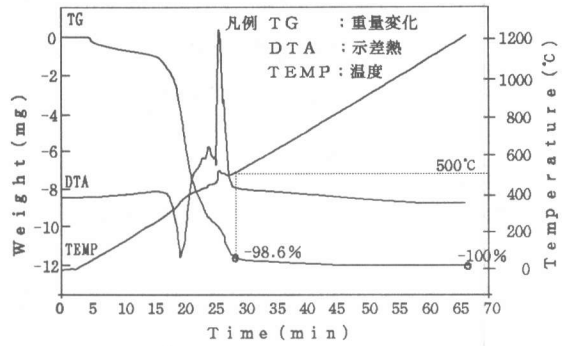


図-3 表面処理剤の燃焼温度測定結果

### 2.3 各種条件による鉄筋圧接部の性状

塗布条件および養生条件が圧接部の力学的性状に及ぼす影響について、実際の圧接作業での表面処理剤の使用状態を考慮して、表-1および表-2の条件により、JISによる引張および曲げ試験を行った。使用鉄筋はSD345のD25であり、機械的性質を表-3に示す。

表-1 塗布条件

塗布方法	噴霧距離および噴霧時間	引張・曲げ試験
A	研削面から45cm 1秒	各6本
B	研削面から30cm 1秒	各6本
C	研削面から30cm 3秒	各6本

表-2 養生条件

養生期間	引張・曲げ試験
1, 6, 12, 24時間	各3本
7, 14, 21, 28日間	各6本

※塗布方法は、表-1のBにより行った。

表-3 機械的性質

	降伏点(kgf/mm <sup>2</sup> )	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)
JIS規格値	35~45	50以上	≥20
素材の試験値	38.0	58.5	29

引張試験結果を図-4~5に示すが、各試験体ともJIS規格の引張強さを上回った母材破断であり、塗布および養生条件による差異は認められなかった。また、曲げ試験においても全数合格であった。なお、上記試験の他に、圧接する鉄筋の片方だけに塗布した試験体についても試験を試みたが、引張・曲げ試験とも良好な結果が得られた。

以上の結果より、表-1、2に示した条件の範囲内では表面処理剤を塗布したままで圧接を行っても圧接部の引張強度および曲げ性状に与える影響はないと考えられる。

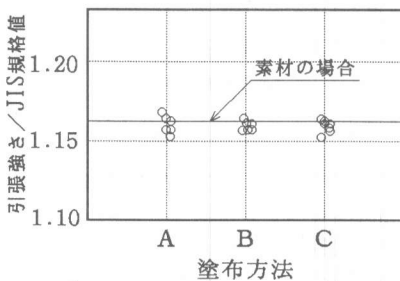


図-4 塗布条件と引張試験結果

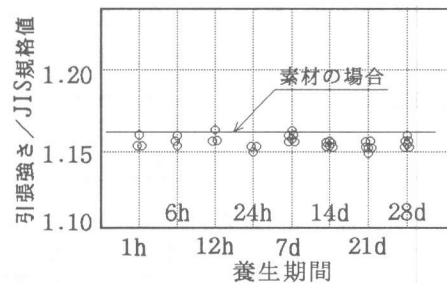


図-5 養生条件と引張試験結果

## 2. 4 継手部近傍における機械的性質

圧接継手鉄筋 (D25) の応力-歪み分布を図-6、図-7 に示す。圧接面より鉄筋径 (25mm) の範囲内では、応力-歪み曲線に明確な降伏点が現れず、降伏直前に応力-歪み曲線の勾配が緩やかになり、母材の軟化が確認された。圧接面より鉄筋径以上離れた場合は、応力-歪み曲線に明瞭な変化は見られなかった。また、表面処理剤の使用の有無による歪分布の差異は鉄筋径の範囲内で降伏直前で見られ、13%程度表面処理剤使用の方が大きくなっている。しかし、引張荷重の微妙な差が歪値に大きく影響する領域であり、明瞭な差異ではないと判断した。

