

論文

[2030] 高強度鉄筋 SD50のガス圧接継手の性能

正会員 ○小早川恵実 (清水建設技術研究所)

正会員 矢部 喜堂 (清水建設技術研究所)

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート構造物の高層化、大型化にともなって、使用される鉄筋も高強度化かつ太径化する傾向にある。鉄筋を高強度化することは、部材強度の増加、鉄筋量の節減、配筋施工の容易性などのメリットが考えられ、これを使用しようとする気運が強まっている。

JIS G 3112-1985 「鉄筋コンクリート用棒鋼」にSD50が規定されているにもかかわらず、現状では使用実績はさほど無く、コンクリート部材に不可欠である継手に関する資料も少ない。

本研究では、高強度鉄筋SD50をコンクリート構造物に使用するうえにとっての鉄筋継手工法として、広く用いられているガス圧接をとりあげ、SD50の圧接性およびその継手強度を調べ、高強度鉄筋SD50へのガス圧接の適用の可否を検討した。

2. 実験概要

表-1 実験項目および変量

試験 種類	材質の違いによる圧接性の差異			高強度鉄筋SD50の圧接条件の設定				圧接材の機械的性質の確認		計
	化学成分分析	圧接熱サイクル	破面試験	加圧力・圧接時間・縮み量の影響		すきまの影響		引張試験	曲げ試験	
				圧接熱サイクル	破面試験	破面試験	組織観察			
SD35	1	1	5	—	—	—	—	—	—	7
SD40	1	1	5	—	—	—	—	—	—	7
SD50	1	1	5	9+3	81	27	9	18+6	18+6	184
計	3	3	15	12	81	27	9	24	24	198

2.1 実験項目

本実験の、実験項目および試験片数量を表-1に示す。本実験

では、①現在、広く使用されている鉄筋SD35の適正圧接条件で、鉄筋SD40および鉄筋SD50のガス圧接を行った場合の、鋼種の違いによる圧接性の差異を調べる。
②鉄筋SD50の適正圧接条件を決定するために、上限加圧力、圧接時間、圧縮量が圧接面のフラットの発生に与える影響を調べる。
③上記②で求められた適正圧接条件のもとで、鉄筋端面にすきまを設けて圧接を行い、圧接面のフラット発生に対するすきまの影響を調べる。
④上記②で求められた適正圧接条件でガス圧接された、鉄筋SD50の圧接継手の機械的性質を調べる。等の4項目を行い、鉄筋SD50に対するガス圧接方法の実用性の検討を行った。

2.2 供試鉄筋および試験片形状

本実験に用いた供試鉄筋は、SD35、SD40およびSD50の高炉鉄筋で、いずれも呼び名はD38である。供試鉄筋の化学成分を表-2に示す。分析結果では、鉄筋SD35、鉄筋SD40の

表-2 供試鉄筋の化学成分 (%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	V	Nb
SD35	0.22	0.40	1.37	0.020	0.010	0.01	0.021	0.01	0.045	0.001
SD40	0.26	0.41	1.42	0.021	0.008	0.01	0.023	0.01	0.065	0.001
SD50	0.26	0.46	1.40	0.023	0.009	0.01	0.038	0.02	0.194	0.001

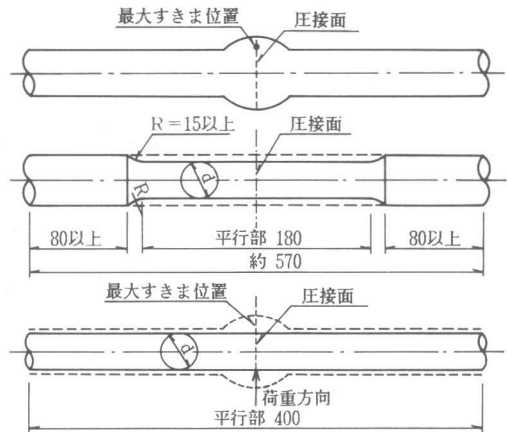


図-1 試験片の形状寸法

化学成分量は同程度であるが、鉄筋SD50はSi、Cr、V量が鉄筋SD35、鉄筋SD40に比べて高めである。

試験片の形状寸法の一例を図-1に示す。試験片は圧接部のふくらみ部を有するものと、ふくらみ部を呼び名寸法の0.8倍になるように切削加工したものの2種類である。

2.3 圧接方法および圧接装置

圧接の作業要領の一例を図-2に示す。

圧接方法は、半自動圧接の3段アプセット法¹⁾である。全圧接時間の設定は、工程〔II〕～〔III〕、〔IV〕～〔VI〕をパラメーターとして行った。圧接装置は、半自動ガス圧接装置で、加熱バーナは14孔火口である。ガス圧力は、酸素5kgf/cm²、アセチレン0.8kgf/cm²である。

