

日本国有鉄道 構造物設計事務所 正員 ○宮田尚彦

全 上 全 上 正員 武田 弘

全 上 全 上 正員 曾我賢治

1 試験の目的

現在鉄道土木構造物には圧接された状態で高強度異形鉄筋が使用される場合が一般に多いが、筆者等は高強度異形鉄筋が圧接された状態で使用された場合の疲労強度を知り、高強度異形鉄筋の許容応力度決定のための資料とするため、母材および圧接材の静的強度と疲労強度の試験と鉄道技術研究所に依頼して実施した。

2 試験の材料

供試材の選定にあつては、疲労性状に影響すると思われる節の形状について代表的な3種類を選び、材質はS490とし、径については最も使用ひん度の高い公称直径25mmの鉄筋を用いることにした。試験片の作製にあつては、母材の試験片は所要の長さで切断し、圧接材については実際に工事現場で施工される場合に鉄筋の端面が常に密着した状態で圧接される確率は一般的に多くを期待出来ない現状を考慮し、高強度異形鉄筋の縦リブを上下にして突き合せ圧接時に、上下のうち片側が密着し片側で約3mmV字型の隙間が出来るように圧接材の端面は各15mmおつ傾斜させて加工した。

母材の場合

圧接材の場合

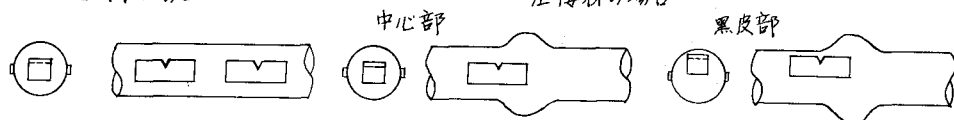


図-1 衝撃試験片採取位置

表-1 試験方法

衝撃試験片の作製は、母材については鉄筋中心部より採取し、圧接材については中心部よりと黒皮部（鉄筋表面附近）よりと各々ずつ採取した。圧接材の場合ノッチ切り込み位置は、圧接こぶの終端部とした。その位置の決定は個々にについて行ったものであるから、接ぎ目中心線からノッチまでの距離はそれぞれ異なっている。（図-1参照）

3 試験方法及び装置

試験方法及び装置は表-1の通りである。

試験の種類	試験片	使用試験機	試験要領
静的引張強度試験	母材 圧接材	50tアムスラー	JIS規定による 各試験片とも2個の平均値 標定距離 $L=8\phi$
曲げ試験	全上	50tアムスラー	JIS規定による 全上曲げ軸の直径は 3ϕ および 4ϕ 試験片各1個
繰返し曲げ強度試験	全上	電磁共振型 曲げ疲労 試験機	曲げ応力の計算は公称径による。試験片の長さは母材、圧接材とも800mm 繰返し回数は107回とする。
衝撃試験	全上	ノッチ シャルピー	母材 各 20個 圧接材(中心部) 各 20個 黒皮部 各 20個
硬度試験	圧接材	ビッカース 硬度	圧接部 120mmの中央縦断面の中心線を測定 試験片各1個

4 試験の結果

試験に使用した3種の供試材の化学組成は分析の結果表-2の通りであった。JIS G 3112では材質SD 40の場合 $C = 0.29$ 以下, $Mn = 1.80$ 以下, $P, S = 0.05$ 以下, $C + \frac{Mn}{8} = 0.55$ 以下と規定されている。

試験の結果については、表3.4、図2.3.4.5の通りである。

5 試験結果に対する考察

以上各種の試験は市販の材質SD 40の高強度異形鉄筋のうち疲労性状に影響を及ぼすと考えられる代表的な3種類について行った結果であるが、これらの結果からは次の様な事が明らかになった。

(i) 曲げ試験について

4×φ, 3×φとJISの規定5×φよりもきびしい試験にも拘らず良好な結果を示している。

(ii) その他の試験

母材と圧接材の各種の試験のうち、特にC社の鉄筋では、圧接材の疲労限度の低下率は34.3%で、一般に10%前後と考えられている値を大幅に下まわっており、又同社のシャルピー衝撃値も常温20°Cでは、満足な状態ではなかった。

その他の結果については、A, B, C, 各社とも、現在までに行われている試験(例えば、河野, 松本, 富田, 渡辺, etc)と比較しても、材質SD 40の鉄筋については満足すべきものと思われる。

