

# 港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

第5卷15号

Vol. 5 No. 15

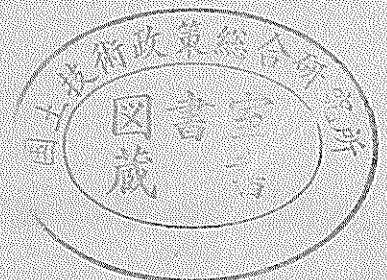
(通巻第37号)

港湾構造物における高張力異形鉄筋の

使用方法に関する調査研究(第1報)……………赤塚雄三・関 博

1966年9月

運輸省港湾技術研究所



# 港灣構造物における高張力異形鉄筋の 使用方法に関する調査研究（第1報）

## 目 次

英文概要	1
要 旨	3
§1. 序	3
§2. 港灣工事における異形鉄筋の使用状況	4
2.1 調査方法の概要	4
2.2 調査結果と異形鉄筋使用上の問題点	4
§3. 各種高張力異形鉄筋の比較試験	11
3.1 比較試験の概要	11
3.2 供試鉄筋とコンクリート	11
3.3 試験方法	13
§4. 各種高張力異形鉄筋の引張特性	17
4.1 引張試験結果とJISとの比較	17
4.2 鉄筋の品質について	20
4.3 ガス圧接の影響	20
§5. 各種高張力異形鉄筋の付着特性	21
5.1 付着強度の評価方法	21
5.2 付着試験結果	27
5.3 異形鉄筋の表面形状が付着強度におよぼす影響	27
5.4 異形鉄筋の断面形状が付着強度におよぼす影響	30
5.5 鉄筋埋込み位置が付着強度におよぼす影響	30
5.6 鉄筋表面のサビが付着強度におよぼす影響	31
§6. 各種高張力異形鉄筋の曲げ加工性	31
6.1 曲げ加工性評価方法	31
6.2 曲げおよび曲げ戻し試験結果	34
6.3 異形鉄筋の表面形状が曲げ加工性におよぼす影響	34
6.4 異形鉄筋の断面形状が曲げ加工性におよぼす影響	44
6.5 曲げ荷重の載荷方向が曲げ加工性におよぼす影響	44
6.6 ガス圧接が曲げ加工性におよぼす影響	44
6.7 異形鉄筋の伸びと曲げ加工性との関係	45
6.8 曲げ直径について	46
あ と が き	46
引用文献	46
付 録	47
付録—1. 許容応力度資料	49
付録—2. 鉄筋ガス圧接仕様書	53
付録—3. 鉄筋コンクリート用棒鋼規格	53
付録—4. 各種高張力異形鉄筋の引張試験結果	58
付録—5. 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果	64

# INVESTIGATION ON USE OF HIGH STRENGTH DEFORMED BARS FOR HARBOUR CONSTRUCTION WORKS (PART-I)

Yuzo Akatsuka, Dr. Eng.\*

Hiroshi Seki, B. Sc.\*\*

## SYNOPSIS

This paper describes the results of an investigation on the use of high strength deformed bars for the reinforced concretes in harbour construction works and of the comparison tests on their properties such as yield point, elongation, tensile strength, bond strength with concrete, bending property and weldability.

To expect economical and proper use of high strength deformed bars, improvements are considered necessary in many aspects of design and practice according to the results of the field investigation compiled from 68 cases of harbour construction works during the fiscal year 1965 under the direct control of Ministry of Transport.

In most cases the allowable stresses were not higher than 1,800, 2,000 and 2,000 kg/cm<sup>2</sup> for the deformed bars with guaranteed yield points of 3,000, 3,500 and 4,000 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, and the nominal diameters of these bars were not more than 25 mm due to the structural requirements of harbour works with exceptional two cases where the bars of 32 mm were employed along with the allowable stress of 1,800 kg/cm<sup>2</sup> for their guaranteed yield point of 3,500 kg/cm<sup>2</sup>. In all the cases investigated the allowable flexural compressive stresses of concrete were not higher than 84 kg/cm<sup>2</sup>, mostly not higher than 70 kg/cm<sup>2</sup> which was equivalent to 1/4 to 1/3 of the designed strengths, and the compressive strengths actually obtained in fields at 28 days were in general much higher than the designed strengths. The allowable bond stresses of concrete with deformed bars were not more than 1/10, mostly equal to 1/15, of the designed flexural compressive strengths. These allowable stresses of reinforcing steel and concrete seem too conservative, since most of the reinforced concrete structures in harbour works are seldom subject to repeated loading nor to severe dynamic loading, the crack opening in concrete is estimated sufficiently small to affect the corrosion of steel bars under the circumstances, and the strengths of concrete obtained in fields are generally much higher than required in design.

Most of the splices were lapped splices with very few cases of gas welding under pressure, while the anchorage of deformed bars with steel piles by arc welding was commonly observed. In these cases of welding of deformed bars the field practice are not highly appreciated and in few cases the structural design of welding are regarded even improper.

In most cases the conditions of storage of steel bars need to be improved, although the test results have proved the corrosion of steel bars suffered under the conditions as observed is not so influential as to make any visual damage on their properties so far.

The field practice of bending and rebending of deformed bars were observed much more severe than generally anticipated. This suggests the bending property of high strength deformed bars is to be evaluated through bend and rebend tests under the conditions as observed which is much more severe than required in Japanese Industrial Standard G 3112-1964 "Steel Bars for Reinforced Concrete".

Based on the results of the field investigation, laboratory tests were carried out on the representative high strength deformed bars of 15 varieties commercially available in Japan to compare their properties and to investigate the effects of deformations upon their properties.

---

\* Chief, Materials Laboratory, Structure Division

\*\* Junior Research Engineer, Materials Laboratory, Structure Division

Among fifteen varieties of deformed bars two were found not comply with the JIS requirements as cited above and the other one differed considerably in its tensile properties and deformations depending upon the methods of sampling. The difference in yield point between the guaranteed value and the measured one differed remarkably according to the brand of deformed bars, that is, the latter was by 1 to 21% higher than the former, and the bars with the yield point extraordinarily higher than required in JIS had naturally low elongation and poor bending property.

The bond property of deformed bars with concrete was evaluated in this study by the bond strength obtained by the so-called pull-out test. The test results show that the bond strength of concrete is approximately in linear proportion to the compressive strength of concrete within the range of 180 to 360 kg/cm<sup>2</sup>, provided certain type of deformed bar is used. Also the bond strength was found to be affected principally by the pattern of deformations and the ratio of bond strength of deformed bars may be regarded approximately as 1.0, 0.9, 0.8 and 0.7 for the deformed bars of transverse, wave-like, modified wave-like and crosswise deformations, respectively, provided the deformations being complied with the JIS requirements.

The bending property of deformed bars was evaluated in this investigation through the crack modulus which was introduced as an index expressed quantitatively the extent and tendency of crack formation on the surface of the deformed bars caused by bend and redend tests consisted of bend test of 90 deg. around a pin 3.5d and 5.0d (d is a nominal diameter of deformed bars) in diameter and after that rebend test of 90 deg. at room temperatures. The test results show that the bending property of deformed bars are affected considerably by their ductility, pattern of deformations, the radius of the arc formed at the base of the deformation lateral to the bar axis, form of the cross section of bar and the direction of loading and that the bars with deformations which have the radius of arc about 2 times their height have excellent bending property.

# 港湾構造物における高張力異形鉄筋の 使用方法に関する調査研究（第1報）

赤 塚 雄 三 \*  
関 博 \*\*

## 要 旨

高張力異形鉄筋について、昭和40年度直轄港湾事業における使用実績調査および各種特性の比較試験を実施した。

実績調査の結果、港湾工事ではD25以下の細径鉄筋が大部分を占め、継手としては重ね合わせ継手が多く、ガス圧接継手も数例認められ、鉄筋の定着方法や貯蔵方法については改善を要する点があり、また鉄筋およびコンクリートの許容応力度に関しては検討すべき余地が多いこと、鉄筋の曲げ加工性は施工現場の実情を考慮して評価すべきこと、等が判明した。

これらの資料をもとにして、国産の代表的な高張力異形鉄筋15種類を選び、D16を標準として、引張特性、付着特性、曲げ加工性および溶接性を実験的に比較検討した。

引張特性については、供試鉄筋の中には異形の形状や降伏点がJISの規定を満足しないものや、試験片の採取方法によって品質の相当に異なるものが認められた。また、降伏点がJISの保証値を上回る程度は鉄筋によってかなり相違し、降伏点が必要以上に高いものは当然伸びが少なく、これが曲げ加工性におよぼす影響も無視できない程度であった。

コンクリートとの付着特性は引抜方法によって求めた付着強度で評価した。この結果  $\sigma_{25} = 180 \sim 360 \text{ kg/cm}^2$  の範囲では、圧縮強度と付着強度の間に直線的な関係が成り立つこと、付着強度は鉄筋のフシの形状によって著しく相違し、極く概略的な付着強度比としては、横フシ：波形フシ：波形類似フシ：波形交差フシ = 1.0 : 0.9 : 0.8 : 0.7 程度であること、等を明らかにして、付着特性に有利な表面形状や付着試験方法について、2,3の提案を試みた。

曲げ加工性は、曲げおよび曲げ戻し試験におけるキレツの程度と傾向を定量的に表示したキレツ係数を用いて評価した。この結果、特に曲げ加工性のすぐれたある種の鉄筋を除いては、一般に表面形状、断面形状、フシの取り付け半径、載荷の方法、等によって曲げ加工性が著しく変化することを明らかにして、更に、曲げ加工性を向上させるための条件や、曲げ加工性評価のための曲げ戻し試験方法について、2,3の提案を行なった。

## § 1. 序

高張力異形鉄筋には熱間圧延後に冷間ねじり加工を施して張力を高めた冷間加工鉄筋と、炭素量のある程度以下に押えマンガンやシリコン等を適当量加えることによって溶接性や曲げ加工性の低下を防ぎ張力の増加を計った低合金の成分調整鉄筋がある。

我が国では、冷間加工鉄筋としては TWIST BAR (北海鋼機KK)があるが、これは主として北海道地方で市販されているのみで、大部分が成分調整鉄筋である。これには、たとえば、昭和40年度直轄港湾工事で使用実績のあるものとしては、FUJICON (富士製鉄KK)、ONICON (KK伊藤製鉄所)、DACON (旧尼崎製鉄KK)、SUMIBAR (住友金属工業KK)、RIVERCON (川崎製鉄KK)等があり、この他にも多数の製品が開発されその港湾工事における使用量も漸増している。

これらの高張力異形鉄筋を用い所期の経済効果を挙げるためには、使用すべき高張力異形鉄筋の諸性質だけでなく、目的とする構造物の性質やその施工条件等も十分に考慮して、鉄筋の特性を生かすような設計施工を必要とすることは論ずるまでもない。高張力異形鉄筋につい

注) たとえば

“第一回異形鉄筋シンポジウム”，土木学会コンクリートライブラリー，No. 2，98 pp，1962年12月  
“第二回異形鉄筋シンポジウム”，土木学会コンクリートライブラリー，No. 14，236 pp，1965年12月

\* 構造部 材料施工研究室長

\*\* 構造部 材料施工研究室

ては既に多くの実験研究<sup>注)</sup>が行なわれ、その主要な特性はかなりの程度まで解明されている。しかし、鉄筋の品質のばらつきや型鋼材との溶接性等の高張力異形鉄筋使用上の実際的な問題について検討した例は稀であり、また、構造物の種類や設計条件が同じでもこれに用いる同一種鉄筋の許容応力度が標準化されていない、鉄筋許容応力度の増加が必ずしもコンクリート許容応力度増加を伴っていない、異形鉄筋の定着に計算上不必要的な円形フックを用いた例が散見される、と云ったような異形鉄筋の使用上改善を要する点も少なくない。

本調査研究は上述の観点から港湾構造物における高張力異形鉄筋の合理的な使用方法の確立を目的として行なった実態調査と実験研究の成果を取纏めたものである。実態調査は昭和40年度直轄港湾事業において異形鉄筋を使用した全工事を対象として行ない、異形鉄筋使用方法の実態を確認すると共にその問題点を抽出した。次いで代表的なメーカー8社の製品を含む15種の高張力異形鉄筋の引張特性、付着特性、曲げ特性、溶接性（ガス圧接）、等について試験を行なってこれらの諸特性を比較検討し<sup>注)</sup>、更に、各工事現場において採取した鉄筋試料による品質調査および2,3の異形鉄筋を用いた型鋼材との溶接性試験（アーク溶接）等を行なって問題点の解明を試みた。

本調査研究の実施に当っては、北海道開発局港湾部、第一～第五港湾建設局および港湾技術研究所の関係各位の御協力を得た。特に、材料施工研究室の森口 拓技官、津雅雅史技官、浅岡邦一技術員の三氏には調査ないし実験の一部を担当して頂いた。ここに謹んで御礼申上げる。本報告（第一報）は昭和39年9月より昭和41年3月に亘って実施した実態調査と比較試験の結果を取纏めたもので、昭和41年4月以降の試験結果については第二報において報告する予定である。

なお、本調査研究の一部は富士製鉄株式会社との共同研究として行なわれたことを付記する。

## § 2. 港湾工事における異形鉄筋の使用状況

### 2.1 調査方法の概要

異形鉄筋使用状況の実態調査は昭和40年度直轄港湾事業において熱間圧延異形棒鋼2～4種（SD 30, SD 35,

注) 供試鉄筋および特殊試験に供する製品の選択に当っては、当該年度の鉄筋使用について直接的関係をもたない調査設計機関に依頼して市販品の調査と製品の抽出を行なった。また、現時点では鉄筋の耐疲労性を特に必要とする港湾構造物は極めて稀であるので、疲労強度に関する検討は実施しなかった。

SD 40) と冷間加工異形棒鋼1種（SDC 40）を用いた合計35の港湾工事事務所（北海道開発局管内の建設事務所および修築事業所を含む）における68件の工事を対象として、アンケート方式による書面調査と当研究所調査員による施工現場の実地調査の両方式によって行なった。ただし、施工時期等の関係で若干の工事事務所については実地調査を実施していない。調査した項目は次の通りである。

#### 一般事項

工事件名、構造物の種類ないし様式

#### 異形鉄筋

名称、種類、呼び名、許容応力度、かぶりの厚さ、継手方法、フックの形状、曲げ加工方法、貯蔵方法、使用量、設計施工に関するその他の事項

#### コンクリート

配合、許容応力度（曲げ圧縮と付着）、設計基準強度、配合強度、コンクリートの打設方法（打込みおよび締固め方法、振動機の種類と使用状況、打込み後の処理、一回の打上り高さ、養生方法等）、品質管理状態、設計施工に関するその他の事項

### 2.2 調査結果と異形鉄筋使用上の問題点

表—2.1は調査結果を一括して表示したもので、これより多くの事柄が観察される。

(1) 表—2.2は異形鉄筋を用いた港湾構造物の構造様式と用いた鉄筋の種類についての集計を示したもので、構造様式としてはケーソンが最も多く、これに各種の鉄筋コンクリートブロックを加えると全件数の $\frac{1}{2}$ に達し、残りの $\frac{1}{4}$ を版や梁等の杭式橋上部工が占めていると考えてよい。

鉄筋の種類に関しては、SD 30が全件数の半ばに近く、次いで、SD 35が多く、SD 40を用いた例は極めて少ない。SDC 40は全体の $\frac{1}{4}$ に達しているが、地域性が極めて濃厚で北海道地方のみに限られた特殊な鉄筋である。(2) SDC 40を除くと昭和40年度において港湾構造物に用いられた鉄筋はSD 30とSD 35が大部分であって、表—2.3に示したようにその応力度もSD 30で $1,800\text{kg/cm}^2$ （保証降伏点の60%）以下、SD 35で $2,000\text{kg/cm}^2$ （保証降伏点の57%）で、比較的低目に押えられている。これは表—2.4, 2.5に示したようにコンクリートの許容応力度が一般にかなり低目である点を考慮するとほぼ妥当な値と思われる。SDC 40の場合には許容応力度を $2,400\text{kg/cm}^2$ （保証降伏点の60%）としたのが大部分であるが、これに対応するコンクリートの許容曲げ圧縮応力度は $70\text{kg/cm}^2$ と意外に低く、鉄筋の許容応力度をかなり高めたことの経済効果について多少の疑問が残る。

表-2.1 昭和40年度港湾工事における異形鉄筋の使用状況調査結果

建設局名	工事事務所名	工 事 作 業 名	構 造 様 式	鉄			
				種 類	鉄 筋 名	呼 び 名	
北海道開発局	稚内港建設事務所	稚内港改修工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16, 19	
		枝幸港改修工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13	
		宗谷港改修工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16	
	杵形港修築事業所	杵形港改修工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16	
	網走港修築事業所	-7.5M岸壁および先端取付修築工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16, 19	
	留萌港建設事務所	紋別港修築事業所	留萌港南防波堤工事	ケ - ソ ン	SDC 40	フジコン	D10, 13, 16
			天売港北防波堤工事	ケ - ソ ン		ツイストバー	D10, 13, 16
			焼尻港北防波堤工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13
			増毛港西防波堤工事	ケ - ソ ン		オニコン	D10, 13, 16
			羽幌港西防波堤工事	ケ - ソ ン		フジコン	D10, 13
	釧路港建設事務所	南副防波堤工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16	
	羅臼漁港修築事業所	新南防波堤工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 19	
	十勝港修築事業所	函館港建設事務所	-5.5M 岸壁工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16
			南防波堤工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D13, 16, 19
	江差港修築事業所	森港修築事業所	北防波堤 (A部) 工事	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16, 19
青苗および須築漁港修築工事			ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13, 16	
第一港湾建設局	戸井漁港南防波堤, 山背泊漁港南防波堤工事	戸井漁港南防波堤	ケ - ソ ン	SDC 40	ツイストバー	D10, 13	
		新潟港工事事務所	新潟東港西防波堤修築工事	ケ - ソ ン	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19
第二港湾建設局	伏木富山港工事事務所	富山新港東防波堤修築工事	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D13, 16	
		富山新港西防波堤修築工事	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D10, 13	
	青森港工事事務所	青森港油川防波堤築造工事	ケ - ソ ン	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19	
		深浦港防波堤上部工	ケ - ソ ン	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19	
	八戸港工事事務所	西防波堤改修工事	ケ - ソ ン	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19	
		北防波堤改修工事	ケ - ソ ン	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19	
	宮古港工事事務所	宮古港神林地区	ケ - ソ ン	SD 30	リバーコン	D13, 16	
		大船渡港津浪防波堤工事	ケ - ソ ン	SD 30	リバーコン	D13, 16, 19	
	小名浜港工事事務所	3号埠頭1号岸壁工事	鋼 矢 板 式	SD 30	デ-コン	D13, 16, 19, 22, 25	
		西防波堤工事	ケ - ソ ン	SD 30	オニコン	D13, 16, 19, 22, 25	
鹿島港工事事務所	南および北防波堤工事	ケ - ソ ン	SD 30	オニコン	D13, 16, 19		
京浜港工事事務所	本牧埠頭 18, 25, 26バース-10M棧橋	本牧埠頭 27, 28, 29バース-10M棧橋	連続鋼管棧橋	SD 30, 35		D13, 19, 22	
		本牧埠頭 19~24バース-10M棧橋	鋼管棧橋	SD 30, 35		D13, 22	
		本牧防波堤工事	鋼管棧橋	SD 30, 35	スミバー	D13, 22	
		本牧防除堤工事 (6.7)	ケ - ソ ン	SD 30	スミバー, デ-コン	D13, 16, 19, 25	
		第4突堤先端護岸工事	セルラーブロック	SD 30		D13	
横須賀港工事事務所	長浦-10M棧橋	セルラーブロック	SD 30		D13		
第三港湾建設局	舞鶴港工事事務所	-10M岸壁築造工事	鋼管棧橋	SD 30, 35	オニコン	D13, 22	
	和歌山港工事事務所	和歌山北港西防波堤築造工事	渡橋および床版	SD 30	デ-コン	D10, 13, 19	
		和歌山北港西防波堤築造工事	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D13, 16, 19	
		和歌山南港外防波堤築造工事	ケ - ソ ン	SD 30	スミバー	D13	
	尼崎港工事事務所	第一開門嵩上工事	ケ - ソ ン	SD 35	スミバー	D13, 16, 19	
		-3.5M 物揚場	場所打ちコンクリート	SD 30		D10, 13, 16, 19, 25	
		-10M岸壁築造工事	鋼 矢 板 式	SD 30		D10, 13, 16	
	神戸港工事事務所	摩耶埠頭第4突堤建設工事	鋼 矢 板 式	SD 30	デ-コン	D10, 13, 19	
		摩耶埠頭-4M物揚場築造工事	岸壁上部工コンクリート桁	SD 30	デ-コン	D25	
		第五防波堤建設工事	ケ - ソ ン	SD 30		D10, 13, 16, 19, 22	
第八突堤-4M物揚場築造工事		ケ - ソ ン	SD 30		D10, 13, 16, 19		
小松島港工事事務所	金磯-4M物揚場築造工事	ケ - ソ ン	SD 30		D10, 13, 16, 19, 22		
松山港工事事務所	防波堤築造工事	L型ブロック	SD 30		D13, 19		
	-10M岸壁築造工事	ケ - ソ ン	SD 30	スミバー	D10, 13, 19, 25		
第四港湾建設局	小倉港工事事務所	-11M岸壁改修工事	ケ - ソ ン	SD 30	スミバー	D10, 13, 19, 22, 25	
		須崎埠頭-10M岸壁改修工事	L型ブロック	SD 30, 35	デ-コン	D13, 16, 19, 22, 35	
	博多港工事事務所	防波堤改修工事	上部工 (版)	SD 35	スミバー	D10, 13, 16, 19, 22	
		新浜-11M岸壁工事	セルラーブロック	SD 35	スミバー	D13, 16, 22	
	門司港工事事務所	葛葉-11M岸壁工事 (第一バース)	セルラーブロック	SD 35	デ-コン, スミバー	D10, 13, 16, 19, 25, 3	
		防波堤改修工事	棧橋	SD 35	デ-コン	D6, 13, 16, 25	
	唐津港工事事務所	防波堤改修工事	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D10, 13, 16, 19	
		北防波堤工事	ケ - ソ ン	SD 35	①	D10, 13, 16, 19	
	別府港工事事務所	第一埠頭-3M物揚場工事	L型ブロック	SD 35	スミバー	D10, 13, 16, 19, 22	
		第一埠頭-4.5M 岸壁	ケ - ソ ン	SD 35	①	D13, 16, 19, 22	
-3.0M 物揚場改修工事		I型ブロック	SD 35	リバーコン	D10, 13, 16		
長崎港工事事務所	-3.5M 物揚場改修工事	I型ブロック	SD 35	リバーコン	D10, 13, 16		
	-5.5M 岸壁改修工事	L型ブロック	SD 35	スミバー	D10, 13, 16, 19		
	興津第二埠頭東側岸壁	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D13, 16, 19, 22		
第五港湾建設局	清水港工事事務所	第一埠頭 1, 2 バース	連続梁	SD 30	オニコン	D13, 22	
		四日市港第二埠頭岸壁	梁	SD 40	デ-コン	D13, 16, 19, 22	
	衣浦港防波堤本體工	ケ - ソ ン	SD 35	デ-コン	D13, 16, 19, 22		
名古屋港工事事務所	稲永南側岸壁上部工	セル式岸壁上部工	SD 40	デ-コン	D10, 13		

許容応力度(kg/cm <sup>2</sup> )		概算使用量 (ton)	主鉄筋のかぶり (cm)	⑧フックの有無	継手	保管場所	現場搬入後使用までの月	コンクリート			備考	
短期	長期							設計基準強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許容引張応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許容付着応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )		1回の打設による打ち上り高さ (m)
	2,400	82.0			重ね合わせ			210	70	14		
	2,400	10.0			重ね合わせ			210	70	14	① スミバー, テーバー, リバーコンの内の1種	
	2,400	23.0			重ね合わせ			180	60	13		
	2,400	55.0			重ね合わせ			180	60	12.6	② D13のかぶり 7.4cm 底版は 9.2cm	
	2,200	50.4			重ね合わせ			240	70	16.8	③ 内側 5.0cm 外側 7.0cm	
	2,400	31.4			重ね合わせ			195	65	12		
	2,400	11.9			重ね合わせ			210	70		④ 上面 3.0, 5.0cm 下面 5.0, 7.0cm	
	2,400	10.1			重ね合わせ			210	70			
	2,400	10.5			重ね合わせ			210	70		⑤ 壁 5.0cm	
	2,400	11.8			重ね合わせ			210	70		⑥ 底版 5.0cm	
	2,400	8.3			重ね合わせ			210	70		⑦ 版の上面 5.0cm 版の下面 7.0cm	
	2,400	76.4			重ね合わせ			210	70			
	2,000	30.0			重ね合わせ			210	70	14.7	⑧ L型フックはフック無とする。	
	2,400	50.0			重ね合わせ			210	70	15		
	2,400	12.0			重ね合わせ			210	70	15	⑨ 重ね合わせ, ガス圧接, ガス溶接の3種	
	2,400	67.0			重ね合わせ			210	60	21		
	2,200	37.7			溶接			225	60	22.5	⑩ 短期 120kg/cm <sup>2</sup>	
	2,400	36.8			重ね合わせ			210	45	21	⑪ 短期 90kg/cm <sup>2</sup>	
2,400	1,800	384.0	10.0	無	重ね合わせ	屋外	2	240	⑩ 80	16	3.3	
	1,800	181.2	②	無	重ね合わせ	屋外	1.5	195	65	14	2.4~2.9	
	1,800	18.7	②	無	重ね合わせ	屋外	1.5	195	65	14	2.4~2.9	
2,700	1,800	20.0	7.2, 9.2	無	重ね合わせ	屋外	2	210	84	14		
	1,800	9.5	7.4	無	重ね合わせ	屋外	2	210	84	14		
2,700	1,800	315.0	7.2	無	重ね合わせ	屋外	3	210	84	14		
2,700	1,800	38.8	7.2	無	重ね合わせ	屋外	3	210	84	14		
	1,800	71.2	③	無	重ね合わせ	屋外	0.5~3	210	84	14	3.6	
	1,800	186.7	③	無	重ね合わせ	屋外	0.5~3	210	84	14	3.6	
2,700	1,800	30.0	7.0	無	重ね合わせ	物置	2	210	84	⑫ 14	1.2, 2.0	
2,700	1,800	682.0	7.0	無	重ね合わせ	屋外	1	210	84	⑫ 14	1.0, 2.5, 3.0	
	1,800	970.8		有	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	353.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	548.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	1,015.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	420.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
	1,800	130.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	78.0		無	重ね合わせ	屋外		210	84	14		
2,700	1,800	307.0	7.0	無	重ね合わせ	屋外	1.5	210	84	14	0.6	
	1,600	61.0	④	無	継手なし	上屋付き置場	6	240	80	14	0.25	
3,000	2,000	168.2	8.5	無	重ね合わせ, 溶接	上屋付き置場 屋外	2~3	210	70	14		
2,100	1,400	14.1		無	重ね合わせ, 溶接		5	180	60	13		
	2,000	103.5		無	重ね合わせ, 溶接		4	210	70	14		
	1,400	42.0		無	⑨	屋外		180	60	18		
	1,400	22.0		無		屋外		180	60	18		
	1,400	37.0	10.0	無		屋外		180	60	18	1.0	
	1,600	75.0		無	重ね合わせ	上屋付き置場 屋外		210	70	14		
	1,600	32.0		無					210	70	14	
2,400	1,600	1,650.0		無					210	70	14	
	1,600	236.0		無					210	70	14	
	1,600	19.0		無					180	60	6.5	
2,400	1,600	104.0	⑤	有	重ね合わせ	上屋付き置場 屋外	3.5	180	60	13	1.10~1.85	
2,400	1,600	268.0	⑥	有	重ね合わせ			180	⑩ 60			
	1,800	115.0	8.5	有	ガス圧接		1	210	70	14	0.3	
2,700	1,800	180.0	⑦					210	70	14		
	1,800	120.0	7.5	有			0.3~4	210	70	14	2.3	
5	1,800	184.0	7.2~9.2	無	継手なし		1.4	210	70	14		
	1,800	220.0						210	70	14		
	1,800	70.7	5.0	無	重ね合わせ	屋外		215	71	14		
	1,800	70.0			重ね合わせ			210	70	14		
	1,800	34.0	7.5	無	継手なし		0.3~1.3	210	70	14	3.1	
	1,800		8.0	無	重ね合わせ		2.5	210	70	14	0.7, 1.5	
	1,800	45.0	10.0	有	継手なし	屋外	5	220	70	14	2.5	
	1,800	9.0	10.0	無	継手なし	屋外	5	220	70	14	2.75	
	1,800	55.0	7.5	無	継手なし	屋外	5	220	70	14	2.5	
3,000	2,000	1,098.0	10.0	無	重ね合わせ	屋外	1	210	84	16	3.0	
2,700	1,800	170.0	9.5	無	重ね合わせ	屋外	0.7~1	210	70	⑬ 14	1.4	
3,000	2,000		8.0	無	重ね合わせ	屋外	1	250	80	16	1.0	
3,000	2,000	531.0	8.0	無	重ね合わせ	屋外	1~3	250	80	16	3.0	
3,000	2,000	31.6	10.0	無	重ね合わせ	屋外	0.5~0.6	240	80	16	0.5	



表一2.2 構造様式と鉄筋の種類

構造様式	SD 30	SD 35	SD 40	SDC40	合計
ケーソン	16	9	0	13	38 (55)
L型ブロック	2	3	0	0	5 (8)
I型ブロック	0	2	0	0	2 (3)
セルラー ブロック	2	2	0	0	4 (6)
杭式棧橋上部工 (版および梁)	7	6	1	0	14 (21)
矢板式岸壁 上部工	3	0	0	0	3 (4)
その他	1	0	1	0	2 (3)
合計 件 (%)	31 (45)	22 (33)	2 (3)	13 (19)	68 (100)

高張力異形鉄筋の許容応力度に関しては最近の研究成  
果に基いて保証降伏点の60%程度以内で高められる傾向  
(注)にあるが、その経済効果を期待するためにはコン  
クリートの品質を高めその許容応力度を高める必要があ  
る。

表一2.3 鉄筋の長期許容応力度の種類別件数\*

許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	鉄筋の種類			
	SD 30	SD 35	SD 40	SDC 40
1,400	4	0	0	0
1,600	8	0	0	0
1,800	19	18	0	0
2,000	0	4	2	1
2,200	0	0	0	2
2,400	0	0	0	12

- \* 1) 鉄筋の種類が不明なため上表に記載されてい  
ないもの 3件  
2) 短期の許容応力度については、得られた23件  
の調査結果によると、すべて長期の許容応力度  
の50%増しである。

表一2.5 コンクリートの設計基準強度に対する許容曲げ圧縮応力度と許容付着応力度の比率別件数

設計基準強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 設計基準強度				許容付着応力度 設計基準強度			
	1/2未満	1/3	1/3~1/4	1/4	1/5未満	1/5	1/5~1/10	1/10
180以上 ~ 200未満	0	5	0	7	1	1	9	0
200以上 ~ 220未満	3	15	0	28	1	53	4	2
220以上 ~ 240未満	4	0	0	0	3	0	0	1
240 以上	3	2	0	1	2	2	2	0

表一2.4 コンクリート許容曲げ圧縮応力度の  
鉄筋許容応力度別件数

鉄筋 許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )	コンクリート許容曲げ圧縮応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )					
	45	60	65	70	80	84
1,400	0	4 (6)	0	0	0	0
1,600	0	3 (5)	0	4 (6)	1 (1)	0
1,800	0	0	2 (3)	13 (19)	1 (1)	16 (24)
2,000	0	0	0	3 (5)	3 (5)	1 (1)
2,200	0	1 (1)	0	1 (1)	0	0
2,400	1 (1)	3 (5)	1 (1)	10 (15)	0	0

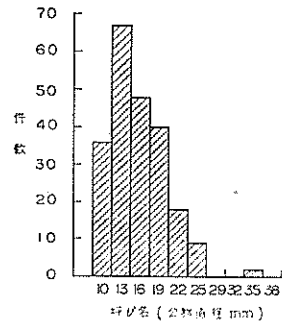
- \* コンクリート許容曲げ圧縮応力度 71kg/cm<sup>2</sup> を  
1件含む。  
( ) は全件数に対する百分率

と思われる。この点に関連して、従来の港湾構造物で  
はコンクリートの設計基準強度を 210kg/cm<sup>2</sup>としたもの  
が大部分であるが、実際の強度は品質管理の状態が一般  
に良好なことや配合指定による発注方式などによって設  
計基準強度をかなり上廻っているのが実情であって<sup>1)</sup>、  
コンクリートの設計基準強度と許容応力度の引上げを換  
討すべき時点にあると思われる。

また鉄筋の径に関しては大部分がD25以下であって、  
D25を越えた例としてはD35が2件あるに過ぎず、この  
場合、鉄筋の種類はいずれもSD35であるが許容応力度  
を1,800kg/cm<sup>2</sup>としており、コンクリート部材のひびわ  
れはほとんど問題にならない。

注) 付録一1 を参照“許容応力度資料”，(1) 鉄筋コン  
クリート道路橋設計示方書，(2) 港湾技術基準設計編  
(案)，(3) 鉄筋コンクリート標準示方書 (1966年改訂  
案)，を抜粋収録

(3) 港湾工事で最も一般的に用いられている継手方法は重ね合わせ継手であって、これが大部分を占め、溶接継手は僅か数件に過ぎず、これも写真—2.1, 2.2に示したようなガス圧接継手であった。例外的にガス溶接した例が一件あったが、これは既設部材の補強のために鉄筋を露出させ、これに補強用の鉄筋を継ぎ足したもので特殊な事例である。重ね合わせ継手がこのように一般的なのは港湾工事では図—2.1に示したように細径鉄筋（公称直径25mm以下）が大部分を占め、配筋上の困難が少ないこと、鉄筋の許容応力度が比較的低く所要継手長が一般に短いこと、等により、重ね合わせ継手の方が施工が容易でかつ経済的なためと思われる。しかし、SD 35やSD 40等の高張力異形鉄筋を有効に用いるためにはその許容応力度を高めることは必然であり、この場合コンクリートの許容付着応力度や溶接継手の許容引張応力度につ



図—2.1 各種呼び名の鉄筋の使用例

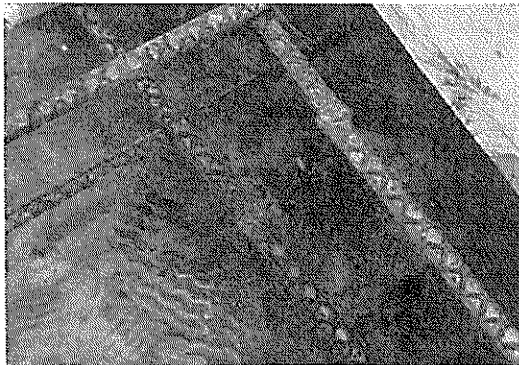
いての検討が必要となるものと思われる。

従来の溶接継手に関する実験研究においてはその施工を最も良好な条件で行なったものが大部分であるが、実際の施工が必ずしも満足すべき状態でないことは写真—2.1, 2.2に示した通りであって、鉄筋軸の一致しないものやリブ線の一致しないもの等が相当数認められた。これらはいずれも溶接継手の施工方法に改善すべき余地のあることを示すものであるが、一方ではこのような施工の実情に即した溶接部の許容引張応力度の定め方の必要性をも示唆している。

