

高張力異形鉄筋のアーク溶接

鶴 田 明 *

木 村 富 夫 **

1. ま え が き

土木・建築における鉄筋コンクリート構造や、鉄骨鉄筋コンクリート構造に異形鉄筋の利用が多くなり、その品質も高張力のものが最近急激に増加している。これは設計上、より高強度のものや、より太いサイズのものが必要とされているためばかりではなく、JIS G 31012 「鉄筋コンクリート用棒鋼」の制定により、各製鋼会社の研究開発に伴う形状・品質の多種多様のものの市販されていることにもよる。従来、これら異形鉄筋に対する研究は主に鉄筋コンクリートとしての性能に重点が置かれているものが多く、鉄筋の接合に関しては殆ど触れられていないようであるが、鉄筋の高強度化や大径化により、それらの接合法は設計・施工上極めて重要な問題となる。本研究は異形鉄筋の接合にアーク手溶接を使用した場合について市販の主な異形鉄筋を対象として調査・実験を行ったものである。尚、これは(社)鋼材クラブ「異形鉄筋アーク溶接研究会」の現在継続中である実験研究の中間報告であり、いづれ研究完了後あらためて発表されるものである。

2. 実 験 目 的

現在、市販され実際に使用されている異形鉄筋は非常にその種類が多く、JIS規格による種類が同じであっても、その形状・材質などはそれぞれ相当の差異があるようである。これら各社の異形鉄筋について調整して比較すると共に、その溶接性を検討して適正な施工条件を求め、溶接接手の静的のみでなく疲労試験を行ってそれらの諸性質より、設計・施工指針を得ることを目的としている。またこれにあわせて異形鉄筋溶接接手の試験法についても検討を行うこととした。

3. 実 験 方 法

3.1 鉄 筋

種 類 SR24, SD30, SD35, SD40

呼 び 名 D16, D22, D25, D32

(但しD16は組立溶接試験、D25はコンクリート梁疲労試験にそれぞれ使用)

製 鋼 会 社 A 社 (SD35, SD40)

 B 社 (SD35, SD40)

 C 社 (SR24, SD30, SD35, SD40)

* 早稲田大学教授・工博

** 武蔵工業大学助教授

3.2 試験項目、試験片の形状および試験方法

a. 母材試験

i) 引張試験 (JISZ 2201による)

試験片種類		JISZ 2201による試験片の種類	標点距離 (mm)
圧延のまま	D22	2号	176 (8d)
	D25	2号	200 (8d)
	D32	3号	128 (4d)
円形切削仕上げ	D22	2号 (16mmφ)	128 (8d)
	D32	3号 (26mmφ)	104 (4d)
矩形切削仕上げ	D32	5号 (10mm×25mm)	50

ii) 曲げ試験 曲げ試験は下記3種類について JISZ 2248 に準じて行い、曲げ直径は JISG 3112 に換った。(但し矩形仕上げのものは(b)溶接性試験参照)

- 圧延のまま
- D22 から 16mmφ、D32 より 26mmφ に直径を切削仕上げしたもの(但しA社のSD35、B社のSD40について)
- D32 より 10mm×25mm の矩形断面に仕上げたもの

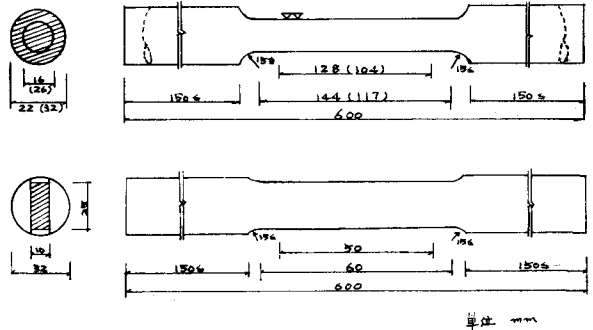


図-1 母材引張試験片形状寸法

iii) 疲労試験 下記2種類について行った。

- 圧延のまま 両端のチャック部に鉄製パイプ(長さ100mm)をはめ、鉄筋との間にバビットメタルを注入してある。
- コンクリート梁中に配筋したもの(6=150mm、D=200mm、梁長さ1600mm)

iv) 硬度試験 ビッカース硬さ10Kgにて測定した。

v) 衝撃試験 JISZ 2202 の4号試験片にて行った。

vi) 化学分析試験

b. 溶接試験 各試験片ともビードは1パスとした。

i) マクロ試験 (図-2参照)