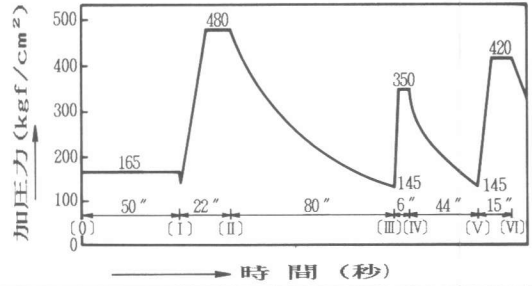
2.4 試験項目および試験方法

全試験片について外観検査を行い、その後引張試験、曲げ試験、破面試験および組織観察を振り分けて行った。破面試験は、圧接部の接合面に軸方向に直角に切込みを入れ、曲げ破断させ破面を観察した。組織観察は、圧接部を軸方向に鉄筋中心線上で縦割りし、観察面を研磨した後、腐食液に3%ナイトールを用いて行った。

3. 実験結果および考察

3.1 鋼種の違いによる圧接性の差異

鋼種とフラット破面率および引張強さの関係を図-3に示す。鉄筋SD35の圧接条件のもとでは、鉄筋SD35、鉄筋SD40の圧接面にはフラット破面がほとんど発生していない。しかし、鉄筋SD50では、試験片5体中3体の圧接面に、わずかではあるがフラット破面が発生している。これは化学成分分析結果からも明らかのように、鉄筋SD35、鉄筋SD40に比べて鉄筋SD50のSi、Cr含有量が多いためと考えられる。既存の研究結果²⁾からフラット破面は、Si、Crが増加するに伴って多くなり、フラット破面の生成



工程	内容
(0) ~ (1)	還元炎加熱, 初期加圧
(1) ~ (2)	還元炎加熱, すき間を閉じるための加圧
(2) ~ (3)	中性炎加熱, 最高加圧力の減衰期
(3) ~ (4)	中性炎加熱, 圧接面の接合と外観の初期形成のための加圧
(4) ~ (5)	中性炎加熱, 2次加圧力の減衰期
(5) ~ (6)	中性炎加熱, 圧接部外観の最終形成のための加圧

図-2 圧接作業要領

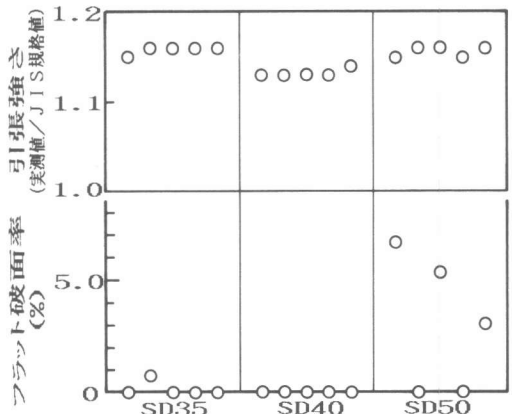


図-3 鋼種とフラット破面率および引張強さの関係

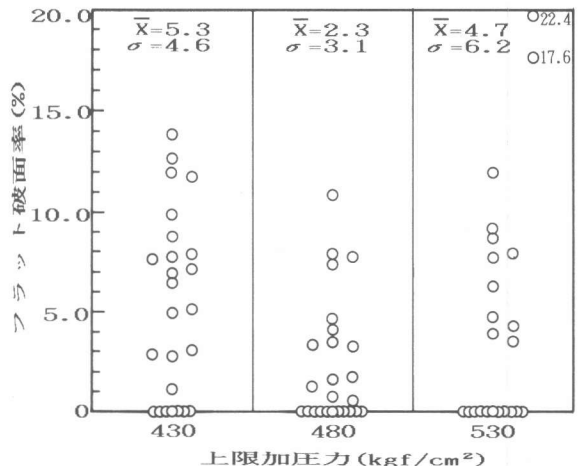


図-4 上限加圧力とフラット破面率の関係

を助長する要因の一つであることが知られている。このことから、供試鉄筋の鉄筋SD50は鉄筋SD35、鉄筋SD40に比べてフラット破面が生成しやすいものと考えられる。引張強さでは、全ての試験片がJIS規格値を満足し、各鋼種ともバラッキの少ない値となっている。

3.2 鉄筋SD50の最適圧接条件の設定

(1) 上限加圧力・圧接時間・圧縮量の影響

①上限加圧力とフラット破面率の関係を図-4に示す。フラット破面の発生割合では、各上限加圧力の違いによるフラット破面率には、ほとんど差が見られないが、上限加圧力480kgf/cm²の場合、他の上限加圧力に比べ若干少なくなっている。②圧接時間とフラット破面率の関係を図-5に示す。フラット破面の発生割合では、圧接時間を長くすることによって、わずかづつではあるがフラット破面は減少する傾向にある。③圧縮量とフラット破面率の関係を図-6に示す。フラット破面の発生割合では、圧接時の最終圧縮量を大きくすると、フラット破面は減少する傾向にある。④各圧接条件の水