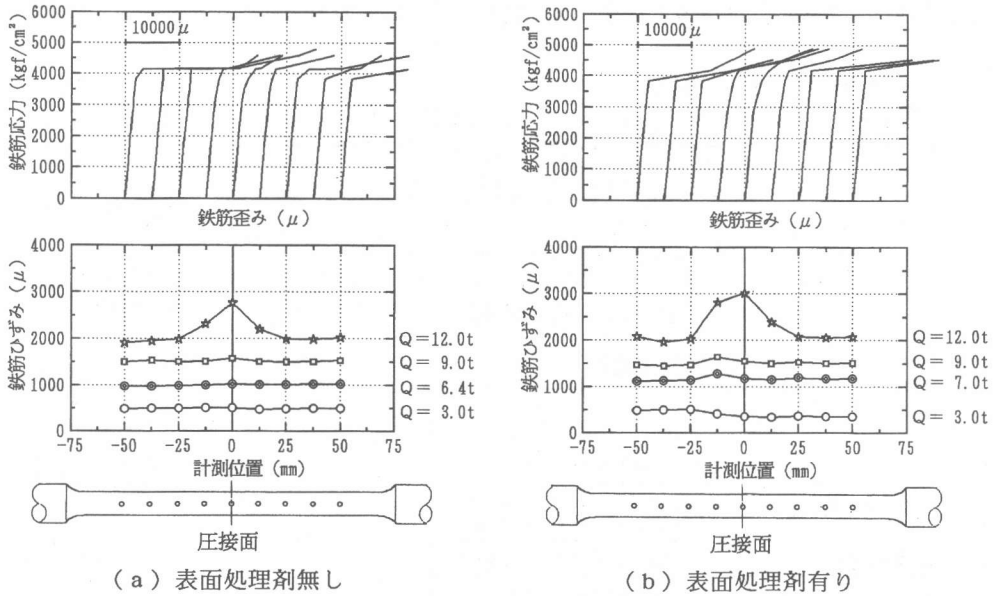


図-6 圧接継手鉄筋の応力-歪み分布 (D25 0.8D研削)

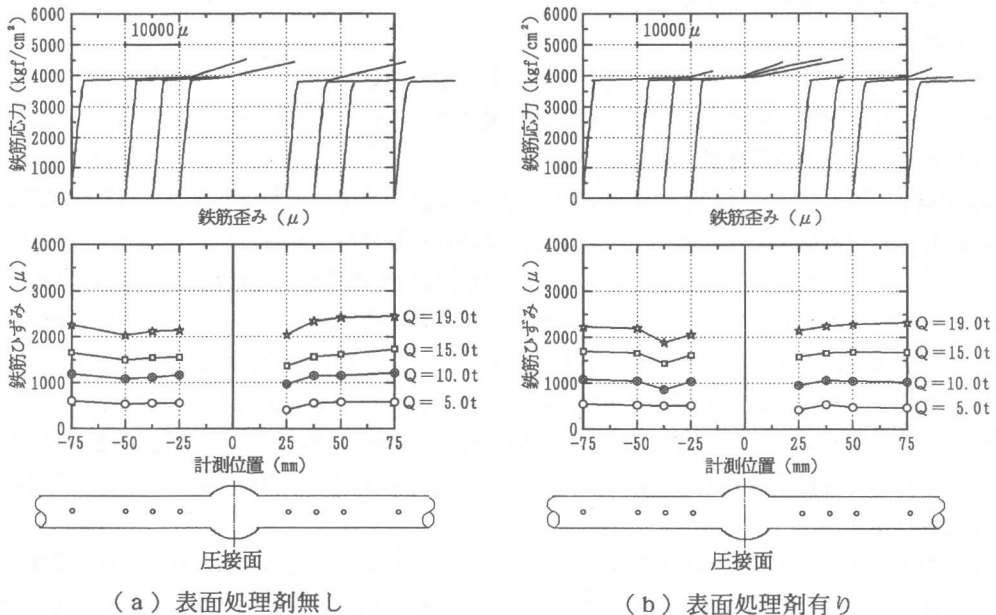


図-7 圧接継手鉄筋の応力-歪み分布 (D25)

