

(144) スポット溶接によるメッシュ鉄筋の疲労試験

オリエンタル・ピーエス・安部共同企業体 正会員 ○河村 直彦  
 日本道路公団 名古屋建設局 名古屋工事事務所 森山 陽一  
 オリエンタル・ピーエス・安部共同企業体 正会員 広瀬 博行

1. はじめに

第二名神高速度道路・弥富高架橋では、セグメント製作の省力化のため、スポット溶接によるメッシュ鉄筋を利用している(写真-1.1)。さらに、今後ともメッシュ鉄筋の使用量が増大することが予想される。しかしながら、メッシュ鉄筋の疲労強度については不明な点があるため、引張試験および疲労試験を実施した。

本試験の結果、メッシュ鉄筋の疲労特性が明らかとなった。

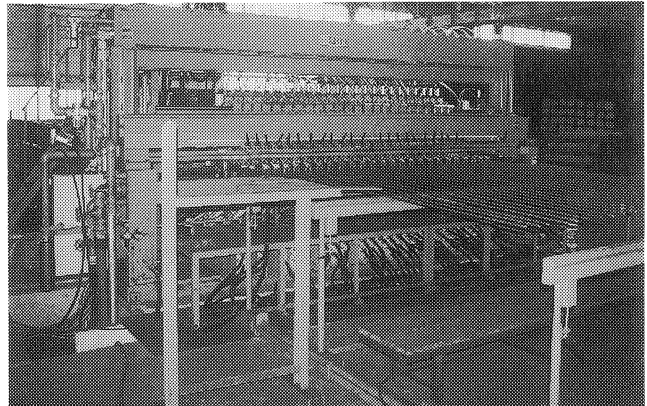


写真-1.1 メッシュ鉄筋製作状況

2. 実験方法

2.1 メッシュの組み合わせ

本疲労試験は、弥富高架橋で使用される組み合わせばかりでなく、一般に使用される組み合わせで行うこととする。鉄筋径の組み合わせを表-2.1に示す。

表-2.1 鉄筋径の組み合わせ

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
主筋	D13	D16	D19	D19	D22	D22	D22
配力筋	D13	D13	D13	D16	D13	D16	D19

2.2 供試体の概要

供試体は主筋に配力筋をスポット溶接したものとし、形状および寸法は図-2.1のとおりとする。溶接強度は、実構造物に使用されるものと同等とする。

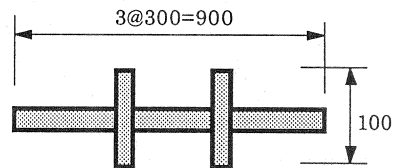


図-2.1 供試体寸法

2.3 応力振幅

応力振幅は、応力振幅～回数関係をプロットできるよう4種類を行うこととし、道路橋示方書の制限値および実橋の応力度をもとに決定する。

(1)道路橋示方書による応力度

道路橋示方書によれば、鉄筋の応力度の許容値は通常の場合 1800kgf/cm<sup>2</sup>であるが、疲労が問題となる場合には、1400kgf/cm<sup>2</sup>程度にするのが望ましいとされている。そこで、上限応力度として、1400kgf/cm<sup>2</sup>および1800kgf/cm<sup>2</sup>を試験する。

(2)実橋での応力度

実橋において、主筋応力度の最大値は、本線橋のPPC床版で $\sigma_{max}=743\text{kgf/cm}^2$ 、ランプ橋のRC床版で $\sigma_{max}=1301\text{kgf/cm}^2$ である。これより、上限応力度として1300kgf/cm<sup>2</sup>を試験する。

(3)その他

応力振幅～回数関係をプロットできるよう、上限応力度を上げて試験することが必要であると思われる。そこで、上限応力度として2200kgf/cm<sup>2</sup>を試験する。

(4)下限応力度の決定

下限応力度は、土木学会「鉄筋継手評価指針(案)」に準じて300kgf/cm<sup>2</sup>とする。

以上より、応力振幅は上限応力度を1300,1400,1800,2200kgf/cm<sup>2</sup>、下限応力度を300kgf/cm<sup>2</sup>とする。この他に、静的引張試験も行うこととする。

2.4 試験条件

試験条件は以下のとおりとする。

- 制御：荷重制御による片振り引張とする。
- 波形：波形は正弦波とする。
- 繰返し速度：繰返し速度は400rpm(アムスラー)または7Hz(油圧サーボ式)とする。
- 繰返し数：最大2×10<sup>6</sup>回とする。これ以前に破断した場合は、それで打ち切る。