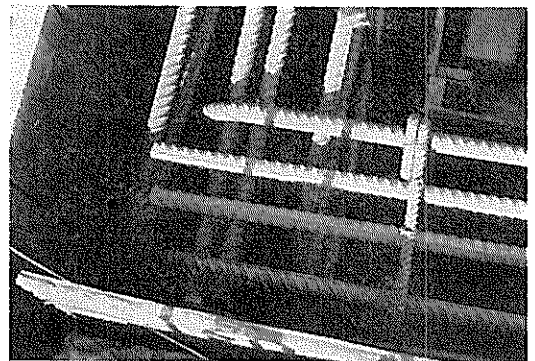
(4) 異形鉄筋の最大の利点の一つはその付着強度が丸鋼に比して著しく大きい点にあり、定着に関しては定着長の減少となって表われる。この結果として定着のための曲げ加工が著しく減少し、写真—2.3, 2.4に示したような直筋ないしL型フックによる定着が顕著である。しかし、写真—2.5, 2.6に示したように円形フックを用いている例もあり、これを構造上必ずしも必要としない箇所においても用いている例が2, 3認められた。これらはいずれも普通丸鋼の定着方法をそのまま習慣的に踏襲したもので異形鉄筋の長所を減殺する結果となって居り、再検討する必要が認められる。



写真—2.1 ガス圧接継手 (1)  
(○港工事事務所)



写真—2.2 ガス圧接継手 (2)  
(○港工事事務所)



写真—2.3 ラーメン隅角部の定着  
(Y港工事事務所)

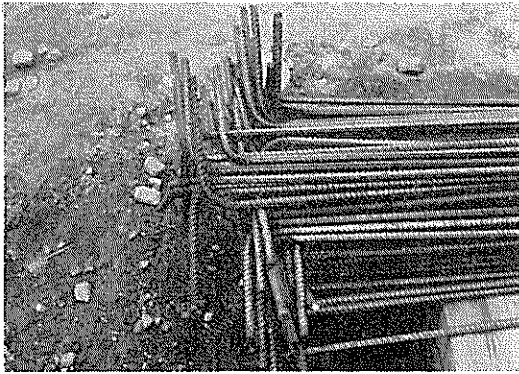


写真-2.4 L型フックの一例  
(M港工事事務所)

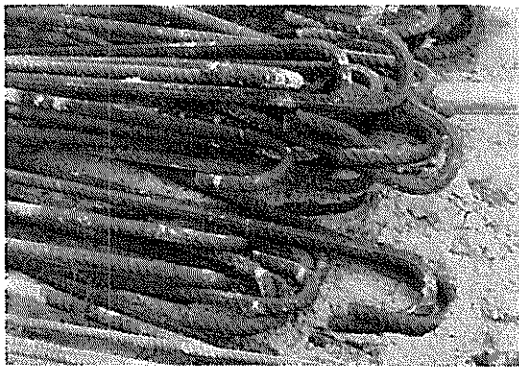


写真-2.5 円形フックの一例  
(K港工事事務所)



写真-2.6 ケーソン隅角部の定着  
(H港工事事務所)

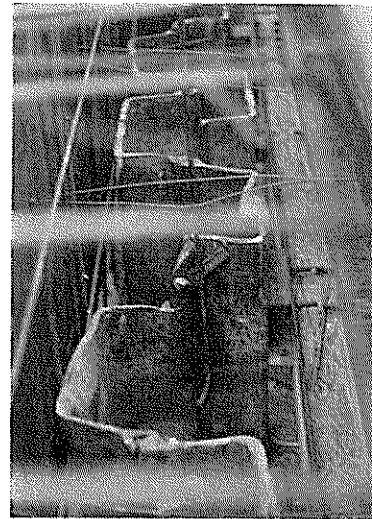


写真-2.7 矢板との定着  
(K港工事事務所)

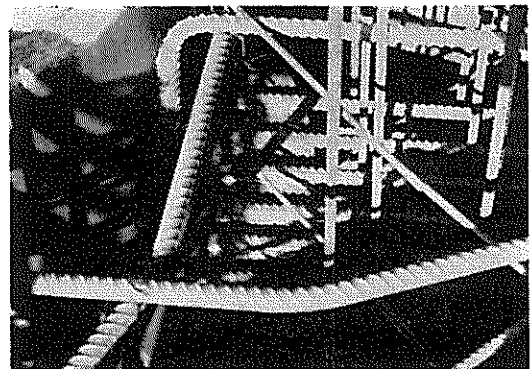


写真-2.8 鋼管杭との定着  
(Y港工事事務所)

鉄筋定着の一方法として鋼管杭，H鋼杭，鋼矢板等の型鋼と棧橋上部工ないし矢板上部工の鉄筋との溶接定着が相当数認められた。これは杭式棧橋や矢板式繫船岸にほぼ共通の鉄筋定着方法で，写真-2.7，2.8に示したように鋼材に直接アーク溶接ないしガス溶接したものとフランジを介して溶接したものが大部分である。鋼材との定着方法としては溶接によるものが最も簡単な施工方法であるが，特に棧橋構造では負の曲げモーメントと共に大きなせん断力が作用する点でもあり，また型鋼と高張力異形鉄筋とで材質に著しい相違のある場合も多く，溶接の強度と構造について慎重に検討する必要がある。

異形鉄筋の曲げ加工方法に関しては，調査した工事事務所の相当数が動力式の鉄筋曲げ装置を備え，在来の人力による曲げ加工はむしろ少なくなっている。また，当

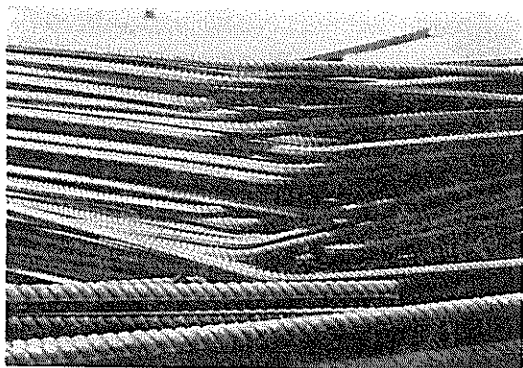


写真-2.9 曲げ加工後の鉄筋  
(N港工事事務所)



写真-2.10 鉄筋の貯蔵状態 (1)  
(M港工事事務所)

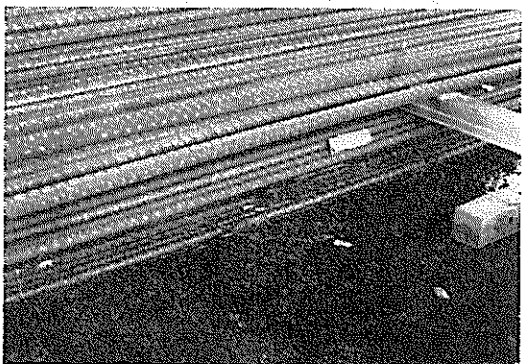


写真-2.11 鉄筋の貯蔵状態 (2)  
(Y港工事事務所)

然ではあるが実際の鉄筋の曲げ方は写真-2.9 に示したようにリブの位置とは無関係であり、リブの存在や特殊な断面の鉄筋ではその断面形状が曲げ加工性におよぼす影響について検討する必要があると認められた。

(5) 鉄筋は入荷後数ヶ月に亘って屋外に貯蔵している例が一般に多く、地面上に直接置いている例も少なからず

認められた。写真-2.10は典型的な屋外貯蔵の例であるが、土地の高低差を考慮しないため写真-2.11に示したように鉄筋が水浸しになっていた例もある。

鉄筋の屋外貯蔵期間は図-2.2 に示したように1~2カ月の例が最も多いが、3~6カ月に亘った例もかなりあり、この間気象作用、特に潮風の影響を受けて著しく発錆していた例もかなり見受けられた。この種のサビに関しては室内において各種段階の発錆状態を再現してこれが鉄筋特性におよぼす影響を検討したが、後述のように屋外貯蔵期間が最も長く全面に浮きサビの発生し始め

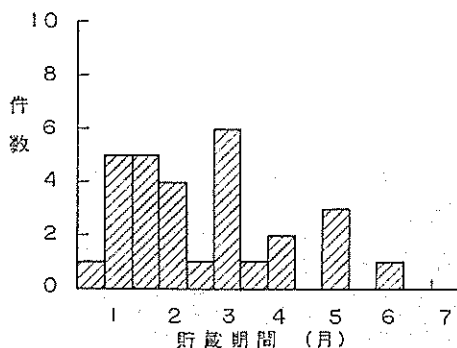


図-2.2 鉄筋の最長屋外貯蔵期間

た状態の場合でも付着強度はむしろ増加する傾向を示し、また、この実験の範囲内では有害な孔食現象も認められなかった。従って、この程度の屋外貯蔵が鉄筋の品質に有害な影響をおよぼすとは考えられないが、貯蔵方法には多分に改善する余地のあることは明らかであろう。

また、鉄筋のかぶりについては、32件のうち、5cmとしたもの5件(16%)、7cmとしたもの5件(16%)、7~10cmのもの16件(50%)、10cmとしたもの6件(19%)であって、一般に適当なかぶりが用いられているものようである。

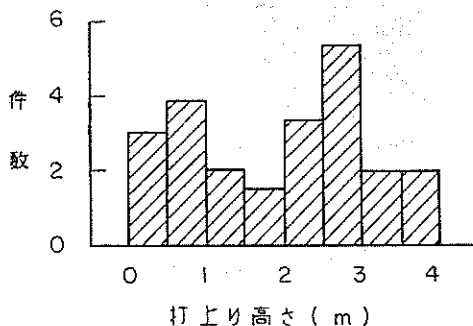


図-2.3 1回の打設におけるコンクリートの最大打ち上り高さ

(6) 一回の打設におけるコンクリートの打上がり高さはケーソン等の構造物では一般に大きく、図—2.3 に示したように2~4 mに達する例も少なくない。この種の構造物では部材断面が概して小さい割合には鉄筋量が多く、スランプも10±2 cm~15±3 cmの範囲にあり一般に大きい値をとっている例が多い。また、その締固めには内部振動機（棒状）を用いている例が大部分である。従って、上端水平鉄筋とコンクリートとの付着強度は垂直鉄筋の場合に較べてかなり減少するものと予想されるが、施工上これを防止する適当な方法もなく、打上がり高さがブリージングおよび付着強度におよぼす影響について調査し、一回の打上りの許容高さないし許容付着応力度について検討する必要があると認められる。

### § 3. 各種高張力異形鉄筋の比較試験

#### 3.1 比較試験の概要

§2で述べたように昭和40年度直轄港湾工事において使用実績のある高張力異形鉄筋は数種の製品に限られ更にそのうちの2,3の製品の使用例が顕著である。この現象はこれらの特定の製品が他の鉄筋より特に優れているためではなく、高張力異形鉄筋一般については公共の試験研究機関による試験結果が公表された例が少ないことによるものようである。云うまでもなく高張力異形鉄筋としての各社製品にはそれぞれ長短があるが、品質が一定の基準以上であれば一般の港湾構造物に使用して差支えなく、問題はこの港湾工事用の品質基準が標準化されていないことにあると思われる。

本比較試験は上述の諸点も考慮して行なったもので、代表的なメーカー8社の製品を含む15種の高張力異形鉄筋について、引張、付着および曲げ試験を実施した。

鉄筋としては比較のために横フシのSD 30を1種選んだほか、今後需要の増加が予想されるSD 35とSD 40を14種選定した。

引張試験は鉄筋素材の試験片（以下では、素材試験片という）とこれを切断した後クローズド法によるガス圧接した試験片（以下では、ガス圧接試験片という）を用いて行ない、降伏点、引張強度および伸び率を比較した。

付着試験はASTM C 234—62に準じた引抜き試験方法によって表面形状の異なる各種鉄筋の付着強度を比較したものである。また試験片として横フシの鉄筋を用いて現場に貯蔵中の鉄筋の発錆状態を再現して、これが付着強度におよぼす影響についても検討した。

曲げ試験では15種の鉄筋の素材試験片とガス圧接試験片を用いて曲げと曲げ戻し試験を実施して、鉄筋の表面形状、断面形状、溶接の有無等の要因とキレツ発生の際

度との関係を調査し、合わせて高張力異形鉄筋の曲げ加工性および曲げ試験による品質評価方法の適否を検討した。

#### 3.2 供試鉄筋とコンクリート

##### 3.2.1 鉄筋

実験に用いた異形鉄筋は表—3.1および写真—3.1に示したA~Iの計15種で、これには、八幡製鉄KK、川崎製鉄KK (RIVERCON)、王子製鉄KK (O. T. B.)、旧尼崎製鉄KK (DACON)、KK神戸製鋼所 (TRICON)、富士製鉄KK (FUJICON)、国光製鋼KK (KACON)、大阪製鋼KK (O. H. BAR)、住友金属工業KK (SUMIBAR)、等の我国の代表的メーカーの製品が含まれている。

試験片は一般の港湾工事に最も多く用いられているD 16 (公称直径16mm)を標準とし、種類 (材質)としてはSD 35を選び、このほかに比較のため、SD 30 (A)、SD 40 (F—2, G—2, H)、D13 (I—1)、D19 (I—3)、D22 (I—4)等を加えた。鉄筋EについてはJ I S Z 9001に基いて採取した試験片 (E—1)とメーカーより所要数量のみを購入した試験片 (E—2)の2種について試験し、試料採取方法の差を検討した。

表—3.1 鉄筋の種類と形状

鉄筋名	規 格	呼 び 名	形 状
A	SD 30	D 16	横フシ
B	SD 35	D 16	横フシ
C	SD 35	D 16	斜め平行フシ
D	SD 35	D 16	波形フシ
E—1	SD 35	D 16	横フシ 三角筋
E—2	SD 35	D 16	横フシ 三角筋
F—1	SD 35	D 16	波形類似フシ
F—2	SD 40	D 16	波形類似フシ
G—1	SD 35	D 16	波形類似フシ
G—2	SD 40	D 16	波形類似フシ
H	SD 40	D 16	斜め交差フシ
I—1	SD 35	D 13	斜め交差フシ
I—2	SD 35	D 16	斜め交差フシ
I—3	SD 35	D 19	斜め交差フシ
I—4	SD 35	D 22	斜め交差フシ

表-3.2 フシの形状の測定結果 ※

鉄筋名	軸との角度 (°)	平均間隔 (mm)	高さ (mm)	スキマの和 (mm)
A	90	10.4	1.1	5.4
B	90	10.4	0.8	5.8
C	58	10.4	0.9	8.4
D	77	10.6	1.3	5.0
E-1	90	11.0	0.6	11.7
E-2	90	10.7	1.1	9.9
F-1	75	10.9	1.1	9.4
F-2	75	11.0	1.0	8.4
G-1	69	11.0	1.0	6.0
G-2	68	10.7	0.9	6.0
H	54	10.0	0.6	7.2
I-1	66	6.6	0.5	4.2
I-2	77	8.9	0.7	4.0
I-3	52	10.5	1.0	3.6
I-4	70	13.0	0.8	5.4

※ 試験片3個の平均値

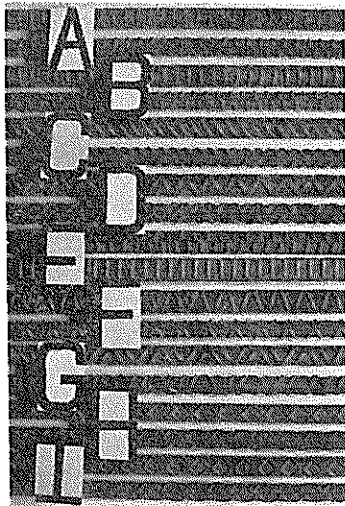


写真-3.1 実験に用いた各種異形鉄筋

これらの鉄筋試験片のフシの形状の測定結果は表-3.2 に示した通りで、鉄筋E-1とH、I-4のフシの高さが0.6mm、0.8mmでフシの高さの最小値の規定(0.7mm, 1.1mm)に達しないほかはJIS G 3112-1964<sup>付録-3)</sup>を満足している。図-3.1 に石膏を用いて型をとり実測

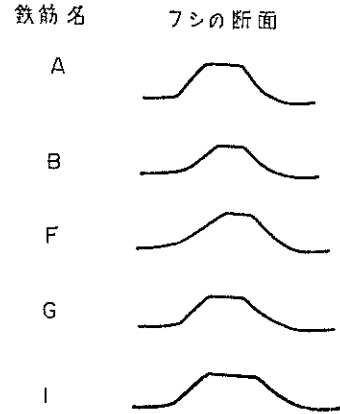


図-3.1 フシの断面形状

したフシの断面形状(拡大図)を例示した。

鉄筋のサビの状態と付着強度との関係を調査するための試験には鉄筋A(横フシ, SD 30)を用い、表-3.3に示した条件でサビの発生を促進させて軽度のサビと潮風の激しい屋外に6カ月程度放置したものとほぼ同程度のサビの状態を再現し、その状態におけるコンクリートとの付着強度を試験した。写真-3.2にサビの状態を示す。

表-3.3 鉄筋のサビ発生条件

番号	サビ発生条件	日数	平均温度 (°C)	平均湿度 (%R.H.)
A-1	サビなし	—	—	—
A-2	屋外暴露	35	8.1	67.3
A-3	水道水に浸漬した後 感潮部に静置	24 11	—	—

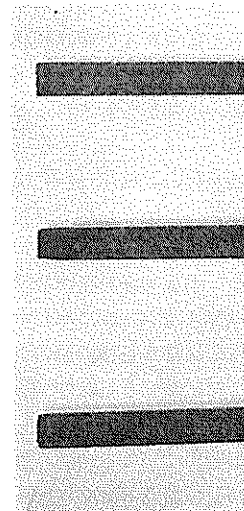


写真-3.2 鉄筋のサビの状態  
(上より A-1, A-2, A-3)

### 3.2.2 コンクリート

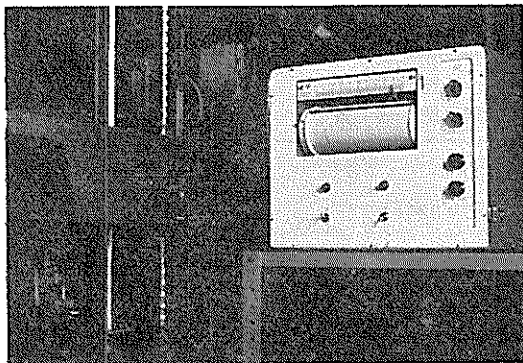
実験に用いたセメントは住友セメント社（四倉工場）普通ポルトランドセメントである。細骨材および粗骨材としてはそれぞれ神奈川県鶴沼海岸砂および同県酒匂川産砂利（最大寸法25mm）を用いた。これらの材料の試験結果は表—3.4～3.6に示した通りである。また、減水剤としては日曹マスタービルダーズ社製のボゾリスNo. 8をセメント量の0.25%だけ用いた。

表—3.7に用いたコンクリートの配合を示す。15種の鉄筋の付着試験および発錆鉄筋の付着試験には配合N—O（配合強度 $\sigma_{28}=270\text{kg/cm}^2$ ）を用い、配合N—1～N—5（配合強度 $\sigma_{28}=190\sim 350\text{kg/cm}^2$ ）は圧縮強度と付着強度との関係を調査するための試験シリーズに用いた。

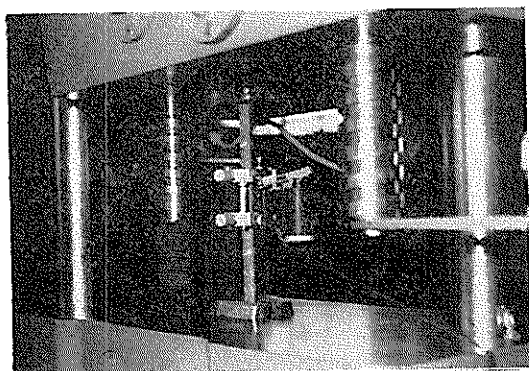
### 3.3 試験方法

#### 3.3.1 引張試験方法

JIS Z 2201—1956（金属材料引張試験片）に規定する2号試験片を用い標点距離を8D（D=公称直径）として、降伏点、引張強度および伸びを測定した。用い



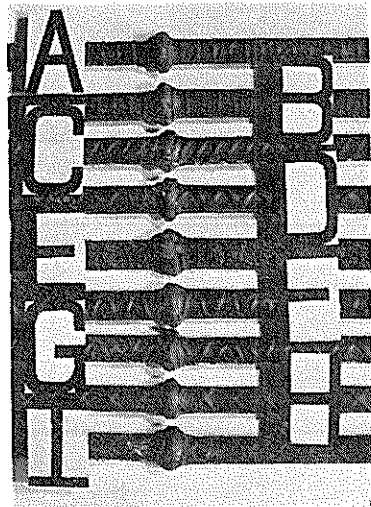
写真—3.3 XYレコーダーによる荷重～伸びの測定 (1)



写真—3.4 XYレコーダーによる荷重～伸びの測定 (2)

た試験片は15種の鉄筋のそれぞれについて素材試験片とガス圧接試験片各3本、合計90本である。

載荷には容量30tonの油圧式万能試験機（森試験機製作所）を用い、載荷速度は $3,000\text{kg/min/cm}^2$ とした。応力度～ひずみの関係の測定には写真—3.3, 3.4に示したように標点距離50mmのXYレコーダー（川崎製鉄KK）を用いた。



写真—3.5 ガス圧接鉄筋試験片

鉄筋の溶接はクローズド法によるガス圧接により、付録—2に示したガス圧接仕様書に基いて日本ガス圧接KKに依頼して行なった。D16の鉄筋の圧接時間は平均51.0secで、圧接後の鉄筋軸線の交差角は平均 $179^{\circ}07'$ で、いずれも $180\pm 1^{\circ}$ 以内であった。写真—3.5にガス圧接した試験片を示す。圧接部分にはその冷却時にキレツが生じ、その程度は細径の鉄筋程多くなる傾向が認められた。

#### 3.3.2 付着試験方法

コンクリートの練りませには容量200ℓの強制練りミキサ（KOKEN FP—200, 不二設計所）を用い、細骨材、セメント、水、粗骨材の順序で投入し、全材料投入後3分間練りませた。1バッチの練りませ量は65～100ℓとし、練りませ直後にスランプと空気量を測定した。供試体の製作は $21^{\circ}\text{C}$ 、100% R. H. の恒温室で行ない、1～2日後に脱型し、所定の材令まで $21^{\circ}\text{C}$ の水中で養生した。

付着試験は ASTM C 234—62（Test for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel）に準じて行なった。すなわち、写真—3.6, 3.7に示したように鉄筋を鉛直と水平に埋込んだ

表-3.4 セメントの諸性質

比重	粉末度		凝 結			安定性	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )		
	ブレン (cm <sup>2</sup> /g)	88μ (%)	水量 (%)	始発 (時分)	終結 (時分)		3日	7日	28日	3日	7日	28日
3.18	3,050	2.5	27.5	2-26	3-21	良	32.1	48.0	71.9	127	220	413

化 学 成 分 (%)

Loss	Insol	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Total
0.6	0.7	22.0	5.1	3.2	64.5	1.7	1.6	99.4

住友セメント社四倉工場製普通ポルトランドセメント

表-3.5 細骨材の物理的性質

比重	吸水量 (%)	フルイを通るものの重量百分率 (%)						粗粒率
		フルイの呼び寸法 (mm)						
		5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
2.56	2.76	97	89	81	62	35	5	2.31

神奈川県鶴沼海岸産

表-3.6 粗骨材の物理的性質

比重	吸水量 (%)	フルイを通るものの重量百分率 (%)						粗粒率
		フルイの呼び寸法 (mm)						
		30	25	20	15	10	5	
2.69	2.87	98	95	70	40	17	0	7.13

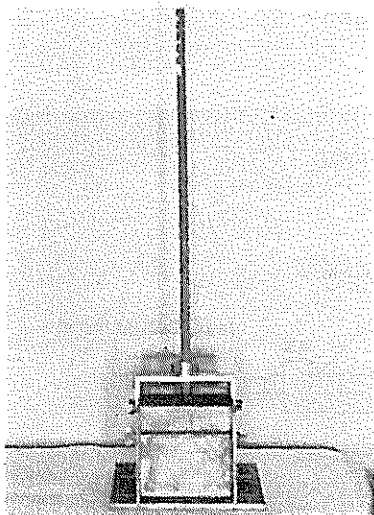
神奈川県酒匂川産

表-3.7 コンクリートの配合

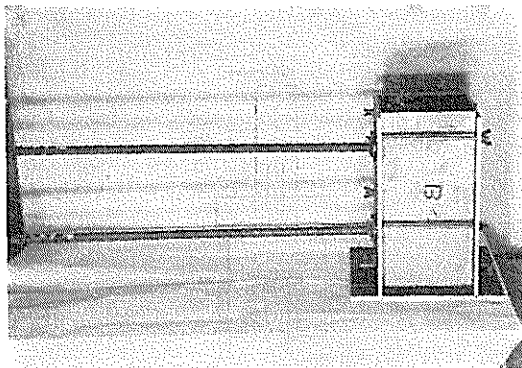
配合番号	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	1m <sup>2</sup> 当りの使用量 (kg)					備考
						W	C	S	G	ポソリス No. 8	
N-0	25	8.5±1.0	4.0±1.0	53.4	36.5	155	290	669	1,221	0.725	配合強度 σ <sub>28</sub> =270kg/cm <sup>2</sup>
N-1	25	8.5±1.0	4.0±1.0	65.1	38.2	155	238	717	1,221	0.595	σ <sub>28</sub> =190kg/cm <sup>2</sup>
N-2	25	8.5±1.0	4.0±1.0	58.5	37.4	155	265	694	1,221	0.663	σ <sub>28</sub> =230kg/cm <sup>2</sup>
N-3	25	8.5±1.0	4.0±1.0	53.1	36.2	155	292	669	1,221	0.730	σ <sub>28</sub> =270kg/cm <sup>2</sup>
N-4	25	8.5±1.0	4.0±1.0	48.7	35.6	155	318	643	1,221	0.795	σ <sub>28</sub> =310kg/cm <sup>2</sup>
N-5	25	8.5±1.0	4.0±1.0	44.9	34.9	155	345	623	1,221	0.862	σ <sub>28</sub> =350kg/cm <sup>2</sup>



15×15×15cmの立方供試体を用い、鉄筋の引抜き抵抗によってコンクリートの付着強度を評価する、いわゆる、引抜き試験方法である。載荷は写真—3.8に示した要領で行ない、鉄筋の自由端に1/1000mm、荷重端に2個の1/100mmのダイヤルゲージを取付け、その読みから鉄筋の滑り量を測定した。載荷には容量30tonの油圧式万能試験機を用い、荷重速度は1,000~1,500kg/min/cm<sup>2</sup>（鉄筋応力）とし、連続的に荷重を増加した。また、滑り量はD13、D16、D19の場合には荷重間隔250kgごとに、D22の場合には500kgごとに読み取った。



写真—3.6 付着試験供試体（垂直鉄筋埋込み）の型わくと鉄筋の組立て



写真—3.7 付着試験供試体（水平鉄筋埋込み）の型わくと鉄筋の組立て

水平鉄筋を埋込んだコンクリート供試体は材令7日で上下に2分した。圧縮強度試験用供試体の製作にはφ15×30cmの紙製型わくを用い、J I S A 1132—1963、

“コンクリートの強度試験用供試体の作り方”に準じて製作し、所定の材令で両面に硫黄キャッピングを施したのちJ I S A 1108—1963, “コンクリートの圧縮強度試験方法”に従って試験した。

### 3.3.3 曲げおよび曲げ戻し試験方法

鉄筋の曲げ試験はJ I S Z 2248—1955 “曲げ試験方法”の押し曲げ方法の規定に準じて試作した曲げおよび曲げ戻し装置（丸東製作所）を用いて行なった。曲げ装置は図—3.2と写真—3.9に示したように、載荷点に曲げ直径（3.5~5D、D=鉄筋公称直径）に等しい直径をもつローラーを取付け、試験片支え間距離が

$$L = \phi + 3D$$

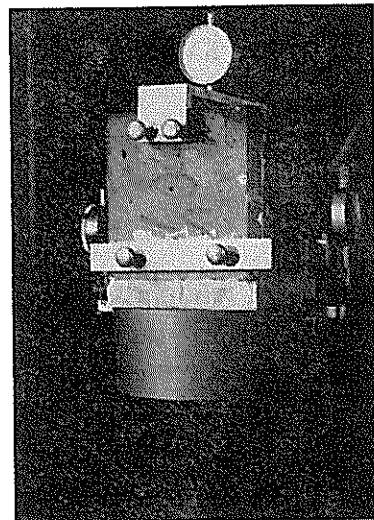
ただし、L=2個の支え間距離（mm）

$\phi$  = 曲げ直径（mm）

D = 試験片公称直径（mm）

となるように2個の支えを左右端のブロックで固定したものである。90°曲げ試験における曲げ角度は試験片の最大曲げ変位における角度が90°となるように変位量を定めるブロックを用いて決めた。曲げ戻し装置は図—3.3と写真—3.10に示した通りで、曲げ戻し荷重の載荷は2個のローラーを介して行ない、ローラーおよび支持台には半径11mmの溝を設けて鉄筋の横振れを防止した。

曲げおよび曲げ戻しの載荷方向は図—3.4に示した通りで、図—3.5に示した順序で行なった。試験条件は表—3.8に示したように計8通り、これを15種の鉄筋についてそれぞれ3個の試験片、合計360個の試験片を用いて行ない、曲げによる彎曲部の内外面におけるキレツの発生の有無と程度を観察した。載荷には容量30tonの油



写真—3.8 付着試験供試体の載荷と滑り量の測定

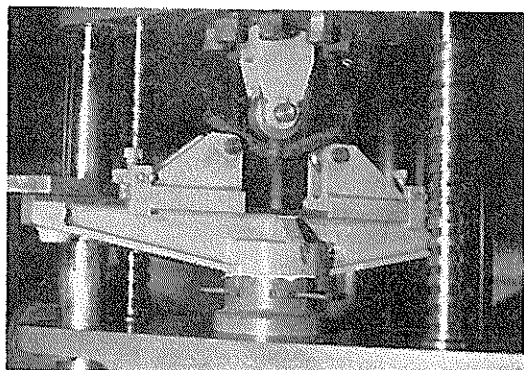


写真-3.9 曲げ装置

圧式万能試験機を用い、載荷速度はD13, D16, D19, D22のそれぞれに対して800, 1,200, 1,700, 2,300kg/minとした。

従来の異形鉄筋の曲げ戻し試験はドイツのリブ付鉄筋の暫定基準を参考とし、これを多少修正した条件で行なわれている。上記の基準では、曲げ直径7Dで45°曲げ、これを100°Cの水に30分浸漬したのち大気中で冷却し、次いで22°30'だけ曲げ戻して、キレツの有無を調べて合否を判定することを規定している。国産の高張力異形鉄筋についての曲げ戻し試験では

- a)  $\phi = 7D$  で90°曲げ、45°戻し（小林氏<sup>7)</sup>、横道博士<sup>8)</sup>）

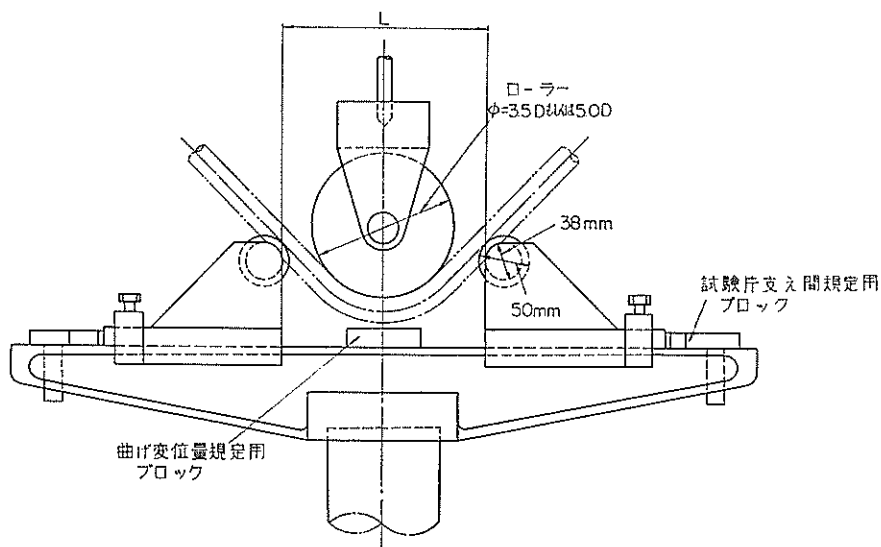


図-3.2 曲げ装置

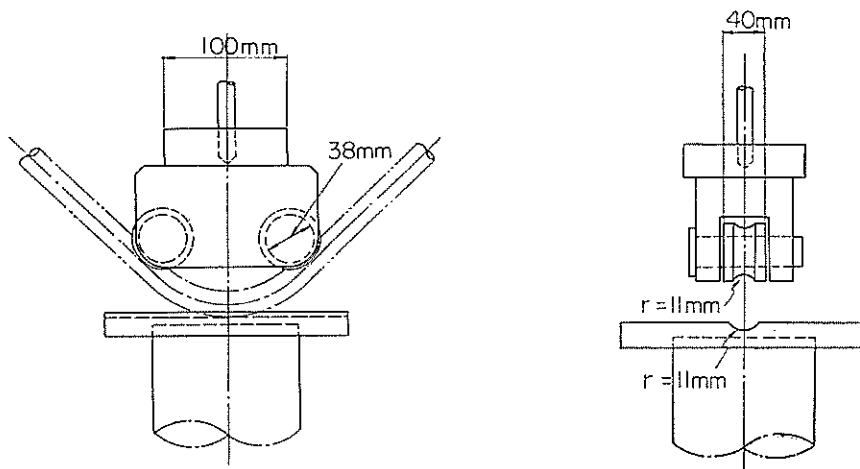


図-3.3 曲げ戻し装置

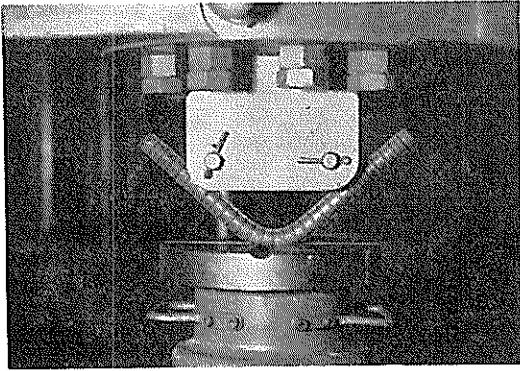


写真-3.10 曲げ戻し装置

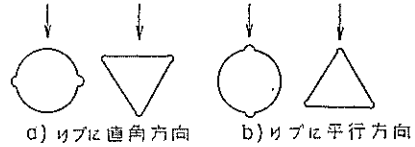


図-3.4 曲げ試験載荷方向

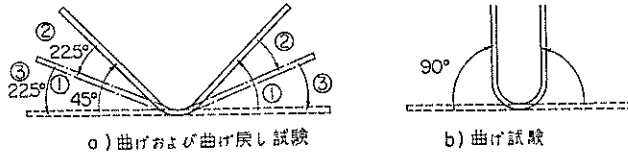


図-3.5 曲げ試験における曲げ角度および曲げ順序

表-3.8 曲げおよび曲げ戻し試験の条件の組合わせ

試験の種類	試験の種類	曲げ角度 (°)	曲げ戻し 角度 (°)	曲げ直径	載荷方向 (リブに 対し)		試験鉄筋 の種類
					直角	平行	
曲げおよび 曲げ戻し試験	素 材	90	45 さらに 90	3.5D	直 角	15	
					平 行	15	
	素 材	90	45 さらに 90	5D	直 角	15	
					平 行	15	
曲 げ 試 験	素 材	180	—	3.5D	直 角	15	
					平 行	15	
	ガ ス 圧 接 材	180	—	3.5D	直 角	15	
					平 行	15	

- b)  $\phi = 7D$  で  $90^\circ$  曲げ,  $90^\circ$  戻し (同上)
- c)  $\phi = 7D$  で  $45^\circ$  曲げ,  $45^\circ$  戻し (横道博士等)
- d)  $\phi = 7D$  で  $45^\circ$  曲げ,  $22.5^\circ$  戻し (同上)
- e)  $\phi = 3.5D$  で  $90^\circ$  曲げ,  $90^\circ$  戻し (同上)

