

モルタル充填式継手の設計疲労強度に関する検討

日本プライススリーブ(株) 正会員 ○松本 智夫
 日本プライススリーブ(株) 阿瀬 正明
 WJE (Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc.) Conrad Paulson
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

土木学会 2012 年制定 コンクリート標準示方書 設計編¹⁾によれば、機械式継手には種々の工法があるため、それぞれの工法の疲労特性を試験により確かめ、疲労強度を定めるのがよいと記されている。

モルタル充填式継手の場合は、他の機械式継手と比べて応力集中が緩和されることから、母材鉄筋の疲労特性に近い傾向を示すことが報告されている²⁾。

本報は、日本(SSJ) および米国(SSNA)で行ったモルタル充填式継手の高サイクル弾性疲労試験結果に基づき、1990 年版コンクリート構造の CEB-FIP モデルコード³⁾(以下、“MC90”と表記)の疲労強度設計に従い、同継手の疲労寿命 1 億回までの設計式を提案することを目的とした。

2. 試験概要

1) SSJ S8U & S9U スリムスリーブ継手の疲労試験

鉄筋 D25(SD345)で現場打ち部材用のスリーブ S8U を用いたモルタル充填式継手試験体は 9 本、同じく鉄筋 D29 (SD345)でスリーブ S9U を用いた継手試験体は 7 本である。

図-1 に試験方法および実施状況例を示す。図-2 および図-3 に疲労強度試験結果(S-N 線図)を示す。疲労試験は、最小応力 30.0N/mm²、载荷周波数 8Hz、最小最大応力比 0.10~0.23 の範囲で行った。最大応力は、図-2 の S8U(D25)で 130~240 N/mm²、図-3 の S9U(D29)で 210~300 N/mm²とした。図中の設計式とは、土木学会(2012)示方書¹⁾による異形鉄筋の設計疲労強度式(3.4.4)を、疲労寿命が 2×10^6 回以下の場合で示したものである。

図-2 の S8U(D25)継手試験体は、チャック部で鉄筋が破断した 2 本(薄塗りの●)を除くと、応力変動幅が大きくスリーブ端部で鉄筋が破断しない限りは $N=2 \times 10^6$ 回以上の繰返し数でも変状は認められなかった(右矢印)。

一方、図-3 の S9U(D29)継手試験体は、応力変動幅が

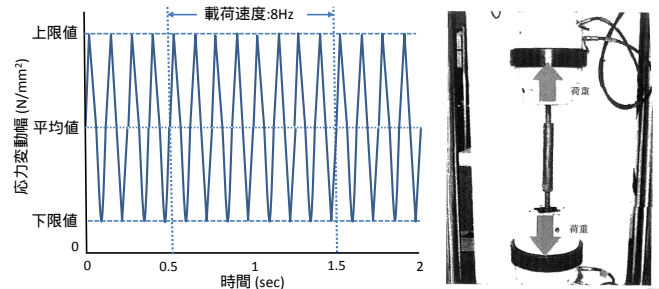


図-1 疲労試験方法および実施状況例

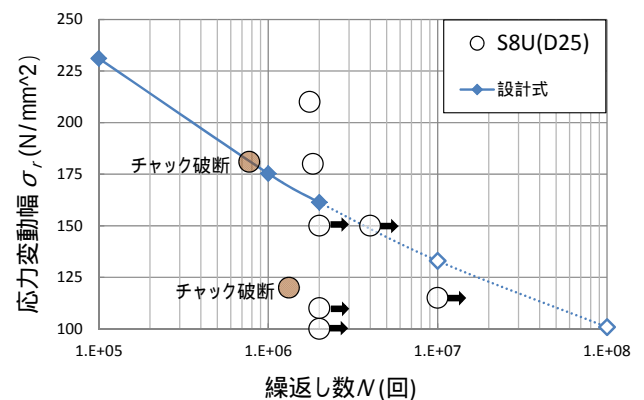


図-2 D25 継手(S8U)試験体の疲労強度(S-N線図)