ii) 顕微鏡検査 (図-2中の②④の位置にて採取)

iii) 硬度試験 JISZ 3101

iv) 引張試験 JISZ 2201 の
5号試験片にビードを置き、溶接終了後、母材表面まで仕上げる。
(図-3参照)

v) 曲げ試験 JISZ 3161 に
準じて、AS WELDと、機械仕
上げたものについて行った。曲
げ試験は押曲げ法により(支点間
距離180mm、径38mm)170°
まで曲げ、その後は型曲げをした。
(図-4参照)

c. 突合せ溶接接手の試験

i) マクロ試験、ii) 顕微鏡検査、

iii) 硬度試験 (図-5参照)

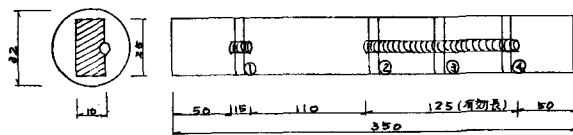
iv) 引張試験 AS WELD、機械
仕上(D22→16mmφ、D32→
26mmφ)とも中部で溶接し、母
材試験片と同一形状にて試験を行
った。

v) 曲げ試験、vi) 衝撃試験、vii) 疲労
試験はそれぞれ母材試験と同様に行
った。

d. 組立溶接接手の試験

i) マクロ試験 (図-6参照)

ii) 引張試験、iii) 曲げ試験、iv) 疲労
試験については試験方法は全て母
材試験と同じとし、試験材の中央に
長さ60mmの鉄筋D16を図-6に
示すように直交させ10~15mm
の長さの溶接を行って組立てたもの
である。尚、引張試験、曲げ試験は溶接のまま行った。



①②③④：試験片採取位置 単位mm

図-2 マクロ、硬度、顕微鏡試験片

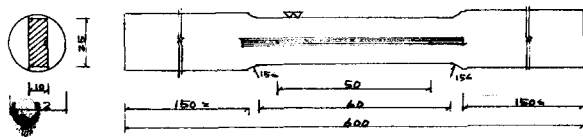


図-3 引張試験片 単位mm

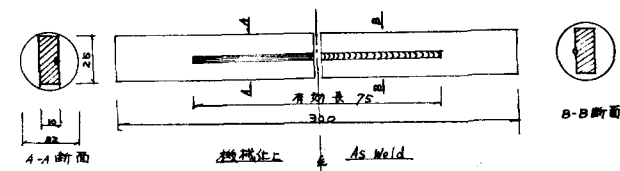


図-4 曲げ試験片 単位mm

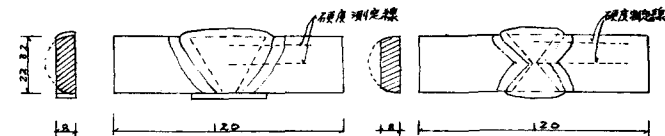


図-5 マクロ、顕微鏡、硬度試験片 単位mm

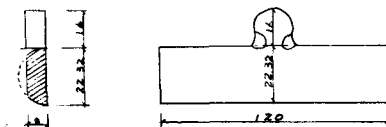


図-6 マクロ試験片 単位mm



単位mm

図-7 ショートビード溶接マクロ、硬度試験片

e. ショートビード溶接の試験

i) マクロ試験、ii) 硬度試験 はいずれも図-7参照

iii) 引張試験、iv) 曲げ試験、v) 疲労試験

各試験片共、鉄筋の円周に沿って長さ15~20mmのビードを置いた。溶接のままと機械仕上げと2種類を作成したが、仕上げのものは溶け込みを成可く残すようにD22→19mmφ、D32→28mmφの径までとした。

曲げ試験ではビードが引張側にくるように曲げることにした。この外、試験方法などについては母材試験と同様である。

3.3 溶接条件の選定

溶接条件を選定するために次の要領で予備実験を行った。

i) 供試材

鉄筋 B社 SD35 (D32、D22)

SD40 (D32、D22)

溶接棒 KS-76G (D5016) 40mmφ

ii) 溶接条件 170~180 Amp. 30~35V (ビード長さ軸方向10~15mm)

22φ	予熱	室温	100℃	200℃	200℃	300℃	300℃
	後熱	ナシ	ナシ	ナシ	400℃	ナシ	400℃
32φ	予熱	室温	100℃	200℃	300℃	300℃	
	後熱	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	400℃	

