

モルタル充てん継手に関する設計疲労強度の照査

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
 東京工業大学 環境・社会理工学院 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

機械式継手には種々の工法がある。そのため、それぞれの工法について、疲労特性を試験により確かめ、設計疲労強度を定めるのがよいとしている¹⁾。

筆者らは、国内外で行ったモルタル充てん継手の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(MC90)の疲労強度設計に従い、同継手単体の疲労寿命1億回までの設計式を2016年に提案した²⁾。以下、これを提案式(MC90)と表す。

本報は、特定の工事を対象に行った疲労試験の結果を基に、モルタル充てん継手の耐疲労性能を評価し、先の提案式(MC90)との照査を試みたものである。

2. 試験および結果概要

疲労試験に供したモルタル充てん継手試験体は、G社製の竹節鉄筋 D38(SD490)を現場打ち用のスリーブ S12U(FCD 700-2)で接合した8本である。表-1に使用材料の機械的性質を示す。

表-2に疲労試験の試験条件および測定項目を示す。試験は、载荷周波数 6~13Hz の正弦波により、目標荷重範囲での荷重制御による軸引張疲労試験とした。

繰返し载荷数 $N=200$ 万回で未破断の試験体については、その時点での継手部の残留変形量を、継手端部における鉄筋の拔出し量で測定した。なお、 $N=1000$ 万回まで未破断であった場合は、その時点で試験体の载荷を終了した。

表-3に継手試験体の疲労試験結果一覧を示す。図-1に応力範囲と繰返し数との関係($S-N$ 線図)を示す。図中の実線は、鉄道構造物等設計標準³⁾による異形鉄筋の母材の設計引張疲労強度式(鉄道標準式)に基づく $S-N$ 線図を示したものであり、同破線は、本継手試験体の疲労試験結果から求めた回帰式による $S-N$ 線図である。

これらによれば、応力範囲が大きい場合にはスリーブが破断する傾向はみられるが、本継手試験体の疲労強度は、 $N=200$ 万回で鉄道標準式の1.35倍を超える値

表-1 材料の機械的性質

鉄筋および継手 呼び名(鋼種)	引張強さ (N/mm^2)	降伏点 (N/mm^2)	伸び (%)	グラウト材 種類	圧縮強度 (N/mm^2)
D38(SD490)	676	517	21	SSモルタル	108
S12U(FCD700-2)	829	596	6	(管理強度 ≥ 70)	

表-2 疲労試験条件および測定項目

試験装置	400kN疲労試験機
試験環境	常温, 大気中
試験体数	8本
制御	荷重
波形	正弦波
周波数	6~13Hz
最小応力	$30\text{N}/\text{mm}^2$
最大応力	$190\sim 320\text{N}/\text{mm}^2$
繰返し数	最大1000万回
測定項目	荷重, 試験機変位, 200万回時点の残留変形量*

*スリーブの端部からの鉄筋の拔出し量を、クリップゲージ4点で測定して平均値を採った。

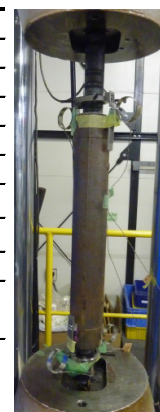


表-3 継手試験体の疲労試験結果一覧

No.	周波数 (Hz)	最大(最小) 応力(N/mm^2)	応力範囲 σ_r (N/mm^2)	繰返し数 N (回)	破断 位置	拔出し量 (mm)
1	6	270(30)	240	$4.01\text{E}+05$	鉄筋破断	—
2	8	240(30)	210	$3.07\text{E}+06$	継手中央	0.010
3	6	300(30)	270	$2.00\text{E}+05$	継手中央	—
4	13	210(30)	180	$5.78\text{E}+06$	鉄筋破断	0.009
5	10	190(30)	160	$>1.00\text{E}+07$	未破断	0.007
6	10	190(30)	160	$9.84\text{E}+06$	鉄筋破断	0.002
7	6	320(30)	290	$1.69\text{E}+05$	継手中央	—
8	13	250(30)	220	$1.04\text{E}+06$	鉄筋破断	—

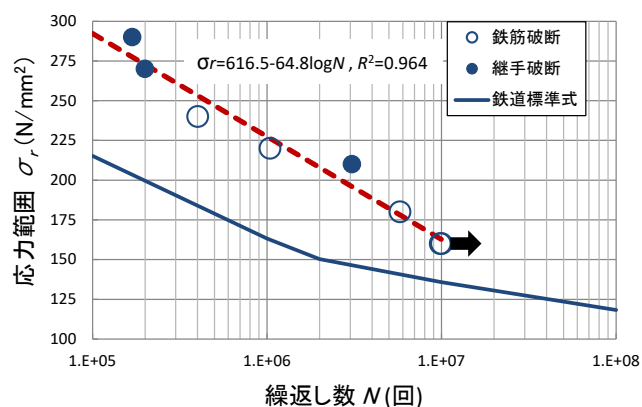


図-1 鉄筋(D38)継手(S12U)試験体の疲労強度

を示した。また、本疲労試験では、応力範囲が $160\text{N}/\text{mm}^2$ で、概ね $N=1000$ 万回となることが確認された。

キーワード モルタル充てん継手, 軸引張疲労試験, 単体疲労性能, $S-N$ 線図, 提案式(MC90), 照査

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 TEL 047-308-3681 FAX 047-308-3682