6 繰り返し曲げ疲労強度と許容応力度との関係

鉄筋コンクリート鉄道土木構造物を設計する際の鉄筋の許容応力度は、高い繰り返し回数(2×10⁶回程度

(1橋1列車として150回/dayは耐用年数60年として3×10⁶回数)でも疲労しない様に定めなければならないのが一般である。構造物に用いられる鉄筋の許容応力度は、コンクリートのひびわれ幅との関係も考慮して、実際には決めるべきであるが、筆者等は、鉄筋のみを単独で取り出した状態

表-2 供試材の化学組成

化学組成	C	Si	Mn	P	S	Cu	C _{eq}
A	0.24	0.37	1.19	0.036	0.022	0.12	0.438
B	0.27	0.45	1.18	0.012	0.022	0.08	0.467
C	0.28	0.29	1.42	0.036	0.013	0.15	0.517

表-3 引張強度試験と曲げ試験結果

試片 種別		引張強度試験				曲げ試験	
		引張強度 σ _b (kg/mm ²)	降伏点 σ _s (kg/mm ²)	降伏比 σ _s /σ _b (%)	伸び δ ₅ (%)	軸の垂直 3×φ	軸の垂直 4×φ
A	母材	62.8	45.5	72.4	26.2	良	良
	圧接材	62.1	44.5	71.7	19.3	良	良
B	母材	63.0	45.3	71.9	22.2	良	良
	圧接材	62.8	44.5	70.8	18.7	良	良
C	母材	68.0	50.0	73.5	22.8	良	良
	圧接材	69.4	49.6	71.5	16.7	良	良

表-4 繰り返し曲げ疲労強度試験結果

試片		疲労限度 (kg/mm ²)	疲労限度 の低下率 (%)	圧接材 の低下率 (%)
A	母材	24.5	39.0	10.2
	圧接材	22.0	35.4	
B	母材	21.0	33.6	7.1
	圧接材	19.5	31.1	
C	母材	20.5	30.1	34.3
	圧接材	13.5	19.4	

