

# 高張力異形丸鋼の進歩

国光製鋼KK\* 結 城 文 雄

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造の需要とその役目の重要さについては今更ここに申述べるまでもなく国土開発に高速鉄道や高速自動車道路の建設にまた狭隘なるわが国土における建物の土地利用効率を高めるためにビルの高層化ならびに大スパン化に今後ますますその質と量が要求せられ、最近においては後世に残すべき城の修復までも鉄筋コンクリート構造とされる状態であり、年々建設される公団アパートや公共建造物を考慮すれば、その需要は増大するばかりである。鉄筋コンクリート構造の優れた点はわが国の如き地震の多い国土において第1に強いということと、耐久性、それに不燃性ということが挙げられる。

ところで鉄筋コンクリート構造の強いという原理は簡単にいうと圧縮応力に対してはこれに最も強いコンクリートを引当て引張応力に対してはこれに最も強い鉄筋を引当て相互にその利点を發揮させ欠点を補うことによつて強力なる構造物を建造することにある。

従来わが国においては鉄筋といえは安からう、悪からう式の最も劣等な素性の知れない鉄材で充分である（どうせコンクリートの中に埋め込んでしまうものであるから）というのが常識とされていて、規格でいえば所謂ムキ格の丸鋼を平気で使って来たものである。しかしながら欧米各国においては戦前ないし戦中から既に各種の高張力異形丸鋼が使用されておつた。

わが国に異形丸鋼が正式に採用になったのは1953年に JIS 規格による普通鋼の異形丸鋼 JIS G 3110. SSD 39 および SSD 49 が制定になり次いで1960年に建設省告示で JIS 規格の普通鋼材を使用する場合の許容応力度から規定せられてからと思うが、それ以来未だ高張力異形丸鋼については規格化されたものはなかった訳である。

## 2. 建設省の特認について

今回弊社が建設大臣の特認を受けましたのは未だ高張力異形丸鋼というものに対する規格が制定されていない現状において KACON 50 および KACON 60 が現建

\* 大阪市住吉区柴谷町4の1

築基準法施行令第90条の規定（表1参照）にかかわらずまた別に規定せられた建設省告示第221号（表2参照）よりも高い KACON の許容応力度の数値を使用してもよいということである。

表1 建築基準法施行令第90条（抜萃）

鉄材の許容応力度は次の表の数値によらなければならない。

許容 応力度 鉄材 の種類	長期応力に対する許容 応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )					短期応力に対する 許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	圧縮	引張	曲げ	せん断	側接	圧縮	引張	せん断	側接
鉄筋コンクリートに使用する鉄筋	1,600	1,600	—	—	—	長期応力に対する許容応力度のそれぞれの数値の1.5倍とする。			

表2 建設省告示第221号（昭和35年2月23日）

建築基準法第38条の規定に基づく JIS G 3101 またはこれと同等以上の品質を有する鉄材等の許容応力度（抜萃）

1. 鉄筋の許容応力度は、次の表に掲げる数値によること。

許容 応力度 鉄材 の種類	長期応力に対する許容 応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )					短期応力に対する 許容応力度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
	圧縮	引張	曲げ	せん断	側接	圧縮	引張	せん断	側接
SS 49	2,000	2,000	—	—	—	長期応力に対する許容応力度のそれぞれの数値の1.5倍とする。			
SSD 49	2,000	2,000	—	—	—				
SRD 49	2,000	2,000	—	—	—				
SRB 49	2,000	2,000	—	—	—				

### KACON の許容応力度

鉄筋コンクリートに使用する異形丸鋼	長期応力に対する許容 応力度 kg/cm <sup>2</sup>				短期応力に対する許容 応力度 kg/cm <sup>2</sup>		
	せん断補強に使用する 場合	前項以外の 箇所を使用 する場合		せん断補強に使用する 場合	前項以外の 箇所を使用 する場合		
		圧縮	引張		圧縮	引張	
KACON 50	2,000	2,000	2,000	3,000	3,300	3,300	
KACON 60	2,000	2,200	2,200	3,000	3,600	3,600	