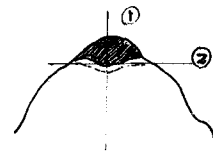
iii) 試験項目および方法

曲げ試験 JISZ 2248 の押曲げ法すべて

L=200mm、曲げ直径44mm

硬度試験 ビッカース硬さ、0.5mm間隔にて測定

(図-8参照)



①② 硬度測定線

図-8 ビッカース硬度試験

iv) 予備試験結果 (図-9)

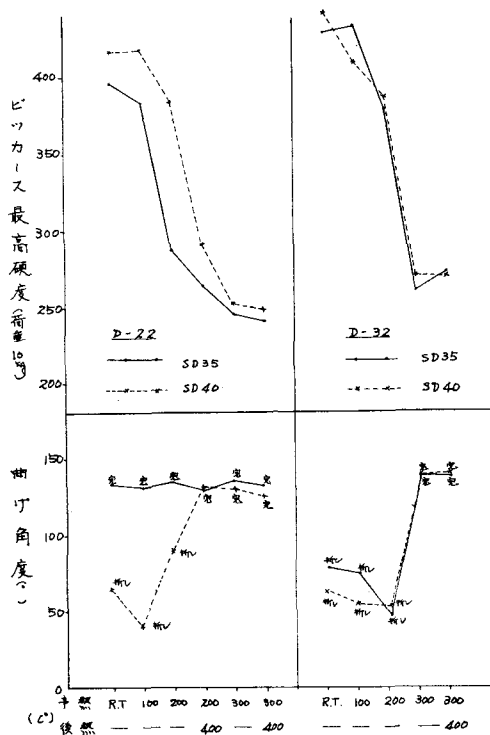


図 - 9 予備試験結果

3.4 溶接作業記録

i) 予 熱 予熱温度の確認は温度チョーク (198℃、204℃、302℃) によった。

試験の種類	予熱 (空冷)	備 考
溶 接 性 の 試 験 突合せ溶接接手試験	① ナ シ ② 200℃ ③ 300℃	
組立溶接接手試験 ショートビード溶接試験	① ナ シ ② 300℃	
疲 労 試 験	① ナ シ	突合せV開先を除く

ii) 溶 接 棒

鉄筋の種類	銘 柄	径 (mm)	電流 (Amp)	電 圧 (V)
SR24	FX-1 (D4301)	4.0	170	22~23
SD30	LH-50 (D4316)	4.0	170	29~30
SR35	LH-55 (D4316)	4.0	170	29~30
	KS-76G (D5016)	4.0	175	27~28
SR40	LH-60 (D5516)	4.0	170	29~30
	KS-86C (D6016)	4.0	175	27~28

Ⅲ) 溶接時間、層数および溶接棒使用量

a. 溶接性試験

試験の種類	ビード長(mm)	溶接時間(秒)	棒使用量(g)
マクロ試験 顕微鏡検査 硬度試験片	有効 125	47~53	168~205
	15	3~3.9	1.1~2.0
曲げ試験片	有効 75	23~24	約90

b. 突合せ溶接接手試験 (図-10)