### 3. 全数継手がRC梁部材の力学的性状に及ぼす影響

#### 3.1 実験概要

継手の有無および継手位置を実験変数とし、同一断面で全数継手を有する実大RC梁部材実験を実施した。試験体は曲げ破壊型で、継手の無いNO.1試験体、継手を危険断面に設けたNO.2試験体および危険断面よりそれぞれ1.0D、1.5D、2.0D（D：梁せい）の位置に継手を設けたNO.3、NO.4、NO.5試験体の計5体である。試験体概要および配筋をそれぞれ表-4、図-8に示す。なお、全ての継手は圧接面に表面処理剤を塗布したものをを用いた。

加力方法は大野式逆対称型の正負繰り返し載荷で行った。加力プログラムを図-9に示す。

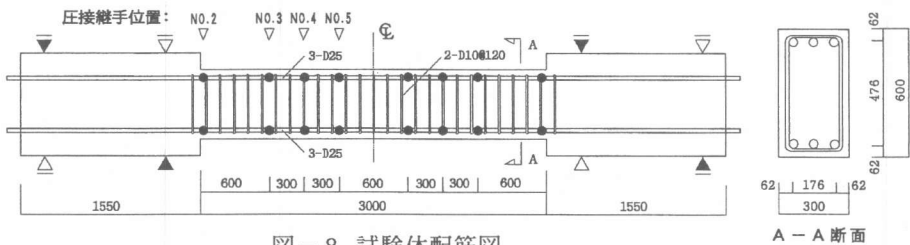


図-8 試験体配筋図

表-4 試験体概要

断面寸法：B×D	30cm×60cm
主筋 ( $P_t = P_c$ )	3-D25 $P_t = 0.948\%$ SD345 $\sigma_y = 3830 \text{ kgf/cm}^2$
せん断補強筋	2-D10@120 $P_w = 0.394\%$ SD295 $\sigma_y = 3710 \text{ kgf/cm}^2$
試験部分長さ	300cm ( $M/QD = 2.5$ )
コンクリート強度	235~249 $\text{kgf/cm}^2$

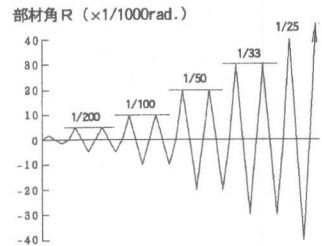


図-9 加力プログラム

#### 3.2 実験結果および考察

##### (1) 破壊性状

各試験体とも主筋が降伏した後に、梁端部付近の曲げひび割れが大きく拡大し、破壊に至った。また、ひび割れ発生状況については、継手の有無による明確な差異は見られなかった。

##### (2) せん断力-部材角曲線

実験結果一覧を表-5に示す。また、代表的なせん断力-部材角曲線および各試験体の包絡線の比較をそれぞれ図-10、図-11に示す。変位の初期段階（部材角  $R = 1/200 \text{ rad}$  近傍）においては、ヒンジ領域に継手を設けたNO.2、NO.3試験体は他の試験体と比較して、同部材角時にせん断力が6%（約1.0ton）程度大きくなっている。これは継手部分のふくらみの伸び量が小さいため、試験体の初期剛性が高くなったと考えられるが、いずれも問題になるほどの差異ではない。各試験体とも主筋降伏開始時の部材角は近似しており、かつ、降伏強度もほとんど差がなく、計算値とよく一致した。また、部材角  $R = 1/100 \text{ rad}$ 、 $1/50 \text{ rad}$  での耐力も各試験体とも同程度の値を示した。さらに、最大耐力に関しても、継手の有無および継手位置の差異による明確な影響は見られなかった。

部材のエネルギー吸収能力を比較するために、図-12に各試験体のせん断力-部材角曲線における各サイクルの累積履歴面積を示す。図中より、継手のある試験体は継手の無い試験体と同等以上のエネルギー吸収能力を有している。特に部材角が  $1/100 \text{ rad}$  以上になると、NO.2とNO.3