準のフラット破面への影響を分析した結果を表-3に示す。本実験では、危険率1%で有意となった。上限加圧力と圧縮量の間には交互作用がみられ、上限加圧力を高く、また、圧縮量を大きくすることが、フラット破面の発生を少なくするのに有効であることが判明した。これらの各圧接条件とフラット破面率の関係および分散分析結果より、鉄筋SD50の適正圧接条件として、加圧力510kgf/cm²、圧接時間4分00秒、圧縮量45mmを設定した。

(2) すきまの影響

すきまの大きさとフラット破面率の関係を図-7に示す。すきまの大きさの違いによるフラット破面の発生は、すきまが大きくなるにつれてわずかづつ増加する傾向にはあるが、本実験のすきま5mm程度まではフラット破面の発生はごくわずかである。

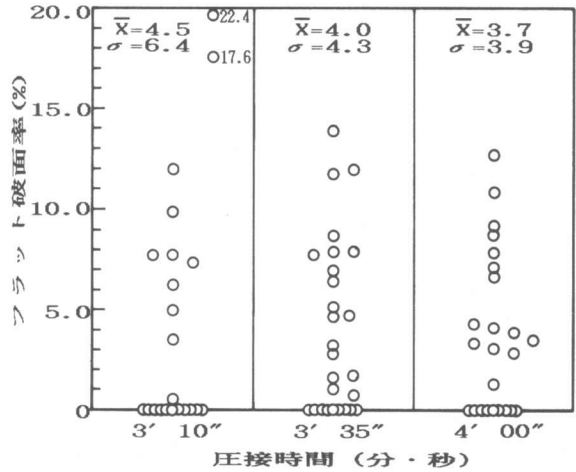


図-5 圧接時間とフラット破面率の関係

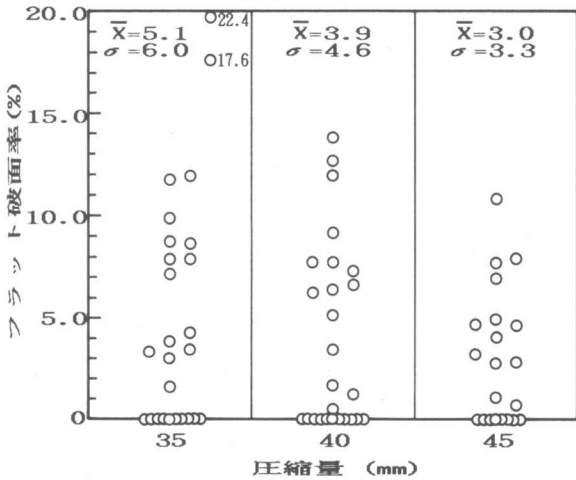


図-6 圧縮量とフラット破面率の関係

表-3 分散分析結果

要因	自由度 f	変動 S	分散 V	分散比 F ₀
A	2	21.11	10.56	4.68**
B	2	24.46	12.23	
C	2	4.28	2.14	
A×B	4	99.27	24.82	
A×C	4	27.80	6.95	
B×C	4	14.88	3.72	
e ₁ 印子 (e)	8	24.00	3.00	
	(22)	(116.53)	(5.30)	
e ₂	46	546.61	11.88	
計	72	762.41		

注) **: 危険率1%で有意

A : 加圧力 (A1=430kgf/cm², A2=480kgf/cm², A3=530kgf/cm²)

B : 圧縮量 (B1=35mm, B2=40mm, B3=45mm)

C : 圧接時間 (C1= 3' 10", C2= 3' 35", C3= 4' 00")

3.3 圧接継手の機械的性質

①引張試験結果を表-4に示す。引張強さは、すきま3mmのふくらみを有する試験片1体を除いて、全てJIS規格の降伏点、引張強さの値を上回っている。JIS規格値を下回ったすきま3mmの試験片の圧接面を観察すると、すきまを開けた側の外周にフラットの発生が見られる。このフラットがノッチ効果となって圧接面より破断し、降伏点はJIS規格値を上回ったが、引張強さはJIS規格値を下回ったものと思われる。②曲げ試験結果を表-5に示す。圧接部のふくらみ部を0.8倍に切削加工して試験を行った試験片は、大部分が90度まで曲がり、母材と同等の性能を有している。ふくらみ部を有する試験片は、すきまに関係なく大部分が90度になる前にふくらみ部の終端部で破断した。この原因としては、ふくらみ形成時に鉄筋のふしがノッチを形成したこと、また、圧接部の変質により母材部に比べて靱性あるいは延性が低下したこと等が考えられる。