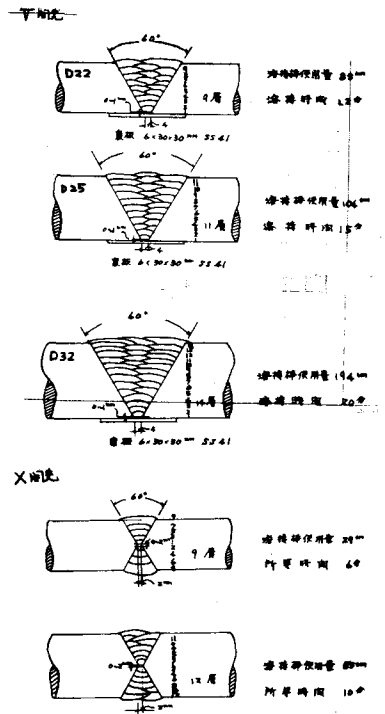


図-10 突合せ溶接接手の溶接時間、層数他

試験の種類	組立溶接接手	ショートビード溶接
溶接時間	片側 6~10秒	3~7秒
溶接棒使用量	片側 25~50mm	1.1~3.5mm

4 実験結果

4.1 母材成分分析

鉄筋の種類	会社 記号	呼び径	化 学 成 分 %						$C + \frac{M_n}{6}$
			C	M_n	P	S	S_i	C_u	
SR24	C	D22	0.10	0.47	0.012	0.022	0.24	0.18	0.18
		D32	0.10	0.44	0.012	0.022	0.23	0.20	0.17
SD32	C	D22	0.24	0.72	0.017	0.031	0.20	0.30	0.36
		D32	0.25	0.72	0.017	0.032	0.21	0.21	0.37
SD35	A	D22	0.19	1.37	0.036	0.014	0.35	0.09	0.42
		D32	0.17	1.19	0.034	0.016	0.36	0.09	0.37
	B	D22	0.20	0.97	0.012	0.031	0.47	0.14	0.36
		D32	0.21	1.10	0.016	0.028	0.49	0.20	0.39
	C	D22	0.24	0.86	0.020	0.032	0.27	0.32	0.38
		D32	0.26	0.86	0.020	0.031	0.28	0.32	0.40
SD40	A	D22	0.23	1.28	0.045	0.017	0.38	0.10	0.44
		D32	0.24	1.03	0.017	0.014	0.58	0.18	0.41
	B	D22	0.26	0.95	0.026	0.029	0.39	0.17	0.42
		D32		(実 験 中)					
	C	D22	0.23	1.37	0.021	0.027	0.21	0.29	0.46
		D32		(実 験 中)					

4.2 各溶接棒の溶着金属の性質

○ 溶着金属の機械的性質

棒の種類 \ 性質	降 伏 点 Kg/mm^2	引 張 強 さ Kg/mm^2	伸 び 率 (%)	断面収縮率 (%)	シャルピー衝撃値 $vE_0 \text{ } Kg \cdot m / cm^2$
KS-76G (D5016)	483	57.9	32	72	28
KS-86C (D6016)	57.8	64.7	27	65	22
FX-1 (D4301)	41.3	49.6	30.4	56.1	11.8
LH-50 (D4316)	42.4	52.1	31.8	67.1	22.3
LH-60 (D5516)	49.8	60.1	32.4	65.7	23.8

○ 溶着金属の化学成分(%)

化学成分 棒の種類 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo
KS-76G	0.07	0.45	1.02	0.008	0.010	0.09	—	—
KS-86C	0.05	0.50	1.10	0.014	0.010	—	0.95	0.22
FX-1	0.11	0.14	0.52	0.016	0.015	0.11	—	—
LH-50	0.08	0.49	0.62	0.012	0.013	0.09	—	—
LH-60	0.08	0.66	1.26	0.012	0.009	0.07	—	—

4.3 硬度試験

i) 母材

鉄筋の種類	会社記号	呼び径	ビッカース硬さ
SR24	C	D22	122
		D32	114
SD32	C	D22	125
		D32	161
SD35	A	D22	156
		D32	152
	B	D22	147
		D32	141
	C	D22	145
		D32	158
SD40	A	D22	172
		D32	161
	B	D22	150
		D32	—
	C	D22	157
		D32	—

ii) 溶接性試験

試験片採取位置(図2) 鉄筋の種類 溶接条件 会社記号		予熱なし、空冷				200℃、空冷				300℃、空冷			
		①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④
SR24	C	245	191	196	198	236	225	188	152	—	—	—	—
SD30	C	345	235	227	207	249	218	209	218	258	182	192	218
SD35	A	376	203	203	215	306	199	196	196	309	206	201	205
	B	446	219	199	196	413	213	198	205	376	213	205	202
	C	442	285	209	233	283	221	199	202	276	209	207	201
SD40	A	442	235	225	210	366	228	221	219	363	207	213	218
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

iii) 突合せ溶接接手

鉄筋の種類	会社記号	溶 接 条 件	開 先 形 状					
			V		X(ガウシグ無)		X(ガウシグ有)	
			D22	D32	D22	D32	D22	D32
SD35	A	予熱なし、空冷	188	206	206	197	228	189
		200℃、空冷	191	180	194	203	198	192
		300℃、空冷	191	181	196	203	199	243
SD40	B	予熱なし、空冷	212	—	205	—	198	—
		200℃、空冷	203	—	215	—	209	—
		300℃、空冷	199	—	212	—	203	—

iv) ショートビード溶接

鉄筋の種類	会社記号	溶 接 条 件					
		予熱なし、空冷		200℃、空冷		300℃、空冷	
		D22	D32	D22	D32	D22	D32
SR24	C	242	265	227	236	—	—
SD30	C	366	380	—	—	283	274
SD35	A	413	348	—	—	254	258
	B	309	464	—	—	247	254
	C	468	478	—	—	319	317
SD40	A	405	459	—	—	258	270
	B	455	—	—	—	256	—
	C	429	—	—	—	409	—