等の条件で行なわれており、曲げ後の時効促進のためにいずれも  $100^\circ\text{C}$  の水中に30分浸漬したのち大気中で室温 ( $20^\circ\text{C}$  以下) に冷却して曲げ戻しを行なっている。これらの試験結果によると、上記の条件(a)~(d)の曲げ直径が  $7D$  の曲げ戻し試験ではキレツの程度が非常に軽微で鉄筋による曲げ加工性の差が明瞭でなく、横道博士等<sup>B)</sup>も  $D16$  の鉄筋に対しては  $\phi = 3.5D$  とすることを提案している。

本実験ではこれらの諸点と施工現場の実情を考慮して前述のごとく、曲げ直径として  $3.5D$  と  $5.0D$ 、 $90^\circ$  曲げ  $45^\circ$  戻し更に  $45^\circ$  戻し、時効条件として  $90^\circ$  曲げ後常温 ( $20^\circ\text{C}$ ) で48時間大気中に放置を曲げ戻しの試験条件とした。

#### § 4 各種高張力異形鉄筋の引張特性

##### 4.1 引張試験結果と J I S との比較

素材試験片とガス圧接試験片の引張試験結果は表-4.1 に示した通りで、表-4.2 は素材の試験結果を J I S (J I S G 3112-1964) に規定された値と対比して表示したものである。

表-4.1 鉄筋の引張試験結果

鉄筋名	素 材 試 験 片			ガ ス 圧 接 試 験 片			ガス圧接試験片 素 材 試 験 片		
	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引 張 強 度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引 張 強 度 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	降 伏 点	引 張 強 度	伸 び
A	32.0}	52.4}	27.6}	31.7}	51.9}	25.8}	1.00	0.99	0.79
	31.3} 31.8	52.4}	28.7}	31.5} 31.7	51.9}	19.6}			
	32.0}	52.5}	26.9}	31.8}	52.2}	20.7}			
B	38.1}	55.2}	26.8}	37.2}	55.0}	22.2}	0.99	1.01	0.85
	37.3} 37.8	54.4}	27.0}	36.8}	55.0}	22.3}			
	36.6}	53.6}	28.6}	36.8}	54.8}	25.8}			
C	36.6}	53.7}	30.0}	36.1}	53.7}	21.4}	0.99	1.00	0.73
	36.6} 36.2	54.2}	29.9}	36.4}	54.0}	22.7}			
	35.3}	52.4}	28.2}	35.6}	53.0}	20.3}			
D	38.2}	54.7}	31.6}	37.4}	56.0}	25.7}	0.99	1.02	0.80
	38.1} 37.9	55.3}	31.6}	37.8}	56.2}	24.0}			
	37.3}	54.9}	28.5}	37.5}	55.4}	23.5}			
E-1	40.8}	60.3}	22.4}	41.0}	60.2}	21.3}	1.01	1.00	0.87
	40.4} 40.6	59.9}	24.7}	40.9}	60.2}	20.1}			
	40.6}	59.8}	24.7}	40.8}	60.2}	20.8}			
E-2	43.0}	59.4}	26.7}	42.6}	59.9}	18.4}	0.98	1.00	0.81
	42.6} 42.5	58.8}	26.5}	41.6}	58.8}	26.0}			
	42.0}	58.7}	28.8}	41.0}	58.3}	21.7}			
F-1	39.0}	60.2}	25.2}	39.9}	60.2}	20.9}	1.02	1.01	0.86
	38.3} 38.5	59.2}	26.9}	39.3}	60.2}	22.1}			
	38.3}	58.8}	23.1}	39.1}	58.7}	21.4}			
F-2	46.1}	66.4}	22.8}	47.5}	67.1}	23.5}	1.02	1.00	0.89
	45.9} 46.2	65.4}	23.7}	47.3}	67.0}	17.4}			
	46.6}	66.9}	23.3}	46.8}	64.8}	21.2}			
G-1	36.3}	52.6}	27.2}	36.5}	52.1}	24.2}	1.01	1.02	0.86
	34.6} 35.6	50.4}	29.0}	36.2}	53.5}	22.7}			
	35.9}	51.6}	29.7}	35.3}	51.2}	26.6}			
G-2	46.8}	62.5}	24.8}	48.2}	64.3}	19.9}	1.02	1.01	0.83
	47.1} 46.2	63.8}	23.5}	46.4}	61.7}	20.3}			
	44.7}	60.1}	25.9}	47.0}	62.7}	21.7}			
H	48.3}	64.9}	24.9}	48.3}	63.0}	21.6}	1.00	0.98	0.83
	48.3} 48.5	64.6}	21.6}	47.7}	63.5}	20.4}			
	48.9}	64.6}	25.6}	49.3}	63.2}	17.6}			
I-1	38.0}	57.2}	30.1}	39.8}	58.1}	21.9}	1.02	1.00	0.77
	38.1} 38.1	58.0}	27.1}	38.7}	57.8}	22.5}			
	38.1}	57.8}	30.2}	38.0}	57.6}	23.1}			
I-2	36.1}	54.4}	29.9}	36.3}	54.8}	23.4}	1.00	1.01	0.87
	35.4} 35.7	54.2}	29.3}	35.2}	54.2}	23.3}			
	35.5}	54.3}	28.4}	35.4}	54.8}	29.4}			
I-3	35.0}	53.4}	30.8}	35.1}	53.7}	28.2}	1.00	0.99	0.83
	34.6} 34.8	51.9}	30.8}	34.9}	51.0}	22.6}			
	34.8}	50.9}	27.9}	34.8}	50.8}	23.1}			
I-4	36.9}	56.9}	27.2}	36.6}	56.9}	23.6}	1.00	1.00	0.82
	36.6} 36.6	56.0}	27.7}	36.4}	56.4}	20.6}			
	36.4}	56.7}	26.3}	36.5}	56.5}	22.7}			

表一4.2 鉄筋の引張試験結果と J I S 値等との比較

鉄筋名	J I S 値			本研究所の試験結果			① J I S 値に対する本研究所の比率(%)			② 本研究所の試験結果に対する比率(%)					
	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	引張度 kg/mm <sup>2</sup>	伸び ④ (%)	降伏点 kg/mm <sup>2</sup>	引張度 kg/mm <sup>2</sup>	伸び (%)	降伏点	引張度	伸び	直送試験片②			メーカーの資料③		
										降伏点	引張度	伸び	降伏点	引張度	伸び
A	30以上	49~63	14以上	31.8	52.4	27.7	106	107	198	110	103	83	—	—	—
B	35以上	50以上	18以上	37.3	54.4	27.5	106	109	153	—	—	—	102	104	91
C	35以上	50以上	18以上	36.2	53.4	29.4	103	107	163	109	100	89	112	109	91
D	35以上	50以上	18以上	37.9	55.0	30.6	108	110	170	—	—	—	98	96	89
E-1	35以上	50以上	18以上	40.6	60.0	23.9	116	120	133	—	—	—	97	95	109
E-2	35以上	50以上	18以上	42.5	59.0	27.3	121	118	152	—	—	—	93	97	95
F-1	35以上	50以上	18以上	38.5	59.4	25.1	110	119	139	—	—	—	102	98	103
F-2	40以上	57以上	16以上	46.2	66.2	23.3	116	116	146	—	—	—	107	103	133
G-1	35以上	50以上	18以上	35.6	51.5	28.6	102	103	159	108	102	88	⑤ 106	⑤ 106	⑤ 101
G-2	40以上	57以上	16以上	46.2	62.1	24.7	116	109	154	108	102	85	⑤ 107	⑤ 104	⑤ 98
H	40以上	57以上	16以上	48.5	64.7	24.0	121	114	150	—	—	—	—	—	—
I-1	35以上	50以上	18以上	38.1	57.7	29.1	109	115	162	105	102	89	—	—	—
I-2	35以上	50以上	18以上	35.7	54.3	29.2	102	109	162	104	103	82	107	106	95
I-3	35以上	50以上	18以上	34.8	52.1	29.8	99	104	166	104	104	87	—	—	—
I-4	35以上	50以上	18以上	36.6	56.5	27.1	104	113	150	101	101	78	—	—	—

- 注) ① J I S 値に対する本研究所の試験結果の比率であり、それぞれの示された範囲の下限値を用いた。  
 ② メーカーより直送された試験片に添付されたメーカーでの試験結果  
 ③ メーカーの資料、カタログに記載されている試験結果  
 ④ 本実験に用いられた D22 以下に対応する伸びである。  
 ⑤ メーカーの資料に示された数例の試験結果の最小値を用いた。

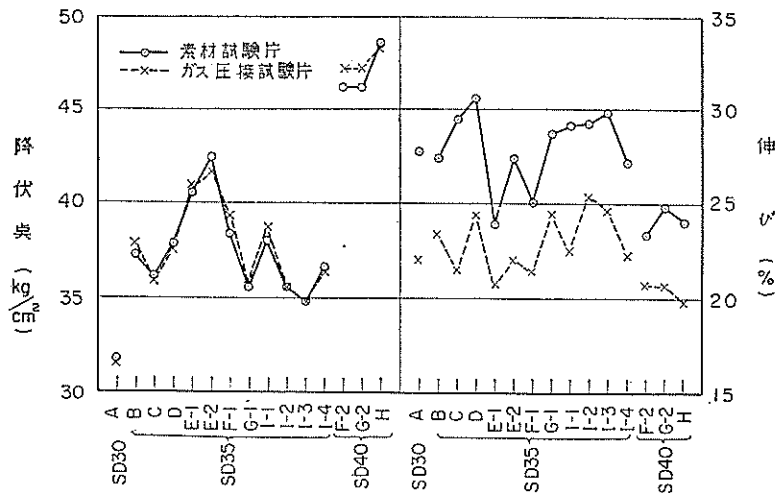


図-4.1 降伏点および伸び

本表によると、鉄筋I-3 (SD 35, D 19)の降伏点が例外的に規格値(保証降伏点)に達しないのを除いて、どの鉄筋も降伏点、引張強度および伸びのいずれにおいてもJISを満足することが分る。しかし、規格値を上廻る程度は鉄筋によって著しく相違し、たとえば、鉄筋C, G-1, I-2等の降伏点と引張強度はJISを満足する範囲で規格値にかなり近似した値を示しているのに対し、鉄筋E-1, E-2, H等の値は規格値を20%程度も上廻っている。以上の6種の鉄筋と規格を満足しないI-3を除く残りの8種の鉄筋、すなわち、A, B, D, F-1, F-2, G-2, I-1, I-4, の場合は10%程度上廻った値を示している。図-4.1は降伏点と伸びを図示したもので、一般的な傾向として降伏点の高い鉄筋の伸びが概して小さいことが明らかである。

降伏点の値はこれが保証値を満足する限りでは特に問題となることは少ないと考えられるが、伸びの減少は余り適当なことではなく、§6で述べるように伸びの小さい鉄筋は曲げ加工の際にキレツが発生し易い欠点がある。従って、鉄筋EやHのように降伏点が必要以上に保証値を上廻るものは優れた鉄筋とは云い難い。一般的な条件としては、降伏点はその保証値を満足する範囲内で小さい値であることが望ましい。

#### 4.2 鉄筋の品質のばらつき

表-4.2の第11~16列は鉄筋の品質のばらつきの程度を表示する資料の一つとして、本試験結果をメーカー提示の試験成績ないし資料と対比した結果である。これによると、鉄筋B, D, E-1, F, I, 等については両者に大きな差は認められないが、鉄筋A, C, E-2,

G等の場合にはかなりの差が認められ、メーカー提示資料は本試験結果をかなり上廻った値を示している。

鉄筋E-1, E-2は種類および呼び名も同一の鉄筋であって、購入の時期と試料採取方法のみを変えて入手したものである。しかし、その試験値、特に降伏点と伸び、にはかなりの差が認められる。この点は3.2.1で述べたように、フシの形状の測定結果とも符号し、たとえばフシの高さについてはE-1は0.6mmでJISを満足せず、E-2は1.1mmでJISを満足している。

以上に述べた諸点を考慮すると、ある種の鉄筋の品質は相当にばらつくものと推定してよいであろう。鉄筋の品質のばらつきはこれが保証値ないし規格値を満足する範囲であれば一般に問題となることは少ないが、ばらつきの範囲については各施工現場で採取した試験片を用いて検討中であり、その結果については第二報で述べる。

#### 4.3 ガス圧接の影響

表-4.1 および図-4.1に示したようにガス圧接試験片の降伏点と引張強度は素材試験片のそれとほとんど変わらない。図-4.2はガス圧接試験片の引張破断個所の圧接中心からの距離を鉄筋公称直径を単位として表示したもので、破断個所は2~6D、平均4Dの距離にあることが分る。これらの結果によるとガス圧接において熱影響を受ける領域は比較的狭い範囲に限られ、圧接中心より2~3D以下と推定され、丸安博士等の試験結果<sup>2)</sup>とほぼ一致する。

図-4.3, 4.4は標点距離を50mmとしてXYレコーダーを用いて測定した応力~ひずみ曲線の典型的な一例を示したもので、それぞれの鉄筋についての測定結果は付図-1.1~1.15および付図-2.1~2.15に示した通りで

ある。これらの測定結果によるとガス圧接試験片の伸びは素材試験片に比べてかなり減少し、特に圧接部付近において著しい。伸びは標点距離の設定の仕方によってもかなり相違するが、破断点を中心とし標点距離を8Dとして測定したガス圧接試験片の伸びは素材試験片のその80%程度である。

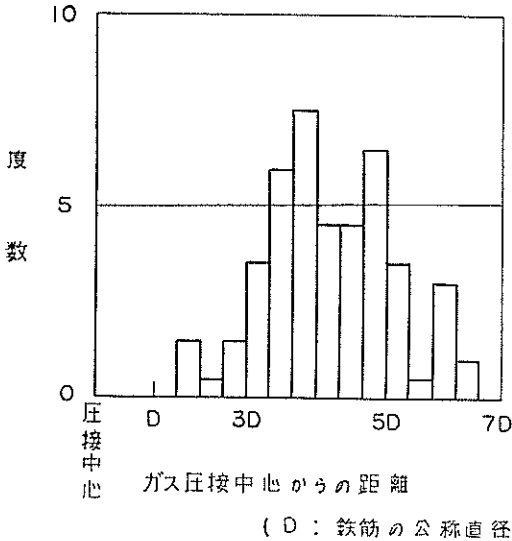


図-4.2 ガス圧接試験片の引張試験における破断箇所の度数分布図

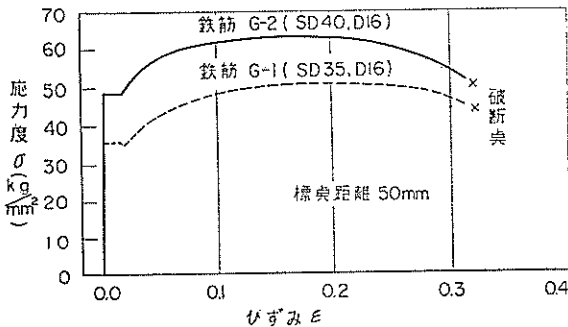


図-4.3 ガス圧接試験片の応力～ひずみ曲線の一例

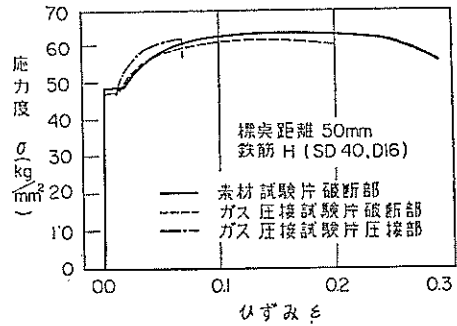


図-4.4 素材試験片、ガス圧接試験片の応力～ひずみ曲線の一例

## § 5 各種高張力異形鉄筋の付着特性

### 5.1 付着強度の評価方法

#### 5.1.1 本実験で用いた付着強度の定義

本実験ではASTM C 234-62の引抜き方法に従って付着試験を行なったが、その試験結果より鉄筋との付着強度を評価する点に関しては多少の修正を施している。

すなわち、ASTM C 234-62では付着応力は鉄筋の埋込み全長に亘って均等に分布するものと仮定し、付着応力度を次式を用いて計算し、

$$\tau = \frac{P}{\pi D l} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、D：鉄筋の公称直径 (cm)

l：鉄筋の埋込み長さ (15cm)

P：鉄筋に載荷した引張力 (kg)

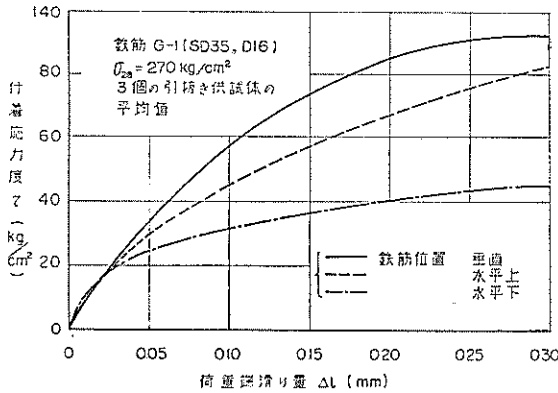
$\tau$ ：付着応力 (kg/cm<sup>2</sup>)

$\tau$ と鉄筋の荷重端における滑り量( $\Delta l$ )との関係曲線を描き、 $\Delta l$ を0～0.25mmの範囲内で5等分し、その各点における $\tau_i$ を上述の $\tau \sim \Delta l$ の関係曲線から読み

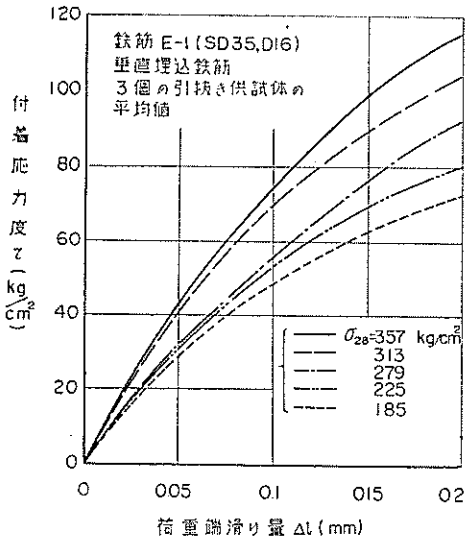
取つてその平均値 $\tau_{avg} = \frac{\sum \tau_i}{5}$ を求め、この値

を以て付着強度とすることを推奨している。

15種の鉄筋A～I-4についての $\tau \sim \Delta l$ 曲線の試験結果は付図-3.1～3.45に示した通りで、図-5.1はその一例である。また、図-5.2はコンクリートの強度を変えて付着強度試験を行なった場合(付図-4.1～4.15)の $\tau \sim \Delta l$ 曲線である。これらの図から明らかのように付着強度の大きさは基準とする滑り量のとり方によってかなり相違する。たとえば、水平上筋の場合や垂直筋でコンクリート強度が大きい場合には滑り量が比較的小さい領域で付着の降伏現象ないし鉄筋の降伏が生じ、基準滑



図—5.1 引抜き試験における  $\tau \sim \Delta l$  曲線の一例



図—5.2 コンクリートの強度を変えたときの  $\tau \sim \Delta l$  曲線の一例

り量を大きくとることは適当でない。この点に関して、 $\tau \sim \Delta l$  曲線が降伏現象を生じた後でも  $\Delta l$  が 0.2mm 以内であれば滑りは回復すると云われている<sup>3)</sup>。一方、基準滑り量が過少であればコンクリート強度差による付着強度の差や鉄筋による付着特性の差を的確に表示することが困難となる。従って、引抜き方法によって鉄筋の付着特性を比較するためには、鉄筋の引張応力度が降伏点以下で、かつ、残留滑り量が過大とならない範囲でできるだけ大きい値の滑り量を基準量とする必要がある。

本実験では上述の諸点を考慮して荷重端における滑り量が 0.05, 0.10, 0.15mm の 3 点における付着応力度  $\tau_{0.05}$ ,  $\tau_{0.10}$ ,  $\tau_{0.15}$  を  $\tau \sim \Delta l$  曲線より求め、その平均値

$$\tau_0 = \frac{1}{3} (\tau_{0.05} + \tau_{0.10} + \tau_{0.15}) \quad \dots\dots\dots(2)$$

を以て、付着強度を定義した。

### 5.1.2 付着強度と圧縮強度との関係

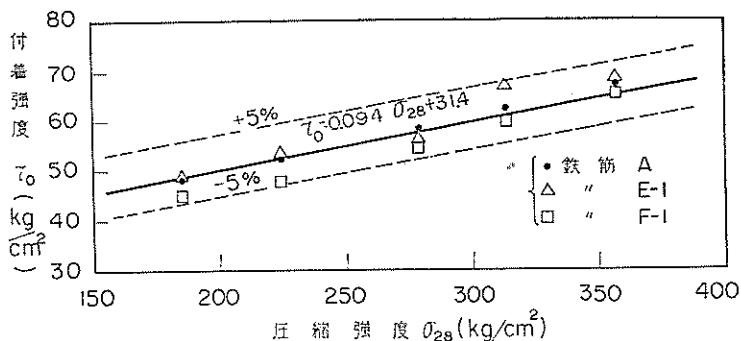
本実験におけるように多数の鉄筋についてコンクリートとの付着試験を長期間に亘って行なう場合、コンクリート強度の多少の変動は避け難く、これが付着強度の評価にも影響することは明らかである。そこで、鉄筋 A (SD 30, D 16, 横フシ), E-1 (SD 35, D 16, 横フシ, 三角断面), および F-1 (SD 35, D 16, 波形類似フシ) を用いて予めコンクリートの圧縮強度と付着強度との関係を試験し、その結果を用いてコンクリート強度が変動した場合の付着強度を修正することを試みた。

表—5.1 はその試験結果で図—5.3 はこれを図示したものである。これによると付着強度は鉄筋 A, E-1, F-1 のいずれの場合にも圧縮強度に直線的に比例して増加し、増加の割合はほとんど等しい。これらの 3 種の鉄筋の平均付着強度と圧縮強度 ( $\sigma_{28}$  = 180~360 kg/cm<sup>2</sup>)

表—5.1 コンクリート強度を変えた場合の付着強度の試験結果 (垂直筋)

配 合	コンクリート強度 $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )		付 着 強 度 $\tau_0$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	鉄 筋 A	鉄 筋 E-1	鉄 筋 F-1	平 均
N-1	96	188	52.3	47.6	39.6	47.2
	108		47.7	48.8	46.6	
	103		—	50.8	48.6	
N-2	103	225	49.6	52.0	43.9	50.8
	107		52.1	51.9	47.9	
	104		55.7	55.7	49.5	
N-3	170	279	69.2	53.5	53.4	56.0
	152		57.7	56.1	—	
	156		58.3	60.0	54.4	
N-4	180	313	61.0	66.6	55.8	62.7
	172		62.1	71.6	63.2	
	192		62.6	61.2	59.5	
N-5	249	357	61.9	62.0	61.1	66.7
	242		66.9	72.3	66.5	
	257		73.0	71.4	66.6	





図—5.3 コンクリートの圧縮強度と付着強度（垂直筋）の関係

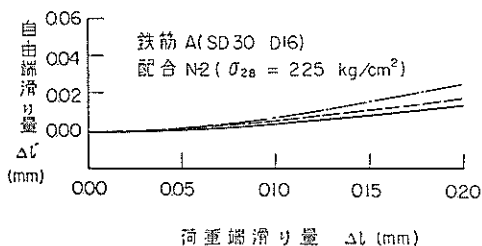
の関係は近似的に

$$\tau = 0.094 \sigma_{28} + 31.4 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(3)$$

で表示することができる。(3)式において定数31.4はどの鉄筋にも適用できるとは限らないが、 $\sigma_{28}$ の係数0.094は付着強度の増加率を示すものでどの鉄筋にもほぼ共通した値と考えてよい。本実験ではこの値を修正係数として用い、付着試験に用いたコンクリートの圧縮強度が比較の基準とした圧縮強度と異なる場合、その差にこの係数を乗じて得られた値と付着強度試験値との和を求め、これを以て鉄筋の付着特性比較のための付着強度とした。

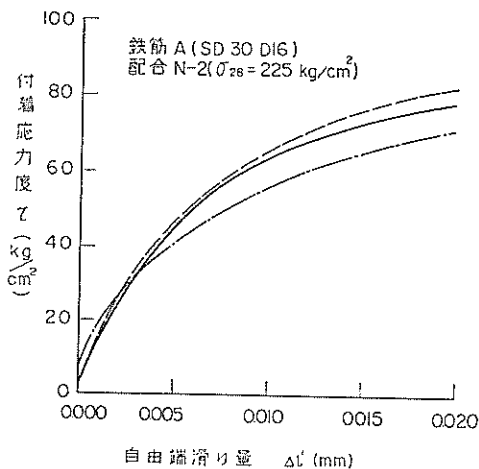
### 5.1.3 自由端の滑り量と付着強度の関係

本実験では前述のように荷重端の滑り量をもとにして付着強度を求めたが、荷重端の滑り量 ( $\Delta l$ ) が0.20mm程度以下の範囲では、自由端の滑り量 ( $\Delta l'$ ) は  $\Delta l$  にほぼ直線的に比例するものようである。前節に述べた鉄筋A、E-1、F-1を用いて行なった付着試験結果について同一の付着応力度における  $\Delta l$  と  $\Delta l'$  との関係を求めると、たとえば 図—5.4 に示したように  $\Delta l < 0.20\text{mm}$  では両者はほぼ直線的に比例することが分る。図—5.5 は付着応力度と自由端滑り量との関係、すなわち、 $\tau \sim \Delta l'$  曲線の測定結果の一例を示したもので、 $\tau \sim \Delta l'$  の関係は  $\tau \sim \Delta l$  の関係に相当することが分る。鉄筋A、E-1、F-1と配合N-1～N-5を用いて



図—5.4 引抜試験における  $\Delta l \sim \Delta l'$  曲線の一例

行なった、 $\tau \sim \Delta l$ 、 $\tau \sim \Delta l'$  および  $\Delta l \sim \Delta l'$  の測定結果はそれぞれ付図—4.1～4.15、付図—5.1～5.15、付図—6.1～6.15に収録した通りである。



図—5.5 引抜試験における  $\tau \sim \Delta l'$  曲線の一例

表—5.2は付図—6.1～6.15の  $\Delta l \sim \Delta l'$  の測定結果より  $\Delta l$  が0.05、0.10、0.15、0.20mmに達したときの  $\Delta l'$  の読みを表示したものである。本表より、コンクリート強度と鉄筋が一定のときは  $\Delta l'$  は  $\Delta l$  にほぼ直線的に比例し、また鉄筋が異なるときはその付着特性によって  $\Delta l'$  もかなり相違することが明らかであろう。

付図—5.1～5.15から自由端滑り量を基準にして、次式を用いて付着強度  $\tau_0'$  を求めると表—5.3が得られる。

$$\tau_0' = \frac{1}{3} (\tau_{005}' + \tau_{010}' + \tau_{015}')$$

ただし  $\tau_{005}'$ 、 $\tau_{010}'$ 、 $\tau_{015}'$  : 自由端における滑り量が0.005、0.010、0.015mmのときの付着応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

表-5.2 荷重端滑り量 $\Delta l$ が一定値に達したときの自由端滑り量 $\Delta l'$ の読み (mm)

配 合	鉄 筋 名	荷 重 端 滑 り 量 $\Delta l$ (mm)							
		0.05	0.10	0.15	0.20				
N-1 ( $\sigma_c=190\text{kg/cm}^2$ )	A	0.0039 0.0023 0.0056	0.0039	0.0114 0.0140 0.0066	0.0107	0.0227 0.0293 0.0123	0.0214	0.0330 0.0440 0.0195	0.0322
	E-1	0.0026 0.0026 0.0039	0.0030	0.0100 0.0100 0.0118	0.0106	0.0248 0.0248 0.0280	0.0259	0.0465 0.0515 0.0550	0.0510
	F-1	0.0036 0.0063 0.0053	0.0051	0.0152 0.0206 0.0225	0.0194	0.0380 0.0490 0.0440	0.0437	0.0715 0.0780 0.0880	0.0792
N-2 ( $\sigma_c=230\text{kg/cm}^2$ )	A	0.0028 0.0024 0.0026	0.0026	0.0065 0.0072 0.0086	0.0074	0.0110 0.0134 0.0176	0.0140	0.0155 0.0196 0.0274	0.0208
	E-1	0.0039 0.0033 0.0034	0.0035	0.0112 0.0093 0.0093	0.0099	0.0270 0.0202 0.0222	0.0231	0.0531 0.0340 *	0.0436
	F-1	0.0024 0.0034 0.0038	0.0032	0.0100 0.0136 0.0136	0.0124	0.0250 0.0390 0.0350	0.0330	0.0471 0.0730 0.0686	0.0629
N-3 ( $\sigma_c=270\text{kg/cm}^2$ )	A	— 0.0015 0.0025	0.0020	— 0.0050 0.0063	0.0056	— 0.0083 0.0114	0.0098	— 0.0133 *	0.0133
	E-1	0.0024 0.0019 0.0026	0.0023	0.0060 0.0054 0.0072	0.0062	0.0121 0.0109 0.0138	0.0123	0.0193 0.0186 0.0220	0.0200
	F-1	0.0023 0.0012 0.0007	0.0014	0.0104 0.0049 0.0035	0.0063	0.0250 0.0102 0.0082	0.0145	0.0470 0.0260 0.0230	0.0320
N-4 ( $\sigma_c=310\text{kg/cm}^2$ )	A	0.0013 0.0014 0.0016	0.0014	0.0071 0.0057 0.0065	0.0064	0.0130 0.0107 0.0103	0.0113	* * *	
	E-1	0.0027 0.0024 0.0022	0.0024	0.0055 0.0064 0.0077	0.0065	0.0140 0.0119 0.0108	0.0122	0.0189 * 0.0168	0.0178
	F-1	0.0012 0.0033 0.0024	0.0023	0.0061 0.0098 0.0074	0.0078	0.0212 0.0216 0.0165	0.0198	0.0465 0.0350 0.0276	0.0364
N-5 ( $\sigma_c=350\text{kg/cm}^2$ )	A	0.0022 0.0019 0.0020	0.0020	0.0052 0.0047 0.0054	0.0051	0.0070 0.0081 0.0086	0.0079	0.0085 * *	0.0085
	E-1	0.0017 0.0018 0.0023	0.0019	0.0042 0.0050 0.0059	0.0050	0.0071 0.0094 0.0113	0.0093	0.0094 * *	0.0094
	F-1	0.0027 0.0025 0.0032	0.0028	0.0073 0.0087 0.0102	0.0087	0.0138 0.0169 0.0219	0.0175	0.0172 0.0225 *	0.0198
平均値の範囲		0.0014~0.0041		0.0050~0.0194		0.0079~0.0437		0.0085~0.0792	
平均値の平均		0.0026		0.0085		0.0184		0.0319	

注) 鉄筋 A : SD 30 D 16, E-1 : SD 35 D 16, F-1 : SD 35 D 16

\* 荷重端滑り量が0.20mmに達する前に鉄筋の降伏したものの。

表-5.3 自由端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0'$  と荷重端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0$  の関係

配合番号	鉄筋名	付着強度 $\tau_0'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\tau_0'}{\tau_0}$	配合番号	鉄筋名	付着強度 $\tau_0'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\tau_0'}{\tau_0}$		
N-1	A	56.1	1.13	N-4	A	※	—		
		53.5				※			
		51.9				※			
	E-1	49.2	0.99		E-1	72.1	78.3		
		48.7				84.5			
		47.6				※			
F-1	35.5	0.83	F-1	63.6	63.3				
	37.0			63.4					
	38.7			63.0					
N-2	A	60.6	1.14	N-5	A	※	—		
		63.1				※			
		54.4				※			
	E-1	47.9	0.93		E-1	※	—		
		54.3				※			
		45.8				※			
F-1	38.1	0.84	F-1	68.9	67.6				
	41.2			70.4					
	39.8			63.4					
N-3	A	—	1.09	平均		1.03			
		62.8		※	標準偏差		0.12		
		69.5		1.21	※ 自由端滑り量が0.015mmに達する前に鉄筋が降伏したもの				
	65.2								
	70.3								
	E-1	68.3	1.21						
F-1				51.5	0.96				
						51.7			
	50.6								
52.3									

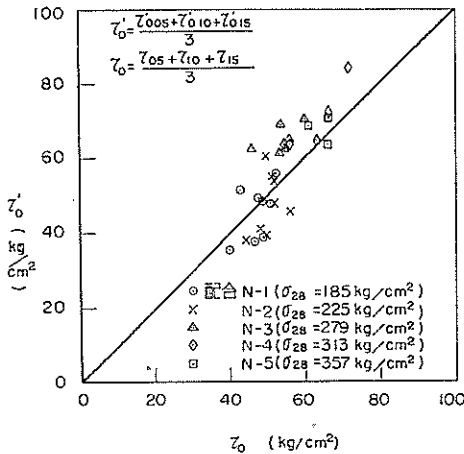


図-5.6 自由端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0'$  と荷重端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0$  との関係

図-5.6 は各供試体において、このようにして求めた  $\tau_0'$  に対応する  $\tau_0$  を表-5.1から求め、 $\tau_0 \sim \tau_0'$  の関係を図示したもので、 $\tau_0$  と  $\tau_0'$  の間にはほぼ直線的な関係が存在することがわかる。また3個の供試体の平均値の比  $\tau_0'/\tau_0$

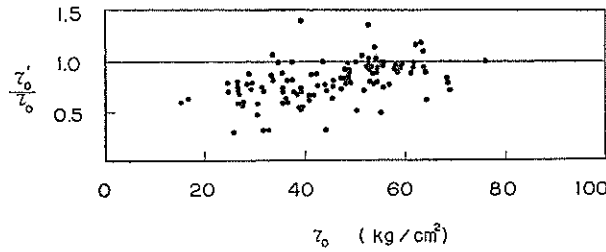
$\tau_0$  を求めると、全体の平均値は表-5.3に示したように1.03で、その標準偏差は0.12でばらつきも少ない。従って  $\sigma_{28} = 180 \sim 360 \text{ kg/cm}^2$  の範囲では、鉄筋を垂直に埋め込んだ場合の付着強度は荷重端と自由端のいずれの滑り量を基準にしてもほぼ同等である。

表-5.4 は15種の異形鉄筋の付着強度試験結果(測定値数119個)から、上述の方法によって自由端の滑り量を基準にして付着強度を求めたものである。図-5.7はD16以外の鉄筋I<sub>1</sub>、I<sub>3</sub>、I<sub>4</sub>を除く鉄筋についての、 $\tau_0 \sim \tau_0'/\tau_0$  の関係を示したものである。

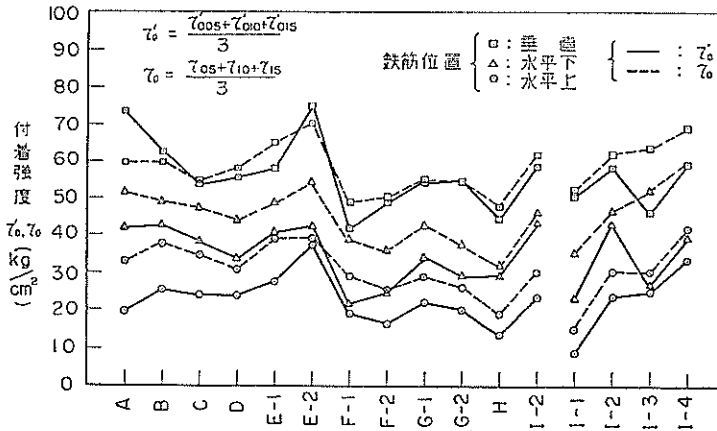
これによると一般的な傾向として、 $\tau_0 = 20 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$  付近では  $\tau_0'$  は  $\tau_0$  のほぼ0.6~0.8であるが、 $\tau_0 = 50 \sim 70 \text{ kg/cm}^2$  のときは  $\tau_0 \approx \tau_0'$ 、つまり付着強度が大きくなると自由端と荷重端より求めた付着強度の比は1に近づくことが分かる。鉄筋の埋込み位置によって区分して検討すると、垂直埋込みの場合には、ほぼ  $\tau_0 = \tau_0'$  であるが、付着強度がこれより小さい水平上筋および水平下筋の場合には、 $\tau_0'/\tau_0$  は0.7程度となっている。図-5.8は荷重端と自由端の滑り量をもとにして求めた  $\tau_0$  と  $\tau_0'$  を各鉄筋ごとに示したもので、 $\tau_0'$  からでもそれぞれの異形鉄筋の付着強度を  $\tau_0$  によるものとほとんど同等に評価し