4. まとめ

高強度鉄筋SD50のガス圧接性について調べた結果、

①一般に用いられている鉄筋SD35の圧接条件で、鉄筋SD50のガス圧接を行った場合でも、若干のフラット破面は発生するが、継手部の引張強さはJIS規格値を満足する。なお、ちなみにフラット破面率が、30%程度以上³⁾になると引張強さに影響が出てくると考えられる。

②高強度鉄筋SD50の圧接において、フラット破面の生成には上限加圧力と圧縮量が影響し、上限加圧力は高く、圧縮量は大きくすることにより、フラット破面の発生が少ない継手が得られる。

③この圧接条件によってガス圧接された、鉄筋SD50の圧接継手部の引張強さは、JIS規格値を十分に満足する、ことが明らかになった。

このことから、高強度鉄筋SD50へのガス圧接継手工法は十分実用に供せるものと判断できる。

【参考文献】

- 1) 大井、矢部：電炉鉄筋のガス圧接性、溶接技術、1981-3
- 2) 大井、滝本、袴田：高張力異径鉄筋のガス圧接性、鉄道技術研究報告、No.640、1986-6
- 3) 斉藤、矢部、倉持、藤盛：鉄筋ガス圧接部の超音波探傷法の研究、非破壊検査、第33巻第5号、1984-5

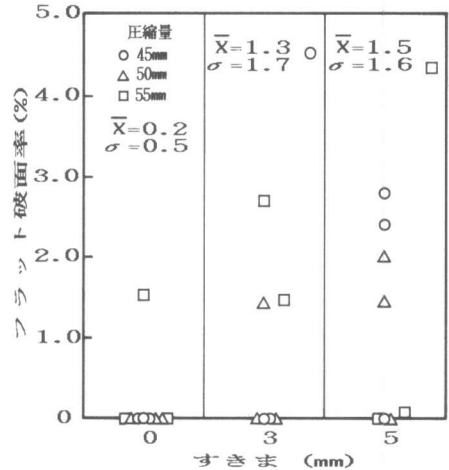


図-7 すきまとフラット破面率の関係

表-4 引張試験結果

試験体	ふくらみの有無	すきま (mm)	引張試験		
			降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断位置
T0-1	無	0	54.5(99)	72.3(99)	母材
T0-2	有	0	54.8(99)	73.0(100)	母材
T0-3	無	0	55.3(100)	72.8(100)	母材
T0-4	有	0	59.5(91)	78.1(97)	母材
T0-5	0.8D切削加工	0	60.7(93)	78.5(98)	母材
T0-6	有	0	59.8(91)	78.7(98)	母材
T3-1	無	3	55.6(101)	61.4(84)	圧接面
T3-2	有	3	54.6(99)	72.0(99)	母材
T3-3	無	3	55.3(100)	73.2(101)	母材
T3-4	有	3	59.1(90)	77.4(96)	母材
T3-5	0.8D切削加工	3	60.7(93)	78.0(97)	母材
T3-6	有	3	59.3(91)	77.4(96)	母材
T5-1	無	5	55.7(101)	73.1(100)	母材
T5-2	有	5	54.7(99)	71.9(99)	母材
T5-3	無	5	55.6(101)	73.0(100)	母材
T5-4	有	5	59.8(91)	78.1(97)	母材
T5-5	0.8D切削加工	5	58.4(89)	77.2(96)	母材
T5-6	有	5	59.8(91)	78.2(97)	母材
母材 (平均)			55.2	72.8	—
母材 (平均) 0.8D切削加工			65.4	80.3	—

()内は、母材の平均値に対する割合 (%)

表-5 曲げ試験結果

試験体	ふくらみの有無	すきま (mm)	曲げ試験		
			曲げ角度 (度)	破断角度 (度)	破断位置
B0-1	無	0	—	55(61)	ふくらみ端部
B0-2	有	0	90(100)	—	—
B0-3	無	0	—	60(67)	ふくらみ端部
B0-4	有	0	90(100)	—	—
B0-5	0.8D切削加工	0	90(100)	—	—
B0-6	有	0	90(100)	—	—
B3-1	無	3	—	20(22)	ふくらみ端部
B3-2	有	3	90(100)	—	—
B3-3	無	3	—	55(61)	ふくらみ端部
B3-4	有	3	90(100)	—	—
B3-5	0.8D切削加工	3	90(100)	—	—
B3-6	有	3	—	60(67)	圧接面
B5-1	無	5	90(100)	—	—
B5-2	有	5	—	50(56)	ふくらみ端部
B5-3	無	5	—	30(33)	圧接面
B5-4	有	5	90(100)	—	—
B5-5	0.8D切削加工	5	90(100)	—	—
B5-6	有	5	90(100)	—	—
母材 (平均)			90	—	—
母材 (平均) 0.8D切削加工			90	—	—

()内は、母材の平均値に対する割合 (%)