

太径異形鉄筋 (D38) ガス圧接部の超音波探傷試験に関する研究

矢部 喜堂
倉持 貢
藤盛 紀明
篠田 雅夫
(原子力部)

§ 1. はじめに

最近、構造物の大型化に伴い、構造用鉄筋は太径かつ高張力化する傾向にある。鉄筋の接合法は、現在までに機械的接合法、冶金の接合法およびその中間的接合法など各種の工法が開発・実用化されているが、施工性、経済性で有利なガス圧接法が一般的である。しかし、この場合フラットの発生による耐力低下がしばしば問題となる。このフラットは、鉄筋が太径化するほど発生率が高いといわれているが、圧接条件によっても影響を受ける。ここでは、実際の現場施工において想定されるいくつかの圧接作業条件や端面条件を要因として、太径鉄筋 S D35-D38 のガス圧接性能を調査した。

また、圧接部の品質は、抜取検査によって管理されているが、これは工事の工程や経済性に大きな影響を与えるため、より迅速でかつ圧接部を破損しない検査方法の開発が望まれる。そのひとつとして、ガス圧接部の超音波探傷試験に関する研究を行なったので報告する。

破面試験よりなり、異なる圧接条件においてガス圧接したこぶ付き試験体と、これを0.7D(D:公称直径)に削成した試験体(以下0.7D試験体と称す)について、これらの試験を行なった。

圧接部の超音波探傷試験は、すでにパルス反射法¹⁾による垂直一探触子法、斜角一探触子法および斜角の二探触子透過法の実験を行なった²⁾³⁾(図-1(a)(b)(c)参照)。これらの実験の結果、次のような問題がある。

- 1)垂直法：現場的には不可能な方法である。
- 2)斜角一探法：幾何学的に欠陥エコーを受信できないことがあり、また、こぶ近傍の妨害エコーと欠陥エコーとの識別が困難である。
- 3)斜角二探・透過法：探触子の接触状態や方向により反射波の把握や再現性が困難である。

したがって、本実験では、斜角二探触子・反射法を採用した。この方法は、図-1(d)に示すように、送信用探触子から送られた超音波が、圧接部に存在する欠陥によって反射され、一方の受信用探触子によってこれをとらえる方法である。

§ 2. 実験概要

2.1 試験項目

本実験は、圧接材の超音波探傷試験、引張試験および

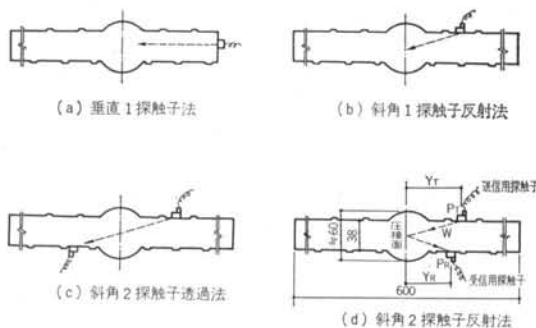


図-1 探傷方法

2.2 供試材

供試用鉄筋は、神戸製鋼製 DACON 35 である。この鉄筋の化学成分および機械的性質を表-1, 2 に示す。また、供試用鉄筋の形状寸法を表-3 と図-2 に示す。

2.3 超音波探傷試験

2.3.1 探傷装置

使用した探傷装置を表-4 に示す。探触子は、異形鉄筋のリブ・フシの間での走査範囲、圧接部への接近限界距離および妨害エコーの発生などを考慮して特別に作製した。

2.3.2 探傷方法

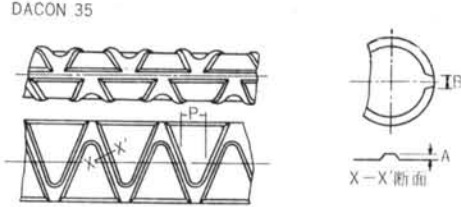
本実験では、図-1(d)に示すように送・受信別の2個の斜角探触子を前後・左右走査し、圧接部から反射される最大エコーをとらえ、そのエコー高さがブラウン管の

種 別	化 学 成 分 (%)					
	C	Si	Mn	P	S	C + Mn/6
DACON 35	0.23	0.40	1.41	0.044	0.032	0.47
JIS SD 35	≤0.27	—	≤1.60	≤0.050	≤0.050	≤0.50

表—1 化学成分

種 別	降 伏 点 (kg/mm ²)	引 張 強 さ (kg/mm ²)	伸 び (%)
DACON 35	39.7	60.7	30
JIS SD 35	≥35	≥50	≥20

表—2 機械的性質



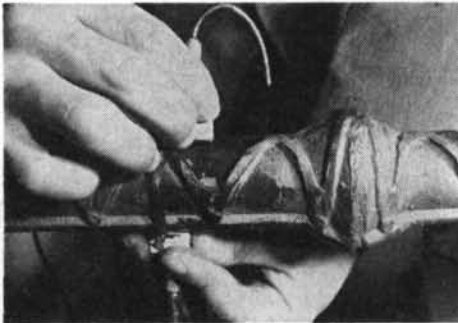
図—2 形状寸法

探 傷 器	三菱電機製 FD—210型
探 触 子	5 Z 5 × 5 A70 (2個)
標準試験片	NDI—STB—A1, A2, A3
接 触 質 媒	グリセリン (100%)