4.4 衝撃試験（Vノッチシャルピー値）

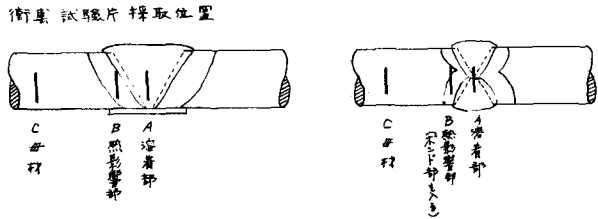


図-11 衝撃試験片Vノッチ位置

衝 撃 試 験 値 ($Kg \cdot m/cm$)

鉄筋の種類	試験片位置	開先形状 呼び径 試験温度 溶接条件	V				X ガウジング無				X ガウジング有			
			D 2 2		D 3 2		D 2 2		D 3 2		D 2 2		D 3 2	
			0℃	20℃	0℃	20℃	0℃	20℃	0℃	20℃	0℃	20℃	0℃	20℃
SD85 (A)	溶着金属	予熱なし	164	209	189	226	98	139	67	176	59	153	94	199
		200℃	184	227	133	240	88	153	55	188	77	183	75	194
		300℃	160	264	141	250	111	184	119	177	92	156	94	216
	熱影響部	予熱なし	222	249	189	226	222	244	276	213	210	244	242	241
		200℃	225	262	254	228	239	233	252	240	206	249	249	254
		300℃	245	256	234	213	229	244	269	222	236	255	248	228
SD40 (B)	溶着金属	予熱なし	110	164	—	—	7.8	9.8	—	—	6.6	10.8	—	—
		200℃	12.4	16.9	—	—	7.6	10.0	—	—	6.4	10.4	—	—
		300℃	12.3	17.4	—	—	7.4	9.3	—	—	6.8	11.2	—	—
	熱影響部	予熱なし	3.6	9.8	—	—	16.6	19.4	—	—	10.9	16.2	—	—
		200℃	18.0	18.6	—	—	16.7	17.8	—	—	18.2	13.8	—	—
		300℃	16.7	20.8	—	—	19.2	19.8	—	—	19.6	19.8	—	—
SD85	母 材		12.75	13.63	12.4	20.3								
SD40			14.7	20.4	—	—								

4.5 各種試験の引張試験

切断位置の記号

- A : 中央より左右に標点距離の長さの $\frac{1}{4}$ 以内で母材切断したもの。
- B : 中央より左右に標点距離の長さの $\frac{1}{4} \sim \frac{2}{4}$ で母材切断したもの。
- C : 溶接部中央より切断したもの。
- D : 溶接部にそって切断したもの。
- E : 標点間外で切断したもの。

但し引張試験結果は3試験片の平均である。

図-12に各種試験結果を母材との比較値にて示す。

母材の引張試験結果（但し圧延のまま）

鉄筋の種類	機械的性質		断面積 cm ²	降伏点 Kg/mm ²	引張強度 Kg/mm ²	伸び %	切断位値
	呼び径	会社記号					
SR24	D22	A B C	— — 3.79	— — 30.9	— — 43.9	— — 32	— — A.A.A
	D32	A B C	— — 8.04	— — 28.5	— — 42.6	— — 41	— — A.A.A
SD30	D22	A B C	— — 3.87	— — 38.0	— — 54.9	— — 28	— — A.A.B
	D32	A B C	— — 7.94	— — 34.1	— — 53.4	— — 32	— — B.A.A
SD35	D22	A	3.87	40.7	59.5	27	A.A.A
		B	3.87	38.2	55.9	25	B.B.B
		C	3.87	39.2	56.6	27	A.B.B
	D32	A B C	7.94 7.94 7.94	37.5 38.2 36.8	54.0 57.0 55.8	37 29 32	A.A.B A.A.B A.A.A
SD40	D22	A	3.87	46.5	63.9	26	A.A.A
		B	3.87	40.8	61.4	24	A.A.B
		C	3.87	41.4	62.1	26	A.A.A
	D32	A B C	7.94 — —	44.9 — —	64.2 — —	32 — —	B.A.A — —