3. 試験結果

3.1 静的引張試験結果

静的引張試験結果を表-3.1に、試験後の代表的な破断例を写真-3.1に示す。各種とも、降伏応力度は4000～4300kgf/cm<sup>2</sup>、引張強さは5700～6000kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、通常の鉄筋と同等である。

表-3.1 引張試験結果

主筋	配力筋	降伏応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	破断位置
D13	D13	4340	5980	中央部
		4240	5930	中央部
D16	D13	4130	5840	中央部
		4130	5830	中央部
D19	D13	4280	6000	中央部
		4280	5850	中央部
D19	D16	4060	6000	溶接部
		4020	6160	中央部
D22	D13	3960	5730	溶接部
		4050	5690	溶接部
D22	D16	4030	5730	溶接部
		3990	5700	中央部
D22	D19	4120	5790	溶接部
		4110	5850	中央部

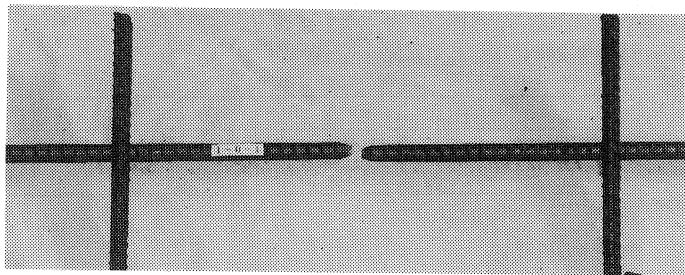


写真-3.1 静的引張試験の破断例

3.2 疲労試験結果

疲労試験結果を表-3.2に、疲労試験後の代表的な破断例を写真-3.2に示す。破断位置はすべて溶接部であった。また、写真より、破断の性状は静的引張試験と異なり、破断位置のくびれがないことが確認される。

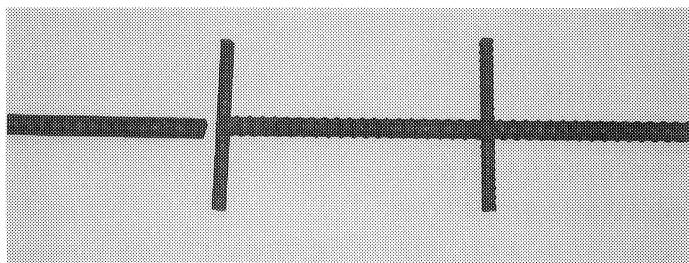


写真-3.2 疲労試験の破断例

4. 考察

4.1 疲労強度の算出

土木学会コンクリート標準示方書によれば、異形鉄筋の疲労強度は次式で示されるとしている。

$$f_{srd} = 190 \frac{10^a}{N^k} \left( 1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}} \right) / \gamma_s \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここに、

$f_{ud}$ : 鉄筋に対する設計引張強度で、材料係数を 1.05 とし  
て求めてよい。

$\gamma_s$ : 鉄筋に対する材料係数で、一般に 1.05 としてよい。

$a, k$  は試験により求めるとしている。

本疲労試験での結果および平城らの実験結果<sup>1)</sup>を合わせて  
 $a, k$  を求めると、

$$a = 1.195$$

$$k = 0.192$$

となった。(図-4.1)

4.2 土木学会式との比較

土木学会コンクリート標準示方書設計編によれば、 $N \leq 2 \times 10^6$  回であれば  $a$  と  $k$  を次式のとおりすることができる。