## 3. 高張力異形丸鋼の使用価値

コンクリートは最近のセメント品質の向上や調合法、施工管理の進歩等により4週圧縮強度が 200 kg/cm<sup>2</sup>～

450 kg/cm<sup>2</sup> というような強いものができるようになった。

このようにコンクリート強度が上って来ると柱、はり、スラブ等の部材の強度は、部材の寸法そのものが大体限定されるために勢い鉄筋の降伏点を高めることが必要条件となって来る訳である。

たとえば現在の普通丸鋼の鉄筋より50%引張強度の高い鉄筋を使うものとすれば、部材の断面積や鉄筋量をそのままにして鉄筋の強さに見合う強さのコンクリートを使えば部材の耐力は約50%高められる。

これははりやスラブでは約22%のスパンの増大を可能にし、柱であれば約50%の負担床面積の増大を可能にする。このように建物の有効使用面積の増大という形で結果的に建物の能率化を図ることができる。

4. 内外国における高張力鉄筋

わが国で高張力鉄筋が使用されはじめたのは極最近のことであるが外国ではかなり古くから高張力鉄筋が使用されており、最近はますます高張力のものが使用されて来ている。

表4～表6は米国、ドイツ、英国で使われている鉄筋の強度段階とそれぞれに許されている許容応力度を示している。鉄筋の強度段階の級分けについては国際的に共通した定義はないが、ここで仮に各国の鉄筋を次の5段階に分けて見ると

- 1. 普通級鉄筋 降伏点 2,200 kg/cm<sup>2</sup> 以上
- 2. 中硬級鉄筋 降伏点 2,800 ㄗ
- 3. 高硬級鉄筋 降伏点 3,400 ㄗ
- 4. 超高硬級鉄筋 降伏点 4,000 ㄗ
- 5. 超々高硬級鉄筋 降伏点 5,000 ㄗ

表4 米国の鉄筋強度段階と許容応力度

強度段階	例	最小降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	許容応力度 kg/cm <sup>2</sup>
1 普通	ASTM A-15 構造級	2,320	3,860 ~5,270	1,260
2 中硬	ASTM A-15 中硬級	2,820	4,920 ~6,330	1,400
3 高硬	ASTM A-15 高硬級	3,520	5,630以上	1,750
4 超高硬	ASTM A-82 引抜	4,500	5,625 ㄗ	2,100
5 超々高硬	ASTM A-431 高張力級	5,270	7,030 ㄗ	終局強度設計法による

(注) 1) この許容応力度はスラブ設計用の値である。はり、柱などではこれより小さい値を用いる。  
2) ACI 規準の付録による終局強度設計法で取上げられている例がある。  
これによると非常時荷重では降伏点一杯常時

荷重の状態では  $\sigma = 2,100 \sim 2,300 \text{ kg/cm}^2$  位の応力が起ることになる。

表5 ドイツの鉄筋強度段階と許容応力度

強度段階	例	最小降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	許容応力度 kg/cm <sup>2</sup>
1 普通	DIN.1045 コンクリート用鋼 I	2,200	3,400 ~5,000	1,400
3 高硬	DIN.1045 コンクリート用鋼 II	3,400 ~3,600	5,000 ~6,400	2,000
4 超高硬	DIN.1045 コンクリート用鋼 III	4,000 ~4,200	5,000 以上	2,200
5 超々高硬	DIN.1045 特殊コンクリート用鋼 (ネジリ棒鋼)	5,000	—	2,400

(注) この許容応力度はスラブ設計用の値である。はり、柱等ではこれより小さい値を用いる。

表6 英国の鉄筋強度段階と許容応力度

強度段階	例	最小降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	許容応力度 kg/cm <sup>2</sup>
1 普通	BS.785 高張力異形丸鋼 軟鋼	—	4,410 ~5,200	1,400
2 中硬	BS.785 高張力異形丸鋼 中硬鋼	2,600 ~3,070	5,200 ~5,980	保証降伏点の $\frac{1}{2}$
3 高硬	BS.785 高張力異形丸鋼 高硬	2,990 ~3,620	5,830 ~6,770	2,100 kg/cm <sup>2</sup>
3 高硬	BS.1144 冷用ネジリ丸鋼 (2本ネジリ丸鋼)	3,797	4,429	以下 (せん断補強鉄筋に対しては)
4 超高硬	引抜鋼線	4,900	—	1,400 kg/cm <sup>2</sup>
4 超高硬	BS.1144 冷間ネジリ丸鋼 (1本ネジリ丸鋼)	4,218 ~4,921	4,921 ~5,626	以下)