3. 提案式(MC90)による継手試験体の疲労強度の評価

MC90³⁾によれば、鉄筋について $N=10^8$ 回の疲労試験を行って、得られたデータから応力範囲(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た。

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

図-2 は、MC90 の鉄筋の $S-N$ 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で表わしている。また、1 本ものの鉄筋(径 16mm 以上)および国内外の継手疲労試験結果から求めた設計疲労強度に関する提案式(MC90)の特性値を併せて示す(図-3、図-4 点線および実線参照)。継手疲労強度の提案式(MC90)は、式(1)において 95^9 と 10^8 との積が一定値となることを示している。

図-3 は、提案式(MC90)を構築した試験体群の上に本報の継手疲労試験の結果を◇印で加えたものである。提案式(MC90)を実線で示すが、本報の継手疲労強度に対しても十分安全側の評価となっていることが分かる。

図-4 は、2014 年⁴⁾と 2018 年⁵⁾に報告のあった他社のモルタル充てん継手の疲労試験結果を基に、本提案式(MC90)との関係を示した。D25、D38 および D51 継手試験体は、SD490 のねじ筋鉄筋を FCAD 1200 のスリーブで接合している。一方、D32 継手試験体については、鉄筋の鋼種およびスリーブの材質に関する情報の記述はない。図-4 によれば、これら合計 46 本の継手試験体についても、本提案式(MC90)は安全側の評価を与えていると判断できる。

なお、同時に行われた D32 鉄筋母材の疲労試験結果を図-4 に□印で示した。図中の点線は、式(1)の特性値を図-2 の鉄筋(径 16mm 以上)とした場合である。これによれば、MC90 の鉄筋の疲労特性値は、試験結果に対して概ね妥当であると考えられる。

4. まとめ

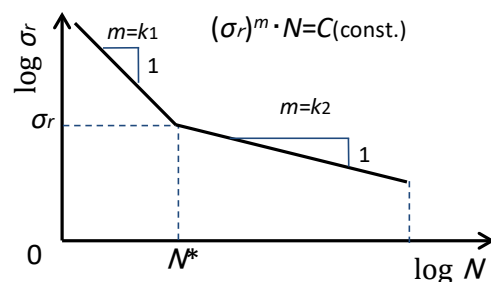
モルタル充てん継手の設計疲労強度の提案式(MC90)について、本報および既往の継手単体の疲労試験結果に対する照査を行い、その適合性を検証した。

謝 辞

継手の疲労試験は、(株)コベルコ科研にご協力いただいた。記して謝意を表します。また、貴重な報告を参考にさせていただいた関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，pp.90-92，2004.4



鉄筋径	N^*	応力指数		応力範囲(N/mm^2)	
スリーブ	(回数)	$m=k1$	$m=k2$	N^*	10^8
16mm以上	10^6	5	9	160	95
S8,9U,8U-X	10^5	5	9	205	95

図-2 MC90 の鉄筋の $S-N$ 線図および特性値

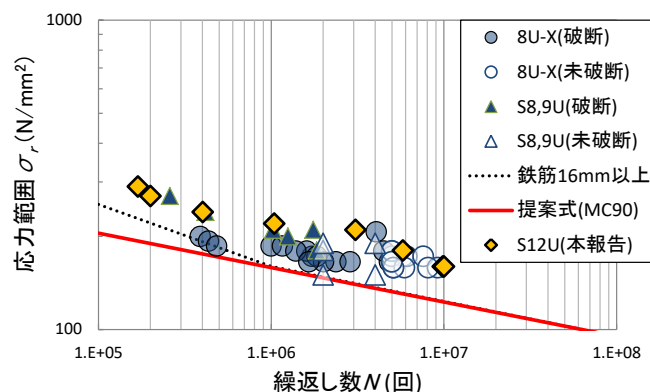


図-3 提案式 (MC90) による継手疲労強度の評価

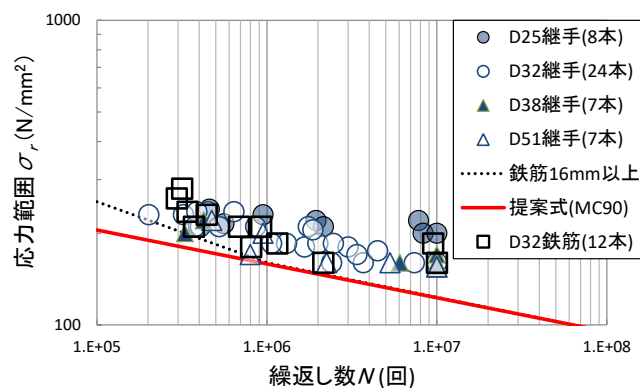


図-4 提案式 (MC90) による既往の継手疲労強度の評価

- 2) 松本智夫他 3 名：モルタル充填式継手の設計疲労強度に関する検討，土木学会第 71 回年次学術講演会，V-648，pp.1295-1296，2016.9
- 3) CEB, 1993, CEB-FIP Model Code for Concrete Structures 1990.
- 4) 北出啓一郎他 4 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，V-185，pp.369-370，2014.9
- 5) 鈴木彬人他 2 名：モルタル充てん継手単体の疲労特性の評価について，土木学会第 73 回年次学術講演会，V-477，pp.953-954，2018.8