表—4 実験装置

呼 び 名	単位重量 (kg/mm)	公称直径 (mm)	公称断面積 (cm ²)	公称周長 (cm)	フシの許容限度			
					フシの平均 間隔 (P) の最大値 (mm)	フシの高さ (A)		フシのスキマ の和 (2B) の最大値 (mm)
						最小値 (mm)	最大値 (mm)	
D38	8.95	38.1	11.40	12.0	26.7	1.9	3.8	30.0

表—3 形状寸法



写真—1 探傷状況

50%高さとなる時のアッテネータの目盛を読み取る。この値と探傷基準感度との差をもって、その圧接部のエコー高さとした。ここで、探傷基準感度は、2個の探触子を平行に置き、NDI—STB—A2の4φ×4ドリル穴を1スキップでねらったときのエコー高さがブラウン管の50%高さとなる感度とした。写真—1に圧接部の探傷状況を示す。

2.4 引張試験

アムスラー型万能試験機にて、供試体の引張試験を行なった。載荷中、圧接部で破断したもの以外は、最大耐力に達して母材にくびれが生じた時点で除荷した。

2.5 破面試験

破面試験体は、引張試験において最大耐力に達して

も、圧接部で破断しないものをもってこれに供した。破面試験は、圧接面にバンドソウでノッチを入れてから、試験機にかけて曲げ破断せしめ、圧接部のフラット面積率を測定した。

ここで、フラット面積率とは全破断面積に対する非金属結晶部分面積の比である。

§ 3. こぶ付き材試験

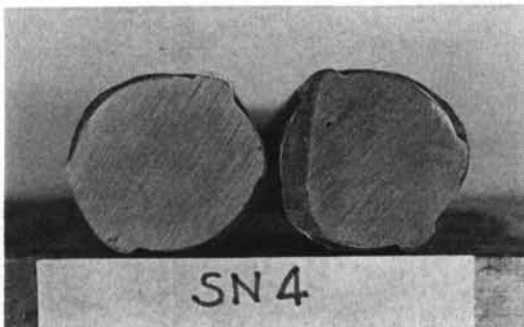
3.1 試験体の作成

こぶ付き試験体は、表—5に示すような圧接端面条件、圧接作業条件を試験要因として作成した。圧接端面条件としては、セット間隔、圧接面の錆、ガス切断面およびシャー切断面を考え、これらの不良条件が圧接性能に及ぼす影響を調べた。端面条件を写真—2, 3, 4, 5に示す。圧接作業条件の要因としては、加熱幅が狭く、加圧力が大きい場合、初期加圧時に加熱を中断した場合および作業時の風の影響などとした。

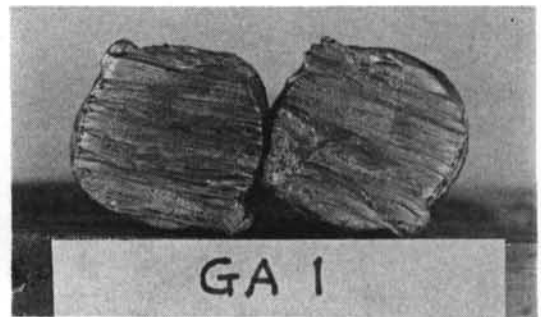
ここで、ST, SKはともに標準の圧接条件にもとづくものであり、STは、アセチレン噴射式ガス圧接法、その他の場合は、すべて強還元炎ガス圧接法を採用した。加圧時間、加熱時間等は、とくに指定しない限り圧接作業員に一任し、実際の現場作業に近い条件で行なった。

試験体 記号	本数	セット間隔 (mm)	圧接端面条件	圧接作業条件
ST	5	0	鋸切断面(標準端面)	標準作業
SK	5	0~0.5	" (")	"
SKM	5	2.0~3.5	" (セット間隙 3 ± 1 mm)	"
SKL	5	4.0~5.0	" (セット間隙 5 ± 1 mm)	"
DRF	5	0~2.0	鋸切断面全面に赤錆発生	"
DRH	5	0~0.5	鋸切断面半分に赤錆発生	"
DGA	5	2.0~4.0	ガス切断面	"
DGL	5	2.5~4.0	ガス切断面に多少グラインダーかけ	"
DPH	5	0~1.5	鋸切断面(標準端面)	加熱幅が狭く加圧力大
PWR	5	0~1.0	" (")	横方向より5 m/secの風
PWP	5	0~1.0	" (")	45°後方より5 m/secの風
DIF	5	0~1.0	" (")	初期加圧時に加熱中断再加熱
DSV	7	3.5~6.0	" (セット間隙大)	標準作業
DGV	7	1.5~5.0	ガス切断面に少しグラインダーかけ	"
DSA	5	2.0~4.0	シャー切断面	"
DSL	5	2.5~3.5	シャー切断面に少しグラインダーかけ	中性炎加熱