(注) この許容応力度は引張鉄筋に対するもので、圧縮鉄筋に対してはこれより低い値をとることがある。

表7 日本の鉄筋強度段階と許容応力度

強度段階	例	最小降伏点 kg/cm <sup>2</sup>	引張強さ kg/cm <sup>2</sup>	許容応力度 kg/cm <sup>2</sup>	普通強度のものを1とした倍率
1 普通	SS39. SSD39	2,400	3,900 ~5,300	1,600	1
2 中硬	SS49. SSD49	3,000	4,900 ~6,300	2,000	1.25
3 高硬	KACON 50	3,500	5,000 以上	2,000	1.25
4 超高硬	KACON 60	4,000	6,000 以上	2,200	1.375
4 超高硬	KACON 66	4,300	6,000 以上	—	—
5 超々高硬	KACON 70	5,300	7,100 以上	—	—

(注) KACON 66 および KACON 70 の許容応力度については未だ定められていない。

即ち外国では4~5段階の強度の鉄筋を使い分けている。現在米国では第1の段階に属するものは殆んど使われず、第2段階以上のものが使用されており、ドイツでは第1段階と第4段階の使用が相仲ばしているといわれている。また米国では、最近では超々高硬級の最小降伏点  $5,250 \text{ kg/cm}^2$  をもつ異形鉄筋も規格化され、州によっては最近の一つの傾向であるリミットデザインによってその高強度が普通の建築構造に能率的に使用されているようである。これに対してわが国の鉄筋の強度段階は表7に示す通りであり高硬級以上のものがないために、ここに国光の KACON が生れ、高硬級以上のものを保証しようという訳である。

5. 高張力異形丸鋼の特長 (KACONの例)

①付着性能が優れている

独特の形状(意匠登録)のフシにより鉄筋コンクリート構造の寿命である付着力の点で最大要件の一つを充分満足させるものである。

②使用鋼材の節減

成分調整により高い強度を保証しておりかつソクがほとんど不要となるため鋼材量は約30%節減することができ構造物の重量を大巾に軽減することは建築技術上大きい利点である。

③施工簡易, 工数節減

フックの大部分が不要となるため加工, 運搬, 溶接等による組立, 配筋が簡単になりコンクリートの打込みも容易となるので, 施工工数を減らすことができる。また特殊の形状によりコンクリートの充填状態は横フシよりも良好である。

④疲労強度が大きい

不純物の量を内外のどの鉄筋よりも少なく規制した優秀なる鋼質を有するので, 疲労強度が大で構造物の耐久性を増強する。

⑤溶接性がよい

化学成分は溶接構造用鋼に近似し, 不純物が少なく且つ特殊な化学成分を含むキルド鋼であるから優れた溶接性を有するばかりでなく強靱で耐寒性並びに耐熱性にも優れている。

⑥曲げ特性がよい

従来横フシ型に比し優れた曲げ特性を発揮する。

KACONの材質, 形状, 寸法及び重量の規格

寸法及び重量

IJS G 3110 によっているが同時に ASTM 規格にも適合する。(規格表略)

KACON の試験結果の一部

I. 付着応力度

化学成分

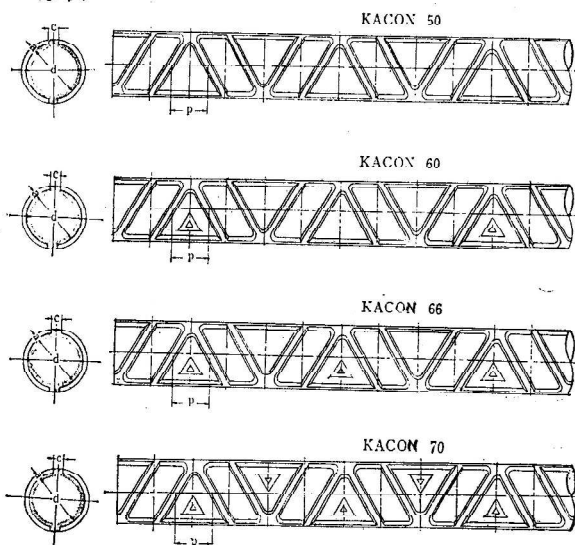
種別	化学成分 %					特殊成分
	C	Si	Mn	P	S	
JIS SSD. 39				$\leq 0.070$	$\leq 0.070$	
JIS SSD. 49				$\leq 0.070$	$\leq 0.070$	
KACON 50	$\leq 0.20$	0.25~0.50	1.00~1.30	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	
KACON 60	$\leq 0.25$	0.30~0.60	1.30~1.60	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	有
KACON 66	$\leq 0.25$	0.30~0.60	1.30~1.60	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	有
KACON 70	$\leq 0.45$	0.30~0.60	1.30~1.60	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	有

