

V-164 劣化した鉄筋の力学特性に関する基礎的研究

東亜建設工業(株)技術研究所 正員 羽瀨 貴士 正員 守分 敦郎  
 東京ガス(株) 工藤 文弘 広谷 亮

1. まえがき

塩害による鉄筋コンクリート構造物の劣化は社会的な問題となっている。劣化した構造物の残存耐力を評価するためには、劣化した鉄筋の残存耐力を知る必要がある。そのような構造物から鉄筋をはりだすと、鉄筋断面の減少とともに「孔食」を見つげることができる。本研究では、断面が減少し、孔食を有する鉄筋の「静的な」および「疲労に対する」力学特性を明らかにするために行った検討の結果について報告する。

2. 実験概要

試験は鉄筋の引張試験および疲労試験を行なった。実験ケースを表-1に示す。供試体は異形鉄筋(D16、SD30)を使用し、鉄筋は写真-1に示すような劣化状況をモデル化して断面残存率が70~90%になるようにミーリング切削し、軸方向2ヵ所に直径4mmのピットを付けたものを用いた。

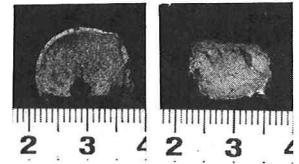


写真-1 劣化した鉄筋断面の一例

引張試験では引張試験機の上下のチャック間の変位も同時に測定した。さらにケース2-2、4-1においては図-1に示すように伸び計を用いてピットを含む長さ10cmの区間の平均ひずみも測定した。また疲労試験は部分片振り（最

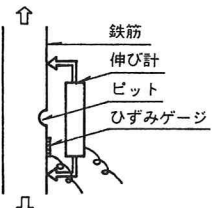


図-1 引張試験状況

小荷重は0.3tf)とし、鉄筋の降伏応力の60%~90%程度の応力振幅に対して行なった。疲労試験供試体は図-2に示すように、鉄筋のつかみ部で応力集中を起こさないようテーパを付けた治具にエポキシ樹脂系接着剤で固定した。

表-1 実験ケース一覧

ケース	1	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	4-1	4-2
断面残存率	100%	90%	90%	90%	80%	80%	70%	70%
欠損形態	—	片側	両側	片側	片側	両側	片側	両側
断面状況								
引張試験	3本	—	3本	—	—	—	3本	—
疲労試験	—	6本	6本	7本	3本	5本	5本	4本

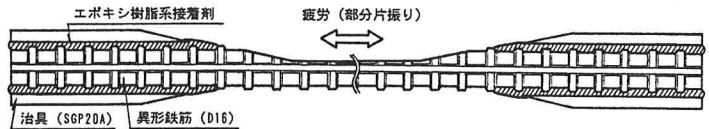


図-2 疲労試験供試体

3. 実験結果及び考察

(1) 引張試験

引張試験の結果を表-2に示す。また、ピットを含まない部分とピットを含む長さ10cmの区間の応力~ひずみ曲線の比較（応力はピットを含まない部分での値）の一例を図-3に示す。さらに、引張試験機の上下のチャック間変位より求めた鉄筋のひずみと（ピットを含まない部分の）応力の関係を図-4に示す。この結果、以下のことがわかった。

表-2 引張試験結果

ケース	ヤング係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	降伏応力 (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
1	2.1×10 <sup>6</sup>	36	24
2-2*	2.0×10 <sup>6</sup>	35	19
4-1*	2.0×10 <sup>6</sup>	36	19

\*; ピットを含む長さ10cmの部分の値

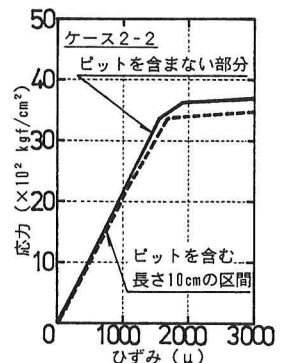


図-3 応力~ひずみ曲線（弾性域）

①ピットを含む区間の平均ヤング係数や降伏点は孔食のない鉄筋に比較してわずかに小さくなる。これは、ピットを

む断面が他の断面より先に降伏点に達するためと考えられる。

②断面が1~3割減少し、かつピットがある場合には、破断伸びが2割程度小さくなる傾向が認められる。

(2) 疲労試験

疲労試験の結果を図-5に示す。なお、この図には「土木学会コンクリート標準示方書」<sup>1)</sup>に示された式

$$f_{s,r} = 1900(10^{\phi} / N^k)(1 - \sigma_{s,p} / f_{s,d}) / \gamma_s \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad \dots\dots\dots (a)$$