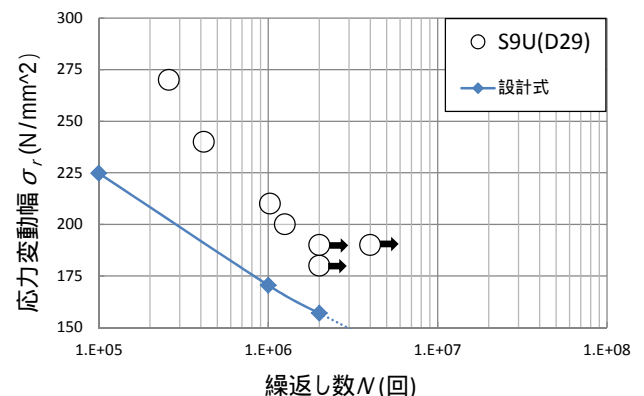


図-3 D29 継手(S9U)試験体の疲労強度(S-N線図)

大きい場合には $N=5 \times 10^5$ 回に達する前にスリーブ端部で鉄筋が破断した。応力変動幅が小さくなるに従い、繰返し数が $N=1 \times 10^6$ 回を超え、 $N=2 \times 10^6$ 回以上となった試験体の場合には破断は生じなかった(右矢印)。

キーワード モルタル充填式継手、疲労強度、高サイクル弾性疲労試験、S-N 線図、MC90

連絡先 〒271-0065 千葉県松戸市南花島向町 313-5 ニスコテクニカルセンター T E L 047-308-3681

2) SSNA 8U-X スプライススリーブ継手の疲労試験

D25(SD345)でプレキャスト部材用のスリーブを用いたモルタル充填式継手試験体は全部で29本あり,そのうちの13本はエポキシ塗装鉄筋とエポキシ塗装スリーブ(内面は塗装なし)を接合したものである。

疲労試験は,最小応力 20.7N/mm^2 , 載荷周波数 18Hz , 最小最大応力比 $0.09 \sim 0.115$ の範囲で行い, 最大応力は $180 \sim 230\text{N/mm}^2$ とした。図-4 に疲労強度($S-N$ 線図)を示す。図中の設計式とは, 前述の土木学会示方書¹⁾式(3.4.4)である。試験結果からは, エポキシ塗装の影響が幾分見られるものの, 繰返し数が $N=5 \times 10^6$ 回以上となった試験体は全て疲労破壊せずに, 最大 $N=9.2 \times 10^6$ 回まで繰返し載荷された(右矢印は省略)。また, 図-2 ~ 図-4 の示方書設計式(3.4.4)の $S-N$ 線は, 概ね継手試験体の疲労試験結果の下限に近いと考えられるが, 十分とはいえない。

3. MC90 による継手試験体の疲労強度の評価

MC90³⁾によれば, $N=10^8$ 回の疲労試験を行って, 得られたデータから応力変動幅(σ_r)と繰返し数(N)との関係を, 下式(1)のようなべき乗則で定めている。

$$(\sigma_r)^m \times N = C \quad (\text{ここに, } m: \text{べき指数, } C: \text{定数}) \quad \dots(1)$$

図-5 は, MC90 で使われている鉄筋の $S-N$ 線を $\log N$ に対する $\log \sigma_r$ の形式で模式的に示したものであり, $N=N^*$ を折れ点とする直線関係で表わしている。MC90 の 1 本ものの鉄筋の設計疲労強度に関する特性値を表-1 に示す(図-6 点線(鉄筋径 16mm 以上)参照)。

S8U(D25), S9U(D29)および 8U-X(D25)継手試験体の疲労試験結果に基づき, MC90 の手法と同様に最小二乗法による回帰分析を行った。その 95%信頼限界の $S-N$ 線が図-6 の破線であり, 特性値を表-1 の白抜き数字上段に示す。ここで, 図-5 の $N^*=10^5$ として求めた。なお, チェック部で破断した試験体および応力変動幅が 126N/mm^2 以下の試験体の計 5 本は検討から除外した。