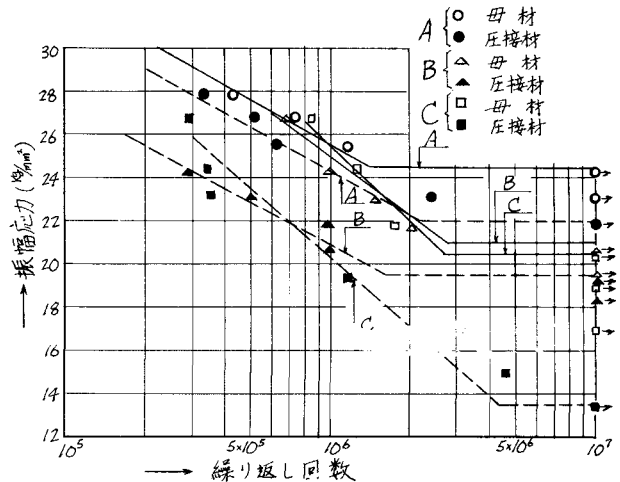


図-2 応力-繰返し回数曲線

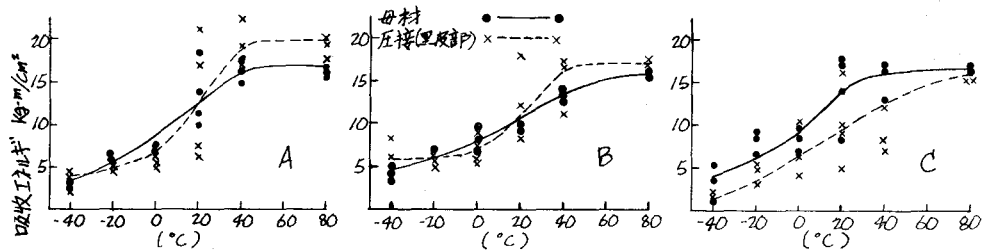


図-3 母材および圧接部のシャルピー試験

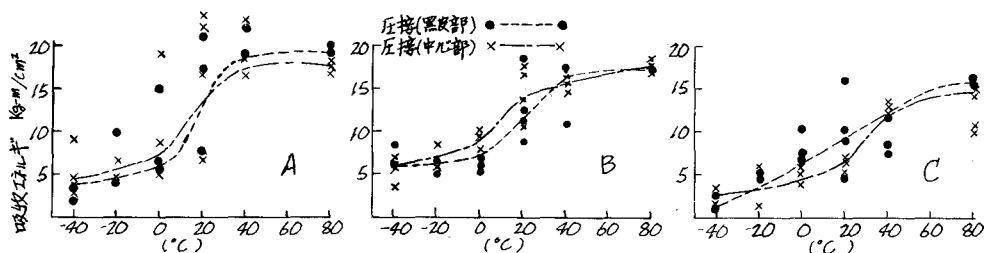


図-4 圧接部シャルピー試験

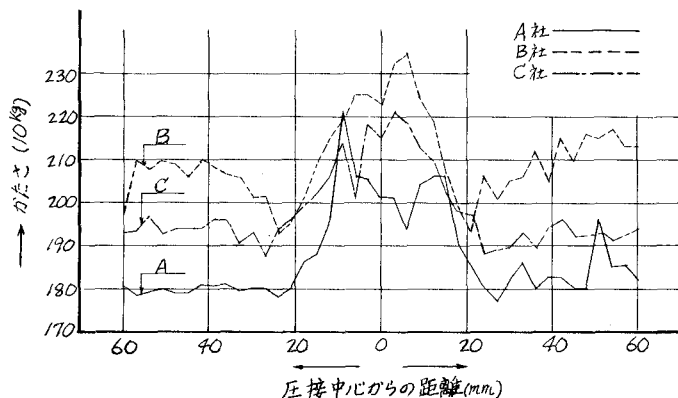


図-5 圧接部のかたさ分布

いわゆる素材としての疲労試験から許容応力度を推定した。

この疲労試験では共振曲げ疲労試験の結果のみ述べたが、現在実際の状態に近い引張、圧縮疲労試験を行っているので、この両者の関係については、いずれ明らかにしたいと考えているが、従来の試験結果から一般に引張圧縮疲労限度は共振曲げ疲労限度の80%を示すと云われているので、今表-4の疲労限度を80%倍して疲労限度線図を書けば、図-6の枠になる。

そこで、鉄道一般の鉄筋コンクリート構造物のうち、特に活荷重による応力変動の大きいと思われるラーメン高架橋、アーチについては、活荷重による実施設計上の鉄筋の応力振幅、平均応力は、ラーメン高架橋で、応力振幅 600 kg/cm^2 平均応力 1000 kg/cm^2 (部分片振り) アーチで、応力振幅 $695 \text{ kg/cm}^2 \div 700 \text{ kg/cm}^2$ 平均応力 $615 \text{ kg/cm}^2 \div 620 \text{ kg/cm}^2$ (部分片振り) と考えて良いので、

応力振幅に対する安全率は、疲労限度線図よりそれぞれ 1.15, 1.40 (圧接の状態を考慮して) と計算される。今この安全率として取るべき実際の値は、人的生活を尊重するという道徳的配慮、事故に対する世論の反応の根本心理的要素、などから許容される範囲に於て、確率論的に定めらるべきもので、その値としては、1.15 を取る (ヨーロッパコンクリート委員会規準 etc) のが一般とされる。従って、これらの事を考えても、現行の鉄道に於ける RC 規準の鉄筋の許容応力度 1600 kg/mm^2 は妥当と思われる。

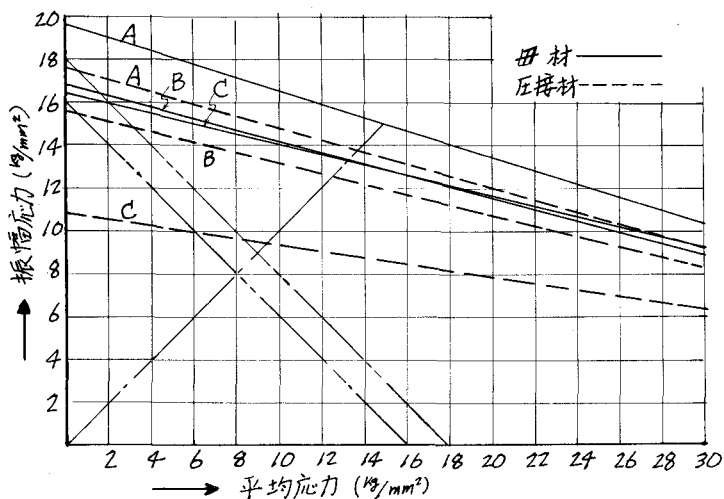


図-6 疲労限度線図