- ここに、 $f_{s,r}$  ; 設計疲労強度、
- $N$  ; 疲労寿命(回) ( $N \leq 2 \times 10^6$ )、
- $\sigma_{s,p}$  ; 永久荷重による応力度(kgf/cm<sup>2</sup>)、 $f_{s,d}$  ; 設計引張強度(kgf/cm<sup>2</sup>)、
- $a$  ; 定数 ( $= k_0 \times (0.82 - 0.003\phi)$ )、 $k_0 = 1.0$  )、 $\phi$  ; 鉄筋直径(mm)、
- $k$  ; 定数 ( $= 0.12$ )、 $\gamma_s$  ; 材料係数 ( $= 1.0$ )

から求めた設計ひずみ振幅と疲労寿命の関係を合わせて示してある。この結果、以下のことがわかった。

①ピットを有する鉄筋(ケース2-3を除く)の場合、その疲労特性は断面残存率の違いによる明確な傾向はなく、次式(b)によって近似できる。

$$\varepsilon_{s,r} = 6300 / N^k \quad (\mu) \quad \dots\dots\dots (b)$$

- ここに、 $\varepsilon_{s,r}$  ; ひずみ振幅、
- $N$  ; 疲労寿命(回)、
- $k$  ; 定数 ( $= 0.12$ )

②ケース2-3の場合にはその疲労特性は次式(c)で表わされ、ケース2-1の場合よりも疲労に対する耐久性は低下することが予想される。

$$\varepsilon_{s,r} = 5350 / N^k \quad (\mu) \quad \dots\dots\dots (c)$$

- ここに、 $\varepsilon_{s,r}$  ; ひずみ振幅、 $N$  ; 疲労寿命(回)、 $k$  ; 定数 ( $= 0.12$ )

③今回検討したような断面欠損状況の鉄筋に対しては式(a)よりもさらに安全率を大きくとった式を用いて残存疲労耐力を検討する必要がある。

4. まとめ

以上の検討の結果、以下のことが明らかになった。

- ①孔食を有する鉄筋のヤング係数や降伏点は、孔食のない鉄筋よりもわずかに小さくなる。
- ②破断伸びは欠損のない鉄筋に比較して若干小さくなる。
- ③孔食を有する鉄筋の疲労耐力は、孔食の状況によって大きく異なる。

今回は劣化した鉄筋のみの力学特性について検討したが、特に疲労特性については鉄筋コンクリート構造物としての鉄筋の残存耐力との整合性について今後検討する必要があると思われる。

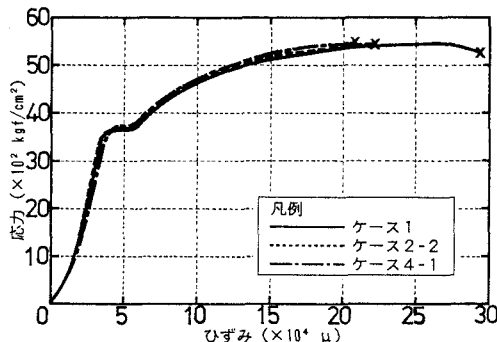


図-4 チャック間変位より求めたひずみと応力の関係

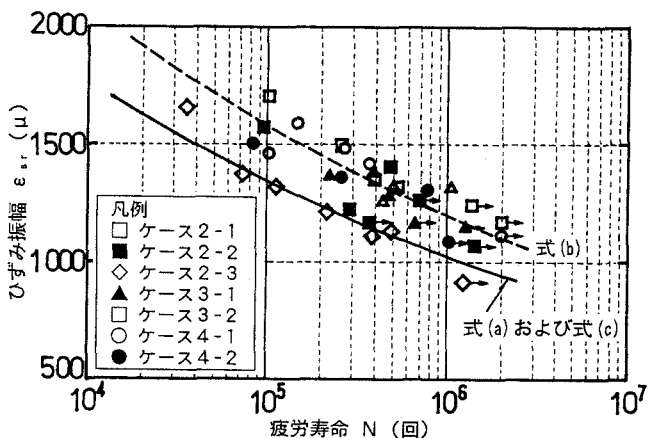


図-5 疲労試験結果

[参考文献] 1) 土木学会: 「コンクリート標準示方書 設計編」, 昭和61年制定