表-5 実験結果一覧表

試験体番号	継手位置	コンクリート圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	R=1/200時 Q <sub>exp</sub>	主筋降伏時			R=1/100時 Q <sub>exp</sub>	R=1/50時 Q <sub>exp</sub>	最大耐力時		
				Q <sub>exp</sub>	R <sub>exp</sub>	Q <sub>cal</sub>			Q <sub>exp</sub>	R <sub>exp</sub>	Q <sub>cal</sub>
NO.1	—	238	16.2	19.5	1/167	19.2	20.3	21.3	22.7	1/33	20.0
NO.2	危険断面	235	17.1	19.9	1/167	19.2	20.8	21.3	23.2	1/33	20.0
NO.3	1.0D*	249	17.2	20.2	1/167	19.2	20.6	21.5	23.1	1/33	20.0
NO.4	1.5D	238	16.4	19.8	1/167	19.2	20.4	21.5	23.3	1/28	20.0
NO.5	2.0D	239	16.4	19.6	1/167	19.2	20.5	21.2	23.0	1/25	20.0

[注] \* 圧接継手の危険断面（端部）からの距離を表す。 梁せい：D=60cm  
 \*\* Q<sub>exp</sub>、Q<sub>cal</sub>：せん断力実験値と計算値 (tonf) R、R<sub>exp</sub>：部材角 (rad.)

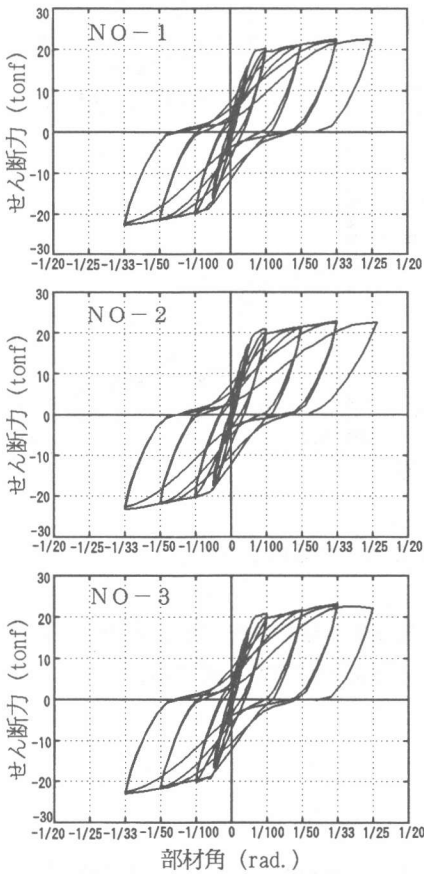


図-10 せん断力-部材角曲線

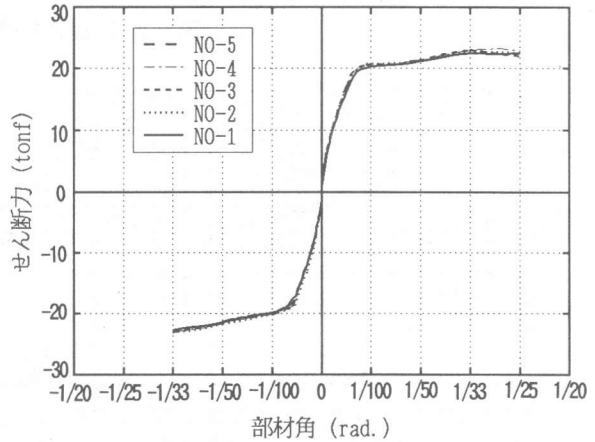


図-11 せん断力-部材角包絡線

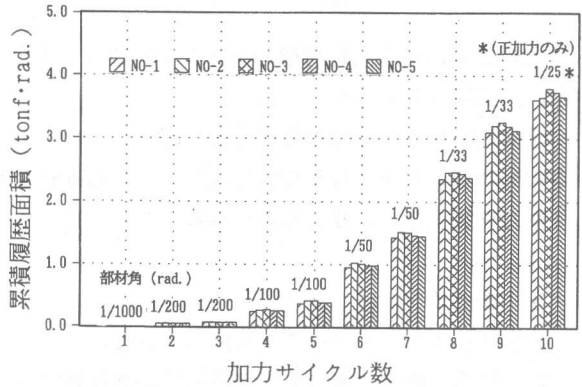


図-12 各サイクルの累積履歴面積

試験体はNO.1試験体と比較して、面積値が約5%~8%大きくなっており、図-11に示した初期剛性の上昇傾向と対応していることが確認された。

以上の結果により、圧接継手をRC部材の同一断面に全数継手し、かつ、応力の大きい断面に設けても、部材の耐力および靱性の低下のないことが明らかになった。

### (3) 部材の撓み分布

材軸直角方向の撓み分布を図-13に示す。継手を有する試験体は継手部近傍における変位の急激な変化は見られず、継手の無い試験体と同様な撓み性状を示した。また、各試験体とも端部