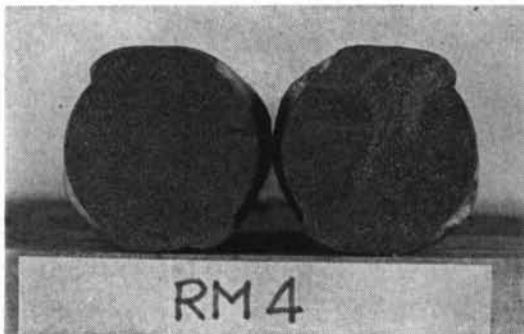
表一五 こぶ付き試験体の作成条件



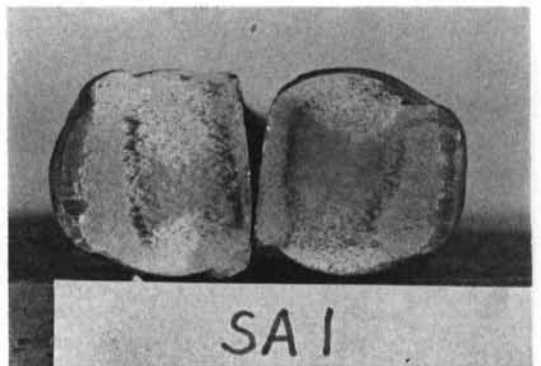
写真一三 標準端面



写真一四 ガス切断面



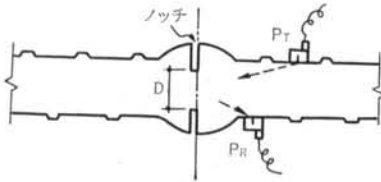
写真一三 錆の発生した端面



写真一五 シャー切断面

試験体記号	基準感度 (dB)	Y_T (mm)	Y_R (mm)	エコー高さ (dB)	感度差 (dB)
TP-1	34	50	61	21.5	-12.5
TP-2	34	49	63	18.5	-15.5
TP-3	34	46	67	20.0	-14.0
TP-4	34	47	71	21.5	-12.5

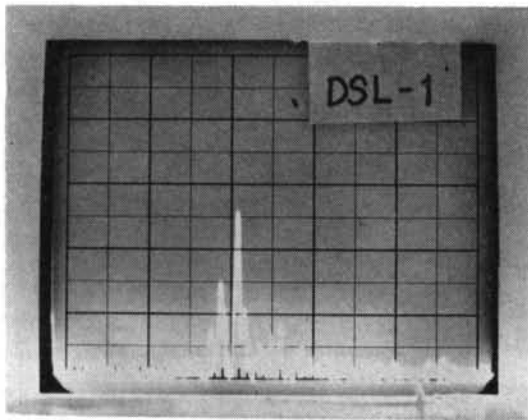
表一六 無欠陥圧接部の探傷結果



図一三 探傷可能範囲の測定方法

径(D) (mm)	基準感度 (dB)	Y_T (mm)	Y_R (mm)	ビーム 路程 (mm)	エコー 高さ (dB)	感度差 (dB)
58	33	73	28	50	15	-18
52.3	33	73	28	50	17.5	-15.5
48	33	73	28	55	19	-14
44	33	73	28	57	20	-13
40	33	75	28	57	21	-12
36	33	75	28	57	23.5	-9.5
32	33	75	28	57	30	-3
27.5	33	75	28	57	32.5	-0.5
24	33	75	28	57	38	+5
20.2	33	75	28	57	41	+8

表一七 探傷可能範囲の測定結果



写真一六 欠陥エコー

試験体記号	基準感度 (dB)	探触子距離		ビーム 路程 (mm)	エコー 高さ (dB)	感度差 (dB)	
		Y_T (mm)	Y_R (mm)				
ST	1	35.5	42	55	19.5	-16.0	
	2	35.0	43	53	22.0	-13.0	
	3	35.0	51	60	19.5	-15.5	
	4	33.5	53	55	21.5	-12.0	
	5	34.0	60	31	23.5	-10.5	
SK	1	35.5	42	56	22.0	-13.5	
	2	37.0	83	53	20.5	-16.5	
	3	35.0	45	52	21.5	-13.5	
	4	33.5	38	57	23.5	-10.0	
	5	34.0	54	67	24.0	-10.0	
SKM	1	34.5	30	60	50	21.5	-13.0
	2	31.5	38	42	50	23.0	-8.5
	3	31.5	63	56	52	23.0	-8.5
	4	31.5	50	40	51	25.0	-6.5
	5	31.5	50	29	60	26.0	-5.5
SKL	1	34.5	55	46	48	23.5	-11.0
	2	34.5	62	28	72	31.0	-3.5
	3	34.5	48	48	50	20.5	-14.0
	4	34.5	30	58	45	20.5	-14.0
	5	34.5	70	56	56.5	25.0	-9.5
DRF	1	35.5	35	70	—	23.5	-12.0
	2	35.0	74	29	—	18.0	-17.0
	3	35.0	60	34	—	19.5	-15.5
	4	33.5	50	65	—	21.0	-12.5
	5	34.0	45	64	—	20.0	-14.0
DRH	1	35.5	55	56	—	23.0	-12.5
	2	35.0	53	33	—	17.5	-17.5
	3	35.0	55	67	—	22.0	-13.0
	4	33.5	43	57	—	23.0	-10.5
	5	34.0	61	51	—	22.5	-11.5
DGA	1	35.5	48	62	58	49.0	13.5
	2	37.0	37	74	61	46.0	9.0
	3	35.0	50	54	54	49.5	14.5
	4	33.5	48	67	61	48.0	14.5
	5	34.0	50	67	63	38.0	4.0
DGL	1	35.5	46	52	—	24.0	-11.5
	2	35.0	45	56	53	33.0	-2.0
	3	35.0	50	57	—	20.5	-14.5
	4	33.5	40	65	—	24.0	-9.5
	5	34.0	40	64	—	21.5	-12.5

