

東京大学工学部 正員 國分正胤
 東京大学大学院 学生員 〇山崎 淳

この報告は、各種異形鉄筋のガス圧接継手および突合せアーク溶接継手について行った静的引張試験結果および曲げ試験結果ならびにこれらを用いた鉄筋コンクリート梁の曲げ疲労試験結果等に基づき、異形鉄筋の種類と継手効率との関連性、溶接方法の相違が溶接継手の強度に及ぼす影響その他を論じようとするものである。更に 横鉄筋のビード溶接が引張鉄筋の疲労性状に及ぼす影響についても論ずる。

試験に用いた鉄筋は主としてSD40およびSD35であるが比較のためにSD30, SR30なども用いた。これらの化学成分、機械的性質などは表-1に示すようである。また溶接部の形状は図-1に示すようなものである。疲労試験に用いた突合せ溶接継手の開先は $\sqrt{60}$ のみであるが、静的試験の場合には開先をX型、K型、レ型などとし、なお 開先角度も $30^\circ, 45^\circ$ および 60° と変化させて比較した。

図-1 溶接部の形状の概略

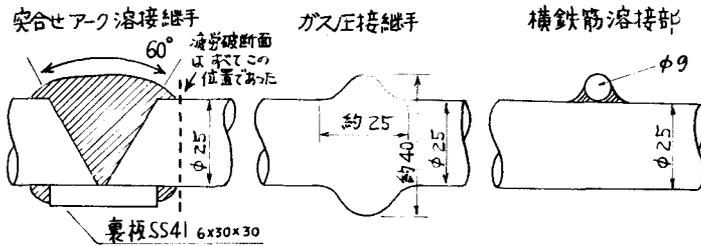


表-1 鉄筋の化学成分、機械的性質、表面形状 ならびに 疲労強度

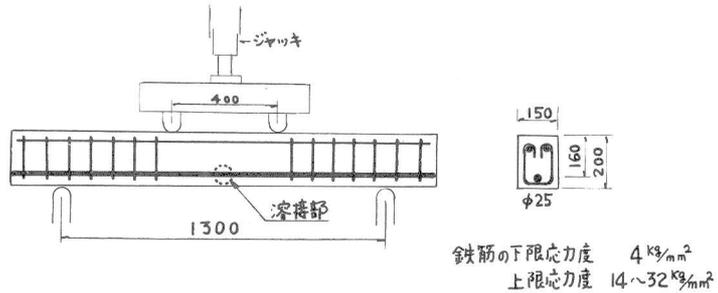
種別	降伏点 kg/mm ²	引張強度 kg/mm ²	ふし 軸線と 取付部 と直角 の角度	200mm ² 取付部 に及ぼす 疲労 強度 kg/mm ²	化学成分 (%)					表面形状	備考	
					C	Mn	Si	P	S			
B 30	30	53	90°	21	0.34	0.52	0.10	0.014	0.020	}	アーク 溶接に 用いた	
E 35	38	55	〃	29	0.20	0.90	0.30	0.015	0.015			
E 40	44	64	〃	〃	0.24	1.23	0.42	0.025	0.029			
C ₃ 35	39	54	60°	〃	0.17	1.15	0.34	0.039	0.018			
C ₃ 40	45	61	〃	〃	0.20	1.30	0.40	0.033	0.017			
A 30	36	58	—	—	24	0.20	1.18	0.30	0.020	0.017	}	ガス 圧接に 用いた
B 30	30	53	90°	無	21	0.34	0.52	0.10	0.014	0.020		
I ₂ 40	47	62	〃	有	29	0.20	1.57	0.34	0.024	0.015		
C ₂ 40	48	64	60°	〃	32以上	0.23	1.21	0.36	0.039	0.025		
C ₃ 40	45	61	〃	〃	29	0.20	1.30	0.40	0.033	0.017		
F 40	42	66	45°	無	25	0.23	1.63	0.50	0.022	0.029		

(註)
 * 下限応力度
 5400kg/cm²
 とした場合の
 上限応力度

鉄筋の種類と表示する場合、デフォーメーションを示す文字 C₃, E など、降伏点を示す数値 40, 35 などとを組合せ C₃40, E35 などとした。

疲労試験には図-2に示すような鉄筋コンクリート梁を用い、載荷速度を毎分300回とした片振り曲げを行った。鉄筋の溶接部は、溶接したままの状態でもコンクリート中に埋め込んだ。疲労試験における下限荷重は、弾性計算による鉄筋の引張応力度が 400kg/cm^2 となるような一定荷重とし、上限荷重を2〜3段階に変えて鉄筋が疲労破断するまで載荷を続行した。試験の結果から載荷繰返し数200万回で疲労破断するような鉄筋の上限応力度（これを200万回疲労強度と呼ぶ）を求め、これに基づいて鉄筋溶接部の強度を論じたのである。