表—5.4 自由端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0'$ 、および  $\tau_0'$  と荷重端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0$  との比

鉄筋名	垂 直		水 平 上		水 平 下	
	$\tau_0'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\tau_0'}{\tau_0}$	$\tau_0'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\tau_0'}{\tau_0}$	$\tau_0'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\frac{\tau_0'}{\tau_0}$
A	74.0 } 72.8 } 75.0 } 73.9	1.25	— } 25.6 } 14.2 } 19.9	0.61	45.4 } 51.9 } 28.7 } 42.0	0.81
B	61.9 } 62.9 } 62.7 } 62.5		1.04		— } 22.9 } 28.1 } 25.5	
C	50.3 } 58.7 } 52.4 } 53.8	0.97		23.2 } — } 23.9 } 23.6	0.69	38.5 } 35.0 } 40.1 } 37.9
D	56.2 } 56.6 } 53.5 } 55.4		0.95	26.1 } 20.0 } 24.2 } 23.4		0.77
E—1	60.2 } 55.6 } 58.5 } 58.1	0.89		31.7 } — } 23.3 } 27.5	0.70	
E—2	77.8 } — } 72.4 } 75.1		1.07	56.1 } 29.0 } 26.5 } 37.2		0.96
F—1	47.8 } 35.9 } 41.9 } 41.9	0.86		18.8 } — } 17.0 } 17.9	0.60	
F—2	— } 47.3 } 50.8 } 49.0		0.96	15.7 } 17.1 } — } 16.4		0.64
G—1	56.1 } 50.1 } 56.6 } 54.3	0.98		20.8 } 23.8 } 21.8 } 22.1	0.76	
G—2	53.3 } 55.8 } 55.5 } 54.9		1.01	22.0 } 18.5 } — } 20.2		0.77
H	— } 44.6 } 44.5 } 44.6	0.92		20.2 } 10.9 } 9.2 } 13.4	0.72	
I—1	52.0 } — } 50.0 } 51.0		0.96	10.0 } 8.5 } 5.0 } 7.8		0.50
I—2	59.4 } 59.4 } 57.6 } 58.8	0.94		20.0 } 23.5 } 28.5 } 24.0	0.78	
I—3	41.9 } 48.0 } 49.9 } 46.6		0.73	37.2 } 22.0 } 16.7 } 25.3		0.83
I—4	59.8 } — } 59.8 } 59.8	0.86		31.9 } 36.8 } 32.6 } 33.8	0.80	
平 均			0.96			0.73
標 準 偏 差		0.10		0.11		0.12



図—5.7 荷重端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0$  に対する自由端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0'$  の関係



図—5.8 自由端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0'$  と荷重端滑り量より求めた付着強度  $\tau_0$

得ることが分る。鉄筋の付着強度を自由端の滑り量をもとにして評価する場合には、荷重端の滑り量をもとにする従来の方法に比べて、試験方法は著しく簡素化される利点があり、また、上述のごとく垂直筋については  $\tau_0' / \tau_0 \approx 1.0$ 、水平筋については  $\tau_0' / \tau_0 \approx 0.7$  を用いれば、 $\tau_0'$  より  $\tau_0$  をかなりの確に推定することができる。

## 5.2 付着試験結果

表—5.5は、15種の高張力異形鉄筋の付着試験結果を取り纏めたもので、 $\tau_0$  は5.1.1において(2)式で定義した付着強度であり、 $\tau_{max}$  は付着試験供試体の破壊直前に得られた最大付着応力度を示している。先に述べたように、本実験ではコンクリート強度が多少変動(平均圧縮強度  $\sigma_{25} = 286 \text{ kg/cm}^2$ 、変動係数=8.3%)しているので、表—5.5の試験結果より異形鉄筋の付着特性を直接に比較評価するのは必ずしも適当でない。そこで、5.1.2に述べた実験結果に基づいて  $\sigma_{25} \sim \tau_0$  の修正係数を用いて  $\sigma_{25} = 280 \text{ kg/cm}^2$  のときの付着強度を求め、これによって鉄筋の付着特性の比較を試みた。表—5.6はこのように

して得た値で、同表に示した付着強度比は鉄筋A(SD30, D16, 横フシ筋)の付着強度に対する各鉄筋付着強度の百分率であり、図—5.9はこれを図示したものである。

## 5.3 異形鉄筋の表面形状が付着強度におよぼす影響

### 5.3.1 フシの高さ

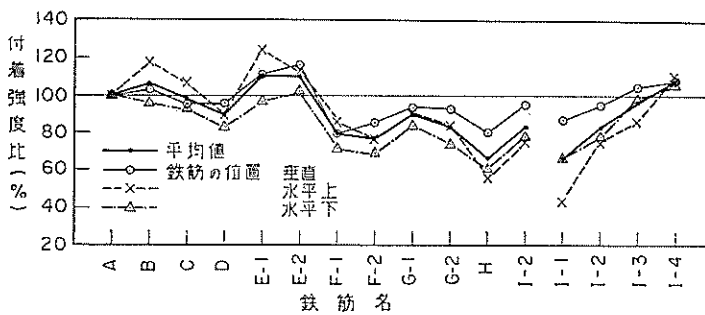
鉄筋AとBはいずれも横フシで、フシ間隔は共に10.4mmで等しく、またフシの断面形状も図—3.1に示したようにAの取付半径が小さい点を除くとかなり類似している。著しい相違点はフシの高さで、A=1.1mm、B=0.8mmで両者の差は約30%に達するが、付着強度には表—5.6に示したようにほとんど相違なく、フシ高さの小さい鉄筋Bの方がむしろ大きい傾向すら認められる。

鉄筋E-1とE-2についても上述とほぼ同様のことが云える。E-1とE-2は同じメーカーの同種の鉄筋であるが、フシ高さの差は著しくE-2は1.1mmであったE-1の0.6mmのほぼ2倍に達しているが、付着強度比はほとんど同である。



表—5.6  $\sigma_{23}=280\text{kg/cm}^2$  のときの 付着強度

鉄筋名	付着強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )			付着強度比 (%)			
	垂直	水平上	水平下	垂直	水平上	水平下	平均
A	59.8	33.2	52.4	100	100	100	100
B	61.5	39.3	50.6	103	118	96	106
C	56.6	35.5	48.4	95	107	92	98
D	57.7	29.9	43.5	96	90	83	90
E—1	66.9	41.4	50.7	112	125	97	111
E—2	69.3	38.0	53.5	116	114	102	111
F—1	47.6	28.5	37.7	80	86	72	79
F—2	50.9	25.7	36.2	85	77	69	77
G—1	56.3	30.1	43.8	94	91	84	90
G—2	55.6	27.9	38.8	93	84	74	84
H	48.1	18.6	31.9	80	56	61	66
I—1	52.1	14.8	34.6	87	44	66	66
I—2	56.6	25.2	40.9	95	76	78	83
I—3	62.1	28.6	51.1	104	86	98	96
I—4	64.2	36.5	55.4	107	110	106	108



図—5.9 鉄筋Aの付着強度に対する各鉄筋の付着強度比

図—5.10は三角形断面の鉄筋E—1, E—2と公称直径16mm以外の鉄筋I—1, I—3, I—4 (それぞれD13, D19, D22)を除く10種の異形鉄筋について、付着強度比をフシの高さと対比して示したもので、両者の間に相関性のないことが明瞭である。本図に示した付着強度比にはフシの間隔, スキマ, フシとリブとの傾斜角, 等の形状要因の影響も含まれてはいるが一般にフシの高さが付着強度に影響しないことを示すものと解してよいであろう。

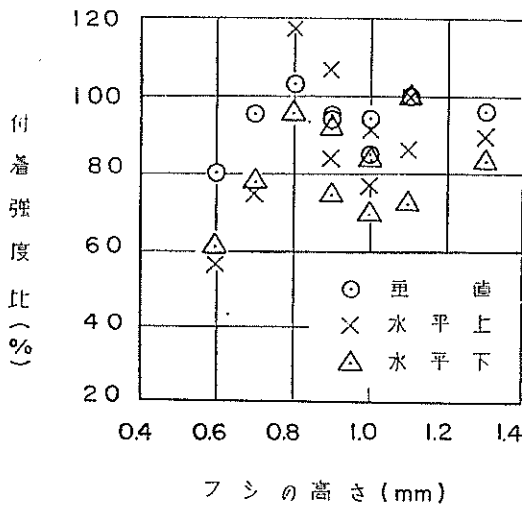
以上の検討結果を要約すると、フシの高さは、これが

J I Sの範囲内(D16の鉄筋: 0.7~1.4mm)にある場合には、付着強度に有意な影響をおよぼさないと考えてよい。

### 5.3.2 横フシと斜めフシ

フシ間隔の等しい横フシ筋A, Bと鉄筋軸との傾きをもつ斜めフシ筋Cを比較すると、表—5.6に示したように斜めフシ筋の付着強度は横フシ筋の90~100%程度で僅かながら少ない。

波形フシの鉄筋Dおよび斜めのフシではあるが波形に類似した形のフシをもつ鉄筋F—1, F—2とG—1, G—2の付着強度は単純な斜めフシ筋よりも多少劣り、



図—5.10 フシの高さと付着強度比

横フシ筋Aの80~90%程度である。

斜め交差フシ筋HとI-2はフシ間のせん断面積およびフシの支圧面積は横フシ筋Aと大差がないが、付着強度は概して小さく、横フシ筋Aの60~80%程度である。

以上の結果を取纏めると、極く大まかな傾向として、異形鉄筋の付着強度は、横フシ、斜めフシ、波形フシないし波形類似フシ、斜め交差フシの順で減少すると考えてよいであろう。

Clark<sup>4)</sup>によれば、良好な付着性状を示した異形鉄筋においてはフシ間のコンクリートのせん断面積とフシの支圧面積の比は6~11であるとされている。しかし、本実験ではフシ間のせん断面積とフシの支圧面積のほぼ等しい横フシ筋と斜め交差フシ筋とでは付着強度が著しく相違し、また上述のように、フシの形状が複雑になる程付着強度が減少する傾向を示している。このことはフシがリブと斜交しあるいはフシ相互が交差する場合、鉄筋の引抜抵抗に有効なフシ間のせん断面積およびフシの支圧面積の割合が相当程度減少することを示唆するものと思われる。

#### 5.4 異形鉄筋の断面形状が付着強度におよぼす影響

##### 5.4.1 鉄筋直径の効果

図—5.9において鉄筋I-1~I-4はD13~D22の直径の異なる同種の鉄筋についての試験結果である。本図より明らかなように、引抜試験による付着強度比(横フシ筋A、D16を基準)は鉄筋直径が13~22mmの範囲ではD13:D16:D19:D22=66:83:96:108であって、鉄筋直径にほぼ直線的に比例する。

鉄筋I-1~I-4のフシの形状は相互にほぼ相似し

ているので、鉄筋の単位周長ないし単位表面積あたりのフシの形状要因はほぼ一定と考えてよい。フシの高さはI-1:I-2:I-3:I-4=0.5:0.7:1.0:0.8(mm)で必ずしも鉄筋直径に比例しないが、この程度の差が付着強度にほとんど影響しないことは5.3.1の検討結果より明らかである。従って、上述の鉄筋直径の付着強度に対する効果を仮に寸法効果と呼ぶものとする、寸法効果は5.3.2で述べた所の引抜抵抗に有効なフシ間のせん断面積とフシ支圧面積に関係し、これらの有効面積が鉄筋直径に応じて増加することによって生ずるものと推定される。

##### 5.4.2 鉄筋断面形状が付着強度におよぼす影響

横フシ筋A、BとEの付着強度を比較すると、その比はA:B:E=1.00:1.06:1.11となって鉄筋Eの付着強度が最も大きい。A、BとEではフシの平均間隔はほぼ等しく、高さとしきみの和に多少の差があるが、これが付着強度に有意な影響をおよぼさぬことは5.3.1で述べた通りである。従って、鉄筋Eの付着強度が大きいのは、その断面が三角形で、単位断面積当たりの周長比が大きいことによるものと思われる。

鉄筋A、BとEがそれぞれ円形と正三角断面で同一の断面積をもつものとしてその周長比を求めると、A:B:E=1.0:1.0:1.3である。実際にはA、Bにはリブが2本含まれているのに対し、Eには3本含まれているので、周長比は上述とは多少異なった値となるが、これを上述の付着強度比と比較すると、Eの付着強度は周長比の増えた割合には増加していない。

丸安博士等はリブを削り落した異形鉄筋の引張試験結果から、リブが引張荷重に対して一様に有効に作用するとは限らないことを報告<sup>5)</sup>している。三角形断面の鉄筋においてはその稜角部は一種のリブと考えることができこの部分の応力分布が一様性を欠き、上述のように周長比の割合には付着強度が増加しない一因を形成しているものと思われる。

##### 5.5 鉄筋埋込み位置が付着強度におよぼす影響

水平埋込み鉄筋の付着強度は垂直埋込み鉄筋のそれと比較して著しく減少する。これはコンクリートのブリージング水が鉄筋の下側面に留まってコンクリートとの付着を阻害するため、付着強度の減少の程度はコンクリートの打込み高さや鉄筋直径によって相違し、打込み高さの少ない程、また鉄筋直径の大きい程減少の程度も少ない。

本実験では、 $\sigma_{25}=280\text{kg/cm}^2$ でD16の鉄筋については水平下筋(打込み高さ7.5cm)の付着強度は垂直筋のそれの66~88%(平均77%)、水平上筋(打込み高さ22.5



cm)では39~64% (平均54%)であった。また、鉄筋直径を変えた場合には垂直筋に対する付着強度比は、水平下筋についてはD13 : D16 : D19 : D22=66 : 72 : 82 : 96、水平上筋については 同比=28 : 45 : 46 : 57 となつて、細径の鉄筋程水平埋込みによる付着強度減少が著しい。

鉄筋Eの水平埋込みの場合には稜線の向き(△状に稜角の一つが上にある場合を上向き、▽状に下にある場合を下向きとする)によってブリージングの影響の程度が変化することは当然予想される所で、下向きの付着強度が上向きのそれより大きいことが確かめられている<sup>6)</sup>。本実験では下向きの場合についてのみ試験したが、施工時に稜線の向きを規制するのは実際のでなく、この種の特異な断面をもつ異形鉄筋の許容付着応力度の決定に当っては上述のような影響も考慮する必要がある。

§2の調果結果で述べたように、港湾構造物ではD10~D19の細径鉄筋が大部分を占め、ケーソンやL型ブロック等のように水平筋を用いる構造での一回の打設におけるコンクリートの打上り高さが特に大きい。従つて、異形鉄筋の許容付着応力度を決めるに当っては、これ等の諸点を十分に考慮する必要がある。コンクリートの打込み高さが数mに達する程度に大きい場合の付着強度に関しては実験研究の成果も乏しく、上述の7.5cmと22.5cmの場合の結果の適用性には多少の疑問が残されている。この点については実験中であり、第二報にその結果を報告する予定である。

#### 5.6 鉄筋表面のサビが付着強度におよぼす影響

施工現場における鉄筋の貯蔵方法の調査結果は潮風の激しい海辺の屋外に数カ月も放置する例が少ないことを示している。このような貯蔵方法が好ましいものではないことは明瞭であるが、避け難い場合も多い。そこで、最も酷しい条件の一例として6カ月程度海辺に放置

したものとほぼ同程度(全面に浮きサビが発生し始めた状態)のサビを発生せしめた鉄筋を用いて付着強度を試験した。用いた鉄筋はA(SD30, D16, 横フシ)で、発錆条件と発錆状態はそれぞれ表-3.3および写真-3.2に示した通りである。

表-5.7にその試験結果を示す。すなわち、サビの全く発生していない鉄筋A-1に比較して、軽度のサビの発生したA-2の付着強度比は6%程度、全面に浮きサビの発生し始めたA-3では11%程度大きく、付着強度はサビの発生によってむしろ増加している。これはサビによって鉄筋表面が粗になる所から当初より予想された所で、浮きサビが発生し始めた段階までのサビは必ずしも有害とは云えないことを示している。また、肉眼で観察した範囲ではこの段階までは有害な孔食の現象も認められず、上述のような貯蔵方法はもちろん推奨できないが止むを得ぬ場合は許容し得るものと判断してよい。

## §6 各種高張力異形鉄筋の曲げ加工性

### 6.1 曲げ加工性の評価方法

#### 6.1.1 JISに準じた曲げ試験結果

JIS G 3112-1964, “鉄筋コンクリート用棒鋼”<sup>付録-3)</sup>では公称直径の4倍(SD30とSD35)ないし5倍(SD40)のD25以下の鉄筋で、曲げ直径が180°の曲げ試験を行ない、表面にキレツがでてはならないことを規定している。本実験では15種の鉄筋の素材試験片を用いて曲げ直径3.5Dで180°の曲げ試験を行なった結果、キレツの生じたものは鉄筋A(SD30, D16, 横フシ)のみで、他の鉄筋にはキレツは全く生じていない。

また、曲げ直径3.5Dと5Dで行なった曲げおよび曲げ戻し試験の際に鉄筋C(SD35, D16, 斜めフシ)と鉄筋E-2(SD35, D16, 横フシ)に5Dの90°の曲げのみで軽度のキレツが認められた。

従つて本実験に供したSD35ないしSD40の15種の鉄筋のうち、A, C, E-2を除く12種の鉄筋はいずれも曲げ直径3.5Dないし5Dの180°曲げ試験に合格し、この点では上記のJISを満足するものと判断してよい。

#### 6.1.2 曲げ加工性評価のための曲げ戻し試験

施工現場における鉄筋の曲げ加工においては過誤による曲げや曲げ直しあるいは再曲げが行なわれることも皆無ではない。また、壁状部材等の施工では鉄筋を組立てて下部コンクリートを打込んだ後、壁状部材内側の施工のために立ち上り鉄筋を曲げたり曲げ直したりする場合も往々にして認められる。これらの場合には曲げ半径もJISや標準示方書ないし工事仕様書に規定された値が厳守されているとは云い難い。従つて、鉄筋は一般にか

表-5.7 発錆鉄筋の付着強度試験結果

発錆条件	コンクリート強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		付着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		付着試験破壊状況		
	$\sigma_1$	$\sigma_{2s}$	$\tau_0$	$\tau_{0max}$			
A-1			54.6 51.6	53.1	123 124	引き抜き	
A-2	156 162 153	302 309 262	59.3 55.9 54.5	56.6	129 127 126	127	” ” ”
A-3			59.5 57.9 60.2	59.2	125 125 129	126	” ” ”

注) 垂直埋込み鉄筋

なり酷しい条件の曲げ加工を受ける可能性が多く、その曲げ加工性もこれらの条件をある程度考慮して評価する必要があり、たとえば前述のJ I Sの規定はこの意味で多少緩やかに過ぎるもののように思われる。本実験ではこのような観点から、3.3.3で述べたような曲げおよび曲げ戻し試験を行なって各種高張力異形鉄筋の曲げ加工性を評価することを試みた。

我が国の冷間加工異形鉄筋の曲げ加工性については、小林氏<sup>5) 7)</sup>や横道博士等<sup>8)</sup>によって研究が行なわれ、曲げおよび曲げ戻しによるキレツ発生 の程度とその要因、

曲げ加工やその際に発生したキレツが鉄筋の引張強度や伸びにおよぼす影響等が解明され、この研究結果に基いた鉄筋のリブやフシの形状および曲げ戻し試験方法に関する実際的な提案もなされている。これらの研究結果によると、曲げ戻し試験は鉄筋の曲げ加工における時効脆性の影響の判定に有効であって、更に、キレツの程度を観察することにより、鉄筋の曲げ加工性の良否を評価し得ることが明らかである。表—6.1, 6.2はこれらの研究で提示された曲げ戻し試験におけるキレツの判定基準を示したものである。

表—6.1 小林氏による曲げ戻し試験のきれつの判定規準<sup>7)</sup>

記 号	きれつの程度
A	黒皮がさけた程度の、ごく表面的なきれつで、拡大鏡で確認できる程度のもの
B	肉眼で容易に発見できる程度の幅をもち、わずかながらきれつの深さも認められる程度のもの

備 考： 本表による“きれつ”はJ I S G 3112—1964 で規定された“キレツ”に相当する。小林氏の研究では試験片としてD16を用い、曲げ直径は7 D、角度は (a) 90°曲げ→45°戻し (b) 90°曲げ→90°戻し、であって、曲げ条件としては比較的ゆるやかである。90°戻し後の引張試験結果によると、引張強度は素材試験片の101~111%、伸びは同様に33~67%となつて、記号A, Bのキレツのいずれも有害とは判定されていない。なお、この試験結果によると、表—6.1の記号A, Bはそれぞれ、表—6.2の等級では、A~B, B~Cに相当すると考えてよい。

表—6.2 横道博士等による曲げ戻し試験のキズの判定規準<sup>8)</sup>

等級	評点	キズの程度
A	0	肉眼でかろうじて発見できる程度のもので、キズとは認め難いもの
B	1	肉眼で発見できるが、幅および深さが微少で、静的引張強さの低下、その他の有害な影響の全くないもの
C	2	比較的大きいキズであるが、静的引張り強さの低下は伴わないもの
D	3	有害なキズで、静的引張強さの低下を伴うもの、通常、棒鋼の軸に直角方向のキズを伴う
E	4	同上の著しいもので、破断に近いもの
破断	5	折損破断を生じたもの

備 考： 本表による“キズ”はJ I S G 3112—1964 で規定された“キレツ”に相当する。横道博士等の研究では試験片としてD16を用い、曲げ直径は7 Dと3.5 Dの2種類とし、(a) 7 Dで45°曲げ→22°30'戻し、(b) 7 Dで90°曲げ→90°戻し、(c) 7 Dで45°曲げ→45°戻し、(d) 3.5 Dで90°曲げ→90°戻し、の4通りの試験を行なって、3.5 Dで90°曲げ→90°戻しが実際のであり、時効の影響をよく判定できるとしている。曲げ戻し後の引張試験結果によると、等級Cまでのキレツの生じた試験片の引張強度は素材試験片のその102~111%で、キレツは有害でなく、等級Dのキレツの生じたものでは70~103%となつて、この程度のキレツは有害であると判定している。

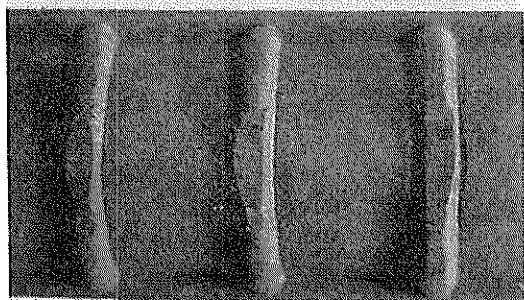
本実験では上述のような研究成果も考慮して、表—6.3 に示したようなキレツの判定基準を設け、これによって曲げおよび曲げ戻し試験におけるキレツの程度をその発生数と大きさから定量的に表示し、これによって鉄筋の曲げ加工性を評価した。すなわち、表—6.3 に示したキレツの等級A, B, Cの評点をそれぞれ1, 2, 3とし、等級Dに対してはキレツ巾の測定値 ( $mm$ ) に10を乗じた値に3を加えて得られた値を以て評点とし、また、等級

Eのキレツの評点は $\infty$ として、3本の試験片に生じたすべてのキレツについて評点を求め、その発生個所ごと (図—6.1 参照) の合計を以てキレツ係数とした。従って、キレツ係数は曲げおよび曲げ戻し試験におけるキレツ発生傾向を平均的に表示する指数と考えることができ、曲げ加工性の不良な鉄筋程キレツ係数は大きな値を示すことになる。

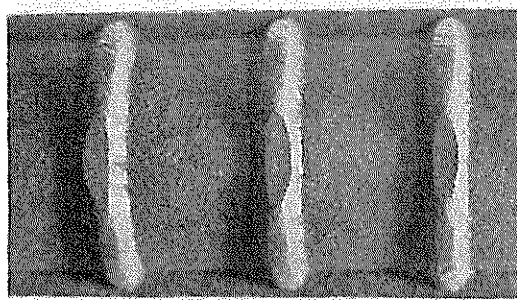
表—6.3 本実験で用いた曲げおよび曲げ戻し試験のキレツの判定基準

等級	評点	キレツの程度	例
A	1	肉眼でからうじて発見できる程度の、ごく表面的なキレツらしい徴候。キレツとの断定困難。(表—6.2, 等級Aに相当)	写真—6.1
B	2	肉眼で容易に発見できる程度の幅をもつが、幅も深さも微小であり、静的な引張特性には有害な影響がないもの(表—6.2, 等級Bに相当)	写真—6.2
C	3	比較的大きいキレツであるが、倍率10倍で最小目盛0.1 $mm$ の拡大鏡を用いても巾の測定が困難なもの(0.1 $mm$ 以下)で、この程度では静的引張特性には有害な影響がないと推定されるもの(表—6.2, 等級Cに相当)	写真—6.3
D	4以上	倍率10で最小目盛0.1 $mm$ の拡大鏡を用いて巾を容易に測定できる程度のキレツ(0.1 $mm$ 以上)。(表—6.2, 等級Dに相当)。 $mm$ で表示したキレツ幅の測定値に10を乗じて得た整数値に、等級Cの場合の評点3を加えた値を以て等級Dのキレツの評点とする。	写真—6.4
E	$\infty$	破断に近いもの、もしくは折損破断を生じたもの(表—6.2, 等級Eと破断に相当)	写真—6.5

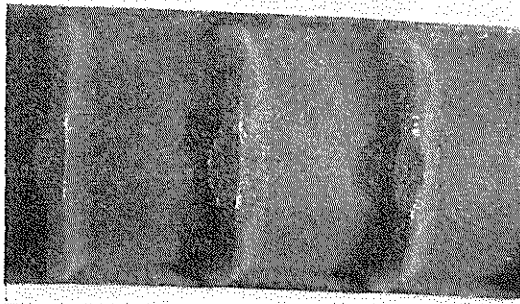
備考：3本の試験片を用いて曲げおよび曲げ戻し試験を行ない、発生したすべてのキレツの評点を図—6.1 に示したキレツ発生個所(フシ部分、フシとリブとの交差部分、フシ相互の交差部分)ごとに合計して、その個所のキレツ係数とした。



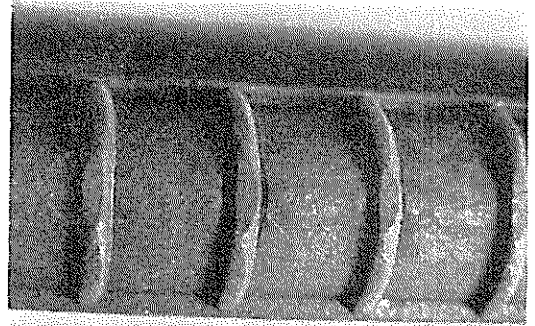
写真—6.1 等級Aのキレツ (評点1)



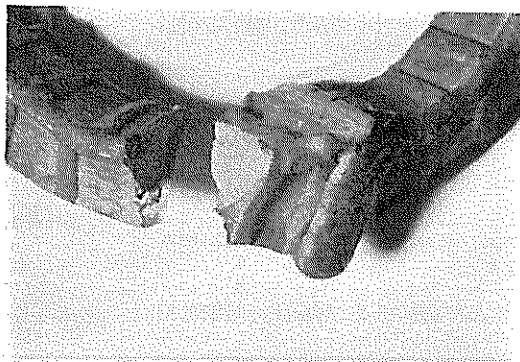
写真—6.2 等級Bのキレツ (評点2)



写真—6.3 等級Cのキレツ (評点3)



写真—6.4 等級Dのキレツ (評点7)



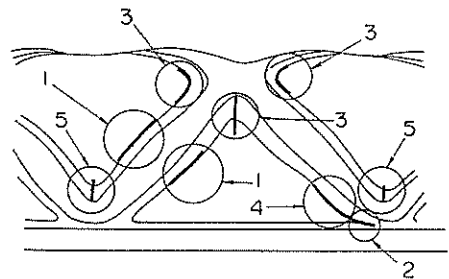
写真—6.5 等級Eのキレツ (破断, 評点∞)

## 6.2 曲げおよび曲げ戻し試験結果

異形鉄筋の曲げおよび曲げ戻し試験におけるキレツは例外なく鉄筋の引張側で発生し、その発生し易い個所は図—6.1に示したように、フシ部分(フシの長さ方向におけるフシ側面と鉄筋表面との交線部分)、フシとリブとの交差部分およびフシ相互の交差部分(斜め交差フシの場合)である。

6.1で述べたように、供試鉄筋の大部分はJISの180°曲げ試験に合格するが、表—6.4に示したように鉄筋Aは3.5Dの180°曲げ試験でキレツが生じ、また鉄筋CとE—2は5Dの90°曲げ試験でキレツが認められた。この試験の条件は厳密にはJISに規定された条件と異なるが、その結果は少なくともこれらの鉄筋はJISを満足し難い傾向のあることを示すものであろう。

表—6.5~6.8は15種の鉄筋の素材試験片を用いて行なった90°の曲げ戻し試験(90°曲げ→90°戻し)の結果で、表—6.5, 6.6は曲げ直径を3.5Dとした場合であり、表—6.7, 6.8は5Dとした場合である。また、表—6.9, 6.10はガス圧接試験片を用いて行なった曲げ直径3.5D



図—6.1 曲げおよび曲げ戻し試験でキレツの発生し易い個所

リブに直角方向に載荷したときのキレツ

- 1 フシ部分(フシ側キレツ)
- 2 フシとリブの交差部分(例, E—1, 2)
- 3 フシ交差部分(例, H, I—1, 2, 3, 4)

リブに平行方向に載荷したときのキレツ

- 4 フシ部分
- 2 フシとリブの交差部分(リブ側キレツ)
- 5 フシ交差部分(例H, I—1, 2, 3, 4)

の180°曲げ試験結果である。これらの表—6.5~6.10においてキレツの等級A~C欄に示した値はキレツの数であり、D欄に示した値はキレツ巾の測定値である。図—6.2~6.4はそれぞれ表—6.5~6.10の試験結果を6.1で定義したキレツ係数を用いて表示したもので、それぞれの鉄筋のキレツ発生傾向が容易に観察される。

## 6.3 異形鉄筋の表面形状が曲げ加工性におよぼす影響

リブに直角に載荷した場合の図—6.2(a), 6.3(a)において横フシ筋AとBを比較すると、フシとリブとの交差部分におけるキレツ係数は共に零であるが、フシ部分のキレツ係数については鉄筋AはBに比べて著しく大きい。こ

表—6.4 15種の鉄筋のうち曲げ試験でキレツの生じたものの試験結果

鉄筋名	曲げ試験の条件			キレツの発生数と等級 (表—6.3 参照)		※ キレツ係数 (表—6.3 参照)
	曲げ直径	曲げ角度	リブに対する載荷方向 (図—3.1 参照)	フシ部分	フシとリブとの 交差部分	
A	3.5D	180°	平 行	4 × A	6 × A	10
			直 角	9 × A 3 × B	—	15
C	5D	90°	平 行	2 × B	—	4
E—2	5D	90°	平 行	2 × B	—	4

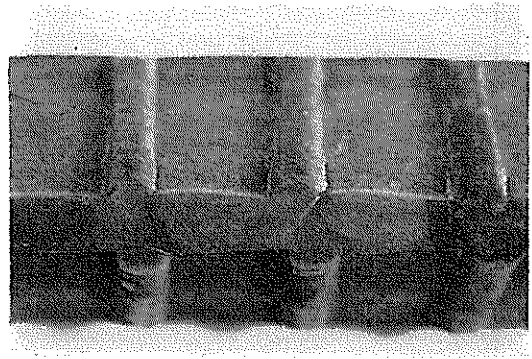
※ 発生数は3本の試験片についての合計

これは図—3.1 に示したようにフシの断面形状の相違に起因するもので、キレツの発生箇所もフシ断面の両側面のうちフシの取付角度の急な側（鉄筋圧延の方向と反対の側で、ここではフシの取付半径は0に近い）に集中していることから分る。

このような傾向は斜めフシ筋や波形筋の場合も同様で、たとえば、鉄筋D、F、Gを比較すると、フシ断面の両側面において適当な取付半径を設けた鉄筋Fではフシ部におけるキレツ係数が極めて少ないのに対し、フシ断面の両側面での取付角度に緩急差のある鉄筋Gでは急傾斜面側（取付半径が0に近い）でのキレツ係数が著しく大きく、鉄筋Gと同様な断面のフシをもつ鉄筋Dがこれに次いでいる。

斜め交差フシの鉄筋HとI—1～I—4ではフシ断面の取付角度が比較的緩やかであるため、フシ部分のキレツ係数は概して小さいが、フシ交差部においてキレツ係数が大となっている。

リブに直角に載荷した場合にフシとリブとの交差部にキレツが生じたのは鉄筋Eのみであるが、これは他の鉄筋ではリブが中立軸に相当する位置にあって応力がほとんど作用しないのに対し、鉄筋Eは三角断面のためどのリブも外部にあってフシとの交差部に応力集中が生じたためと推定される（写真—6.6参照）。この傾向は曲げ戻しの場合に三稜のうち一稜が引張側になる平行載荷の場



写真—6.6 鉄筋Eのリブとフシとの交差部に生じたキレツ

合に特に著しく、図—6.2(b)、6.3(b)に示したようにキレツ係数も極端に大きくなっている。

上述の諸点を要約すると、キレツ係数はフシ側面の取付半径が著しく小さい部分やフシが他のフシもしくはリブと交差する部分等のように、断面が急激に変化する部分で特に大きな値を示しており、この部分における応力集中が著しいためと判断してよいであろう。従って、これらのキレツ係数の特に大きい鉄筋では曲げ加工性を高めるために、フシの取付部や交差部を適当な曲率の曲面で結ぶなどの工夫が必要と思われる。

表一6.5 素材試験片曲げ試験結果 (曲げ直径 3.5D, リブに直角載荷の場合)

曲げ角度	鉄筋名	フィン部分のキレット				フィンとリブの交差部分のキレット				フィン交差部分のキレット							
		キレットの合計				キレットの合計				フィン取り付け半径※ 小のキレット							
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
45°曲げ戻し	A	1	6	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	4	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	1	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	7	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	1	4	7	0	1	12	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	2	6	4	0	8	6	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	G	1	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H	1	4	2	0	1	4	2	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	2	2	4	1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0
	I	2	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0
	I	3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	2	1	0	0
I	4	3	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-	6	2	0	0	
90°曲げ戻し	A	4	16	5	0	1	6	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	13	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	17	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	3	8	5	0	0	2	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	1	2	5	9	0	2	0	0	7	11	7	0	-	-	-	-
	E	2	9	7	5	0	5	0	5	2	13	0	0	-	-	-	-
	F	1	4	2	0	0	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	2	14	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	G	1	11	3	2	0	4	0	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	G	2	2	3	2	0	3	0	4	6	2	2	0	-	-	-	-
	H	12	2	0	0	0	4	0	4	0	4	0	2	-	-	-	-
	I	1	0	0	0	0	4	0	2	1	2	2	0	-	-	-	-
I	2	5	0	0	0	4	0	2	0	4	0	2	-	-	-	-	
I	3	19	1	0	0	4	0	2	10	2	0	0	-	-	-	-	
I	4	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	