試験体記号	基準感度 (dB)	探触子距離		ビーム 路 程 (mm)	エコー 高 さ (dB)	感度差 (dB)	
		Y_T (mm)	Y_R (mm)				
DPH	1	35.5	43	61	—	25.5	-10.0
	2	35.0	47	52	—	18.5	-16.5
	3	35.0	40	80	—	21.0	-14.0
	4	33.5	43	60	—	19.5	-14.0
	5	34.0	34	58	—	22.5	-11.5
PWR	1	35.5	59	40	—	16.5	-19.0
	2	35.0	47	60	—	18.5	-16.5
	3	35.0	42	58	—	21.5	-13.5
	4	33.5	52	62	—	21.5	-12.0
	5	34.0	44	64	—	22.5	-11.5
PWP	1	35.5	41	69	—	21.5	-14.0
	2	35.0	70	33	—	17.0	-18.0
	3	35.0	73	43	—	19.5	-15.5
	4	33.5	45	60	—	23.5	-10.0
	5	34.0	35	58	—	24.0	-10.0
DIF	1	35.5	60	50	—	21.5	-14.0
	2	37.0	29	88	—	20.5	-16.5
	3	35.0	45	61	—	23.5	-11.5
	4	33.5	46	61	—	24.5	-9.0
	5	34.0	57	43	—	25.0	-9.0
DSV	1	31.5	32	69	47.5	25.5	-6.0
	2	31.5	43	49	48	25.5	-6.0
	3	31.5	29	51	45	22.0	-7.5
	4	31.5	62	40	52	25.0	-6.5
	5	31.5	38	60	55	22.5	-9.0
	6	31.5	51	43	52	26.0	-5.0
	7	31.5	70	28	53	40.0	8.5
DSA	1	26.5	39	56	50	20.5	-6.0
	2	26.5	40	47	49	20.0	-6.5
	3	26.5	42	48	46	20.0	-6.5
	4	26.5	60	54	53	20.0	-6.5
	5	26.5	49	41	43	23.5	-3.0
DGV	1	34.5	32	76	57.5	36	1.5
	2	34.5	31	60	52.5	29.5	-5.0
	3	34.5	35	61	53	40.5	6.0
	4	34.5	54	83	73	26.5	-8.0
	5	34.5	40	60	55	30.0	-4.5
	6	34.0	41	60	56.5	38.5	4.5
	7	31.5	38	58	50	27.5	-4.0
DSL	1	26.5	57	47	51	19.5	-7.0
	2	26.5	45	38	41	19.0	-7.5
	3	26.5	39	50	47	19.0	-7.5
	4	26.5	43	35	45	17.5	-9.0
	5	26.5	46	41	49	18.0	-8.5

表一8 こぶ付き材の超音波探傷結果

3.2 超音波探傷試験

3.2.1 無欠陥圧接部の探傷

複雑な形状をした圧接部による妨害エコーの有無と大きさを調べるために、1本物鉄筋の中央部を加熱・加圧し、通常の圧接こぶ形状をした試験体（これを無欠陥圧接部と呼ぶこととする）を作成し、この試験体の探傷を行なった。この結果を表一6に示す。この結果、本試験体では、感度差が-12.5 dB以下の欠陥は検出不可能であることが分かった。

3.2.2 探傷可能範囲の測定

圧接部の探傷可能範囲を調べるために、図一3に示すように無欠陥試験体の最大ふくらみ部に鉄筋軸と垂直に円周ノッチを入れ、ノッチ深さに対応する最大エコーをとらえた。結果を表一7に示す。前項の無欠陥圧接部の探傷結果を考慮すれば、超音波ビームに拡がり有するため、鉄筋径の範囲内は探傷可能である。

3.2.3 本試験体の超音波探傷

本試験体の探傷結果を表一8に示す。ガス切断端面の試験体では、するどい立ち上がりでしかも高い反射エコーを見ることができる。セット間隙の大きな試験体では、比較的高いエコーを示す。しかし、その他はエコー高さが低く、それが欠陥エコーであるか、フシ・リブま

試験体記号	降 伏 点		引 張 強 度		圧 接 部 破 断 数 / 総 数
	応 力 度 (kg/mm ²)	効 率* (%)	応 力 度 (kg/mm ²)	効 率* (%)	
ST	40.9	103	62.6	103	0/5
SK	40.8	103	62.9	104	0/4
SKM	40.1	101	61.1	101	0/5
SKL	40.1	101	61.3	101	0/5
DRF	40.0	101	52.9	87	4/4
DRH	42.0	106	55.9	92	3/4
DGA	—	—	18.1	30	5/5
DGL	41.7	105	62.1	102	1/5
DPH	41.3	104	63.1	104	0/5
PWR	41.3	104	62.6	103	0/5
PWP	42.0	106	63.0	104	0/5
DIF	40.7	103	62.4	103	0/4
DSV	41.6	105	63.0	104	0/7
DGV	—	—	37.8	62	7/7
DSA	38.7	97	60.4	100	0/5
DSL	38.8	98	60.5	100	0/5