母材の引張試験結果（円形仕上）

鉄筋の種類	機械的性質		断面積 cm ²	降伏点 Kg/mm ²	引張強度 Kg/mm ²	伸び %	絞り %	切断位値
	呼び径	会社記号						
SR24	D22	A B C	— — 2.02	— — 31.3	— — 44.1	— — 31	— — 67	— — A.A.A
	D32	A B C	— — 5.31	— — 29.7	— — 42.8	— — 38	— — 69	— — A.A.A
SD30	D22	A B C	— — 2.02	— — 40.3	— — 56.5	— — 26	— — 58	— — A.A.A
	D32	A B C	— — 5.31	— — 36.8	— — 54.8	— — 31	— — 54	— — A.A.A
SD35	D22	A	2.02	45.9	61.6	23	66	A.A.A
		B	1.95	41.5	57.8	24	61	B.A.A
		C	2.01	41.2	58.3	27	59	A.A.A
	D32	A B C	4.92 4.91 5.31	40.2 40.7 38.7	56.2 59.5 58.5	34 33 31	68 67 56	A.A.A A.A.A A.A.A
SD40	D22	A	2.01	53.0	67.0	24	63	A.A.A
		B	1.90	43.5	61.9	24	59	A.B.A
		C	2.01	41.2	63.9	24	54	A.A.A
	D32	A B C	4.90 — —	47.5 — —	65.3 — —	32 — —	67 — —	A.A.A — —

断点温度 ℃			
引張強さ %			
伸び %			
繰り			
溶接条件	200℃ 300℃ 普通	200℃ 300℃ 普通	200℃ 300℃ 普通
優先形状	V	X (ガウジ・T・T)	X (ガウジ・T・T)

→ SD35 D22
 Δ→ S 40 D22
 ×---× SD35 D32
 実合工 溶接条件の引張試験成績 (但し溶接の22)

断点温度 ℃			
引張強さ %			
伸び %			
繰り			
溶接条件	200℃ 300℃ 普通	200℃ 300℃ 普通	200℃ 300℃ 普通
優先形状	V	X (ガウジ・T・T)	X (ガウジ・T・T)

実合工 溶接条件の引張試験成績 (但し引張条件の22)

組立溶接の引張試験結果

鉄筋 の種類	呼 び 径	溶 接 条 件	機械的性質		断 面 積 cm ²	降 伏 点 %	引 張 強 度 %	伸 び %	絞 り %	切 断 位 置
			社 記 号	予 熱						
SR24	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	B・B・B
	D32	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	B・B・B
	D32	200℃	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	B・B・B
SD30	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	E・B・B
	D32	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	B・B・B
SD35	D22	予熱なし	A	3.87	102	99	92	—	—	B・B・B
			B	3.87	100	101	90	—	—	B・B・B
			C	3.87	100	100	85	—	—	A・B・B
		300℃	A	3.87	103	100	93	—	—	B・E・E
			B	3.87	100	100	86	—	—	A・E・E
			C	3.87	99	101	92	—	—	E・B・E
	D32	予熱なし	A	7.94	100	100	92	—	—	B・B・B
			B	7.94	101	99	93	—	—	A・B・B
			C	7.94	102	100	72	—	—	B・B・C
		300℃	A	7.94	100	100	92	—	—	B・B・B
			B	7.94	101	99	93	—	—	A・B・B
			C	7.94	101	99	94	—	—	B・B・B
SD40	D22	予熱なし	A	3.87	99	100	90	—	—	B・B・E
			B	3.87	99	98	82	—	—	E・E・E
			C	3.87	98	99	92	—	—	E・E・E
		300℃	A	3.87	99	100	84	—	—	B・B・B
			B	3.87	103	99	88	—	—	E・B・E
			C	3.87	103	98	88	—	—	B・B・B
	D32	予熱なし	A	7.94	100	99	94	—	—	B・B・B
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	7.94	101	101	70	—	—	B・B・C
		300℃	A	7.94	100	99	94	—	—	B・B・B
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	7.94	105	100	100	—	—	B・B・B