(注) いずれも、試験片3本の合計である。

※ フィン断面の左右のフィン取り付け半径が異なるものうちで、フィン取り付け半径小の側に生じたキレット

表-6.6 素材試験片曲げ試験結果 (曲げ直径3.5D, リブに平行载荷の場合)

曲げ角度	鉄筋名	フィン部分のキレット				フィンとリブの交差部分のキレット				フィン交差部分のキレット							
		キレットの合計				キレットの合計				フィン取り付け半径 <small>※</small>							
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
45°曲げ戻し	A	2	5	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	B	10	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	3	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E-1	13	22	4	0.3, 0.1	-	-	-	-	0.4, 0.8, 0.6	0.5	-	-	-	-	-	-
	E-2	6	16	14	{0.4, 0.5, 0.4 0.4, 0.6, 0.6}	-	-	-	-	{0.4, 0.5, 0.4 0.4, 0.6, 0.6}	-	-	-	-	-	-	-
	F-1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	F-2	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	G-1	0	1	0	0	6	1	0	0	0.3	2	0	0	0	0	0	0
	G-2	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	I-1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
I-2	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	
I-3	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	
I-4	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	
90°曲げ戻し	A	15	23	6	0.1, 0.3	5	11	3	0	5	1	0	2	1	0	0	0
	B	19	8	2	0	-	-	-	-	2	1	0	-	-	-	-	-
	C	13	3	0	0	-	-	-	-	6	5	0	0.3	-	-	-	-
	D	0	0	0	0	-	-	-	-	5	0	0	0	-	-	-	-
	E-1	18	16	7	※※※	-	-	-	-	19	13	8	0	-	-	-	-
	E-2	8	13	14	※※※	-	-	-	-	8	11	13	0	-	-	-	-
	F-1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	F-2	2	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	G-1	11	12	2	{0.2, 0.2, 0.3 0.3, 0.2}	3	9	2	0.2, 0.3	8	12	2	0.2, 0.2	1	10	2	0.2
	G-2	5	9	10	0.7, 0.2	0	6	7	0.3, 0.2	4	11	9	0.3, 0.2	2	5	7	0.3, 0.2
	H	10	3	1	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I-1	14	3	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	-	-	-	-
I-2	9	5	3	0	1	1	0	0	9	1	0	0	-	-	-	-	
I-3	12	11	1	0	2	3	0	0	0	2	0	0	-	-	-	-	
I-4	7	14	8	0.6, 0.2	4	2	0	0	2	6	0	0	-	-	-	-	

(注) いずれも試験片3本の合計である。

※ フィン断面の左右のフィン取り付け半径が異なるものうちで、フィン取り付け半径小の側に生じたキレット

※※ 0.1, 6×0.2, 3×0.3, 2×0.4, 0.5, 0.6, 0.7

※※※ 0.1, 6×0.2, 4×0.3, 7×0.4, 3×0.5, 0.6, 0.7, 2×0.8, 2×0.9

表-6.7 素材試験片曲げ試験結果 (曲げ直径5 D リブに直角載荷の場合)

曲げ角度	鉄筋名	フシ部分のキレット				フシとリブの交差部分のキレット				フシ交差部分のキレット										
		キレットの合計				キレットの合計				フシ取り付け半径※										
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D							
45°曲げ戻し	A	3	6	3	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E	1	5	3	0	5	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	2	3	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G	1	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H	1	3	3	0	3	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	2	5	1	0	5	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	J	1	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	K	2	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	90°曲げ戻し	A	7	1	4	6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B		6	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C		1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D		7	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E		1	1	3	9	1	15	11	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F		2	9	4	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G		1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H		1	10	3	4	0	0	2	4	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I		2	16	7	2	0	6	7	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J		1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K		2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注) いずれも試験片3本の合計である。

※ フシ側面の左右のフシ取り付け半径が異なるものうちで、フシ取り付け半径小の側に生じたキレット



表一6.8 素材試験片曲げ試験結果 (曲げ直径 5 D, リブに平行載荷の場合)

曲げ角度	鉄筋名	フィン部分のキレット				フィンとリブの交差部分のキレット				フィン交差部分のキレット											
		キレットの合計		フィン取り付け半径※ 小のキレット		キレットの合計		フィン取り付け半径※ 小のキレット		フィン		リブ									
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
45°曲げ戻し	A	7	11	0	0	4	5	0	0	0	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	E-1	12	19	0	0	-	-	-	-	12	19	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	E-2	21	13	0	0	-	-	-	-	21	13	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	F-1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	F-2	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	G-1	3	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	-	-	-	-
	G-2	6	2	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	-	-	-	-
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	I-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I-2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I-4	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
90°曲げ戻し	A	10	20	0	0	5	10	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	-	-	-	-
	B	4	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	5	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	E-1	18	33	28	0	-	-	-	-	0	2	29	26	0	2	0	2	-	-	-	-
	E-2	23	24	14	0	-	-	-	-	0	2	24	15	0	2	0	3	-	-	-	-
	F-1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	F-2	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
	G-1	9	7	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0	-	-	-	-
	G-2	13	11	2	0	7	9	2	0	0	11	10	2	0	6	8	2	-	-	-	-
	H	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
	I-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I-2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I-3	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I-4	9	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

注) いずれも試験片3本の合計である。

※ フィン断面の左右のフィン取り付け半径が異なるものうちで、フィン取り付け半径小の側に生じたキレット

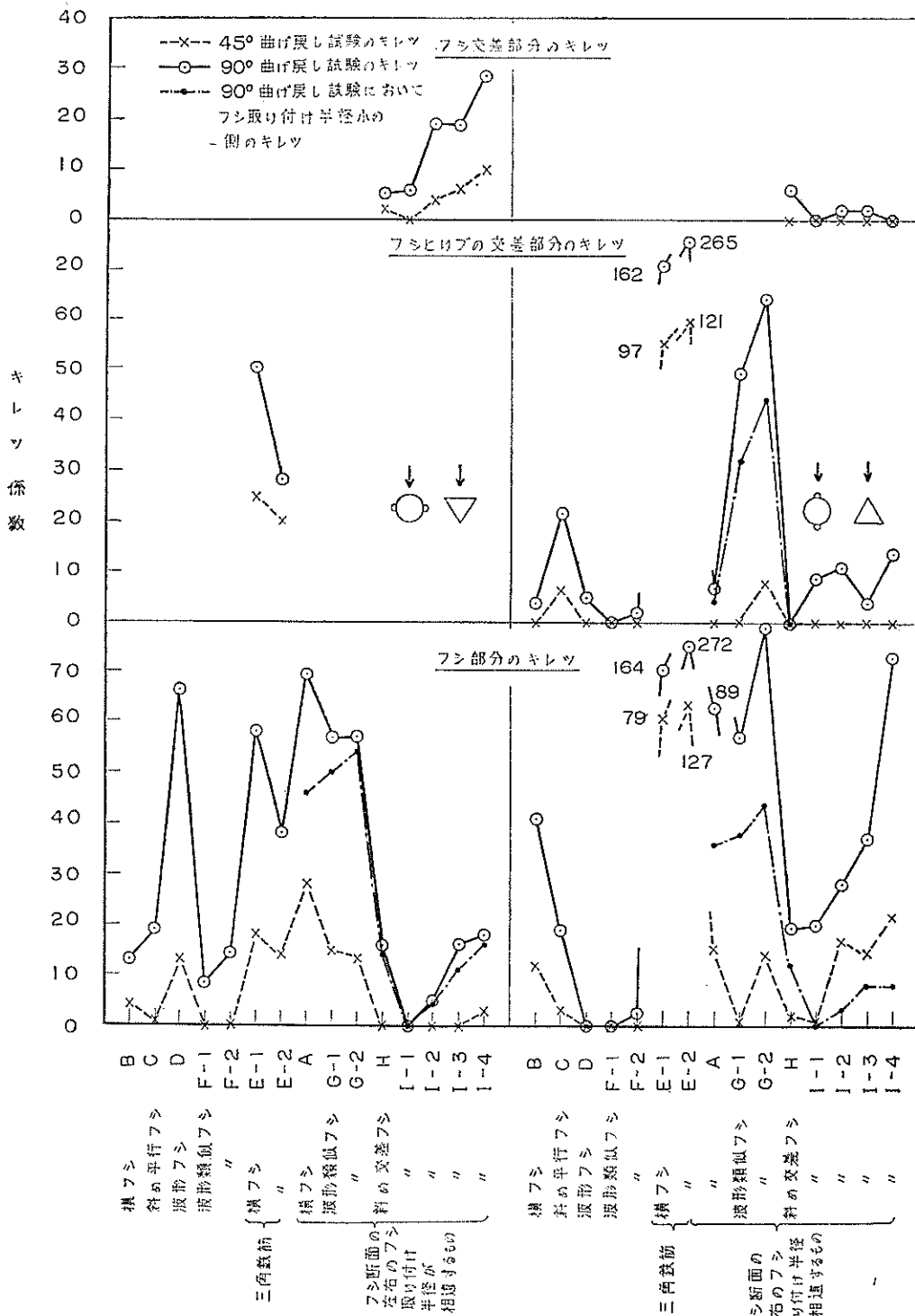


表—6.10 ガス圧接試験片曲げ試験結果 (曲げ直径 3.5D, リブに平行載荷の場合)

曲げ角度	鉄筋名	フシ部分のキレット						フシとリブの交差部分のキレット						フシ交差部分のキレット									
		キレットの合計			フシ取り付け半径※ 小のキレット			キレットの合計			フシ取り付け半径※ 小のキレット			フシ			リブ			側			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D		
	A	14	8	0	0	14	4	0	0	16	0	0	0	11	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	B	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	1	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E—1	3	2	2	0.2, 0.3	-	-	-	1	1	3	0.3, 0.2, 0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E—2	1	1	1	0.3	-	-	-	0	2	1	0.3, 0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F—1	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F—2	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	G—1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	G—2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	
	I—1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	I—2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	I—3	7	3	2	0	1	0	0	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0	
	I—4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	

注) いずれも試験片 3 本の合計である。

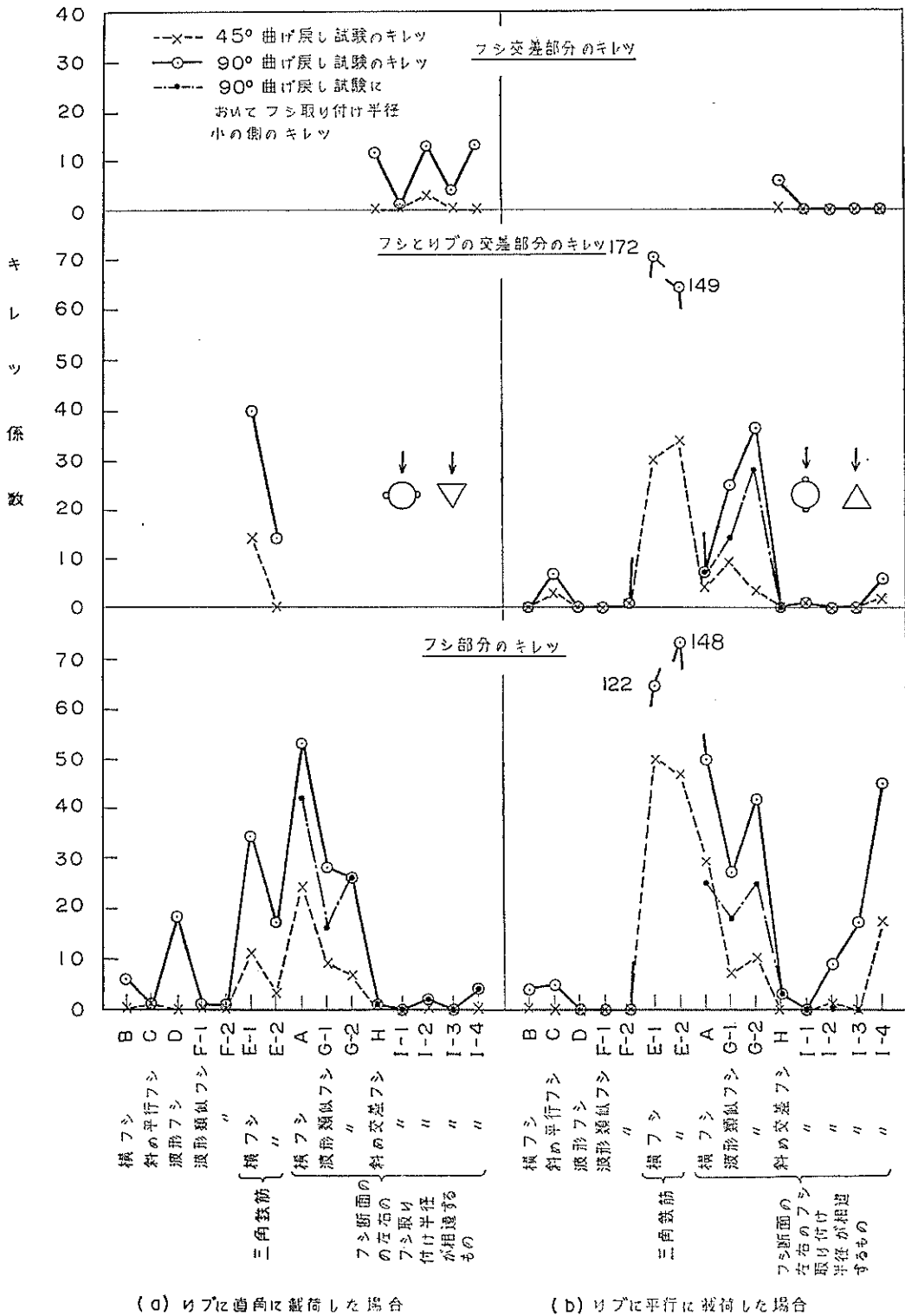
※ フシ断面の左右のフシ取り付け半径が異なるものうちで、フシ取り付け半径小の側に生じたキレット



(a) リブに直角に接合した場合

(b) リブに平行に接合した場合

図一6.2 素材試験片の90°曲げ戻し試験におけるキレツ発生状態 (曲げ直径3.5D)



図—6.3 素材試験片の90°曲げ戻し試験におけるキレツ発生状態(曲げ直径5 D)

#### 6.4 異形鉄筋の断面形状が曲げ加工性におよぼす影響

円形断面の横フシ筋A、Bと三角形断面の横フシ筋Eとを比較すると、鉄筋Eにおいてはフシとリブとの交差部分に写真—6.6に示したようなキレツの発生が著しく、特に三稜のうち一稜のみが引張側にある平行載荷の場合には図—6.2(b)、6.3(b)に示したようにフシとリブの交差部におけるキレツ係数は鉄筋A、Bの数十倍に達する。これは平行載荷の場合にはその曲げ戻しの際にリブ部分に最大曲げ応力が作用し、これに伴ってフシとリブとの交差部にも著しい応力集中が生ずるためと思われる。

フシ部分に発生するキレツに関しても、鉄筋Eはキレツ発生傾向が大きく、曲げ戻しの際一稜のみが引張側にある平行載荷では曲げ直径が3.5Dと5Dいずれの場合にも、他の円形断面の鉄筋のキレツ係数と比較して著しく大きい。特に、90°曲げ～45°戻しの3.5Dの曲げ戻し試験においては他の円形断面の鉄筋の場合、キレツ係数は大きい場合でも20程度であるのに対し、鉄筋Eでは80～130程度と過大である。

上述のように、鉄筋Eは曲げ加工の際にキレツが発生し易い欠陥をもち、これが主としてその特殊な異方性の断面形状に由来することも明らかであり、曲げ加工を必要とする鉄筋としては必ずしも適当でないもののように思われる。

鉄筋の断面形状の一要因としての鉄筋直径に関しては、キレツ発生は直径にほぼ直線的に比例して増加する。鉄筋I—1～I—4はD13～D22と公称直径を変えた試験片であるが、図—6.2(a)、(b)のフシ部分およびフシ交差部分のように、キレツ係数は直径にほぼ直線的に比例して増加することが分る。鉄筋の曲げ戻しにおけるキレツは塑性領域において生ずるものであり、塑性加工の程度が直径にほぼ比例すると仮定すると、このような現象は当然であろう。たとえば、フシ交差部分はリブに直角載荷の場合には曲げ戻しの外縁部に当るのに対し、リブに平行載荷の場合には中立軸の位置に相当するが、その結果として載荷方向によって曲げ加工の程度が著しく相違し、図—6.2の(a)と(b)あるいは図—6.3の(a)と(b)に示したように、キレツ発生 の程度もそれに応じて変化しており、上述の説明を実証するものと思われる。

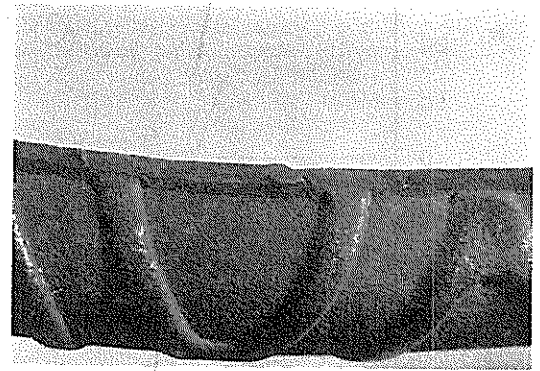
#### 6.5 曲げ荷重の載荷方向が曲げ加工性におよぼす影響

本実験では曲げ荷重の載荷方向としてリブに平行な場合とリブに直角な場合(図—3.4参照)の2通りで曲げおよび曲げ戻し試験を実施した。この結果として、たと

えば、図—6.2、6.3のフシとリブとの交差部ないしフシの交差部の(a)、(b)を対比すると明らかなように、曲げ荷重に対して鉄筋断面の中立軸に相当する部分でのキレツは特殊な例を除いては皆無と云ってよく、これと直交する部分では逆にキレツが多く発生している例(鉄筋C、E、G、H)が認められる。これらの鉄筋はその曲げ加工性が載荷方向に対して特に異方性があり、その欠点が曲げ加工が最大となる時に生ずることを示すものであろう。

鉄筋Eを除くと、フシ部分のキレツ係数は載荷方向によらずほぼ同様な傾向を示し、鉄筋A、B、D、G、I等のキレツ発生 の程度が著しい。一般的な傾向としては、リブに直角載荷の場合に発生したフシ部のキレツはフシに沿って長く延びており、平行載荷の場合のフシとリブの交差部のキレツは幅も深さも概して大きい。

載荷方向とは必ずしも直接の関係はないが、たとえば

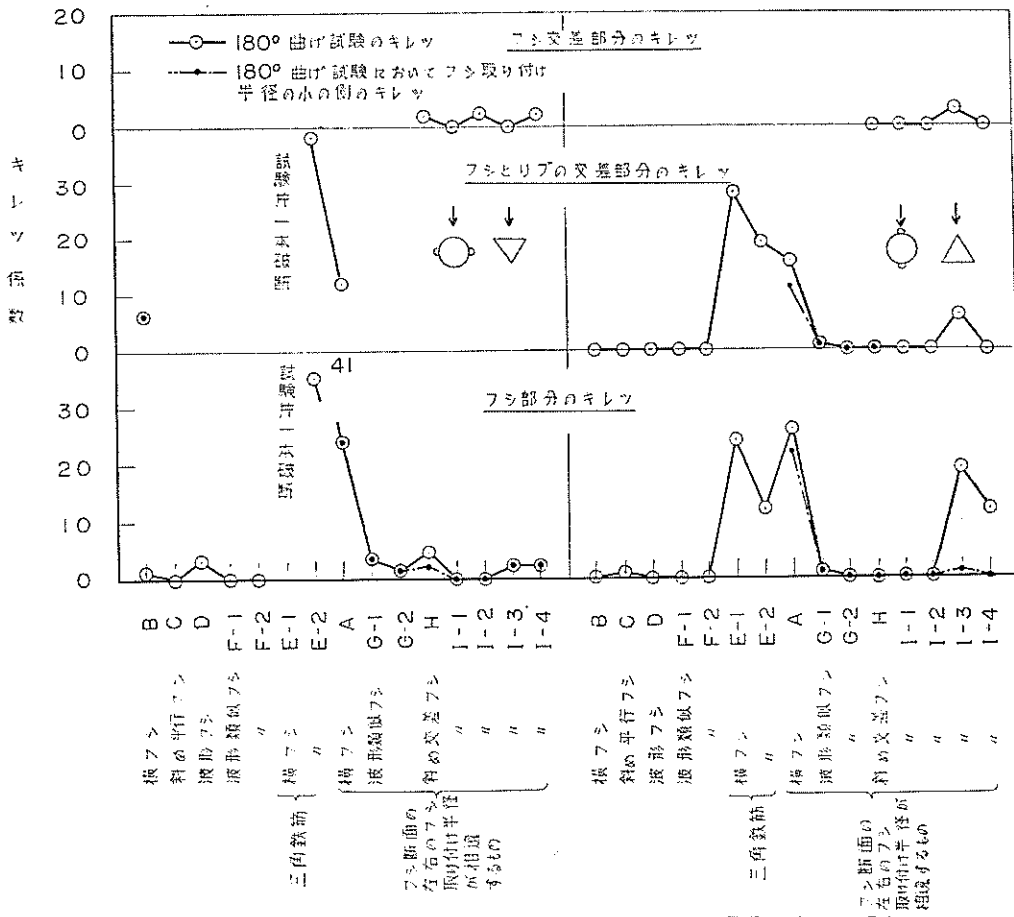


写真—6.7 リブの不整箇所(突起)に発達したキレツ

写真—6.7に示したように、リブの小さな突起や切欠け等の製造上の欠点からキレツが発達した例もあり、この種の欠点はキレツ発生 の要因になり易い。

#### 6.6 ガス圧接が曲げ加工性におよぼす影響

ガス圧接試験片については曲げ直径3.5Dの180°曲げ試験のみを実施した。試験結果は表—6.7および図—6.4に示した通りで、キレツの発生はリブに対して平行載荷と直角載荷のいずれの場合にも同様な傾向を示し、鉄筋AとEのキレツ係数が大きいのが顕著であり、その他、斜め交差フシ筋のI—3(SD 40, D 19)にキレツ係数5～20のキレツが発生している。これらのキレツの発生した鉄筋では特に圧接部付近でのキレツが著しく、たとえば鉄筋E—1の試験片のうち1本は圧接の中心より、0.9Dの点で破断した。また、写真—6.8に示したようにガス圧接の際に発生したキレツが、曲げ試験の際に更に発達した例もある。これはガス圧接部の近傍が溶接硬化して曲げ加工性が低下するため<sup>注)</sup>、溶接硬化の影響



(a) リブに直角に載荷した場合 (b) リブに平行に載荷した場合

図-6.4 ガス圧接試験片の180°曲げ試験におけるキレッズ発生状態 (曲げ直径3.5D)

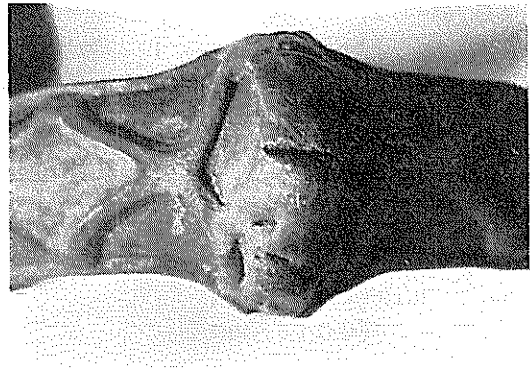


写真-6.8 ガス圧接試験片の圧接部のキレッズ

がこれらの鉄筋が他のものより著しいことを示すものであろう。

6.7 異形鉄筋の伸びと曲げ加工性との関係

SD 35 の鉄筋 F-1, G-1 と SD 40 の鉄筋 F-2,

G-2 を比較すると、伸びについては前者が後者をその絶対値で 2~4% 上廻っており、これに反して、キレッズ係数については後者が前者をかなり上廻った値を示している。伸びは塑性変形の程度を示す一指数であり、またキレッズ係数は塑性変形の限界を示す一指数とも考えることができるから、伸びの大きい鉄筋程キレッズ係数が少ないのは当然であろう。鉄筋 E-1, E-2 の曲げ加工性は 6.4~6.6 で検討したように他の鉄筋に比べて著しく劣るが、この鉄筋の降伏点が必要以上に高く、伸びもこれ

注) 『低合金鋼を溶接すると、溶接時高温に加熱された部分が $\gamma$ 状態となり、冷却に当って急冷され、ベイナイト変態あるいはマルテンサイト変態を行なって硬化する。マルテンサイトが生成すると溶接部の変形能が著しく低下し、キレッズが発生することもある』

“溶接便覧” 溶接学会編, 丸善, 第 2 版, P. 497, 1957 年 6 月,

に応じて小さいこともその一要因を形成しているものと推定される。従って、§4で述べたように降伏点を必要以上に高めることは曲げ加工性の低下を招く一因であり、必ずしも適当でないと思われる。

#### 6.8 曲げ直径について

曲げおよび曲げ戻し試験では曲げ直径が小さい程、曲げ加工の程度が酷しくなり、これに応じて発生するキレツの数と大きさも増加するのは当然である。図-6.2, 6.3は曲げ直径がそれぞれ、3.5Dと5Dの場合であるが、3.5Dの場合のキレツ係数は5Dの場合の2倍程度の値を示している。ここで特に注目し値する点は、5Dの曲げ戻し試験でキレツが皆無に近い鉄筋(たとえばF-1, F-2)では3.5Dの曲げ戻し試験でもキレツ係数は零に近く、一方5Dの曲げ戻し試験で多少でもキレツの認められた鉄筋(たとえばB, C, D)では3.5Dの試験でこれがかかなり増巾された形で表われていることである。このことは、たとえば、鉄筋F-1(SD 35, D16), F-2(SD 40, D16)のように曲げ加工性の特に優れた鉄筋については曲げ戻し直径3.5Dでも過酷とも云えぬのに対し、曲げ加工性が良好とは言い難い鉄筋A(SD 30, D16), E-1, E-2, G-1(いずれもSD 35, D16), G-2(SD 40, D16)等については曲げ戻し条件5Dは既にかかなり過酷な条件となっていることを意味する。

従って、曲げ戻し試験によって鉄筋の時効脆性の影響ないし曲げ加工性を評価するためには、直径16mm程度の鉄筋については曲げ直径は3.5D, 5Dのいずれでも目的を達し得るが、3.5Dの方が一層よく判定できるものと思われる。この点に関して、横道博士等<sup>8)</sup>も、曲げ戻し角度は鉄筋加工の実状との関連で45°曲げ→45°戻し、もしくは90°曲げ→90°戻しとし、曲げ直径を3.5Dとすることを提案している。この場合、試験結果の評価方法として、JIS G 3112の180°曲げ試験のようにキレツの有無のみで合否を判定するのは適当でなく、たとえば本実験等で行なったように、キレツの程度を定量化して評価することが必要と思われる。

直径をD13~D22で変えた鉄筋I-1~I-4についてのキレツ係数を検討すると、曲げ直径が3.5Dの場合にはD22の値のみが著しく大きく、一方、曲げ直径が5

Dの場合にはD13~D19の値は零に近い。従って、曲げ直径は棒鋼の径によって変えるのが適当であり、D13~D19に対して3.5Dを用いるものとすれば、D22程度に対しては、たとえば5Dとするのがよいと思われる。

### あ と が き

§1で述べたように本報告(第一報)は、港湾工事における異形鉄筋使用状況の実態調査ならびに各種高張力異形鉄筋の引張特性、付着特性、曲げ加工性および溶接性についての比較試験の結果を取纏めたものである。

第二報では高張力異形鉄筋の品質のばらつき、高張力異形鉄筋と型鋼との溶接性、コンクリートの打上り高さが著しく大きい場合の異形鉄筋の付着強度、等の問題について報告し、本調査研究を完了する予定である。

### 引用文献

- 1) 赤塚雄三, 津端雅史, “昭和39~40年度直轄港湾工事におけるコンクリートの品質管理の状況”, 港湾技研資料に発表予定
- 2) 丸安隆和, 吉谷 豊, 小林一輔, “冷間ねじり鉄筋の疲労試験結果について”, 土木学会コンクリートライブラリー, No. 2, P. 53~59, 1962年12月
- 3) 国分正胤, 後藤幸正, 岡村 甫, “異形鉄筋とコンクリートとの付着に関する研究”, 土木学会コンクリートライブラリー, No. 2, P. 1~13, 1962年12月
- 4) Arthur P. Clark, “Comparative Bond Efficiency of Deformed Concrete Reinforcing Bars”, Proc. ACI, Vol. 43, P. 381~400, Dec. 1946
- 5) 丸安隆和, 小林一輔, 武藤準彦, “冷間ねじり加工鉄筋に関する2, 3の実験”, 土木学会コンクリートライブラリー, No. 2, P. 34~43, 1962年12月
- 6) 児玉武三, “異形鉄筋の付着について”, セメント技術年報, 19巻, P. 523~527, 1965年
- 7) 小林一輔, “高張力異形鉄筋の実験的研究”, 土木学会論文集, No. 89, P. 11~30, 1963年1月
- 8) 横道英雄, 松井 司, “鉄筋用ねじり棒鋼の機械的性質について” 土木学会コンクリートライブラリー, No. 2, P. 60~65, 1962年12月

(昭和41年8月19日受付)



付 録

## 付 録 目 次

付録一 許容応力度資料 .....	49
(1) “鉄筋コンクリート道路橋設計示方書” .....	49
日本道路協会, 1964年8月版より抜粋	
(2) “港湾技術基準設計編(案)” .....	50
運輸省港湾技術研究所, 1965年版より抜粋	
(3) “鉄筋コンクリート標準示方書” .....	53
土木学会, 1966年改訂案より抜粋	
付録二 鉄筋ガス圧接仕様書(抜粋) .....	53
付録三 鉄筋コンクリート用棒鋼規格(JIS G 3112—1964) .....	53
付録四 各種高張力異形鉄筋の引張試験結果 .....	58
(1) 素材試験片の応力度～ひずみ曲線 .....	58
付図一・1 ～ 付図一・15	
(2) ガス圧接試験片の応力度～ひずみ曲線 .....	61
付図一・2・1 ～ 付図一・2・15	
付録五 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果 .....	64
(1) 15種の鉄筋の荷重端滑り量 $\Delta l$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果 .....	64
付図一・3・1 ～ 付図一・3・45	
(2) コンクリートの配合を変えた場合の荷重端滑り量 $\Delta l$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果 .....	70
付図一・4・1 ～ 付図一・4・15	
(3) コンクリートの配合を変えた場合の自由端滑り量 $\Delta l'$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果 .....	73
付図一・5・1 ～ 付図一・5・15	
(4) コンクリートの配合を変えた場合の荷重端滑り量 $\Delta l$ と自由端滑り量 $\Delta l'$ の関係 .....	77
付図一・6・1 ～ 付図一・6・15	
(5) 鉄筋の表面状態を変えた場合の荷重端滑り $\Delta l$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果 .....	80
付図一・7・1 ～ 付図一・7・3	

付録一 許容応力度資料

(1) 鉄筋コンクリート道路橋設計示方書

一般 3.1条

主荷重および主荷重に相当する特殊荷重による部材各部の許容応力度は3.2条、3.3条による。

従荷重および従荷重に相当する特殊荷重を考慮した場合の許容応力度は3.4条によるものとする。

ただし、支承の設計に用いる許容応力度は本章の規定のほかに9.2条によらなければならない。

(解説) 鉄筋コンクリート道路橋の設計において用いる許容応力度は、土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書21章許容応力度の規定を準用することとした。

主荷重、従荷重については日本道路協会の鋼道路橋設

計示方書4章を準用するが、鉄筋コンクリート道路橋の設計に際して影響の少ない荷重を除き、とくに考慮を必要とする荷重を加えた。ここに、主荷重に相当する特殊荷重とは、100kg/m<sup>2</sup>の雪荷重、高柵、緑石、地覆に作用する推力などであり、従荷重に相当する特殊荷重とは、不穩定構造物の支点移動の影響、衝突荷重などのことである。

なお、9.2条は支承の設計に用いる許容応力度を規定したものであって、支承の特殊条件を考慮し、主として支承材料について示したものであるから、支承を設計するには本章のほかにこれを参照する。

コンクリートの許容応力度 3.2条

コンクリートの許容応力度  $\sigma_{ca}$  は表一1のとおりとする。

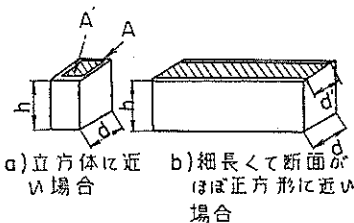
表一1

種	類	$\sigma_{25}$ (kg/cm <sup>2</sup> )			
		180以上 200未満	200以上 240未満	240 以上	
1.	曲げ圧縮応力度 (軸方向力を伴う場合を含む)	$\leq \sigma_{25}/3$			
2.	せん断応力度 コンクリートだけで斜引張応力を受けさせる場合	はりの場合	6	6.5	7
		版の場合	8.5	9	9.5
	斜引張鉄筋を無視して計算した場合	せん断力による応力度	17	18	20
		せん断力とねじりによる応力度	20	22	24
3.	付着応力度 普通の丸鋼 異形丸鋼		6.5	7	8
			13	14	16
4.	支圧応力度	$\leq \sigma_{25}/3$			

支圧力作用面積を  $A'$ 、分布面積を  $A$  とした場合、許容支圧応力度  $\sigma_{ca}'$  は、つぎの式でこれを求めてよい。

(図一1参照)

図一1



(a) の場合

$$\sigma_{ca}' \leq \sigma_{ca} \sqrt[3]{\frac{A}{A'}}$$

(b) の場合

$$\sigma_{ca}' \leq \sigma_{ca} \sqrt[3]{\frac{d}{d'}}$$

$$\sigma_{ca}' \leq \frac{\sigma_{25}}{2}$$

$$\sigma_{ca}' \leq \frac{\sigma_{25}}{2}$$

注 ①  $A$  と  $A'$  の重心は一致すること。

②  $A$  の巾、長さは、それぞれ  $A'$  の巾、長さの5倍以上にはならないこと。

③  $A'$  が多数ある場合、おのおのの  $A$  は重複してはならないこと。

④  $A'$  の背面は適切に配筋されていて、支圧力作用方向にひびわれを生じないようにしなければならない。

(解説) 材令28日以前に設計荷重の一部、あるいは全部が作用する場合は、設計荷重が作用する時の材令のコンクリート強度を  $\sigma_{25}$  の代りに用いて許容応力度を定めなければならない。

鉄筋の許容応力度 3.3条

鉄筋の許容応力度  $\sigma_{su}$  は表二のとおりとする。

表二

種	類	$\sigma_{su}$ (kg/cm <sup>2</sup> )		
SS 39	SS 41	SSD 39	SR 20	1,400
SS 49	SS 50		SR 30	1,600
SSD 49			SD 30	1,800

$\sigma_{25}$  が  $200\text{kg/cm}^2$  以下の場合、普通の丸鋼に対し  $\sigma_{su}$   $\leq 1400\text{kg/cm}^2$  とする。

上記以外の鋼材を用いるときは、必ず試験を行なって責任技術者の指示にしたがって、許容応力度を定めなければならない。

(解説) 鉄筋として用いる鋼材の許容応力度を定めるには、つぎの二つの事項を考えなければならない。

- 1) 構造物が破壊に対して所要の安全度をもつためには、設計荷重による鉄筋応力度が降伏点応力度に対して、ある安全率を有すること。
  - 2) 設計荷重作用時にコンクリートに有害なひびわれを生じないように鉄筋応力度をおさえること。
- そこで、鉄筋の許容応力度を鋼構造物の場合の鋼材の許容応力度と同じように降伏点応力度の約1/1.6とすると表-3.3.1のようになる。

