

ピー・エス 正員 藤岡 靖 摂南大学工学部 正員 平城弘一
神戸大学工学部 正員 大谷恭弘 大阪市立大学工学部 正員 鬼頭宏明

1. まえがき 土木構造物の設計方法が限界状態設計法に移行しつつある現状において、各種構成材料に関する疲労強度の評価法を統一化することは重要な課題である。周知のように鋼材には既にデータバンクが組織的に構築され、その活用方法が模索されているが、コンクリート系材料には、未だそのようなデータバンクは構築されていないようである。

本研究は、国の内外から収集・整理された気中あるいはコンクリート中の異形鉄筋に関する既往の疲労試験データを分析し、重回帰分析結果から最も合理的な鉄筋の疲労強度評価式を導こうとするものである。

2. 既往の疲労試験

データの基本統計量

鉄筋（気中）493個と鉄筋（コンクリート中）442個の疲労試験データの基本統計量を表1, 2に示す。なお、データの出典に関しては文献1)を参照されたい。

表1 鉄筋（気中）の基本統計量

（疲労試験データ数：493個）

項 目	単 位	最小値	最大値	変動範囲	平均値	標準偏差
直 径 d_s	mm	8.0	51.0	43.0	23.471	10.825
引張強度 f_u	kgf/mm ²	49.2	95.1	45.9	63.572	7.274
下限応力度 f_{min}	kgf/mm ²	0.4	21.6	21.2	5.151	4.460
上限応力度 f_{max}	kgf/mm ²	16.5	53.6	37.1	30.989	6.053
平均応力度 $f_m = (f_{max} + f_{min})/2$	kgf/mm ²	9.25	36.3	27.1	18.070	4.769
応力範囲 $f_a (=f_{max} - f_{min})$	kgf/mm ²	14.5	40.0	25.5	25.838	4.702
上限応力比 $R_1 (=f_{max}/f_u)$	1	0.246	0.908	0.662	0.4885	0.0837
振幅比 $R_2 (=f_{max}/f_m)$	1	1.332	1.969	0.637	1.7373	0.1287
破 壊 回 数 N		3000	6.800E6	6.797E6	945156	690613

表2 鉄筋（コンクリート中）の基本統計量

（疲労試験データ数：442個）

項 目	単 位	最小値	最大値	変動範囲	平均値	標準偏差
直 径 d_s	mm	16.0	35.0	19.0	24.819	4.831
引張強度 f_u	kgf/mm ²	52.0	89.6	37.6	70.608	12.406
下限応力度 f_{min}	kgf/mm ²	0.1	24.4	24.3	6.913	5.094
上限応力度 f_{max}	kgf/mm ²	16.8	60.2	43.4	32.382	7.855
平均応力度 $f_m = (f_{max} + f_{min})/2$	kgf/mm ²	10.25	39.7	29.4	19.647	5.824
応力範囲 $f_a (=f_{max} - f_{min})$	kgf/mm ²	11.6	47.2	35.6	25.469	6.295
上限応力比 $R_1 (=f_{max}/f_u)$	1	0.203	0.954	0.751	0.4667	0.1141
振幅比 $R_2 (=f_{max}/f_m)$	1	1.270	1.994	0.724	1.6735	0.1460
破 壊 回 数 N		20700	5.000E6	4.979E6	751918	854293

3. 疲労試験データに関する従来の整理法

f_a - N 関係と土木学会・コンクリート構造物の限界状態設計法指針（案）²⁾に従い整理した結果を図1～4に示す。

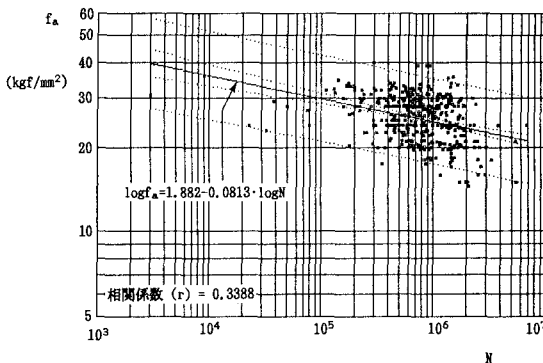
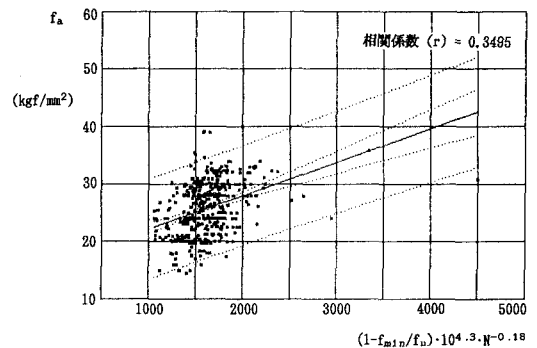
図1 鉄筋（気中）の f_a - N 関係（従来の整理法）