ショートビード溶接の引張試験結果（溶接のまま）

鉄筋呼称 の種類	溶接 の種	会社記号 の条件	機械的性質		断面積 cm ²	降伏点 %	引張強さ %	伸び %	絞り %	切断位置
			予熱なし	A B C						
SR24	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	3.82	101	100	96	—	—	B. B. A
	D32	200℃	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	3.79	103	100	98	—	—	B. B. B
SD30	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	8.01	101	100	100	101	—	B. B. B
	D32	200℃	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	8.01	98	100	100	100	—	B. B. A
SD35	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	3.87	100	101	88	—	—	B. B. B
	D32	300℃	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	3.87	102	101	87	—	—	B. B. B
SD35	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	7.94	101	99	75	—	—	A. B. C
	D32	300℃	A	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	7.94	99	98	100	—	—	B. A. B
SD35	D22	予熱なし	A	3.87	101	100	95	—	—	B. B. B
			B	3.87	100	100	95	—	—	B. A. B
			C	3.87	100	99	98	—	—	B. B. B
	D32	300℃	A	3.87	100	100	92	—	—	B. A. B
			B	3.87	100	100	90	—	—	B. B. B
			C	3.87	100	100	96	—	—	B. B. B
SD40	D22	予熱なし	A	7.94	99	99	92	—	—	A. B. B
			B	7.94	101	99	97	—	—	B. B. A
			C	7.94	102	99	75	—	—	C. C. B
	D32	300℃	A	7.94	100	100	92	—	—	A. B. B
			B	7.94	101	99	97	—	—	B. B. B
			C	7.94	101	99	100	—	—	B. B. B
SD40	D22	予熱なし	A	3.87	100	100	92	—	—	B. A. B
			B	3.87	100	98	94	—	—	B. A. B
			C	3.87	100	99	93	—	—	A. B. B
	D32	300℃	A	3.87	100	100	92	—	—	B. B. B
			B	3.87	101	98	91	—	—	B. B. B
			C	3.87	102	99	92	—	—	A. B. A
SD40	D22	予熱なし	A	7.94	100	100	94	—	—	B. B. B
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	— — —
	D32	300℃	A	7.94	99	99	97	—	—	B. B. B
			B	—	—	—	—	—	—	— — —
			C	—	—	—	—	—	—	— — —

ショートビード溶接の引張試験結果 (円形仕上)

鉄筋の種類	呼び径	溶接条件	機械的性質 会社記号			断面積 cm ²	降伏点 %	引張強度 %	伸び %	絞り %	切断位置
			予熱なし	A B C							
SR24	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
	D22	200℃	A	—	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
SD30	D22	予熱なし	A	—	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
	D22	300℃	A	—	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
SD35	D22	予熱なし	A	2.66	94	99	99	106	97	97	B. B. B
			B	2.64	99	102	99	99	102	99	B. B. B
		300℃	A	2.64	92	100	100	106	94	94	B. B. B
			B	2.65	99	101	99	99	102	99	B. B. B
	D32	予熱なし	A	6.20	98	100	100	100	99	99	B. B. B
			B	6.23	97	98	89	89	79	79	B. B. B
		300℃	A	6.15	99	98	106	106	100	100	A. B. B
			B	6.31	97	99	100	100	100	100	B. B. B
SD40	D22	予熱なし	A	2.63	91	98	93	93	103	103	B. B. B
			B	2.63	96	100	90	90	95	95	B. B. B
	D22	200℃	A	2.83	100	100	95	95	104	104	B. A. B
			B	2.65	88	99	92	92	103	103	B. B. B
	D32	予熱なし	A	2.64	96	98	94	94	98	98	B. B. A
			B	2.82	109	100	94	94	104	104	A. B. A
	D32	200℃	A	6.26	97	97	97	97	98	98	B. B. B
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
SD40	D32	300℃	A	6.14	98	97	94	94	100	100	B. B. B
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —
	D32	300℃	A	—	—	—	—	—	—	—	— — —
			B	—	—	—	—	—	—	—	— — —

4.6 各種試験の曲げ試験

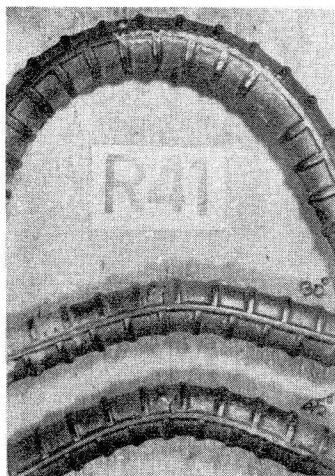


写真-1 ショートビード溶接の曲げ試験

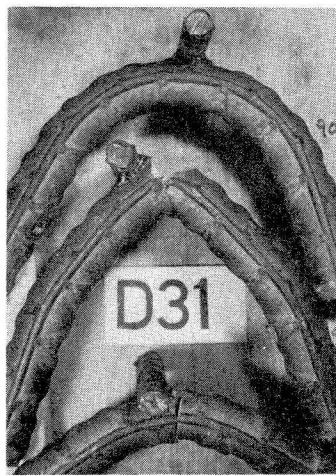


写真-2 組立溶接接手の曲げ試験

曲げ判定の基準は次の通りである。

- A : ひび割れなし
- B : ひび割れ小 (肉眼で識別できる程度)
- C : ひび割れ中 (深さが鉄筋径の約 $\frac{1}{5}$ 以下のもの)
- D : ひび割れ大 (B以上のもの)
- X : 折 断 (その際の角度を肩記)