表-3.3.1

種 別	降伏点(kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 / 1.65 (kg/cm <sup>2</sup> )
SSD 39	24 以上	1450
SS 39	24 以上	1450
SS 41	23 以上	1390
SSD 49	30 以上	1820
SS 40	30 以上	1820
SS 50	28 以上	1690

一方、普通の丸鋼を鉄筋として用いる場合に有害なひびわれを生ぜしめないためには、鉄筋直径、鉄筋比によって異なるが一般の場合には鉄筋応力度を  $\sigma_{25} \leq 200\text{kg/cm}^2$  のコンクリートの場合に、 $1,400\text{kg/cm}^2$  以下、その他のコンクリートに対して  $1,600\text{kg/cm}^2$  以下におさえるのがよい。

これから鉄筋の許容応力度を

$$\begin{aligned} & \text{SS 39, SS 41, SSD 39 に対し} && 1,400\text{kg/cm}^2 \\ & \text{SS 49, SS 50 に対し} && \begin{cases} \sigma_{25} \leq 200\text{kg/cm}^2, \\ 1,400\text{kg/cm}^2 \\ \sigma_{25} > 200\text{kg/cm}^2, \\ 1,600\text{kg/cm}^2 \end{cases} \\ & \text{SS 49 に対し} && 1,800\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

としたのである。

### 許容応力度の割増し 3.4条

従荷重を考慮する場合には、コンクリートおよび鉄筋の許容応力度を表-3の率によって増加することができる。

表-3

荷 重	増加率 (%)
主荷重 + 温度変化 + 乾燥収縮	15
主荷重 + 衝突荷重	50
死荷重 + 地震の影響	50
死荷重 + 温度変化 + 乾燥収縮 + 地震の影響	65

上表以外の荷重の組合せの場合でも増加率は、65%をこえてはならない。

不静定構造物において2.4条にしたがって支点移動の影響を計算した場合は、許容応力度の割増しはしない。ただし、支点に生じた移動および回転に対し、それをもとに戻す作業を確実に実施する場合は増加率を15%とすることができる。

(解説) 死荷重、温度変化、乾燥収縮、地震の影響の組合せを考慮した場合の許容応力度の割増しについては、従来は明確に規定していなかったが、温度変化の15%と地震の50%とを加えた値を割増率とした。

その他の荷重の組合せについては鋼道路橋設計示方書31条の本文および解説を参照されたい。

### (2) 港湾技術基準設計編 (案)

#### 3.7 コンクリートの許容応力度

コンクリートの許容応力度は設計基準強度に基づいて、構造物の性質、使用目的、部材寸法、使用材料および品質管理の程度などを考慮してこれを定めなければならない。

コンクリートの許容応力度は表-3.3に示した値を越えてはならない。

(解説)

- (1) コンクリート構造物の設計に従来用いられた安全率はやや過大であった。そこで本設計基準では
  - (a) 既往の港湾構造物では材料の強度の不足で破壊した例は皆無に近いこと。
  - (b) 港湾構造物では上部のコンクリート工の安全率が基礎や下部構造のそれと比較して不均衡に過大であること。
  - (c) 海水的作用に対する耐久性に関しては最小設計基準強度および最大水セメント比の点で設計上の制限を設けたこと。
  - (d) レデーミクストコンクリートの利用その他によって施工水準が改善されてきたこと、などを考慮して、鉄筋コンクリート標準示方書改定案、その他を参考とし、表のように定めた。表-3.3

表—3.3 コンクリートの許容応力度

(単位 kg/cm<sup>2</sup>)

		記号	許容応力度	上限値
設計基準強度		$\sigma_{cd}$	—	—
許容圧縮応力度		$\sigma_{ca}$	$\frac{1}{3} \times \sigma_{cd}$	—
許容曲げ圧縮応力度		$\sigma_{ca}'$	$\frac{1}{2.5} \times \sigma_{cd}$	—
許容支圧応力度		$\sigma_{ba}'$	$\frac{1}{2.5} \times \sigma_{cd}$	—
許容曲げ引張応力度		$\sigma_{ba}$	$\frac{1}{30} \times \sigma_{cd}$	10
許容付着 応力度	型鋼	} $\tau_{oa}$	$\frac{1}{30} \times \sigma_{cd}$	10
	丸鋼		$\frac{1}{25} \times \sigma_{cd}$	12
	異形棒鋼		$\frac{1}{15} \times \sigma_{cd}$	20
許容セン 断応力度	コンクリートだけで斜引張応力を受けさせる場合	} $\tau_o$	$\frac{1}{30} \times \sigma_{dc}$	10
	斜引張鉄筋を無視して計算し、セン断力のみを受ける場合		$\frac{1}{15} \times \sigma_{cd}$	—
	斜引張鉄筋を無視して計算し、セン断力とねじりを受ける場合		$\frac{1}{12} \times \sigma_{cd}$	—

に定めた許容応力度の安全率は、圧縮、曲げ圧縮、および支圧強度に対してはそれぞれ、3、2.5および2.5である。しかし、セン断、付着および曲げ引張強度は圧縮強度に必ずしも比例しないので正確ではないが、それぞれ2ないし4程度である。応力状態によって安全率をこのように変えたのは、コンクリートの弾性的ないし塑性的変形能力が応力状態によってかなり変化すること、無筋コンクリートと鉄筋コンクリートの品質に多少の差が認められること、それぞれの応力状態で破壊が生ずる場合の構造物に対する危険の程度などを考えたからである。

以上の安全率は設計基準強度に対するものであって、配合強度に対するものでないことに注意しなければならない。配合強度は設計基準強度に割増係数 $\alpha$ を乗じて求めるが $\alpha$ を決定する条件として、現場コンクリートが確率5%以内で設計基準強度を20%まで下まわること許容しており、したがって現場コンクリート強度が設計基準強度の0.8程度になることは十分に起りうるのである。この場合、設計基準強度に対する安全率が2.5であっても、実際の安全率は、 $2.5 \times 0.8 = 2.0$ となる。コンクリートの弾性限界は、圧縮強度

の50~60%であるから、安全率が2.0の場合は $\sigma = 2.0 = 0.5\sigma$ となって、弾性限界に達していると考えねばならず、弾性理論に基づく設計を行なう限りでは、安全率2.5(曲げ圧縮の場合)は必ずしも過大ではない。他の応力状態における安全率についてもほぼ同様のことがいえる。

### 3.8 鉄筋の許容応力度

鉄筋の許容応力度は表—3.4に示した値をこえてはならない。

表—3.4 鉄筋の許容応力度 (単位kg/cm<sup>2</sup>)

鉄筋の規格				許容応力度(引張および圧縮) $\phi < 32\text{mm}$
熱間圧延棒鋼	1種	SR	24	1,400
"	2種	SR	30	1,600
熱間圧延異形棒鋼	1種	SD	24	1,400
"	2種	SD	30	1,800
"	3種	SD	35	2,000
"	4種	SD	40	2,100
冷間加工異形棒鋼	1種	SDC	40	2,100

(解説)

(1) 最近の鉄筋材質の向上、鉄筋および鉄筋コンクリ

トに関する研究成果に基づき、コンクリート標準示方書などの規定を参考にして表—3.4のように定めた。

(2) 鉄筋コンクリート部材の設計において、コンクリートのひびわれを考慮しない場合、および繰り返し荷重を受ける部材に疲労強度の確かめられていない鉄筋を用いる場合には表—3.4の値を適用する。

ひびわれ巾の分散を計って、次式で計算したひびわれ巾が0.2mm以下の場合（簡略計算としては $\sigma_s$ として表—3.5の許容応力度 $\phi=1.0$ を代入すればよい）および実験によって疲労強度の高いことが証明された鉄筋に対しては表—3.5の値を適用してもよい。

$$W = \frac{16c}{E_s} \sigma_s \phi D \quad (\text{mm}) \quad (\text{注})$$

ここに、 $c$ ；コンクリートの付着強度に対する引張強度の比、曲げ材上端鉄筋に対しては丸鋼=1.2、異形棒鋼=0.6、曲げ材一般の鉄筋に対しては丸鋼=0.8、異形棒鋼=0.4を用いてよい。

$E_s$ ；鉄筋のヤング係数  $2.1 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$

$\sigma_s$ ；ひびわれ発生断面における鉄筋の応力度、(kg/cm<sup>2</sup>)

$D$ ；鉄筋の公称直径、(mm)

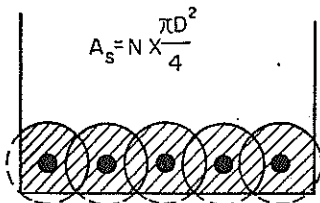
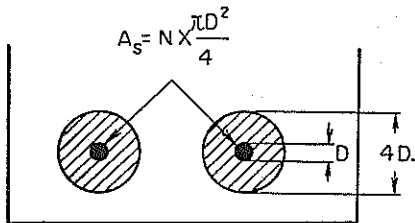
$\phi$ ；ひびわれに関する鉄筋コンクリート部材断面の係数

(I) 各鉄筋の周囲の直径 $4D$ なる仮想断面が他の仮想断面および部材周辺と交わらない場合

$$\phi = \frac{N \times 4\pi D^2}{N \times 4\pi D^2} = 1.0$$

(II) 各鉄筋の周囲の直径 $4D$ なる仮想断面が他の仮想断面ないし部材周辺と交わる場合

$$\phi = \frac{\text{斜線部面積}}{N \times 4\pi D^2} < 1.0$$



(II)の場合、連続した外側の円弧を近似的な直線で置き換えて斜線部に相当する面積を求めてもよい。

注) 本式はひびわれに関する実験研究の成果に理論的考察を加えて導いた式を安全側に単純化したものである。

表—3.5 ひびわれなどを考慮した場合の許容応力度 (単位 kg/cm<sup>2</sup>)

鉄筋の規格			許容応力度
熱間圧延棒鋼	1種	S R 24	1,400
"	2種	S R 30	1,600
熱間圧延異形棒鋼	1種	S D 24	1,400
"	2種	S D 30	1,800
"	3種	S D 35	2,100
"	4種	S D 40	2,300
冷間加工異形棒鋼	1種	S D C 40	2,300

(3) 高張力異形鉄筋を使用する場合には、次の諸点に注意して設計しなければならない。

(a) コンクリートの強度が許容応力度に伴って増加しなければ、コンクリートの断面が大きくなって不経済な設計となる。

(b) 3.3の解説に述べたように、コンクリートのひびわれ巾は鉄筋の応力度にほぼ比例して増加するので、これが構造物の耐久性に有害な影響を与えない程度にひびわれを分散させ、その巾を減少させねばならない。

(c) J I Sに合格した鉄筋であっても、その疲労強度が十分であるとは限らないので、疲労強度を考慮しなければならない構造物に用いるときは、これを試験して用いるか、もしくは許容応力度を低目に押えることが必要である。

(d) 鉄筋の継手に溶接継手を用いる場合には継手部の有効断面積を鉄筋断面積の80%として設計する。

### 3.9 許容応力度の割り増し

(1) 温度変化および乾燥収縮の影響を考えた場合には、3.7および3.8に規定した許容応力度を1.15倍まで高めてもよい。

(2) 地震の影響を考えた場合には、3.7および3.8に規定した許容応力度を1.5倍まで高めてもよい。

(3) 温度変化、乾燥収縮および地震の影響を同時に考えた場合でも、3.7および3.8に規定した許容応力度の1.5倍以上としてはならない。

(4) 一時的荷重を受ける場合には、責任技術者は荷重の載荷状態、材料の性質などに応じて、3.7および3.8に規定した許容応力度を高めることができる。

(解説)

(1) 温度変化、乾燥収縮および地震の影響を考えた場合の許容応力度の割り増しに関する考え方はコンクリート標準示方書のそれと同じである。(4)は新たに設けたもので、コンクリート部材や構造物の運搬などの施工作业にともなう生ずる一時的荷重を対象とし、荷重の状態やコンクリートの材令などを考慮して許容応力度を高めてもよいことにした。しかし、一時的荷重の大きさなどは設計および施工条件によって著しく異なるので、許容応力度を高める限度については明記せず、責任技術者の判断にゆだねることにした。

(3) 鉄筋コンクリート標準示方書1966年改訂案  
(土木学会誌1966年6月号)

鉄筋の許容引張応力度

(1) 鉄筋の許容引張応力度は、鉄筋の降伏点応力度をもととし、コンクリートのひびわれおよび鉄筋の疲労強度を考慮してこれを定める。

(2) J I S G 3212 に適合する鉄筋の許容引張応力度は一般に表の値以下とする。ただし、直径 32mm をこえる鉄筋の許容引張応力度は丸鋼に対して  $1,400\text{kg/cm}^2$  以下、異形鉄筋に対して  $1,900\text{kg/cm}^2$  以下とする。

(3) コンクリートに生ずるひびわれが特に有害な場合には、鉄筋の許容引張応力度は、責任技術者の指示に従って表の許容引張応力度の値以下で適宜にこれを定めなければならない。

(4) 繰返し荷重の影響が特に著しい部材の場合には、鉄筋の許容引張応力度は一般に表の疲労強度より定まる値をこえてはならない。ただし、特に疲労強度が高いことが証明された異形鉄筋では、責任技術者の承認を得てその許容引張応力度をこれより高めることができる。

(5) コンクリートの設計基準強度  $\sigma_{cs}$  が  $180\text{kg/cm}^2$  未満の場合、鉄筋の許容引張応力度は丸鋼に対して、 $1,200\text{kg/cm}^2$  以下、異形鉄筋に対して  $1,600\text{kg/cm}^2$  以下とする。

(6) 表に定める以外の鉄筋を用いるときは、必ず試験の結果にもとづき、責任技術者の指示に従って、許容引

張応力度を定めなければならない。

付録—2 鉄筋ガス圧仕様書抜粋

III ガス圧接の方法

- 1 鉄筋は、リブが一致するように圧接すること。
- 2 圧接面に不純な附着物(サビ、油、ペンキなど)がある場合にはあらかじめこれを除去すること。
- 3 素材の加熱には、酸素、アセチレンの容積比が 1:1 の標準炎を用いること。ただし圧接材の間げきがなくなるまではアセチレン過剰の還元炎を用いること。
- 4 素材を加熱する際は、素材を炎の中に完全に包むようにし、原則として 4 口式バーナーを使用すること。
- 5 圧接方法はまず鉄筋断面につき  $1\text{kg/mm}^2$  以上の圧力で両断面を突き合せて加熱と共に徐々に増圧圧縮すること。鉄筋断面に  $2.5\text{kg/mm}^2$  以上の圧縮力を加えて、接合部の径が、ほぼこの鉄筋径の 1.2 倍以上ふくらむまで加熱圧縮を続けること。
- 6 圧接継手における軸線の偏位は直径の 1/10 の以下であること。
- 7 圧接部は作業中または、終了後急冷しないこと。
- 8 接合部のふくらみが不十分な場合、軸線の偏位が直径の 1/10 以上の場合、軸線が直線とならない場合、接合部に著しい条溝が残っている場合は再圧接すること。
- 9 圧接作業の途中で、炎が消えた場合また指定の火炎と異なる炎となった場合は、作業を中止し、再圧接すること。ただしふくらみが十分に出た後で炎に異常があった場合は、この限りでない。
- 10 再圧接は、圧接部を過度の熱の発生しない方法で切り取り圧接面を平滑にみかいた後行なうこと。

付録—3 鉄筋コンクリート用棒鋼規格

(J I S G 3112—1964)

- 1 適用範囲 この規格は、コンクリート補強に使用する

土木学会コンクリート標準示方書の鉄筋の許容引張応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

	SR 24	SR 30	SD 24	SD 30	SD 35	SD 40	SD C40
許容引張応力度	1,400	1,600	1,400	1,800	2,000	2,100	2,100
疲労強度より定まる許容引張応力度	1,400	1,600	1,400	1,600	1,800	1,800	1,800

る棒鋼について規定する。ただし普通鋼クズ<sup>1)</sup>の再圧延により製造された棒鋼は除く。

注1) 普通鋼クズとは J I S G 2401 (鉄クズ分類基準) の 3.3 再生用鋼クズおよび鋼材製造途上に行ける鉄クズのことである。

2 種類 鉄筋コンクリート用棒鋼は、つぎの9種類とする。

種	類	記	号
熱間圧延棒鋼	1 種	SR	24
熱間圧延棒鋼	2 種	SR	30
熱間圧延異形棒鋼	1 種	SD	24
熱間圧延異形棒鋼	2 種	SD	30
熱間圧延異形棒鋼	3 種	SD	35
熱間圧延異形棒鋼	4 種	SD	40
熱間圧延異形棒鋼	5 種	SD	50
冷間加工異形棒鋼	1 種	SDC	40
冷間加工異形棒鋼	2 種	SDC	50

### 3 製造方法

3.1 鉄筋コンクリート用棒鋼は、平炉・純酸素転炉または電気炉による鋼塊から熱間圧延あるいは熱間圧延後冷間加工によって製造する。

#### 4 形状・寸法・重量およびその許容差

4.1 熱間圧延棒鋼1種および2種は、リブまたはフシなどの表面突起を有しない棒鋼で、その形状・寸法および重量は、J I S G 3191 (棒鋼および平鋼の形状・寸法および重量) による。ただし、標準長さは4.8による。

4.2 異形棒鋼は表面に突起を有するもので、表面突起のうち、軸線方向の突起(冷間加工異形棒鋼は加工前の状態において)をリブと呼び、その他をフシと呼ぶ。フシは、異形棒鋼の全長にわたり、ほぼ一定間隔に分布し、その形状および寸法が同様でなければならない。ただし、文字などを浮ぼりにする場合には、その部分のフシを欠いてもよい。

4.3 異形棒鋼のフシと軸線とのなす角度は、45度以上でなければならない。

4.4 異形棒鋼のフシの間隔は、その公称直径の70%以下でなければならない。

4.5 異形棒鋼のフシのスキマ<sup>2)</sup>の合計は、公称周長の25%以下でなければならない。

注2) リブにフシとが離れている場合およびリブがない場合には、フシの欠損部の幅またはフシとリブとが接続している場合には、リブの幅

をそれぞれフシのスキマとする。

4.6 異形棒鋼のフシの高さは、公称直径に対して表1の値以上でなければならない。

表 1

異形棒鋼の呼び名	フシの高さの最小値 (公称直径に対する割合)
D 13 以下	4.0%
D 13 をこえ D19未満	4.5%
D 19 以上	5.0%

4.7 異形棒鋼の標準寸法および単位重量とフシの許容限度は、表2による。

4.8 鉄筋コンクリート用棒鋼の長さは、とくに指定のないかぎり表3のとおりとする。

表 3

長	さ	(m)
3.5	4.0	4.5
5.0	5.5	6.0
6.5	7.0	8.0
9.0	10.0	

備考 コイルの場合には適用しない。

4.9 鉄筋コンクリート用棒鋼の長さの許容差は、表4による。

表 4

長	さ	許	容	差
7m以下		+	40	mm
7mをこえるもの		長さ1mおよびハ数を増すことに上記の許容差にさらに5mmを加える。ただし最大値は120mmにとどめる。		

備考 コイルの場合には適用しない。

4.10 熱間圧延棒鋼の径・辺(または対辺距離)および重量の許容差はつぎの各号による。

4.10.1 径・辺(または対辺距離)の許容差は、表5による。

表 5

径・辺(または対辺距離)	許	容	差
16mm 未満	±	0.4	mm
16mm 以上 28mm 未満	±	0.5	mm
28mm 以上	±	1.8	%

4.10.2 注文者の指定により熱間圧延棒鋼同一寸法のもの1組として計量した場合の重量許容差は、表6によるただし、コイルの場合はこの規定を適用しない。



表 2

呼び名	単位重量 kg/m	公称直径 (d) mm	公称断面積 (s) cm <sup>2</sup>	公称周長 (l) cm	フシの許容限度			
					フシの平均間隔の最大値 mm	フシの高さ		フシのスキマの和の最大値 mm
						最小値 mm	最大値 mm	
D 6	0.249	6.35	0.3167	2.0	4.4	0.3		5.0
D10	0.560	9.53	0.7133	3.0	6.7	0.4		7.5
D13	0.995	12.7	1.267	4.0	8.9	0.5		10.0
D16	1.56	15.9	1.986	5.0	11.1	0.7	最 小	12.5
D19	2.25	19.1	2.865	6.0	13.4	1.0		15.0
D22	3.04	22.2	3.871	7.0	15.5	1.1	値	17.5
D25	3.98	25.4	5.067	8.0	17.8	1.3		20.0
D29	5.04	28.6	6.424	9.0	20.0	1.4	の	22.5
D32	6.23	31.8	7.942	10.0	22.3	1.6		25.0
D35	7.51	34.9	9.566	11.0	24.4	1.7	倍	27.5
D38	8.95	38.1	11.40	12.0	26.7	1.9		30.0
D41	10.5	41.3	13.40	13.0	28.9	2.1		32.5

備考 表2の数字の算出方は、つぎによる。

公称断面積 (s) =  $\frac{0.7854 \times d^2}{100}$  : 0でない数字の上位から4ケタに丸める。

公称周長 (l) =  $0.3142 \times d$  : 小数点以下1ケタに丸める。

単位重量 =  $0.785 \times s$  : 0でない数字の上位から3ケタに丸める。

フシ間隔 : 4.4による算出値を小数点以下1ケタに丸める。

フシのスキマ : 4.5による算出値を小数点以下1ケタに丸める。

フシの高さ : 4.6による算出値を小数点以下1ケタに丸める。

表 6

径・辺 (または対辺距離)	許容差
10mm 未満	± 7 %
10mm 以上 16mm 未満	± 5 %
16mm 以上 28mm 未満	± 4 %
28mm 以上	± 3.5 %

備考 許容差の算出方法は、計算重量と実重量との差を計算重量で除して百分率で表わす。

ただし計算重量は、JIS G 3191 (棒鋼および平鋼の形状・寸法および重量)による。

4.11 異形棒鋼の重量の許容差は、つぎの各号による。

4.11.1 異形棒鋼1本を抜取り計量した場合の重量の表2に規定する単位重量に供試材の長さをかけて算出した重量に対する許容差は、表7になる。

表 7

呼び名	許容差	摘要
D10未満	- 10 %	7.2に規定する供試材1本について計量する。ただしコイルの場合の供試材の長さは1mとする。
D10以上 D16未満	± 7 %	
D16以上 D29未満	± 5 %	
D29以上	± 4 %	

4.11.2 注文者の指定により異形棒鋼を1組として計量した場合の重量の表2に規定する単位重量に長さおよび本数をかけて算出した重量に対する許容差は、表8による。ただしコイルの場合は、この規定を適用しない。

表 8

呼び名	許容差	摘要
D10未満	± 7 %	同一呼び名のものを1組として計量する。
D10以上 D16未満	± 5 %	
D16以上 D29未満	± 4 %	
D29以上	± 3.5 %	

## 5 品質

5.1 鉄筋コンクリート用棒鋼は、仕上げが良好、品質が均一で、使用上有害な欠点があってはならない。

5.2 鉄筋コンクリート用棒鋼の化学成分は、表9による。

5.3 鉄筋コンクリート用棒鋼の機械的性質は、表10による。

## 6 試験

6.1 分析方法は、つぎの規定による。

JIS G 1201 (鉄および鋼の分析方法の通則)

表 9

種 類	記 号	化 学 成 分 (%)					
		C	Mn	P	S	$\frac{C+Mn}{6}$	
熱間圧延 棒 鋼	1 種	S R 24	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—
	2 種	S R 30	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—
熱間圧延 異形棒鋼	1 種	S D 24	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—
	2 種	S D 30	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—
異形棒鋼	3 種	S D 35	0.27 以下	1.60 以下	0.050 以下	0.050 以下	0.050 以下
	4 種	S D 40	0.29 以下	1.80 以下	0.050 以下	0.050 以下	0.055 以下
	5 種	S D 50	0.32 以下	1.80 以下	0.050 以下	0.050 以下	0.060 以下
冷間加工 異形棒鋼	1 種	S D C 40	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—
	2 種	S D C 50	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—

表 10

種 類	記 号	機 械 的 性 質						
		降伏点または引張強サ 耐力 $kg/mm^2$ 3)	引張強サ $kg/mm^2$	試 験 片	伸ビ% <sup>4)</sup>	曲 ゲ 角 度	曲 ゲ 直 径	
熱間圧延 棒 鋼	1 種	S R 24	24 以上	39~53	2 号 3 号	20以上 24以上	180°	公称直径の3倍
	2 種	S R 30	30 以上	49~63	2 号 3 号	16以上 20以上	180°	公称直径の4倍
熱間圧延 異形棒鋼	1 種	S D 24	24 以上	39~53	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	18以上 22以上	180°	公称直径の3倍
	2 種	S D 30	30 以上	49~63	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	14以上 18以上	180°	公称直径の4倍
	3 種	S D 35	35 以上	50以上	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	18以上 20以上	180°	公称直径の4倍
	4 種	S D 40	40 以上	57以上	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	16以上 18以上	180°	公称直径の5倍
	5 種	S D 50	50 以上	63以上	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	12以上 14以上	90°	D25以下 D25をこえるもの
冷間加工 異形棒鋼	1 種	S D C 40	40 以上	50~65	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	10以上 12以上	180°	公称直径の5倍
	2 種	S D C 50	50 以上	63~80	2号に準ずるもの 3号に準ずるもの	8以上 10以上	90°	D25以下 D25をこえるもの

注 3) 耐力は、永久ヒズミ0.20%で測定するものとする。

4) 熱間圧延異形棒鋼でD32をこえるものについては、呼び名3を増すごとに表10の伸ビ値からそれぞれ2%減ずる。ただし減ずる限度は4%とする。

J I S G 1202 (鉄鋼の発光分光分析  
方法)

J I S G 2241 (金属材料引張試験方法)

J I S G 1203 (鉄および鋼の光電測光式  
発光分光分析)

J I S G 2248 (曲ゲ試験方法)

J I S G 1211 (鉄および鋼の炭素分析  
方法)

6. 3 異形棒鋼のフシの形状および寸法の測定方法  
は、つぎによる。

J I S G 1213 (鉄および鋼のマンガン分  
析方法)

(1) フシと異形棒鋼の軸との角度は、異形棒鋼の表  
面の展開図<sup>5)</sup>で測定する。

J I S G 1214 (鉄および鋼のリン分析  
方法)

(2) フシの平均間隔は、連続する10個のフシ間隔を  
フシの中央線上で測定し、その値の1/10を求  
める。

J I S G 1215 (鉄および鋼のイオウ分析  
方法)

(3) 1個のフシの高さは、そのフシの4等分点で測  
定した三つの高さの値を平均して求める。

J I S G 1252 (炭素鋼および低合金鋼の  
発光分光分析)

(4) フシのスキマは、相対するフシの終端線のへだ  
たりをキャリバなどを用いて、終端線に直角に  
実物を測定するか、異形棒鋼の表面の展開図<sup>5)</sup>  
で測定して求める。ただし、そのへだたりが一  
様でない場合は、連続する10個のフシについて  
測定して平均値を求める。

J I S G 1253 (鉄および鋼の光電測光式  
発光分光分析)

6. 2 機械試験方法は、つぎの規定による。

注5) 展開図はたとえば異形棒鋼を油粘土上に転がして得られる。

7 検査 つぎの各号の規定に合格した場合は、その代表する鉄筋コンクリート用棒鋼の全量を合格とする。

7.1 外観は、5.1の規定に合格しなければならぬ。

7.2 形状・寸法・重量およびその許容差は、4の各号の規定に合格しなければならない。ただし、形状・寸法の検査および異形棒鋼1本を抜取り重量を計量する場合の供試材は、つぎによる。

(1) 同一形状・寸法のもの10tまたはその半数ごとに鉄筋コンクリート用棒鋼1個をとる。

(2) コイル状に巻き取られた鉄筋コンクリート用棒鋼は、常温できょう正して供試する。

7.3 化学成分 分析試料のとり方は、JIS G 0303 (鋼材の検査通則)により、6.1の分析試験の成績が5.2の規定に合格しなければならない。

#### 7.4 機械的性質

7.4.1 供試材のとり方 (鉄筋コンクリート用棒鋼は同一溶鋼に属し、公称直径の差10mm未満のものを一括して、1個をとる。ただし25tをこえるときは、2個をとる。

7.4.2 鉄筋コンクリート用棒鋼の試験片は、製品のままとし、供試材1個から引張試験片、曲げ試験片おのおの1個をとる。ただし引張試験片は、公称直径によ

りJIS Z 2201 (金属材料引張試験片)の2号または3号、あるいはこれに準ずるものとする。コイルから試験片を採取する場合、供試材のきょう正は、常温において行なうものとする。

7.4.3 6.2による引張試験の結果、降伏点または耐力・引張強さおよび伸びの成績が、5.3の規定に合格しなければならない。ただし、異形棒鋼の降伏点または耐力および引張強さは、表2に示す公称断面積を用いて算出する。

7.4.4 6.2による曲げ試験の成績は、5.3の規定により軸のまわりに曲げたとき、その表面にキレツができてはならない。

7.5 再検査 JIS G 0303 (鋼材の検査通則)の再試験の規定による。なお、抜取りによる重量検査の結果が、4.11.1の規定に合格しない場合には、改めて供試材2本をとって検査し、2本とも合格したときは、重量の規定に合格とする。

#### 8 表示

8.1 鉄筋コンクリート用棒鋼は、種類を区別する表示を一本ごとに行なわなければならない。

8.2 検査に合格した鉄筋コンクリート用棒鋼は、これを結東して、1束ごとに製造所で検査済の証印・種類の記号・呼び名・製造業者名またはその略号を明示しなければならない。

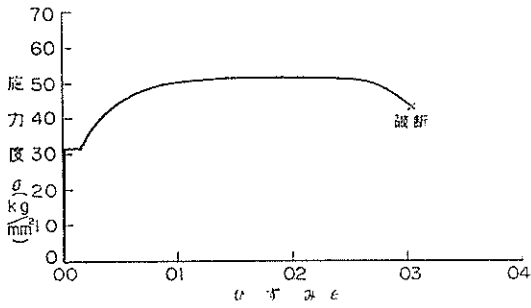
付録—4 各種高張力異形鉄筋の引張試験結果

(1) 素材試験片の応力度～ひずみ曲線

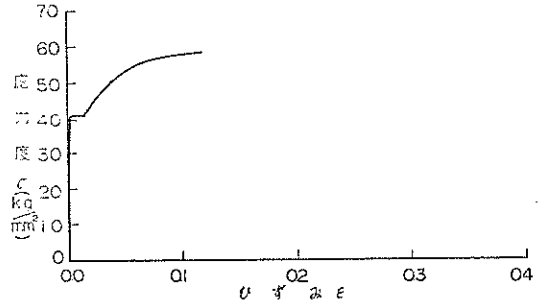
付図—1.1～付図—1.15

	<u>鉄筋名</u>	<u>種 類</u>	<u>呼び名</u>
	A	S D 30	D 16
	B	S D 35	D 16
	C	S D 35	D 16
	D	S D 35	D 16
	E—1	S D 35	D 16
	E—2	S D 35	D 16
鉄 筋	F—1	S D 35	D 16
	F—2	S D 40	D 16
	G—1	S D 35	D 16
	G—2	S D 40	D 16
	H	S D 40	D 16
	I—1	S D 35	D 13
	I—2	S D 35	D 16
	I—3	S D 35	D 19
	I—4	S D 35	D 22

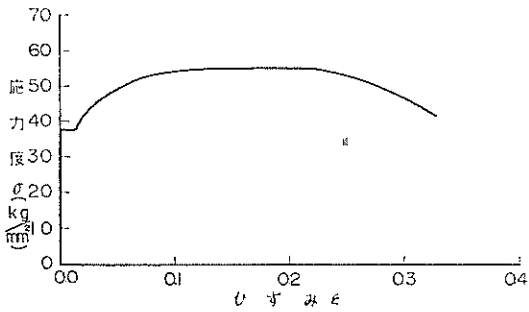
付図-1.1 鉄筋 A (SD 30 D 16)



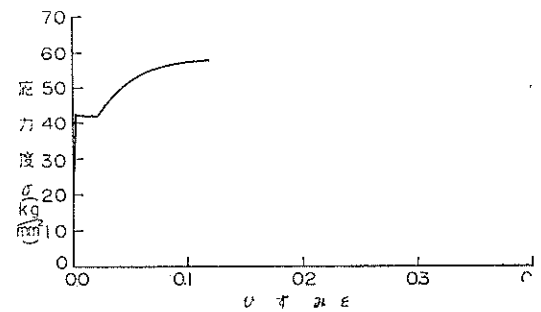
付図-1.5 鉄筋 E-1 (SD 35 D 16)



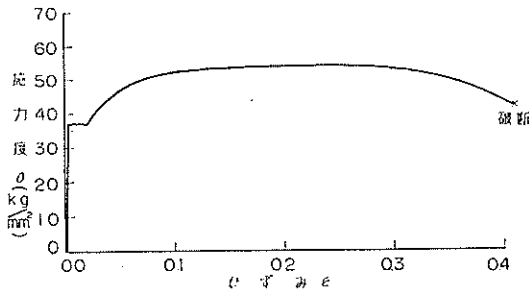
付図-1.2 鉄筋 B (SD 35 D 16)



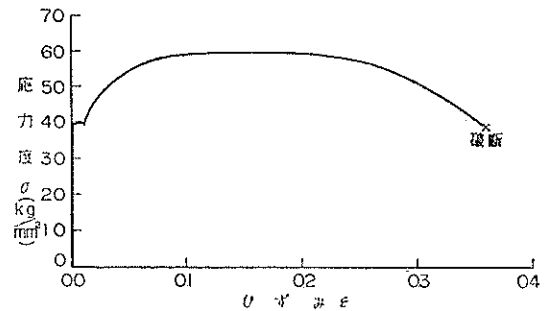
付図-1.6 鉄筋 E-2 (SD 35 D 16)



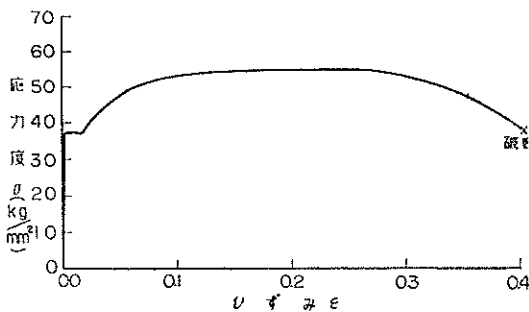
付図-1.3 鉄筋 C (SD 35 D 16)



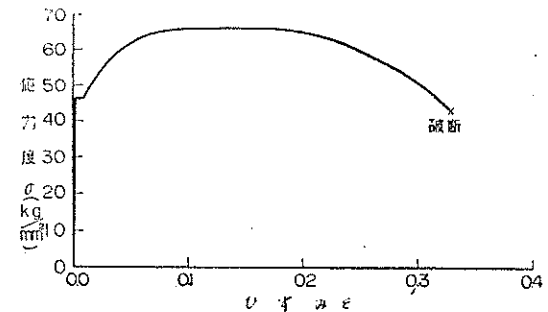
付図-1.7 鉄筋 F-1 (SD 35 D 16)



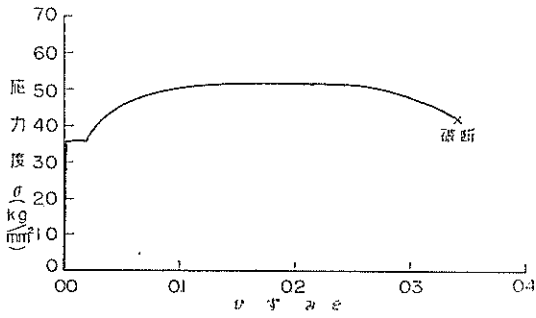
付図-1.4 鉄筋 D (SD 35 D 16)