さらに, 応力指数および $N=10^8$ 回の応力変動幅を, MC90 の径 16mm 以上の 1 本ものの鉄筋の設計疲労強度特性値と同じにした場合の $S-N$ 線が図-6 の実線であり, 特性値を表-1 の白抜き数字下段に示す。これによっても本継手試験体の疲労強度は安全側に評価できる。

4. まとめ

モルタル充填式継手の高サイクル弾性疲労試験を行い, MC90 の鉄筋の疲労強度設計に準拠した同継手の疲労寿命 1 億回までの設計式を提案した。

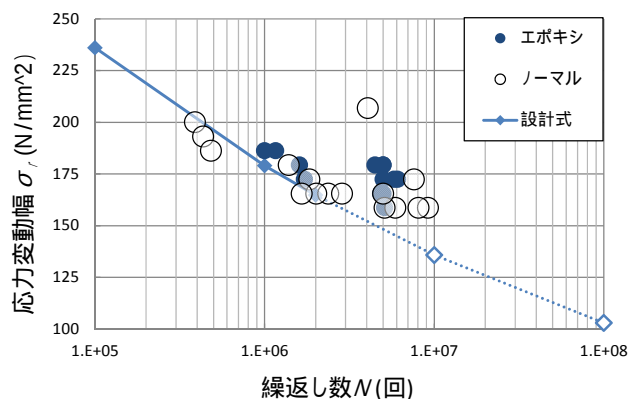


図-4 D25 継手(8U-X)試験体の疲労強度($S-N$ 線図)

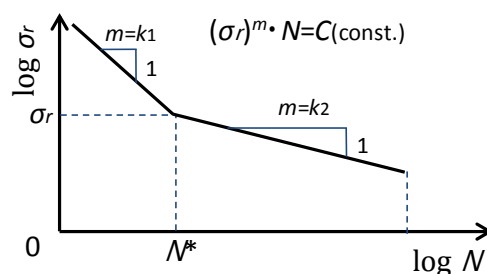


図-5 MC90 で使われている鉄筋の $S-N$ 線図

表-1 MC90 の鉄筋および継手の設計疲労強度特性値

鉄筋径 スリーブ	N^* (サイクル)	応力指数		応力変動幅(N/mm^2)	
		$m=k1$	$m=k2$	N^*	10^8
16mm以下	10^6	5	9	210	125
16mm以上	10^6	5	9	160	95
S8U, S9U, 8U-X	10^5	-	11	187	101
	10^5	5	9	205	95

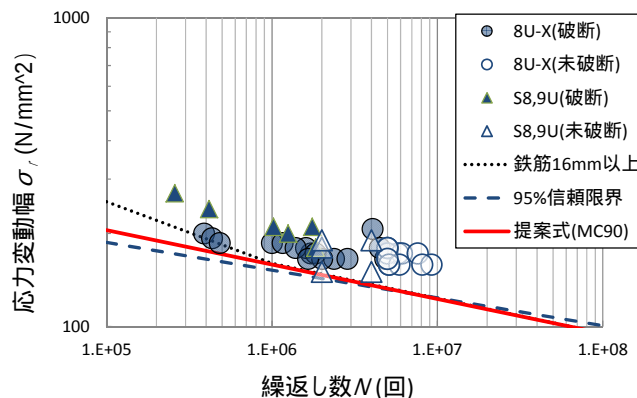


図-6 継手試験体の疲労試験結果に基づく提案式

参考文献

- 1) 土木学会:2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編], pp.214-216, 2013.3
- 2) 北出啓一郎, 東野光男, 山本忠久他2名:フルプレキャスト部材に用いるモルタルスリーブ継手の疲労強度, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, V-185, pp.369-370, 2014.9
- 3) CEB, 1993, CEB-FIP Model Code for Concrete Structures 1990, Comite Euro-International du Beton (CEB), Thomas Telford Services, Ltd., London.