図2 土木学会・コンクリート構造物の限界状態設計法指針（案）による整理法（鉄筋（気中））

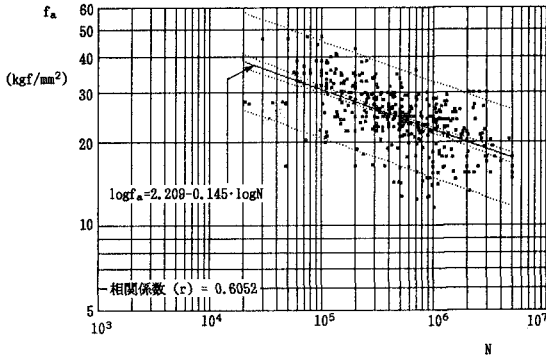


図3 鉄筋（コンクリート中）の f_a - N 関係（従来の整理法）

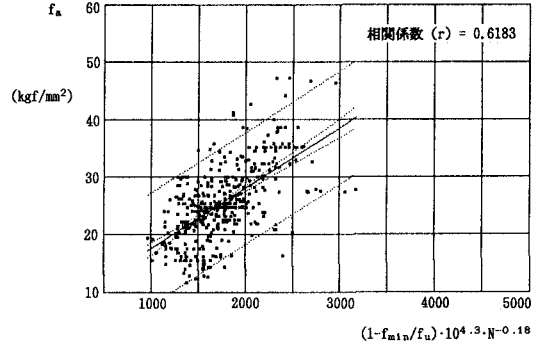


図4 土木学会・コンクリート構造物の限界状態設計法指針（案）4.10）による整理法（鉄筋（コンクリート中））

これらの図より明らかなように、相関係数が低いことがわかる。つまり、疲労試験データがまとまった形で整理されていないことがわかる。

4. 重回帰分析結果と疲労強度評価式の提示

重回帰分析から最終的に得られた鉄筋の疲労強度評価式を次に示す。

$$\log f_a = \alpha \cdot \{\log f_u - f_{\max}^2 / (f_m \cdot f_u)\} \log N + \beta$$

$$= \alpha \cdot (K' - R_1 \cdot R_2) \log N + \beta \quad (1)$$

ここで、 K' ：鉄筋の引張強度に関する平均値の対数（ $=\log f_u$ ）

R_1 ：上限応力比（ $=f_{\max}/f_u$ ）

R_2 ：平均応力度に対する振幅比
（ $=f_{\max}/f_m$ ）

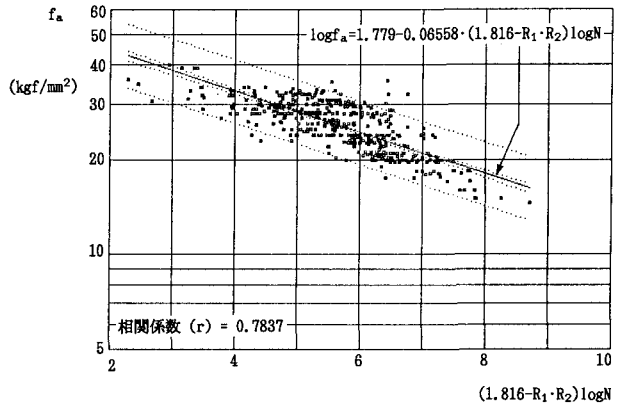


図5 鉄筋（気中）の $\log f_a - (K' - R_1 \cdot R_2) \log N$ 関係（新しい整理法）

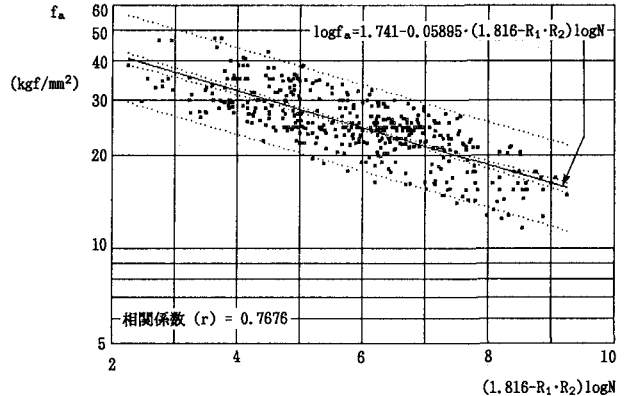


図6 鉄筋（コンクリート中）の $\log f_a - (K' - R_1 \cdot R_2) \log N$ 関係（新しい整理法）

今回収集した疲労試験データを式（1）の形でもって再整理したならば、鉄筋（気中）および鉄筋（コンクリート中）について、それぞれ図5,6のような結果を得た。これらの図より明らかなように、鉄筋（気中）に比べ、鉄筋（コンクリート中）の方が若干相関係数が低くなるものの、共に従来の整理法より高い相関係数が得られていることがわかる。また、式（1）によると、気中およびコンクリート中に関係なく、鉄筋の疲労強度は、全領域において、ほぼ同程度に評価できることもわかった。

あとがき 本研究は、土木学会関西支部共同研究グループ（委員長 松井繁之）¹⁾の一環として行ったものであり、構成各委員から多大なご助言を頂きました。また、摂南大学工学部土木工学科構造工学研究室卒業生、大西正恭君（現日立造船エンジニアリング）には、疲労試験データの統計処理にご協力を頂きました。

参考文献

- 1) 土木学会関西支部共同研究グループ：橋の疲労設計に関する研究委員会報告，1993。
- 2) 土木学会：コンクリート構造物の限界状態設計法指針（案），コンクリートライブラリ52，1983。