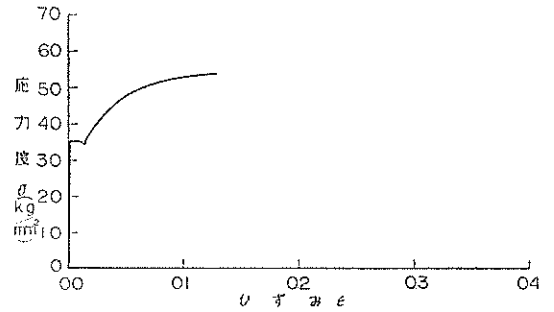
付図-1.8 鉄筋 F-2 (SD 40 D 16)



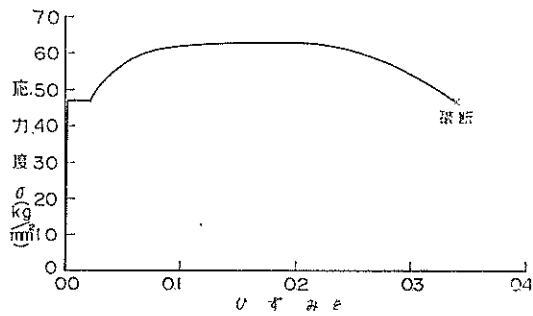
付図—1.9 鉄筋 G—1 (SD 35 D 16)



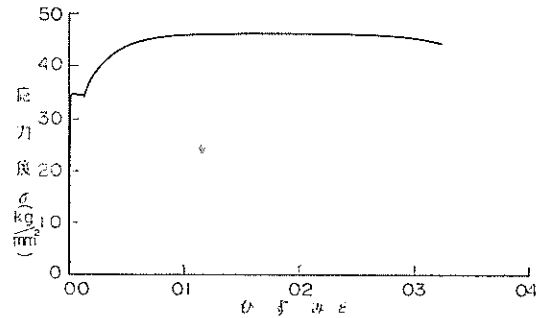
付図—1.13 鉄筋 I—2 (SD 35 D 16)



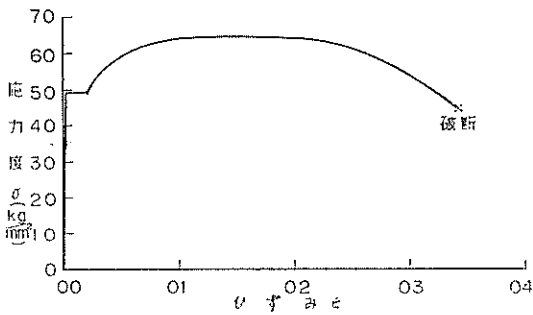
付図—1.10 鉄筋 G—2 (SD 40 D 16)



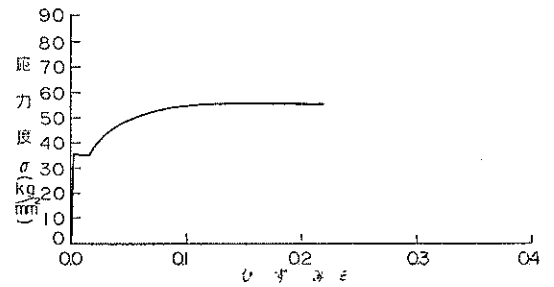
付図—1.14 鉄筋 I—3 (SD 35 D 19)



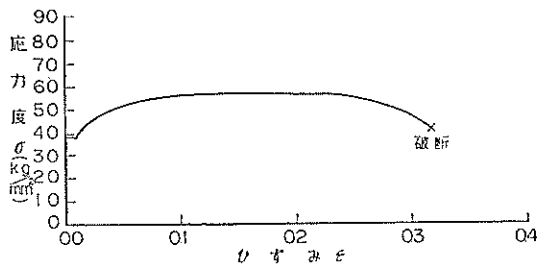
付図—1.11 鉄筋 H (SD 40 D 16)



付図—1.15 鉄筋 I—4 (SD 35 D 22)



付図—1.12 鉄筋 I—1 (SD 35 D 13)



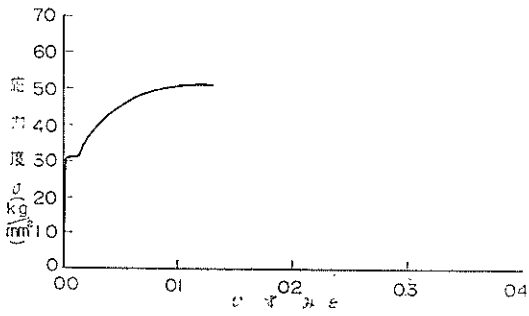
付録一 4 各種高張力異形鉄筋の引張試験結果

(2) ガス圧接試験片の応力度～ひずみ曲線

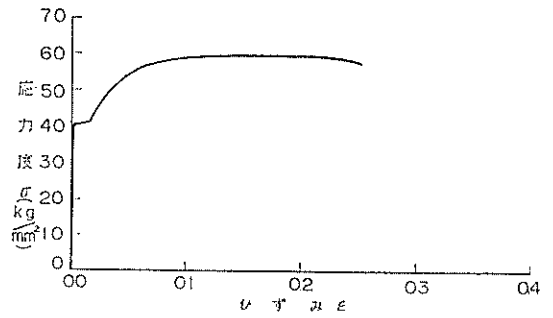
付図一2.1～付図一2.15

鉄筋	鉄筋名	種類	呼び名
		A	S D 30
	B	S D 35	D 16
	C	S D 35	D 16
	D	S D 35	D 16
	E-1	S D 35	D 16
	E-2	S D 35	D 16
	F-1	S D 35	D 16
	F-2	S D 40	D 16
	G-1	S D 35	D 16
	G-2	S D 40	D 16
	H	S D 40	D 16
	I-1	S D 35	D 13
	I-2	S D 35	D 16
	I-3	S D 35	D 19
	I-4	S D 35	D 22

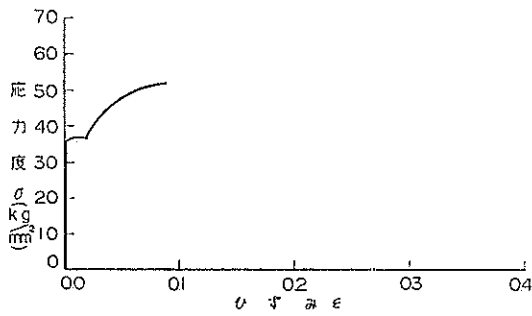
付図—2.1 鉄筋 A (ガス圧接)(S D30 D16)



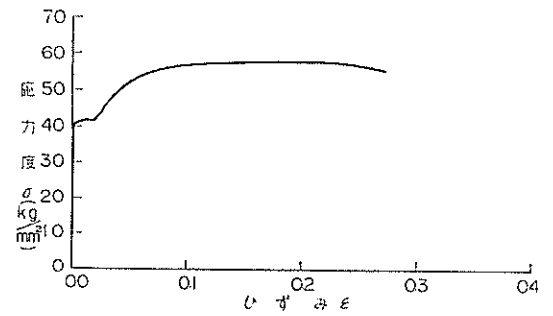
付図—2.5 鉄筋 E—1 (ガス圧接)(S D35 D16)



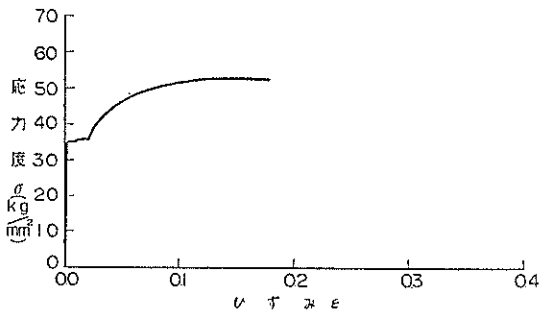
付図—2.2 鉄筋 B (ガス圧接)(S D35 D16)



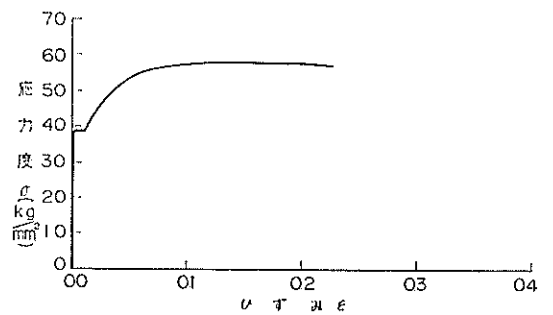
付図—2.6 鉄筋 E—2 (ガス圧接)(S D35 D16)



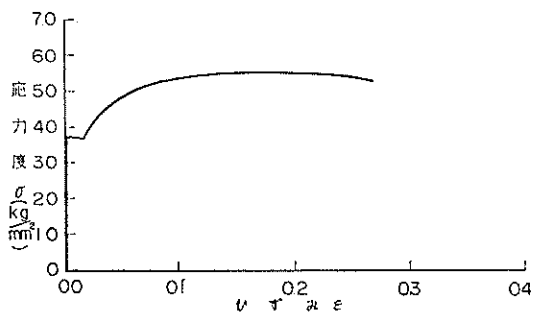
付図—2.3 鉄筋 C (ガス圧接)(S D35 D16)



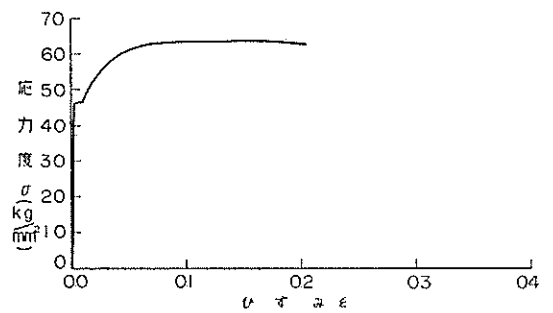
付図—2.7 鉄筋 F—1 (ガス圧接)(S D35 D16)



付図—2.4 鉄筋 D (ガス圧接)(S D35 D16)

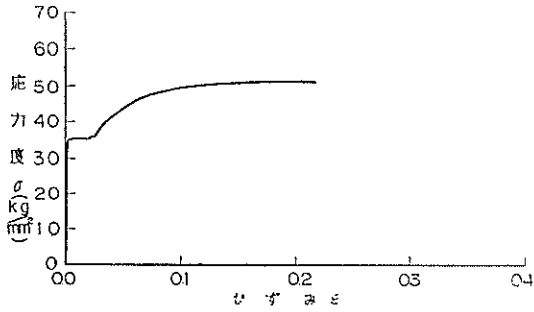


付図—2.8 鉄筋 F—2 (ガス圧接)(S D40 D16)

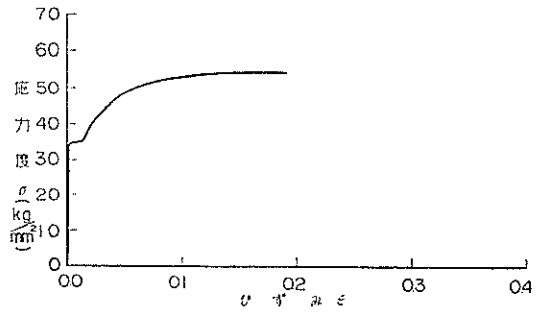




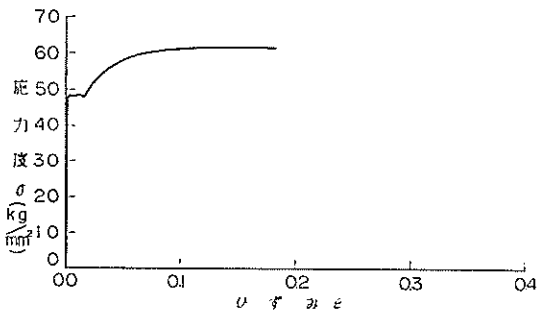
付図-2.9 鉄筋 G-1 (ガス圧接)(S D35 D16)



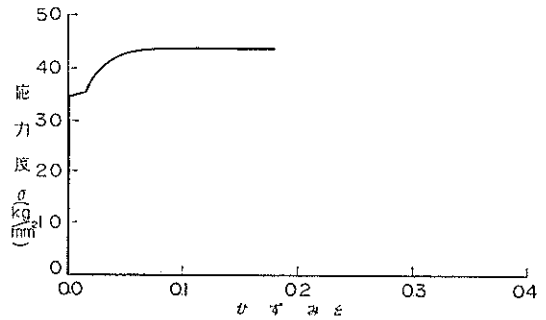
付図-2.13 鉄筋 I-2 (ガス圧接)(S D35 D16)



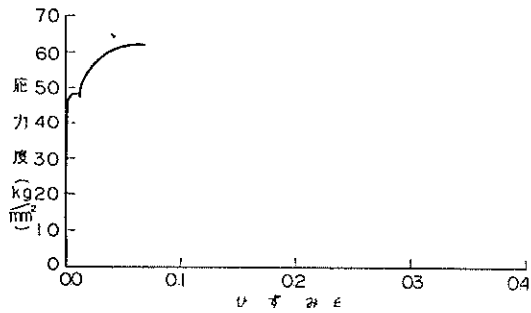
付図-2.10 鉄筋 G-2 (ガス圧接)(S D40 D16)



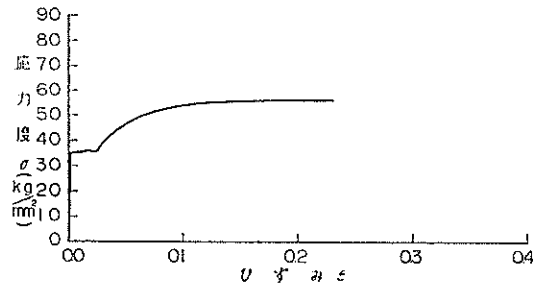
付図-2.14 鉄筋 I-3 (ガス圧接)(S D35 D19)



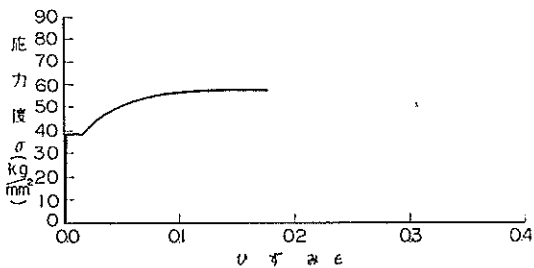
付図-2.11 鉄筋 H (ガス圧接)(S D40 D16)



付図-2.15 鉄筋 I-4 (ガス圧接)(S D35 D22)



付図-2.12 鉄筋 I-1 (ガス圧接)(S D35 D13)



付録—5 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果

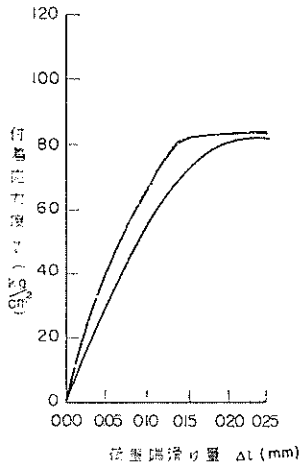
(1) 15種の鉄筋の荷重端滑り量 $\Delta l$ と付着応力度 $\sigma$ の関係の測定結果

付図—3.1~付図—3.45

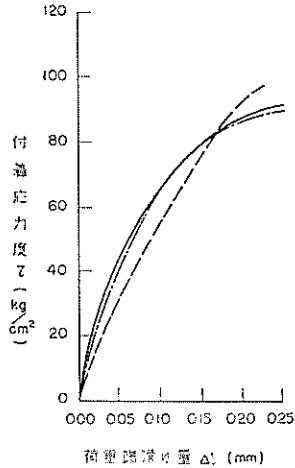
鉄筋名	種 類	呼び名
A	S D 30	D 16
B	S D 35	D 16
C	S D 35	D 16
D	S D 35	D 16
E—1	S D 35	D 16
E—2	S D 35	D 16
F—1	S D 35	D 16
F—2	S D 40	D 16
G—1	S D 35	D 16
G—2	S D 40	D 16
H	S D 40	D 16
I—1	S D 35	D 13
I—2	S D 35	D 16
I—3	S D 35	D 19
I—4	S D 35	D 22

鉄筋の位置	垂 直 ; 垂直埋込み,
	水 平 上 ; 水平埋込み, 打上り高=22.5cm
	水 平 下 ; 水平埋込み, 打上り高= 7.5cm
直 線 ; 供試体番号 No. 1	
破 線 ; 供試体番号 No. 2	
一点鎖線 ; 供試体番号 No. 3	

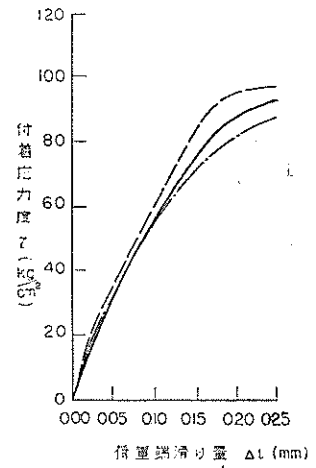
付図—3.1 鉄筋A 垂直



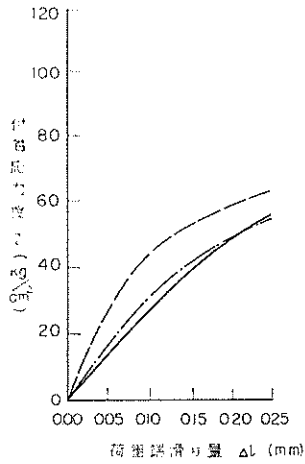
付図—3.4 鉄筋B 垂直



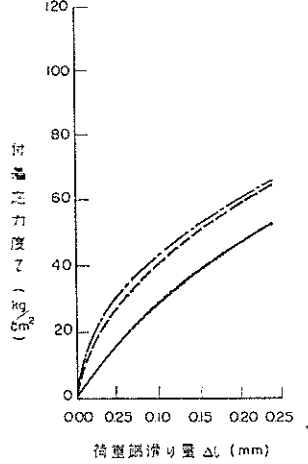
付図—3.7 鉄筋C 垂直



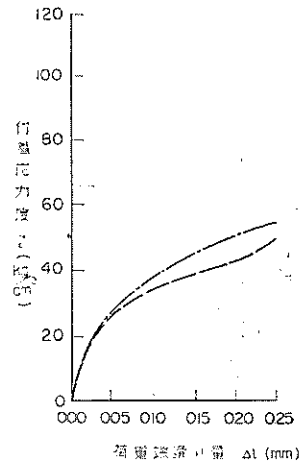
付図—3.2 鉄筋A 水平上



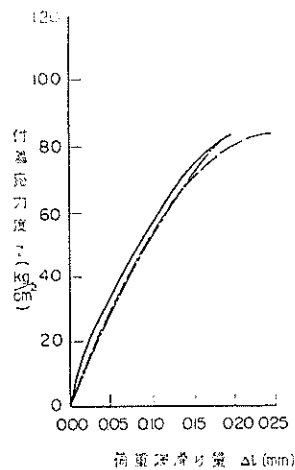
付図—3.5 鉄筋B 水平上



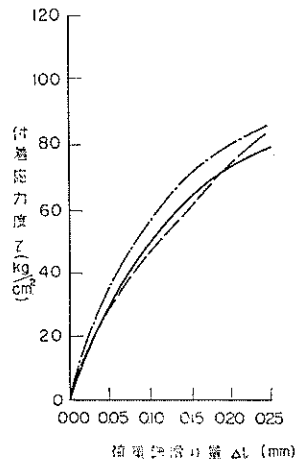
付図—3.8 鉄筋C 水平上



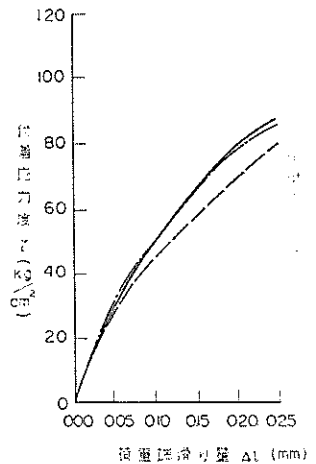
付図—3.3 鉄筋A 水平下



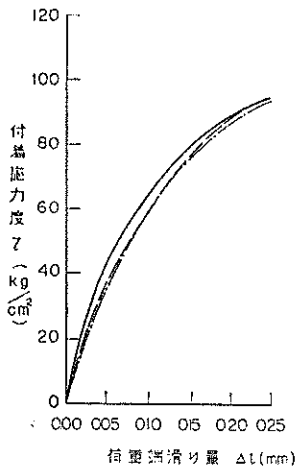
付図—3.6 鉄筋C 水平下



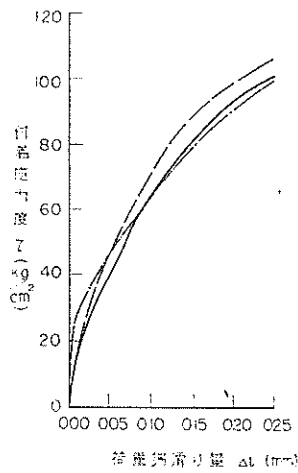
付図—3.9 鉄筋C 水平下



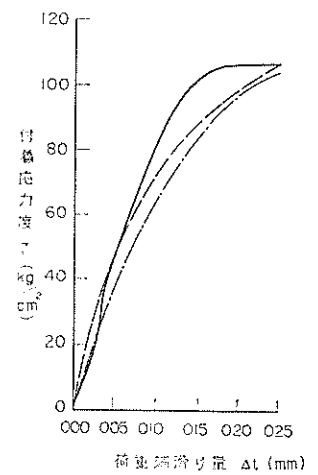
付図—3.10 鉄筋D 垂直



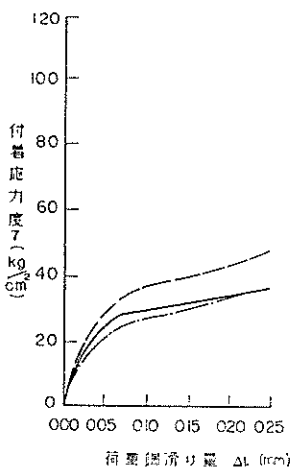
付図—3.13 鉄筋E—1 垂直



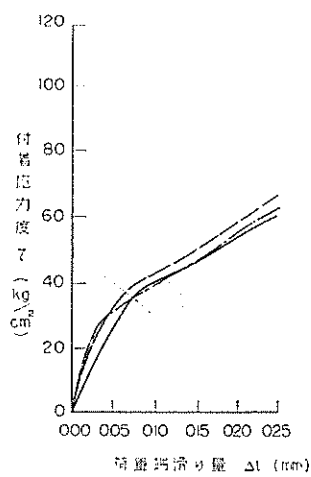
付図—3.16 鉄筋E—2 垂直



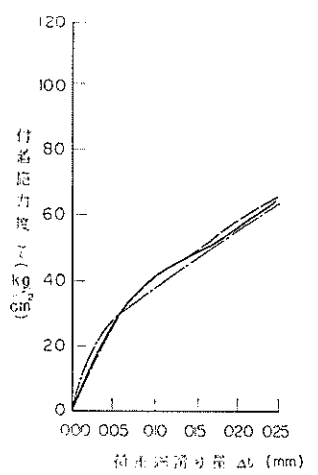
付図—3.11 鉄筋D 水平上



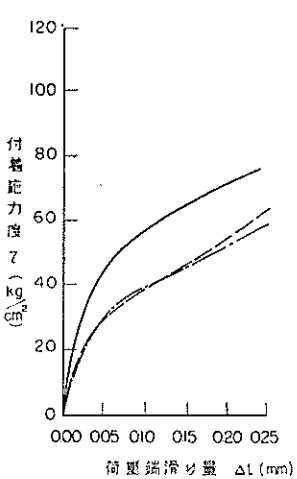
付図—3.14 鉄筋E—1 水平上



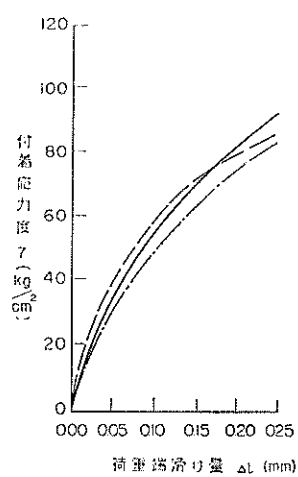
付図—3.17 鉄筋E—2 水平上



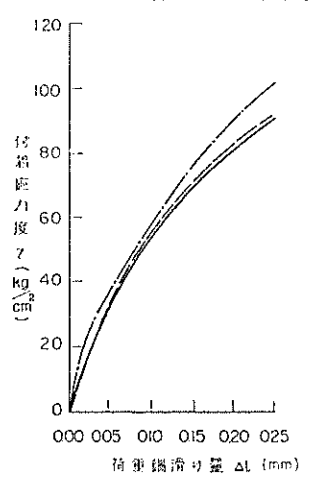
付図—3.12 鉄筋D 水平下



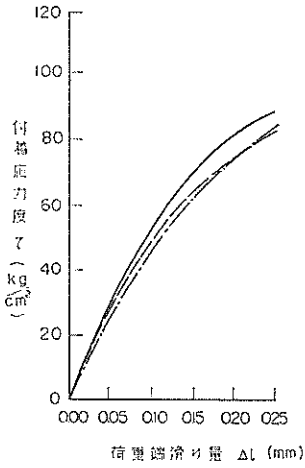
付図—3.15 鉄筋E—1 水平下



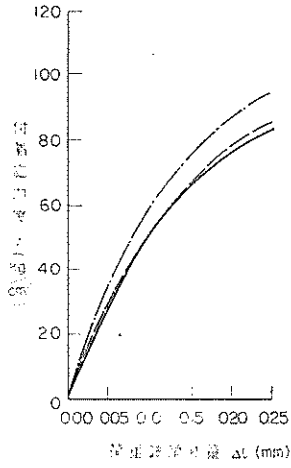
付図—3.18 鉄筋E—2 水平下



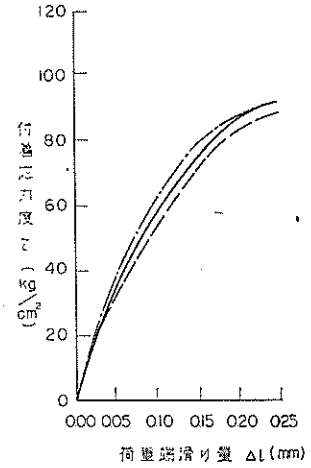
付図—3.19 鉄筋F—1 垂直



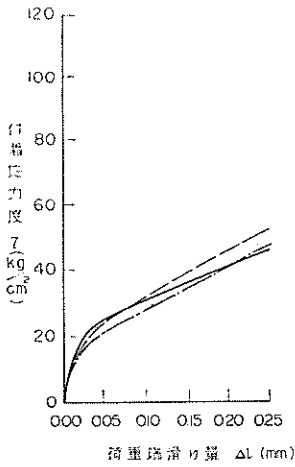
付図—3.22 鉄筋F—2 垂直



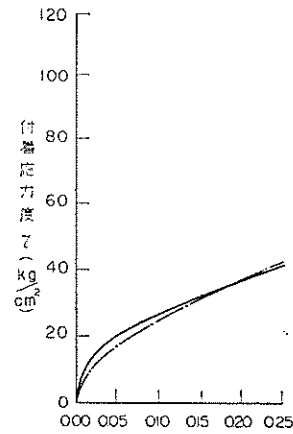
付図—3.25 鉄筋G—1 垂直



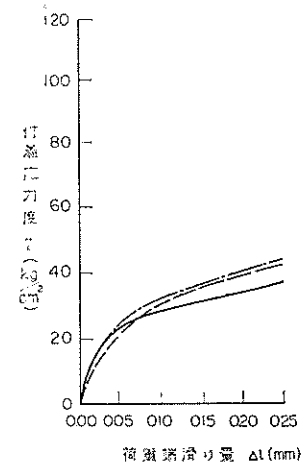
付図—3.20 鉄筋F—1 水平上



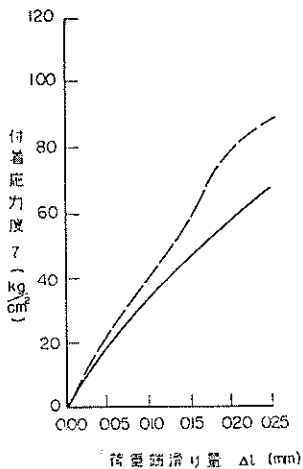
付図—3.23 鉄筋F—2 水平上



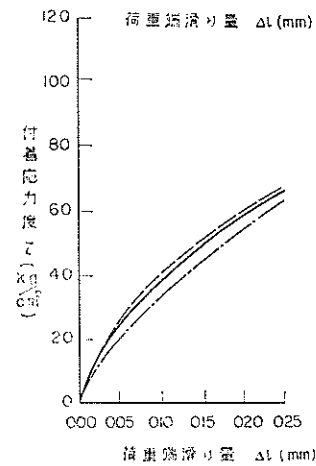
付図—3.26 鉄筋G—1 水平上



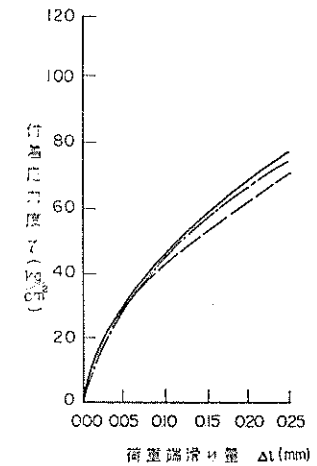
付図—3.21 鉄筋F—1 水平下



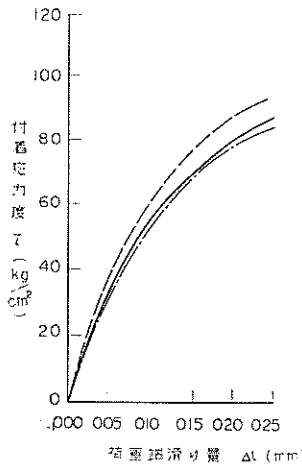
付図—3.24 鉄筋F—2 水平下



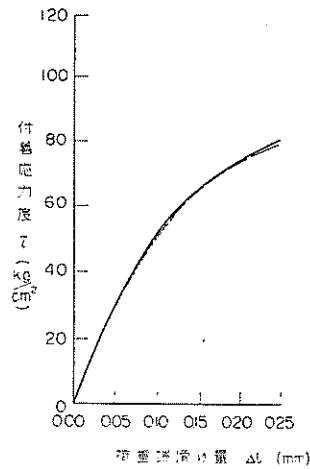
付図—3.27 鉄筋G—1 水平下



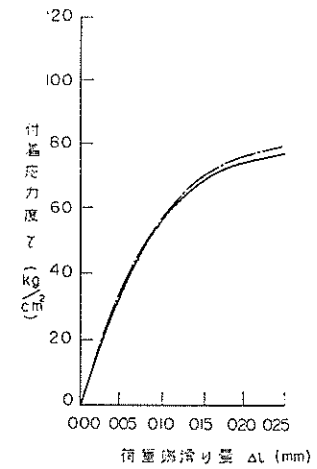
付図—3.28 鉄筋G—2 垂直



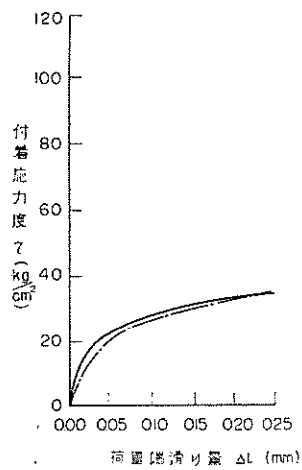
付図—3.31 鉄筋H 垂直



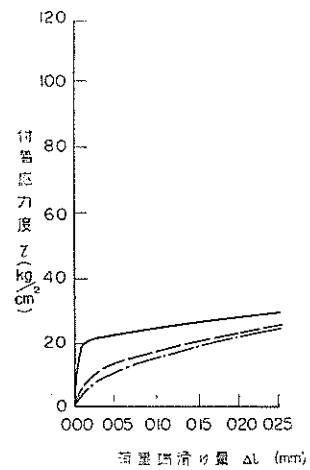
付図—3.34 鉄筋I—1 垂直



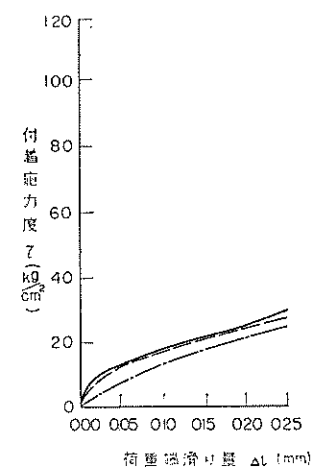
付図—3.29 鉄筋G—2 水平上



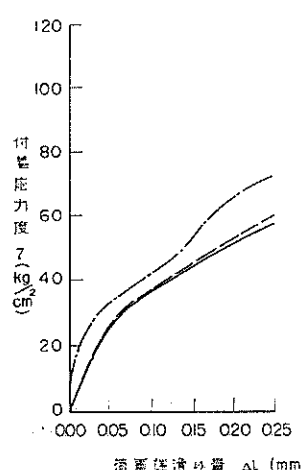
付図—3.32 鉄筋H 水平上



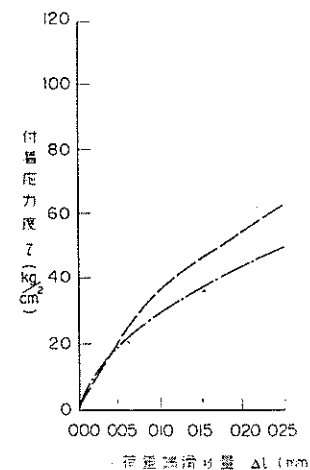
付図—3.35 鉄筋I—1 水平上



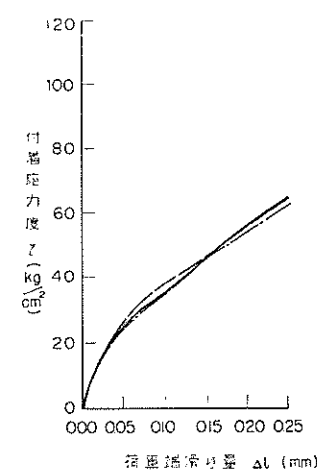
付図—3.30 鉄筋G—2 水平下



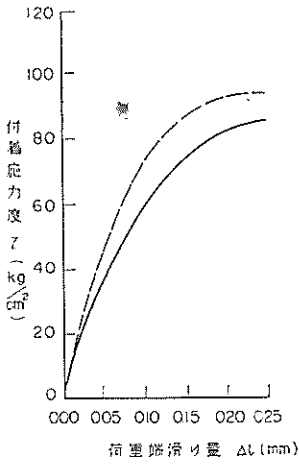
付図—3.33 鉄筋H 水平下



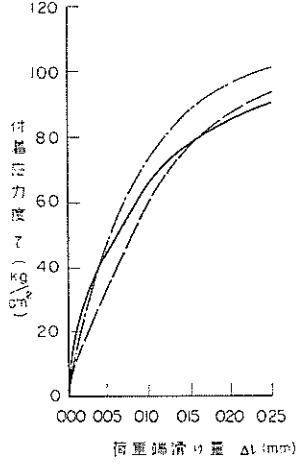
付図—3.36 鉄筋I—1 水平下



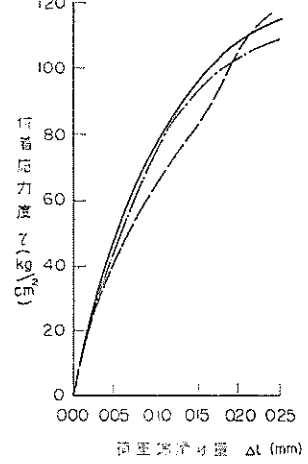
付図—3.37 鉄筋 I—2 垂直



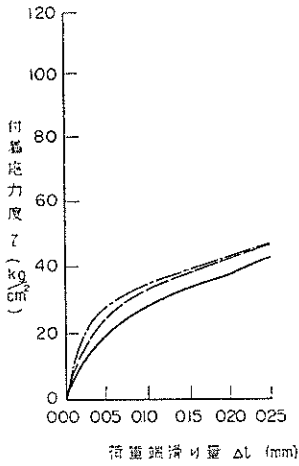
付図—3.40 鉄筋 I—3 垂直



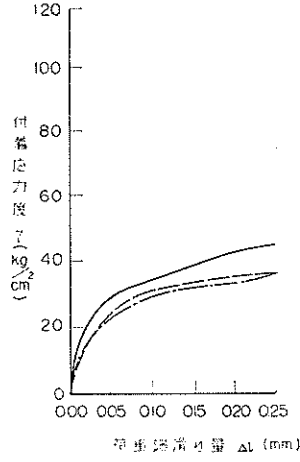
付図—3.43 鉄筋 I—4 垂直



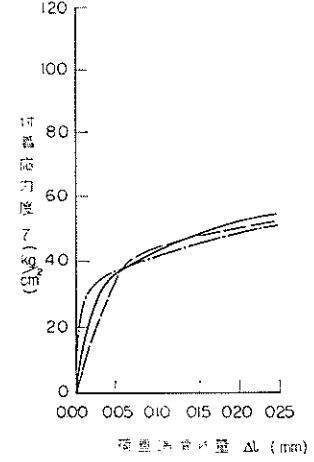
付図—3.38 鉄筋 I—2 水平上



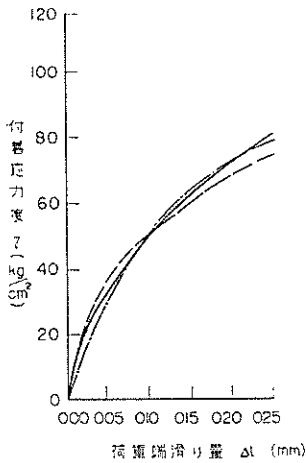
付図—3.41 鉄筋 I—3 水平上



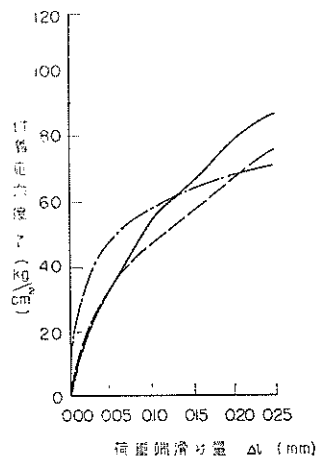
付図—3.44 鉄筋 I—4 水平上



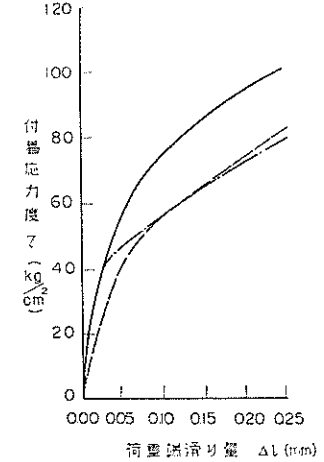
付図—3.39 鉄筋 I—2 水平下



付図—3.42 鉄筋 I—3 水平下



付図—3.45 鉄筋 I—5 水平下



付録—5 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果

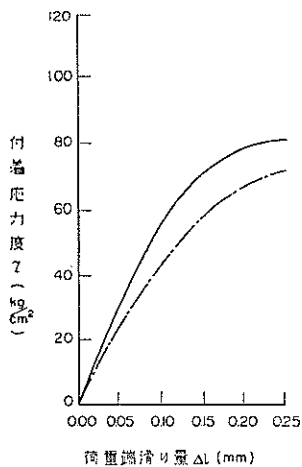
(2) コンクリートの配合を変えた場合の荷重端滑り量 $\Delta l$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果