* 効率 = $\frac{\text{圧接材強度}}{\text{母材強度}} \times 100 (\%)$

表一9 引張試験結果(こぶ付き材)

たはこぶからの妨害エコーであるか判別困難なものが相等数ある。写真-6に欠陥探傷エコーの1例を示す。

3.3 引張試験

表-9に引張試験結果の平均値を示す。圧接部で破断した試験体は、鋸切断による平滑端面に赤錆の発生したもの、およびガス切断端面のものである。前者は全数圧接部で破断し、強度的にはかなり安定している。後者は、グラインダーがけの程度によって継手強度にかなりばらつきを有する。母材にくびれを生じた試験体は、平滑端面で、圧接部に介在物を有しないもの全数である。これらは、圧接作業条件がかなり不良の場合にもかかわらず、十分所定の引張強度が得られた。さらに、セット間隙が大きい場合、強還元炎加熱ではもちろん、中性炎加熱のものでも圧接部での破断は見られず、所定の強度が確保された。

3.4 破面試験

破面試験は、こぶ付きのままで圧接面に深さ約10mm程度のノッチを入れ、試験機にかけて曲げ破断せしめた。写真-7, 8に破面例を示す。セット間隙が大きくて

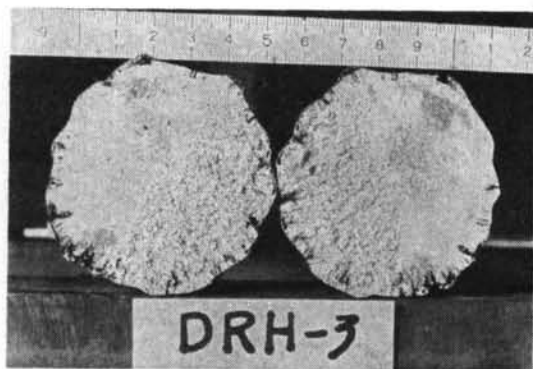


写真-7 圧接部破面

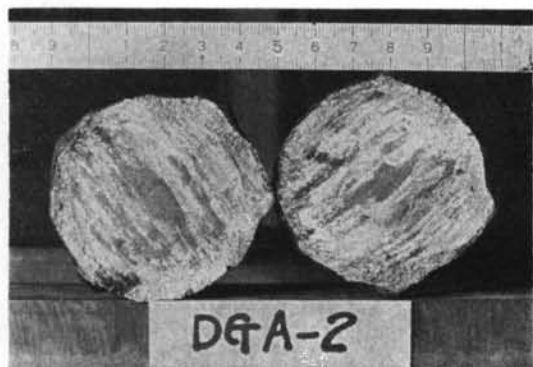


写真-8 圧接部破面

も、強還元炎加熱の場合、フラットの発生はそれほど著しくない。平滑端面に錆の発生した試験体では、錆部分が灰白色の100%フラットを呈し、グラインダーがけ部分との間に明瞭な境界を見ることができる。これは、錆が圧接性に及ぼす影響の大きいことを示すものである。ガス切断端面の試験体では、ガス切断によって生ずる端面の凹凸がそのまま押潰されて縞模様を呈し、グラインダーの当たらない溝底部がフラットとして残っている。これらはいずれもガス切断によって生ずる青色の酸化被膜が金属結合を阻止すると同時に、溝部にかかる圧力が低いために生ずるフラットである。圧接作業条件の不良な試験体は全数良好な結晶破面を示している。本実験程度の不良条件下におけるガス圧接は、端面が平滑ならば十分可能といえよう。