機械的性質

種別	項目	引張強さ	降伏点	伸び	公称直径	曲げ試験	
		kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%		内側直径	角度
JIS. SSD39		39~53	$\geq 24$	$\geq 18$		3d	180°
JIS. SSD49		49~63	$\geq 30$	$\geq 14$		4d	〃
KACON 50		$\geq 50$	$\geq 35$	$\geq 20$	$\leq D16$ $\geq D19$	3d 4d	〃
KACON 60		$\geq 60$	$\geq 40$	$\geq 18$	$\leq D16$ $\geq D19$	4d 5d	〃
KACON 66		$\geq 60$	$\geq 43$	$\geq 18$	$\leq D16$ $\geq D19$	5d 6d	〃
KACON 70		$\geq 71$	$\geq 53$	$\geq 8$	$\leq D16$ $\geq D19$	5d 6d	90°

(注) 伸びの標点距離 D25 未満は 8d  
P25 以上は 4d  
dは公称直径を示す。

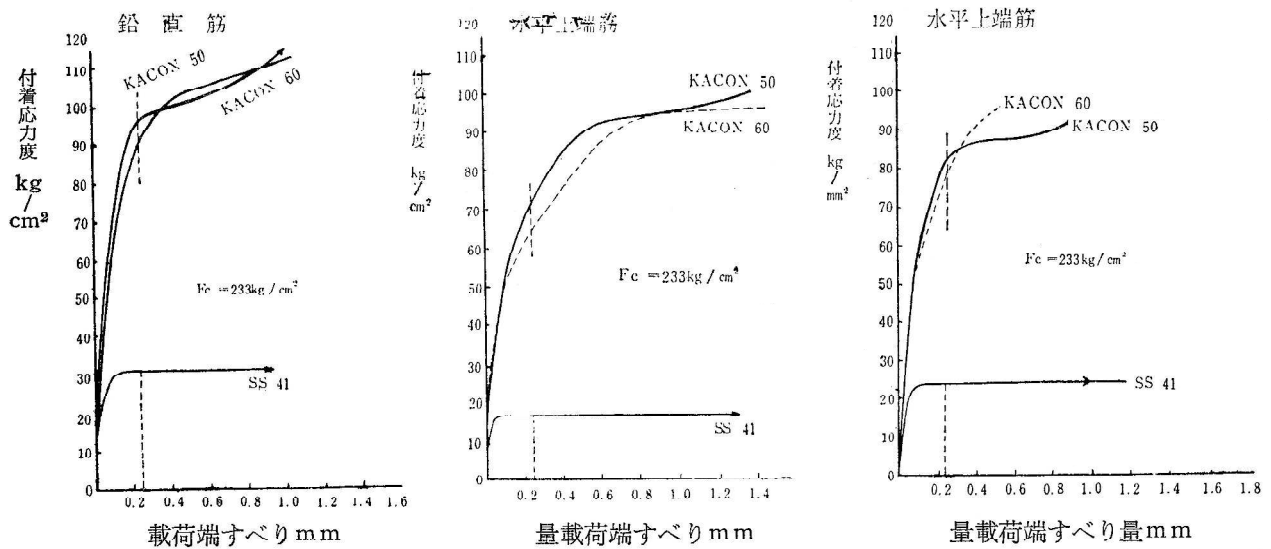
形状



(A) ASTM 型試験結果の一部

次に  $6 \times 6 \times 6$  時の供試体に各種の鉄筋を鉛直および水平上端, 下端におき, コンクリートを打込んだものをコ

第 1 図 鉄筋の種類別付着応力—すべり量曲線



各種鉄筋の付着応力度  $F_c=233 \text{ kg/cm}^2$  の場合

項 目 種 別	鉛 直 筋				水 平 上 端 筋				水 平 下 端 筋			
	$\tau_0$		$\tau_{max}$		$\tau_0$		$\tau_{max}$		$\tau_0$		$\tau_{max}$	
	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比
SS 41	35.81	1.00	35.81	1.00	11.54	1.00	11.54	1.00	19.50	1.00	19.50	1.00
KACON 50	115.34	3.22	115.34	3.22	73.34	6.35	109.67	9.48	81.67	4.19	91.00	4.67
KACON 60	90.03	2.51	118.34	3.30	63.33	5.48	93.67	8.10	78.33	4.02	96.00	4.92