付図—4.1～付図—4.15

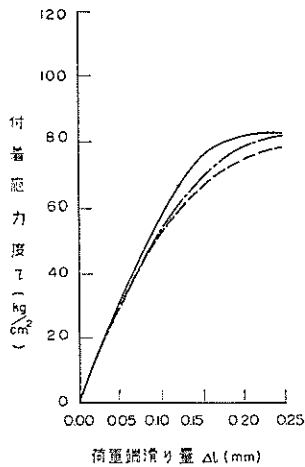
	<u>鉄筋名</u>	<u>種 類</u>	<u>呼び名</u>
鉄 筋	A	S D 30	D 16
	E—1	S D 35	D 16
	F—1	S D 35	D 16
鉄筋の位置	垂 直 ; 垂直埋込み,		
	水 平 上 ; 水平埋込み, 打上り高=22.5cm		
	水 平 下 , 水平埋込み, 打上り高= 7.5cm		
コンクリート の 配 合	N—1	配合強度	$\sigma_{28}=190 \text{ kg/cm}^2$
	N—2	配合強度	$\sigma_{28}=230 \text{ kg/cm}^2$
	N—3	配合強度	$\sigma_{28}=270 \text{ kg/cm}^2$
	N—4	配合強度	$\sigma_{28}=310 \text{ kg/cm}^2$
	N—5	配合強度	$\sigma_{28}=350 \text{ kg/cm}^2$
	直 線 ; 供試体番号	No. 1	
	破 線 ; 供試体番号	No. 2	
	一点鎖線 ; 供試体番号	No. 3	



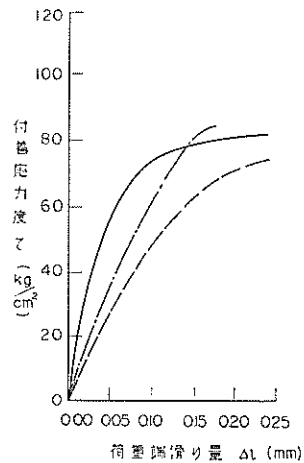
付図—4.1 鉄筋A 配合N—1



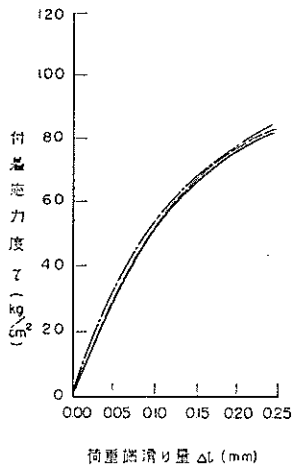
付図—4.4 鉄筋A 配合N—2



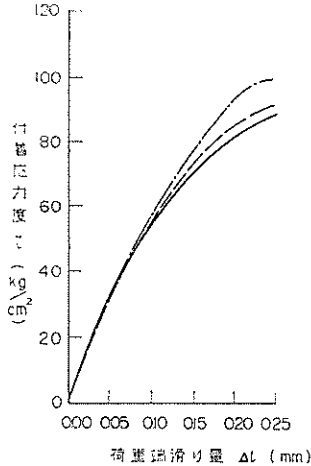
付図—4.7 鉄筋A 配合N—3



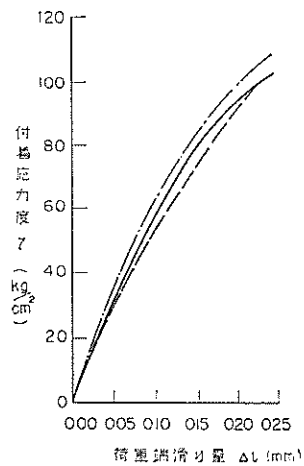
付図—4.2 鉄筋E—1 配合N—1



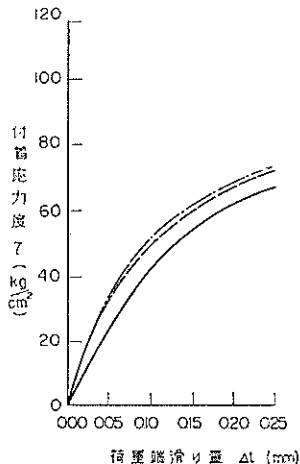
付図—4.5 鉄筋E—1 配合N—2



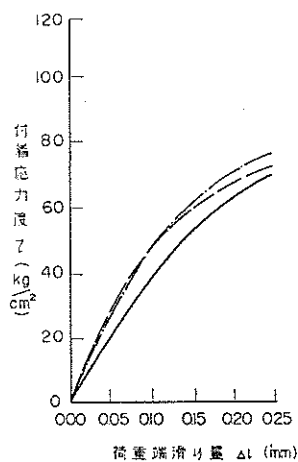
付図—4.8 鉄筋E—1 配合N—3



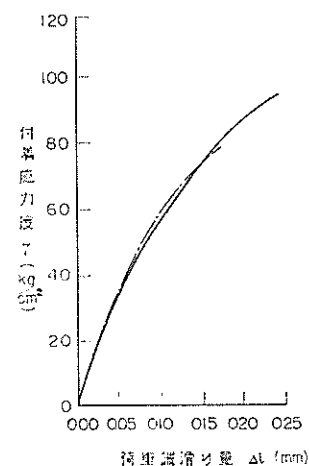
付図—4.3 鉄筋F—1 配合N—1



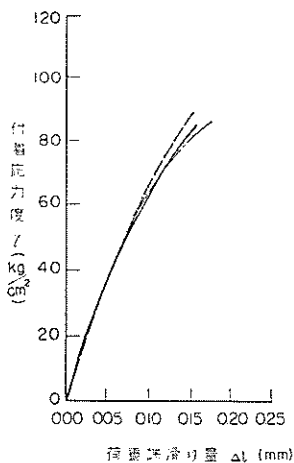
付図—4.6 鉄筋F—1 配合N—2



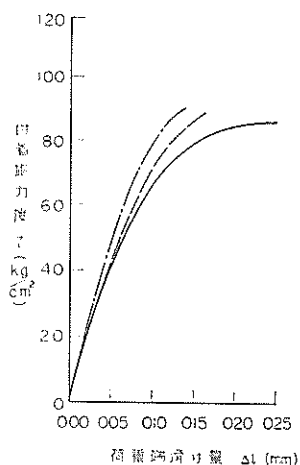
付図—4.9 鉄筋F—1 配合N—3



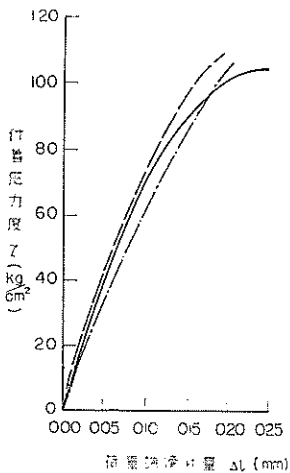
付図—4.10 鉄筋A 配合N—4



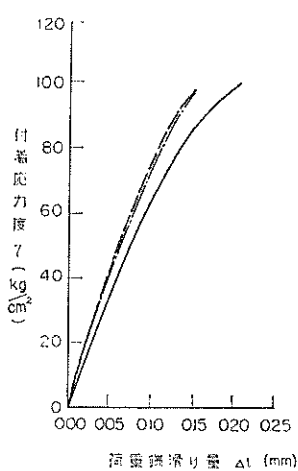
付図—4.13 鉄筋A 配合N—5



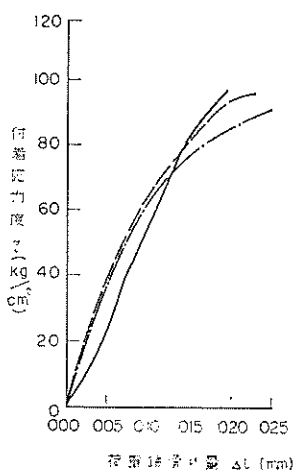
付図—4.11 鉄筋E—1 配合N—4



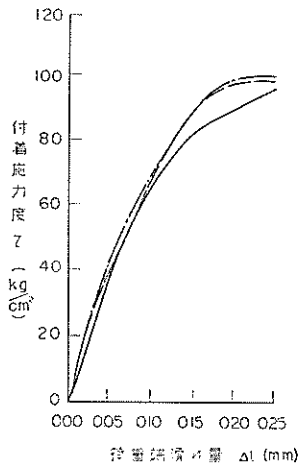
付図—4.14 鉄筋E—1 配合N—5



付図—4.12 鉄筋F—1 配合N—4



付図—4.15 鉄筋F—1 配合N—5



付録一 5 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果

(3) コンクリート配合を変えた場合の自由端滑り量 $\Delta l'$ と付着応力度 $\sigma$ の関係の測定結果

付図一5.1~付図一5.15

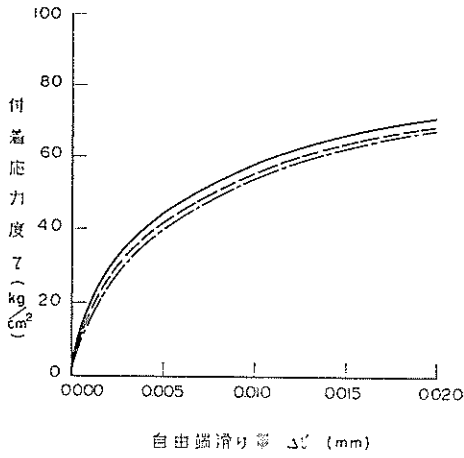
	<u>鉄筋名</u>	<u>種類</u>	<u>呼び名</u>
鉄筋	A	S D 30	D 16
	E-1	S D 35	D 16
	F-1	S D 35	D 16

鉄筋の位置 垂直；垂直埋込み

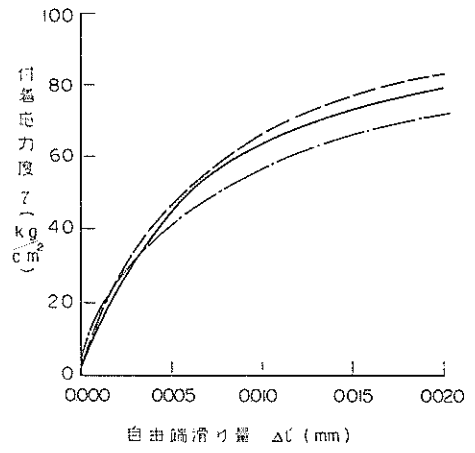
コンクリートの配合	N-1	配合強度	$\sigma_{23}=190 \text{ kg/cm}^2$
	N-2	配合強度	$\sigma_{23}=230 \text{ kg/cm}^2$
	N-3	配合強度	$\sigma_{23}=270 \text{ kg/cm}^2$
	N-4	配合強度	$\sigma_{23}=310 \text{ kg/cm}^2$
	N-5	配合強度	$\sigma_{23}=350 \text{ kg/cm}^2$

- 直線；供試体番号 No. 1
- 破線；供試体番号 No. 2
- 一点鎖線；供試体番号 No. 3

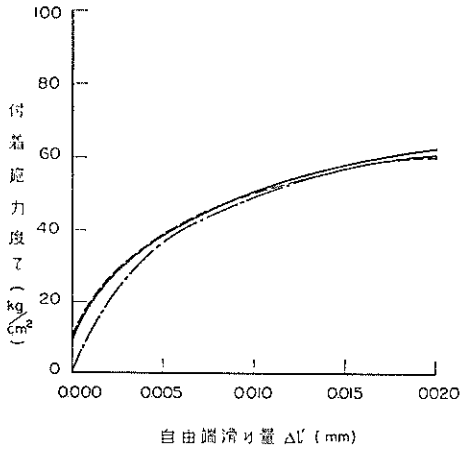
付図—5.1 鉄筋A 配合N—1



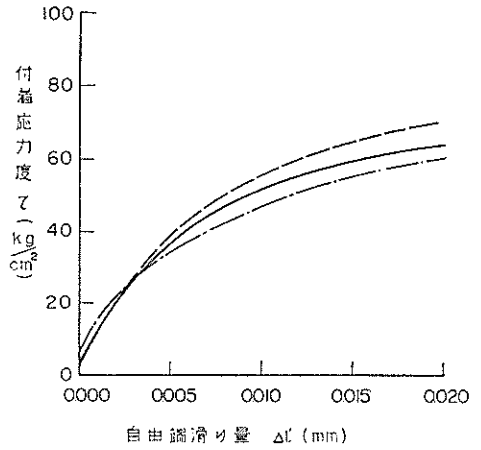
付図—5.4 鉄筋A 配合N—2



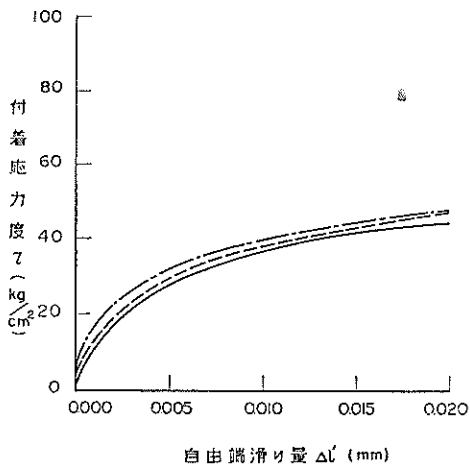
付図—5.2 鉄筋E—1 配合N—1



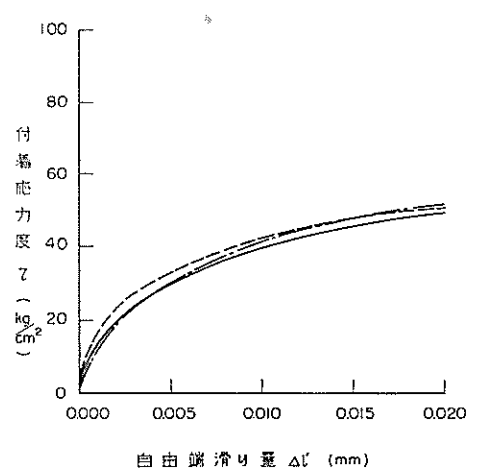
付図—5.5 鉄筋E—1 配合N—2



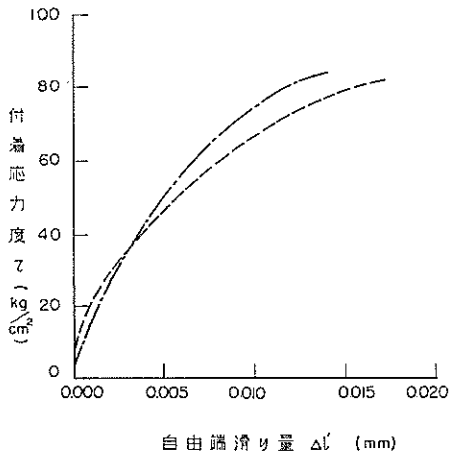
付図—5.3 鉄筋F—1 配合N—1



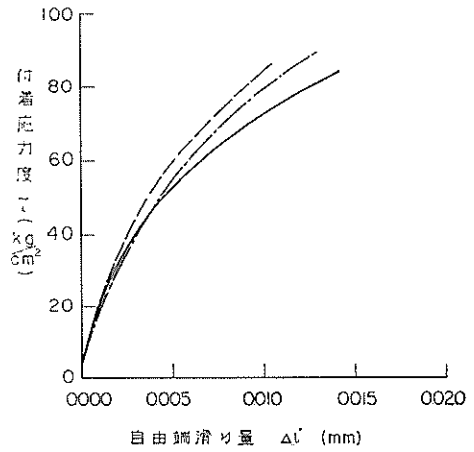
付図—5.6 鉄筋F—1 配合N—2



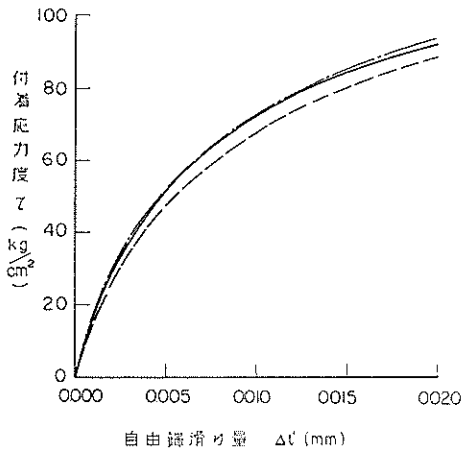
付図—5.7 鉄筋A 配合N—3



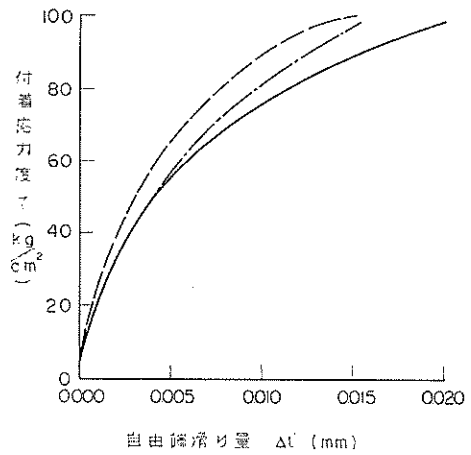
付図—5.10 鉄筋A 配合N—4



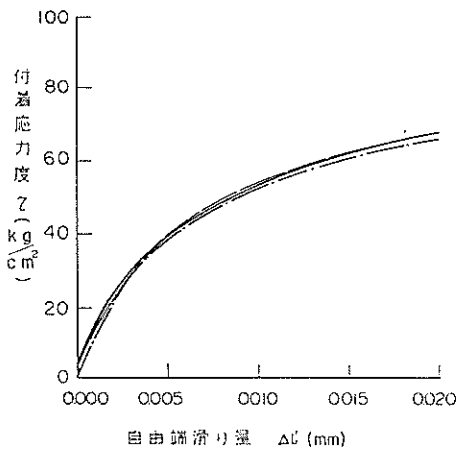
付図—5.8 鉄筋E—1 配合N—3



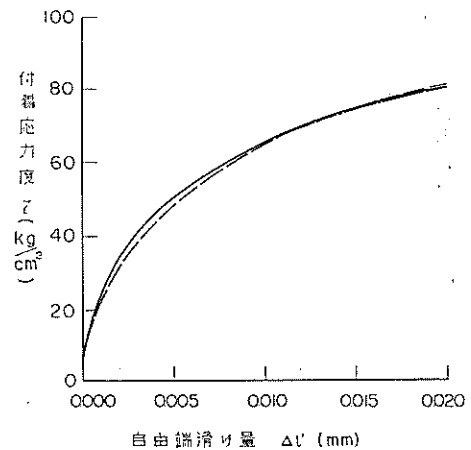
付図—5.11 鉄筋E—1 配合N—4



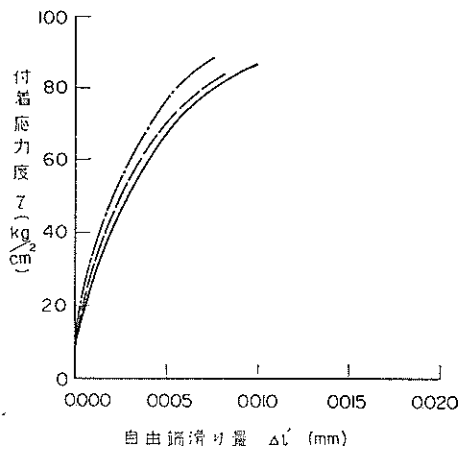
付図—5.9 鉄筋F—1 配合N—3



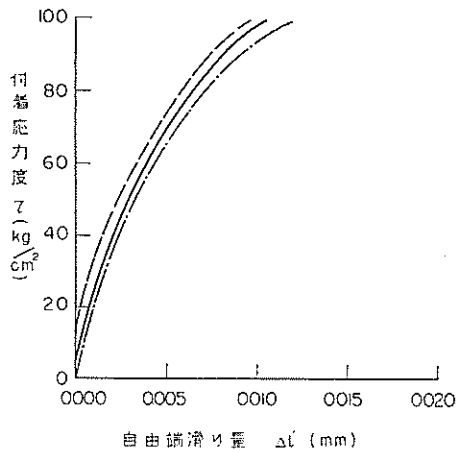
付図—5.12 鉄筋F—1 配合N—4



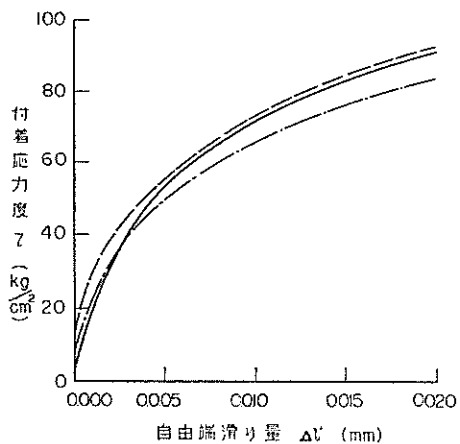
付圖—5.13 鉄筋A 配合N—5



付圖—5.14 鉄筋E—1 配合N—5



付圖—5.15 鉄筋F—1 配合N—5



付録—5 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果

(4) コンクリートの配合を変えた場合の荷重端滑り量 $\Delta l$ と自由端滑り量 $\Delta l'$ の関係

付図—6.1~付図—6.15

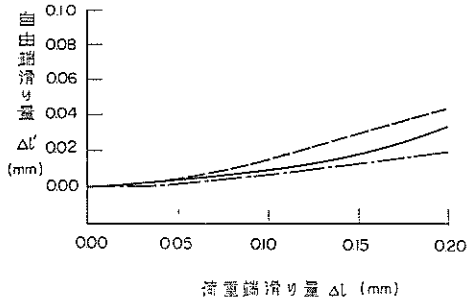
		<u>鉄筋名</u>	<u>種 類</u>	<u>呼び名</u>
鉄 筋		A	S D 30	D 16
		E—1	S D 35	D 16
		F—1	S D 35	D 16

鉄筋の位置 垂直 ; 垂直埋込み

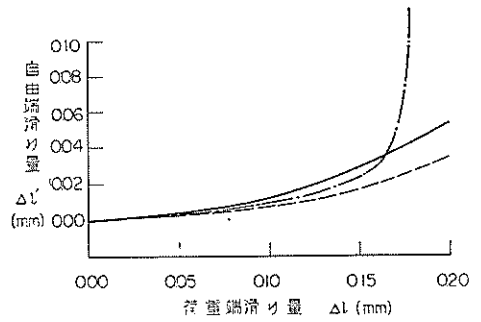
コンクリート の 配 合	N—1	配合強度	$\sigma_{23}=190 \text{ kg/cm}^2$
	N—2	配合強度	$\sigma_{23}=230 \text{ kg/cm}^2$
	N—3	配合強度	$\sigma_{23}=270 \text{ kg/cm}^2$
	N—4	配合強度	$\sigma_{23}=310 \text{ kg/cm}^2$
	N—5	配合強度	$\sigma_{23}=350 \text{ kg/cm}^2$

直 線 ; 供試体番号	No. 1
破 線 ; 供試体番号	No. 2
一点鎖線 ; 供試体番号	No. 3

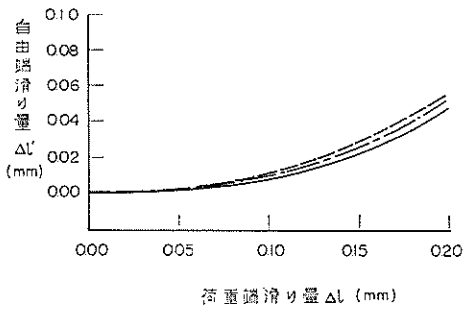
付図—6.1 鉄筋A 配合N—1



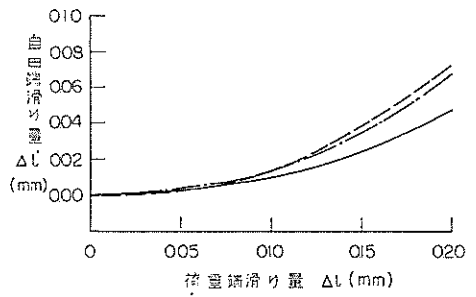
付図—6.5 鉄筋E—1 配合N—2



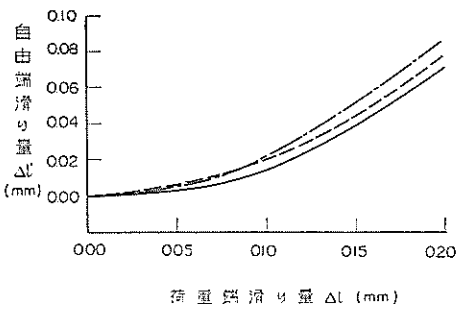
付図—6.2 鉄筋E—1 配合N—1



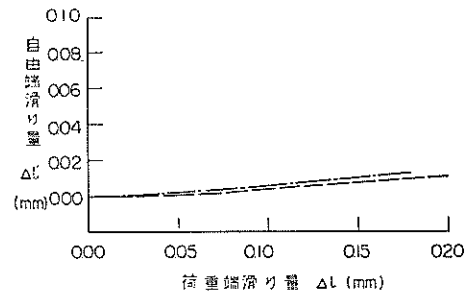
付図—6.6 鉄筋F—1 配合N—2



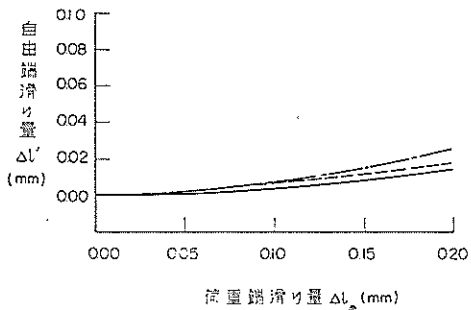
付図—6.3 鉄筋F—1 配合N—1



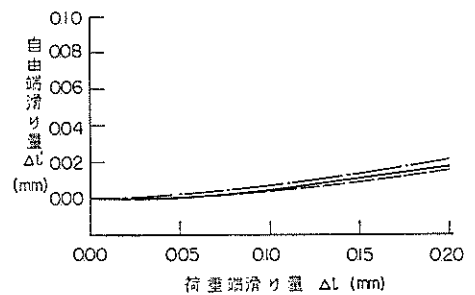
付図—6.7 鉄筋A 配合N—3



付図—6.4 鉄筋A 配合N—2

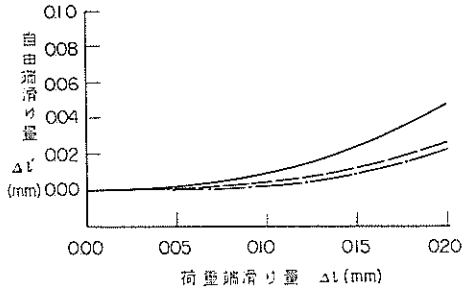


付図—6.8 鉄筋E—1 配合N—3

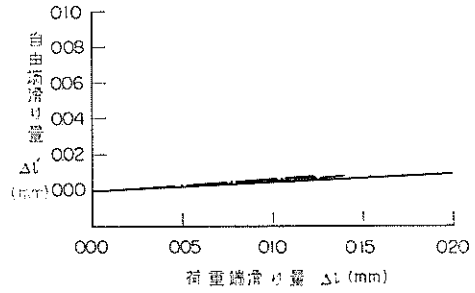




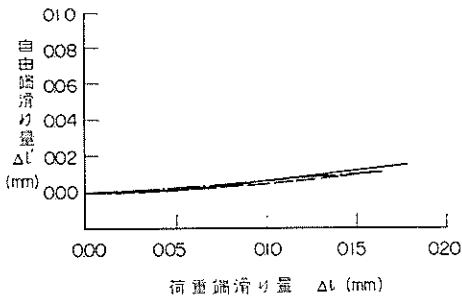
付図-6.9 鉄筋F-1 配合N-3



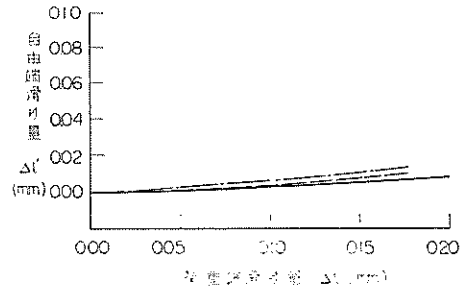
付図-6.13 鉄筋A 配合N-5



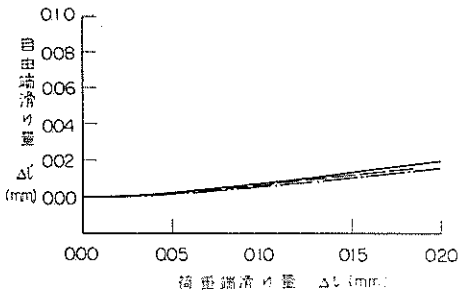
付図-9.10 鉄筋A 配合N-4



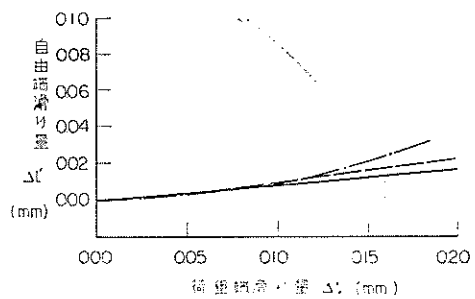
付図-6.14 鉄筋E-1 配合N-5



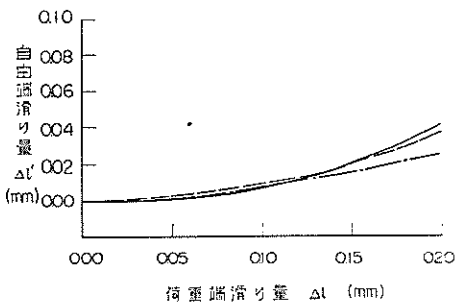
付図-6.11 鉄筋E-1 配合N-4



付図-6.15 鉄筋F-1 配合N-5



付図-6.12 鉄筋F-1 配合N-4



付録—5 各種高張力異形鉄筋の付着試験結果

(5) 鉄筋の表面状態を変えた場合の荷重滑り量 $\Delta l$ と付着応力度 $\tau$ の関係の測定結果

付図—7.1~付図—7.3

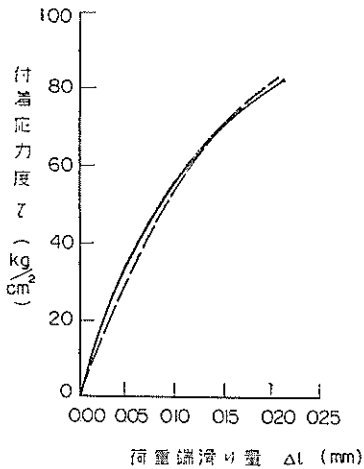
鉄筋A (SD 30, D 16)

- サビの状態
- A—1 ; まったくサビの認められないもの
  - A—2 ; 軽度のサビの発生しているもの
  - A—3 ; 表面全体に浮きサビの発生し始めたもの

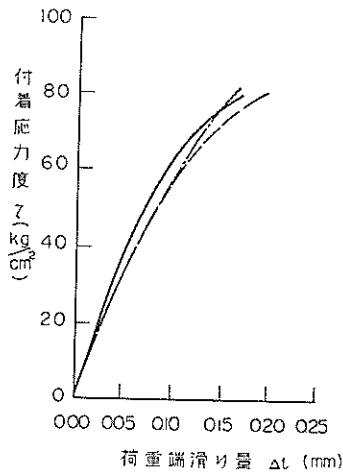
鉄筋の位置 垂直 ; 垂直埋込み

- 直線 ; 供試体番号 No. 1
- 破線 ; 供試体番号 No. 2
- 一点鎖線 ; 供試体番号 No. 3

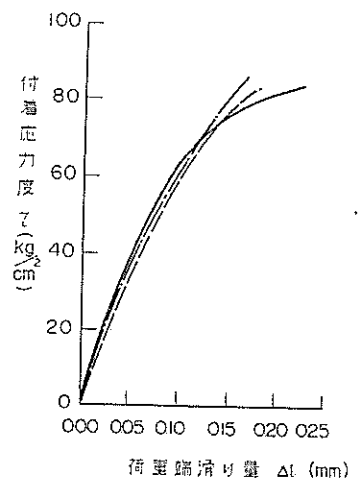
付図—7.1 鉄筋A—1



付図—7.2 鉄筋A—2



付図—7.3 鉄筋A—3



港湾技術研究所報告 第5卷15号

1966年9月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 誠文堂印刷工業株式会社  
川崎市荻宿531-2