なお、ダッシュを付したものは溶接欠陥が認められ、その箇所からひび割れが生じたことを示す。
ただし A' は溶接欠陥は表われたが、ひび割れ迄にはならなかったものである。

i) 溶接性全数キレツ発生なし、 180° 曲がる。伸び率は、押曲げ法で中央 28.7% 、両側で 46.8% 、型曲げ法では中央 27.3% 、両側 33.1% (標点距離 50 mm)

ii) 突合せ溶接接手

母材は圧延のままのもの、機械仕上げしたものとも 180° 曲がった。

SR24では自由曲げで伸び率は 径 32 mm 37.6% 、径 22 mm で 32.7% であって、すべて完全に曲がる。SD35、SD40については次図で示す。

iii) 組立溶接接手、 iv) ショートビード溶接についても図-13に示しておく。

	溶接のまま					焼 成 後 上					溶接のまま					焼 成 後 上				
A	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
B	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
D	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
溶接	V	X	X	組立	ジョイント	V	X	X	組立	ジョイント	V	X	X	組立	ジョイント	V	X	X	組立	ジョイント
会社記号	A					A					B					B				
呼び径	D22										D22									
鉄筋の径数	SD35										SD40									

溶接	●	●	●	●
ジョイント	●	●	●	●
組立	●	●	●	●
ジョイント	●	●	●	●

● 溶接部
 ○ ジョイント部
 △ 組立部

図-13-1 曲げ試験結果一覧表

	溶接のまま					焼 成 後 上									
A	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
B	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
D	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
溶接	V	X	X	組立	ジョイント	V	X	X	組立	ジョイント					
会社記号	A					A									
呼び径	D32														
鉄筋の径数	SD35														

図-13-2 曲げ試験結果一覧表

5. 考 察

今回の報告は静的試験結果であり、疲労試験のそれは含まれていないが、前項迄に述べていることより次の事柄が判明した。

- ショートビード溶接の予熱を行わない場合は最高硬度は著しく高いが、300℃予熱を行えば殆どの種類の鉄筋は、一般に許容される値まで低下することが推定し得る。通常の長さのビードおよび突合せ溶接の場合は予熱を行わなくても最高硬度は余り高くならなかった。

- ii) 突合せ溶接接手の衝撃値は溶着金属および熱影響いづれも、概ね良好な結果が得られた。
- iii) 突合せ溶接接手の引張試験に於て円形に切削仕上げをしたものに不溶着やブローホールなど欠陥があらわれ、溶接部で破断したものが多くあったが、母材強度とほぼ等しい値であり、溶接のままの接手と同様に、静的引張強さは母材と同じと考えてよいと思われた。
- iv) 組立溶接接手、ショートビード溶接の引張強さも静的ではほぼ母材と同等である。
- v) 曲げ試験に於ては、予熱の影響は組立溶接接手とショートビード溶接に著しく見られたが、突合せ溶接接手では余り差がなかった。この突合せ溶接接手の開先ではX型開先ガウジングのものが最も良好で、次にX型開先ガウジング無しのもの、V開先のもの順となっている。
- vi) 曲げ試験においてD 3 2がD 2 2より劣る結果を示しているが、最高硬さは両者ほぼ同じ値であり、伸び率や曲げ荷重、さらに曲げ試験方法にも関係すると思われる。この問題については更に実験検討中である。

6. む す び

はじめに述べたように現在継続して行われている研究の中間報告であるので、確言はできないが、静的引張強さに於てはアーク溶接接手は母材と同等とみなし得るが、曲げ試験に相当の差を示すものがあり、予熱、開先形状などの施工上大切な問題があることが判った。

特にショートビード溶接の場合の危険さが示されているので、安易なアーク溶接の使用は避けなければならない。最も問題の多いと思われる疲労に対しての諸性質については未だ実験が終了していないので、何れ次の機会にゆずることとする。

以 上