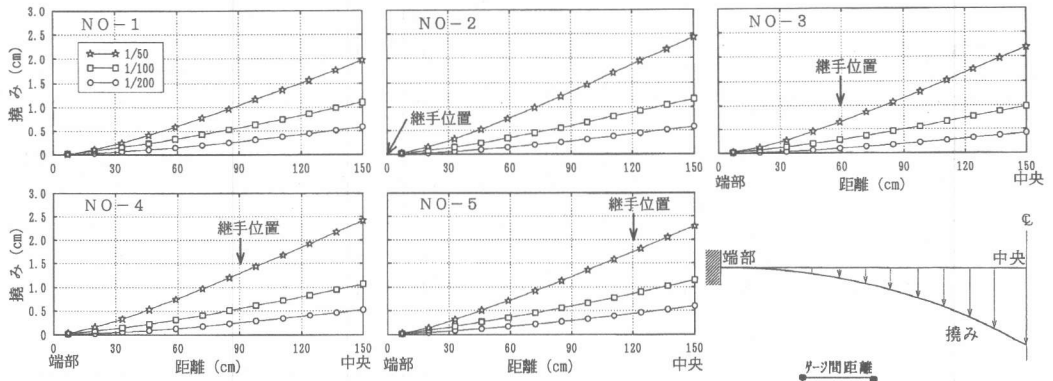


図-1 3 部材の撓み分布

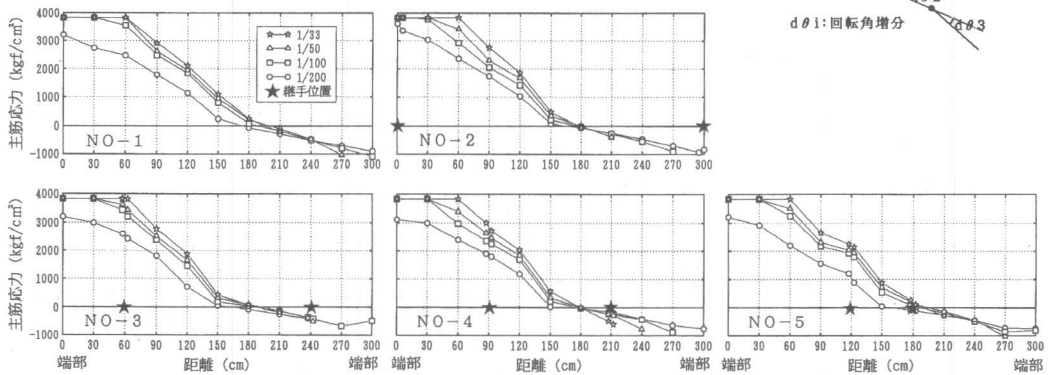


図-1 4 主筋の応力分布

に近いほど部材の回転角増分 ( $d\theta_i$ ) が大きくなっていることが確認された。

#### (4) 主筋の応力分布

正加力時の上端主筋の応力分布を図-1 4 に示す。継手部左右は他の鉄筋部分と比較し、応力の勾配が若干大きくなる傾向を示した。これは継手のふくらみ部分が通常の鉄筋部分より大きい付着力を負担していると考えられる。

### 5. まとめ

本実験により、以下のことが認められた。

- (1) 鉄筋圧接面に塗布した表面処理剤は加熱することによって燃焼してしまい、継手部の力学的性状に影響を与えないことが確認された。
- (2) 表面処理剤を塗布した圧接継手を曲げ破壊型の梁部材で全数継手として用いることの可能性が確認された。

今後、ガス圧接継手部の諸性状およびRC梁部材の付着割裂実験等に関して、追加報告する予定である。

#### [参考文献]

- 1) 石井謙一他：(233)ガス圧接材のフラット破面について、鉄と鋼、NO.10、PP.60~63、1966
- 2) 田中礼治他：鉄筋継手の現状、建築技術、NO.494、PP.106~132、1992.2