図-2 供試体及び疲労試験装置



1. 溶接継手の静的引張強度試験結果

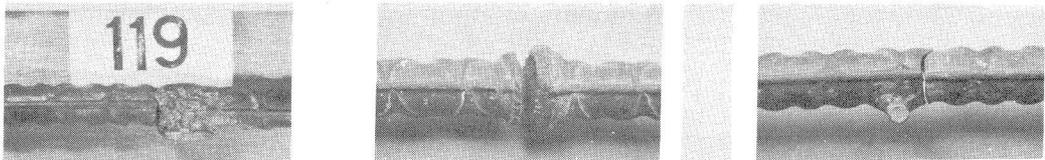
静的引張試験結果によれば、溶接部の継手効率は、ガス圧接やアーワ溶接等の溶接方法の相違、開先形状・鉄筋の材質・デフォーメーション・等の相違にかかわらず常に95%以上であって、溶接部の静的強度は母材と同程度にできることが示された。上で述べたように溶接したままの状態でも試験したのであるが、破断位置は殆んど母材部であった。しかし、開先を極端に狭くした場合には、溶接部で破断した例もある。

上記のように溶接部の静的引張強度は母材と同程度であったが、引張りに伴って溶接部にひびわれが認められた場合もあった。これは、繰返し応力に対しては溶接部が弱点となることを示唆するものである。

2. 溶接継手の疲労試験結果

中央に溶接部を持つ鉄筋を用いた梁の曲げ疲労試験結果の一例は図-3および図-4に示すように、溶接継手の疲労強度は溶接方法の相違によって著しく異なることが示された。

写真-1 溶接部の疲労破断の一例



空合セアーワ溶接継手

ガス圧接継手

横鉄筋溶接部

ガス圧接による場合の継手効率は良好であるが、この場合にもその効率は鉄筋の材質によって相違する。即ち軟鋼の異形鉄筋（例えばSD30）の継手効率は100%であるが、高張力異形鉄筋の場合にはSD40であっても継手効率は80%程度に低下した。（図-5参照）また鉄筋のデフォーメーションの相違によっても圧接継手の疲労強度が相違した。すなわちSD40の場合各種鉄筋のガス圧接継手の200万回疲労強度は $1600\text{kg}/\text{mm}^2 \sim 2600\text{kg}/\text{mm}^2$ の範囲に相違したのである。しかしこれらの値がいずれもそれぞれの母材鉄筋の疲労強度の約80%となっていることは注目し得る。