各種鉄筋の付着応力度  $F_c=348 \text{ kg/cm}^2$  の場合

項 目 種 別	鉛 直 筋				水 平 上 端 筋				水 平 下 端 筋			
	$\tau_0$		$\tau_{max}$		$\tau_0$		$\tau_{max}$		$\tau_0$		$\tau_{max}$	
	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比	kg/cm <sup>2</sup>	比
SS 41	47.61	1.00	47.61	1.00	9.81	1.00	9.81	1.00	13.07	1.00	13.07	1.00
KACON 50	88.33	1.85	126.00	2.65	81.67	8.33	130.34	13.3	95.00	7.26	123.00	9.40
KACON 60	95.00	2.00	152.67	3.20	55.00	5.61	117.73	12.0	68.33	5.23	125.00	9.57

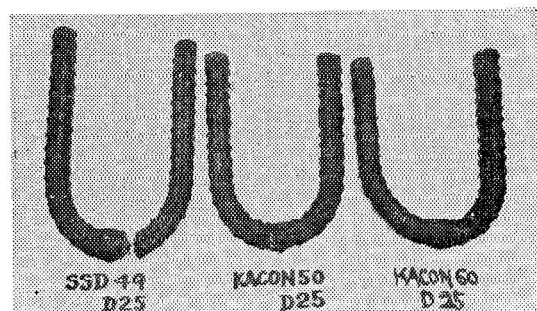
(注)  $\tau_0$ : 載荷端における鉄筋のすべりが 0.25mm に達したときの付着応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\tau_{max}$ : 最大付着応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

コンクリート強度を種々変化させて引抜き強度とすべり量を測定したものの内、コンクリート強度が  $F_c=233 \text{ kg/cm}^2$  の場合を示している。

コンクリートが  $233 \text{ kg/cm}^2$  と  $348 \text{ kg/cm}^2$  の場合の付着応力度は試験における平均値として次表の如き高い値が出ている。

写 1 はアーク溶接の破壊試験結果である。

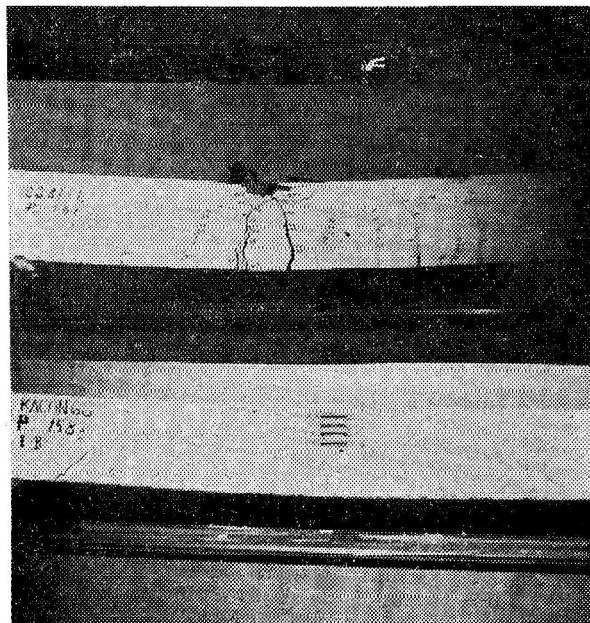
(B) ACI 型はり試験結果の一部



写 1

コンクリート構造物における付着応力が最も問題となるのは柱よりもむしろはりの場合である。

本試験においては梁の破壊強度とその状態、はりのたわみ、鉄筋のめり込み量および付着応力度等を測定した。



写2 はりの破壊状況を示したもの。