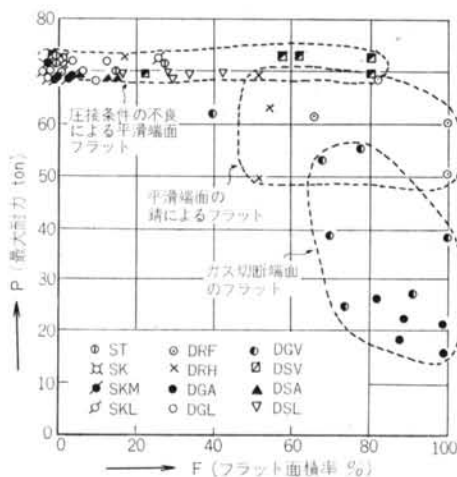


図-4 最大耐力とフラット面積率の関係

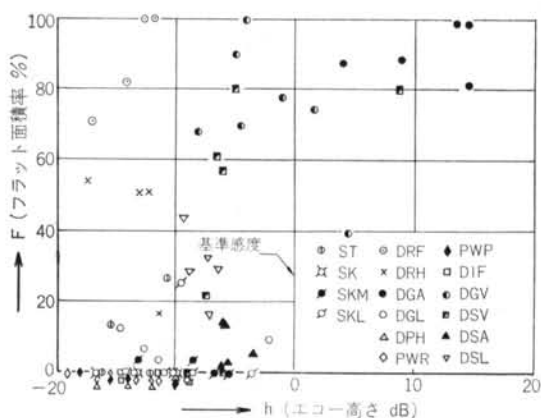
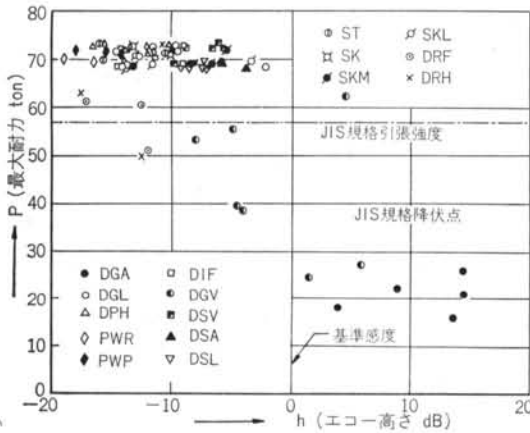


図-5 フラット面積率とエコー高さの関係



図一六 最大耐力とエコー高さの関係

3.5 実験結果および考察

3.5.1 最大耐力とフラット面積率

■図一四にこぶ付き試験体の引張最大耐力とフラット面積率との関係を示す。フラット面積率が大きくなるに従って全体的に強度のばらつきが大きくなる。しかし、フラットの種類別に見る場合、同一種類のフラットは図中ほぼ同一強度レベルに位置しており、強度的に敏感なフラットと比較的そうでないフラットがある。ガス切断のために生ずるフラットは、かなり強度に敏感であり、平滑端面に発生した錆によって生ずるフラットおよびシャープ切断面に生ずるフラットがこれに続く。圧接作業条件の不良によって生ずる平滑端面のフラットは、相当大的なフラット面積率であっても強度的には満足されている。本実験結果によれば所定の規格強度は、フラット面積率が40%以下であれば大略保証されるといえる。

3.5.2 フラット面積率とエコー高さ

図一五に、フラット面積率とエコー高さとの関係を示す。フラットには、超音波をよく反射するフラットとそうでないフラットがある。超音波をよく反射するような種類のフラットでは、フラット面積率とエコー高さとの間かなりの相関性を見ることができ、平滑端面の赤錆によるフラットなど超音波を透過してしまう種類のフラットでは、フラット面積率とエコー高さの間にはそれが見られない。

3.5.3 最大耐力とエコー高さ

図一六に、最大耐力とエコー高さの関係を示す。エコーの高いほど圧接部強度は低く、逆にエコーの低いほど母材強度に近くなる。エコー高さが0dB(基準感度)以上では、ほとんどJIS規格の降伏点以下で破断してい

る。-12.5dB(無欠陥圧接部の探傷限界エコー高さ)付近では規格の引張強度を有する。この結果をもとに、超音波探傷試験により圧接部の合否判定を行なう場合、圧接部耐力をすべてJIS規格引張強度以上に保証する場合、合格エコー高さを-12.5dB以下としなければならず、そうすれば良好な圧接部のほとんどを不合格とすることになる。また、降伏点以上を保証する場合、-6dB以下とすれば、良好な圧接部を、なおも不合格とする確率は残されるが、判定基準としては、まずまず妥当であろう。

§ 4. 0.7D 材試験

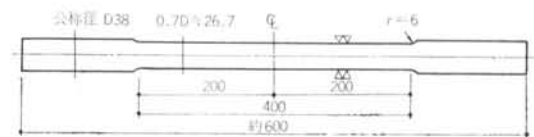
ここでは、妨害エコーの発生源と考えられるこぶを削除し、純粋に圧接面で反射される欠陥エコー高さと圧接部強度との関係を明らかにする目的でこの実験を行なった。

4.1 試験体の作成

0.7D試験体は、表一10に示す諸条件を要因として圧接したこぶ付き材を0.7D(約26.7mm)に削成加工した。図一七に、この寸法形状を示す。

試験体記号	本数	セット間隔(mm)	圧接端面条件	圧接作業条件
ND	5	0	一本物	標準作業
SN	5	0~3.0	鋸切断面(標準端面)	"
KM	5	2.0~5.5	"(セット間隔3±1mm)	中性炎加熱
KL	5	2.0~5.0	"(セット間隔5±1mm)	"
RM	5	1.0~3.0	鋸切断面に全面赤錆発生	"
GL	5	1.0~4.0	ガス切断面に多少グライNDERがけ	標準作業
GS	5	1.0~4.0	ガス切断面+鋸切断面	"
SS	5	0.5~4.0	鋸切断面+シャープ切断面	"
SA	5	2.0~6.5	シャープ切断面	"
SL	5	1.0~5.5	シャープ切断面に多少グライNDERがけ	"