$$a = k_0(0.80 - 0.003\phi)$$

$$k = 0.12$$

ここに、

$\phi$ : 鉄筋直径

$k_0$ : 鉄筋のふしの形状に関する係数で、一般に 1.0 として  
よい

D16 について、 $a$  を求めると、

$$a = 1.0 \times (0.80 - 0.003 \times 16) = 0.752$$

となる。以上の結果および土木学会式の 80% および 70% を  
プロットすると、図-4.1 のとおりとなる。

表-3.2 疲労試験結果

主筋	配力筋	上限応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	下限応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	繰返し数
D13	D13	1300	300	
		1300	300	
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1800	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1800	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
D16	D13	2200	300	3.50×10 <sup>5</sup>
		2200	300	3.23×10 <sup>5</sup>
		1300	300	
		1300	300	
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
D19	D13	1800	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1800	300	8.97×10 <sup>5</sup>
		2200	300	1.77×10 <sup>5</sup>
		2200	300	3.45×10 <sup>5</sup>
		1300	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1300	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
D19	D16	1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	1.58×10 <sup>6</sup>
		1800	300	3.79×10 <sup>5</sup>
		1800	300	4.78×10 <sup>5</sup>
		2200	300	4.46×10 <sup>5</sup>
		2200	300	3.26×10 <sup>5</sup>
D22	D13	1300	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1300	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	1.65×10 <sup>6</sup>
		1400	300	1.75×10 <sup>6</sup>
		1800	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1800	300	1.71×10 <sup>6</sup>
D22	D16	2200	300	3.78×10 <sup>5</sup>
		2200	300	5.13×10 <sup>5</sup>
		1300	300	
		1300	300	
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
D22	D19	1800	300	6.34×10 <sup>5</sup>
		1800	300	9.62×10 <sup>5</sup>
		2200	300	4.36×10 <sup>5</sup>
		2200	300	3.56×10 <sup>5</sup>
		1300	300	
		1300	300	
D22	D19	1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1400	300	>2.00×10 <sup>6</sup>
		1800	300	7.31×10 <sup>5</sup>
		1800	300	7.31×10 <sup>5</sup>
		2200	300	3.71×10 <sup>5</sup>
		2200	300	5.36×10 <sup>5</sup>

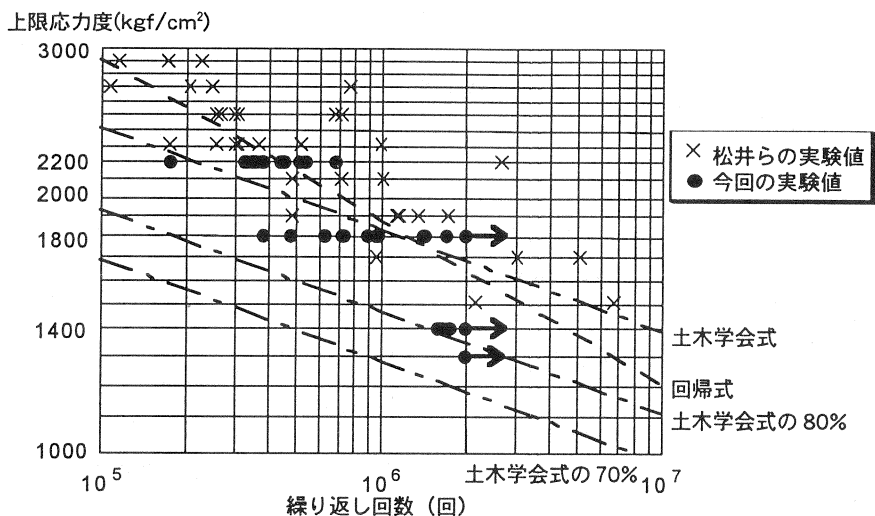


図-4.1 疲労試験結果

### 4.3 設計疲労強度の提案

土木学会コンクリート標準示方書によれば、異形鉄筋の溶接部の疲労強度は母材に対して以下の値を使用しているとされている。

- 1) ガス圧接部に対しては70%
- 2) 溶接により組立を行う鉄筋および折り曲げ部を有する鉄筋に対しては50%

実験結果によれば、今回のスポット溶接部の疲労強度は、土木学会式の80%の値を用いれば十分満足している。よって、D22以下のスポット溶接部の疲労強度の設計用値は、土木学会式の80%を用いるとしてよいと思われる。また、繰返し回数として200万回を基準とすると、上限応力度としては1300kgf/cm<sup>2</sup>を用いれば十分安全である。

### 5 まとめ

本試験により、以下のことが確認された。

- 1) メッシュ鉄筋の静的引張特性は、通常の鉄筋と同等である。
- 2) メッシュ鉄筋の設計疲労強度は、土木学会式の80%とすれば、十分安全である。また、繰返し回数として200万回を基準とすると、1300kgf/cm<sup>2</sup>を用いれば十分安全である。

また、スポット溶接業者や溶接機による差異、溶接位置(鉄筋の節、面、リブ)による差異を明らかにすることが今後の課題であると思われる。

### 参考文献

- 1) 平城弘一, 松井繁之: 溶接鉄筋の橋梁床版への適用に関する研究, コンクリート工学論文集 Vol.19, No.2, 1997