図-5 ガス圧接が各種鉄筋の疲労強度に及ぼす影響

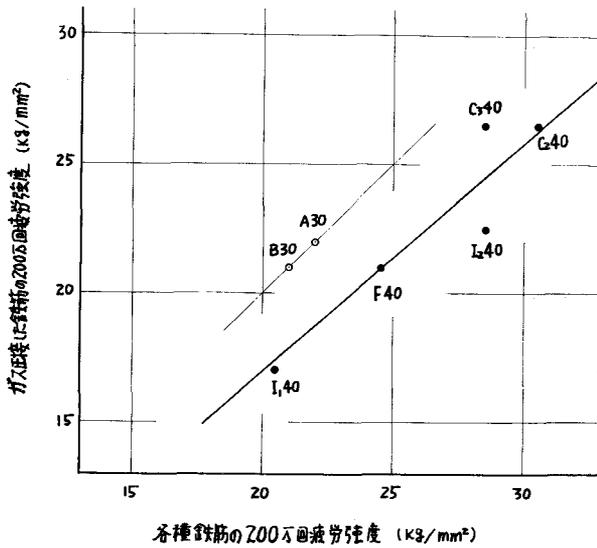
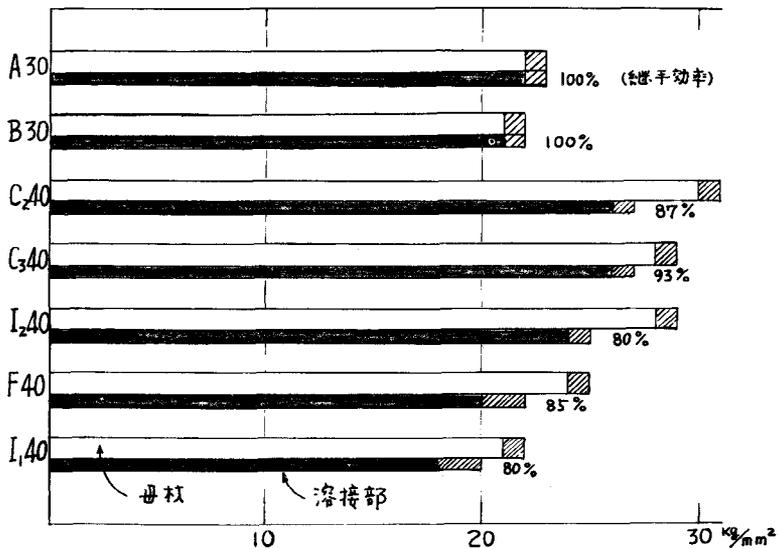
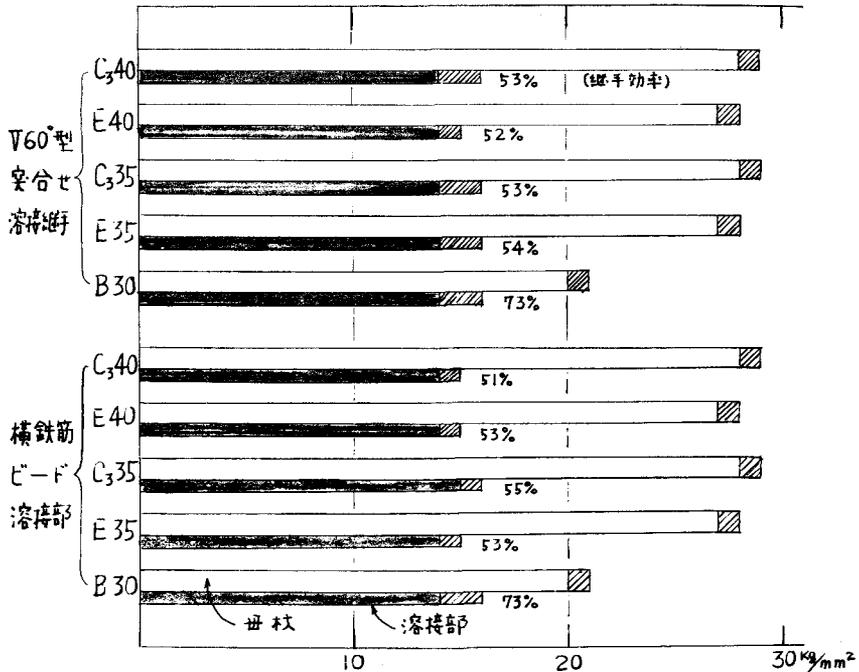


図-3 ガス圧接継手の200万回疲労強度



アーワ溶接の場合はガス圧接の場合と異り、母材鉄筋の疲労強度が高い場合でもアーワ溶接部に期待し得る疲労強度には限度があることが認められたのである。例えば 図-4 に示すように母材の疲労強度が 2600kg/mm^2 と高い場合でも、V60型突合せ溶接部の疲労強度は 1400kg/mm^2 程度に止り、疲労強度の低い母材鉄筋の場合と同程度であった。これらの場合における疲労破断は図-2 に示すように、ビードの端部を起卓として生じた。

図-4 アーク溶接継手の200万回疲労強度



3. 溶接継手の静的曲げ試験の結果には、疲労試験結果とある程度の関連があるように思われた。たとえば アーク溶接継手において溶着金属と母材との接着部は、曲げによるひびわれの起卓となることが多かったが、このひびわれ位置は疲労破断の起卓と一致していたのである。

鉄筋の組立てに当り、帯鉄筋・横鉄筋等を主鉄筋にビード溶接する場合がある。このビード溶接が鉄筋の疲労強度その他に及ぼす影響についても検討した。その結果、横鉄筋のビード溶接部は、曲げによってビードの端部から破断し、ビード溶接による鉄筋の硬化が著しいことが認められた。また 図-4 の疲労試験結果には、横鉄筋のビード溶接部の疲労強度が母材鉄筋の疲労強度の高い場合でも、 1400kg/mm^2 程度と著しく低いことが示されている。

この報告のうち、アーク溶接に関する部分は、鋼材クラブ委託の「異形鉄筋アーク溶接研究会」の一員として行なった研究である。