表一10 0.7D試験体の作成条件



図一七 0.7D試験体の形状寸法

試験体記号		基準感度 (dB)	探触子距離		ビーム 路程 (mm)	エコー 高さ (dB)	感度差 (dB)
			Y_T (mm)	Y_R (mm)			
ND	1	25.5	33	23	35	21.0	-4.5
	2	25.5	32	20	33	22.5	-3.0
	3	25.5	39	32	35	21.0	-4.5
	4	26.0	40	26	37	22.5	-3.5
	5	26.0	40	32	39	20.0	-6.0
SN	1	25.5	29	28	34	21.5	-4.0
	2	26.0	42	25	38	23.0	-3.0
	3	25.5	32	23	32	22.5	-3.0
	4	25.5	37	25	35	20.0	-5.5
	5	25.5	42	20	33	19.0	-6.5
KM	1	25.5	38	21	32	21.5	-4.0
	2	25.5	44	26	37	23.5	-2.0
	3	25.5	35	30	39	25.5	0
	4	26.0	56	40	37	23.0	-3.0
	5	26.0	36	31	38	23.5	-2.5
KL	1	25.5	42	25	38	22.5	-3.0
	2						
	3	25.5	32	20	31	19.0	-6.5
	4	25.5	47	22	35	23.5	-2.0
	5	25.5	35	27	38	19.0	-6.5
RM	1	25.5	32	32	38	21.0	-4.5
	2	25.5	38	33	37	21.5	-4.0
	3	26.0	38	27	42	21.0	-5.0
	4	25.5	43	30	33	22.0	-3.5
	5	26.0	39	27	40	24.5	-1.5
GL	1	25.5	38	36	47	42.0	16.5
	2	26.0	41	29	38	22.5	-3.5
	3	25.5	37	32	40	44.0	18.5
	4	25.5	37	26	38	25.5	0
	5	25.5	40	39	40	48.5	23.0
GS	1	26.0	45	30	40	45.0	19.0
	2	25.5	42	37	41	51.0	25.5
	3	—	—	—	—	—	—
	4	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—
SS	1	25.5	42	25	37	24.0	-1.5
	2	25.5	37	21	38	21.5	-4.0
	3	25.5	32	23	39	21.0	-4.5
	4	25.5	42	22	39	21.0	-4.5
	5	26.0	35	31	36	24.0	-2.0
SA	1	26.0	42	41	39	23.5	-2.5
	2	26.0	40	34	38	25.0	-1.0
	3	25.5	34	22	38	24.0	-1.5
	4	26.0	38	28	38	23.5	-2.5
	5	25.5	43	30	38	21.5	-4.0
SL	1	26.0	40	31	38	25.0	-1.0
	2	26.0	43	37	37	25.5	-0.5
	3	25.5	40	39	35	19.5	-6.0
	4	25.5	43	19	39	20.5	-5.0
	5	25.5	35	30	35	22.5	-3.0

表—11 0.7D 試験体の超音波探傷結果

4.2 超音波探傷試験

4.2.1 無欠陥圧接部の探傷

1 本物鉄筋を加熱・加圧して作成した無欠陥試験体の探傷結果を表—11に示す(表中記号ND)。この圧接部からの反射エコー高さは、0.7D 試験体を含め、こぶ付き試験体の場合よりも相対的に高い値を示している。これは、試験体径が小さく、ビーム路程 W (図—1(d)参照) が短いことに起因するものと思われる。また、無欠陥試験体の熱影響部のエコー高さは、熱影響をうけていない部分の探傷エコー高さに較べて約6dB高い。これは、熱影響によって金属結晶粒子が粗大化するためであると考えられる。

4.2.2 本試験体の超音波探傷

本試験体の探傷結果を表—11に示す。ガス切断端面の試験体は、こぶ付き材の場合と同様、すどい探傷エコーを見ることが出来る。その他は、無欠陥圧接部と同様の反射エコーであるが、なかでもシャープ切断端面の試験体では、比較的高いエコーが得られる。

4.3 引張試験

表—12に引張試験結果の平均値を示す。端面条件の不良な試験体は、ほとんどが圧接部で破断している。こぶ付き材試験では、圧接作業条件が不良な場合でも、端面条件が良好であれば圧接部破断は見られなかったが、本試験では必ずしもそうではない。これは、こぶ付き材では圧接部径が鉄筋径より大きいために、圧接面に作用する応力が緩和されるためである。

圧接部で破断したもののうち、端面全体に錆の発生した試験体およびガス切断端面による試験体は、ともに母材の降伏点以下で破断し、その継手効率も50%以下と低

試験体記号	降 伏 点		引 張 強 度		圧 接 部 破 断 数 / 総 数
	応力度 (kg/mm ²)	効 率 (%)	応力度 (kg/mm ²)	効 率 (%)	
SN	40.3	1.02	62.7	1.03	1/5
KM	41.3	1.04	63.2	1.04	0/5
KL	40.5	1.02	62.7	1.04	0/4
RM	—	—	33.9	0.56	5/5
GL	37.9	1.08	25.8	0.42	5/5
GS	—	—	10.9	0.18	2/2
SS	40.9	1.03	62.9	1.03	3/5
SA	40.9	1.03	61.3	1.01	5/5
SL	41.4	1.04	60.3	1.00	5/5

表—12 引張試験結果(0.7D材)

い。また、シャー切断端面による試験体は、すべて母材の降伏点以上の引張耐力を有し、その継手効率も98%以上である。

4.4 破面試験

平滑端面に錆の発生した試験体では、こぶ付き材と同様100%フラットを呈している。ガス切断端面の試験体では、グラインダーがけの程度によってフラット発生率が大きく異なるが、シャー切断端面による試験体では、フラット面積率が60%以下の発生である。

4.5 実験結果および考察

4.5.1 最大耐力とフラット面積率

図-8に0.7D材の引張最大耐力とフラット面積率との関係を示す。同一種類のフラットは群をなし、それらは、強度的に敏感なもの割合にそうでないものに分かれる。これは、本来、圧接部外周に発生し易いフラットが試験体加工時に削除され、フラット面積率が全体的に過少評価される傾向にあるためと考えられる。

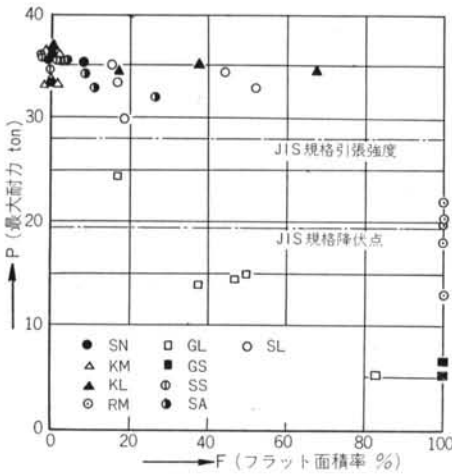


図-8 最大耐力とフラット面積率の関係

4.5.2 フラット面積率とエコー高さ

図-9に、フラット面積率とエコー高さとの関係を示す。超音波をよく反射するフラットとそうでないフラットがあり、こぶ付き材と同様の結果を示すものである。

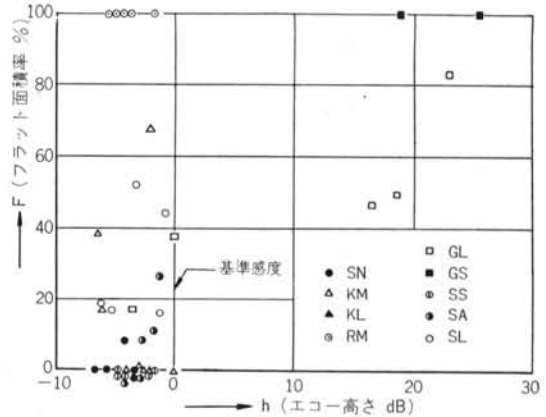


図-9 フラット面積率とエコー高さの関係

4.5.3 最大耐力とエコー高さ

図-10に、最大耐力とエコー高さとの関係を示す。こぶ付き材の場合にみられたある程度の線形関係は失われている。これは、フラット面に働く応力がこぶ付き材の場合に比べて大きいために、全体の耐力が低下することによるものと考えられる。本実験からは、明瞭な合否判定はできない。

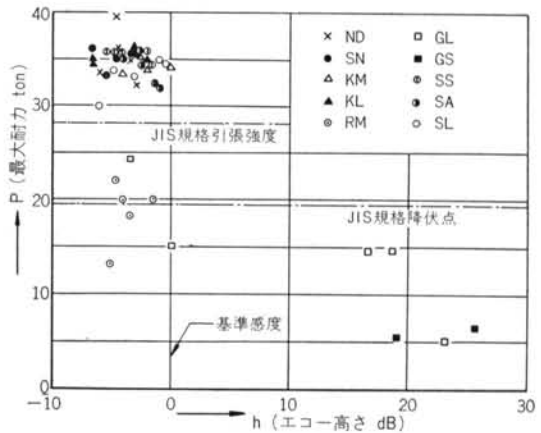


図-10 最大耐力とエコー高さの関係

§ 5. まとめ

本実験では、ガス圧接性についていえば、鉄筋のガス圧接部の良否は圧接端面条件の影響が支配的であるということが出来る。すなわち、端面条件は圧接部強度に大きく影響する。したがって、端面の錆は必ず除去し、ガス切断端面はもちろんのこと、シャー切断端面の凹凸は丁寧にグラインダーがけて除去しなければならない。

これに対し、圧接作業条件は、極端に標準的作業方法から逸脱しない限り、端面条件よりも影響力は厳しくないようである。これは必ずしも作業条件のばらつきを大きく許容できるということを意味するものではない。

次に、超音波探傷試験により圧接部の合否判定を行なう場合、圧接部耐力をすべて JIS 規格の引張強度以上に

保証しようすれば、まだ問題が多いが、降伏点以上を保証しようとする場合は、合格エコー高さを -6 dB 以下とすればよい。より高い耐力を保証するためには、圧接部の結晶粒子による音波の散乱を減少させ、妨害エコーを小さくする方法の検討、あるいは逆に散乱エコーの積極的な利用の検討が必要である。

〈参考文献〉

- 1) 日本学術振興会：“超音波探傷法”
- 2) 藤盛：“ガス圧接におけるフラットの非破壊検査に関する基礎的研究” 清水建設所報第11号
- 3) 秋山，若林：“鉄筋のガス圧接に関する研究”（昭和44年日大卒業研究）
- 4) 伊藤，道下：“太径異形コンクリート棒鋼のガス圧接法の研究” 溶接学会誌第39巻第11号