

高サイクル繰返し荷重を受けるTヘッド鉄筋の定着性能

清水建設 土木技術本部 フェロー ○出羽克之, 正会員 小川晃 技術研究所 フェロー 木村克彦
日本大学 生産工学部 正会員 阿部 忠, 第一高周波工業 技術統括部 高岸正章

1. はじめに

著者等は高周波誘導加熱法により鉄筋端部を加熱し、T字型に成形した機械式定着鉄筋（Tヘッド鉄筋）を開発し¹⁾、一般的な標準フック鉄筋の代わりに鉄筋量の多いRC部材のせん断補強筋として用いることにより、コンクリート充填性の改善と配筋作業の効率化を図った。今後は鉄道高架橋の上層梁のように疲労破壊の可能性がある部材にも適用範囲を拡大することを目的として、定着部の高サイクル繰返し載荷試験を実施した。本報文では実験結果（疲労強度，拔出し量および鉄筋ひずみ）に基づいて、Tヘッド鉄筋の疲労に対する定着性能について考察する。

2. 試験概要

試験体は図1に示すようにTヘッド加工した鉄筋（D32〔SD345〕）の端部をコンクリート中に埋込んで定着した。埋込長は静的載荷の場合には8Dでコーン状の拔出し破壊を防止できるが、本実験では高サイクル繰返し載荷であることを考慮して1.5倍の12Dとした。載荷方法は最小応力度が30N/mm²，最大応力度が240～340N/mm²となるような周波数2～4Hzの正弦波状の繰返し荷重を試験体の端部に作用させた²⁾。荷重，繰返し載荷回数のほか鉄筋の拔出し量および鉄筋ひずみ（図1に示すG1～G4の4ヶ所）について計測した。試験に

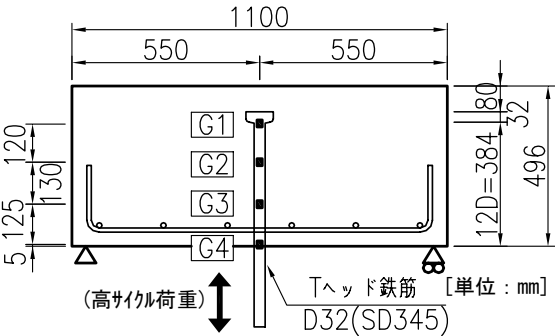


図1 試験体概要とひずみ計測位置

用いたTヘッド鉄筋の引張降伏強度は381N/mm²，引張強度は582N/mm²であり，コンクリートの圧縮強度は27.0～32.9N/mm²であった。表1に示すように拡張部直径が2.5D(Nシリーズ)〔D：Tヘッド鉄筋の公称径〕と2.0D(Sシリーズ)である2タイプのTヘッド鉄筋に対して，最大応力度をパラメータとする9体について試験を実施した。

3. 試験結果

各試験体の変動応力度と載荷回数との関係を表1および図2に示す。図表中の疲労寿命計算値(N)は，式(1)に示すコンクリート標準示方書の異形鉄筋の設計疲労強度式を用いて算定した。

$$f_{srd} = 190 \cdot \frac{10^\alpha}{N^k} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}} \right) / \gamma_s \quad [N/mm^2] \quad (1)$$
ここに、 f_{srd} ：設計疲労強度(変動応力度)， $k=0.12$ ， γ_s ：材料係数(=1.0)， σ_{sp} ：最小応力度， f_{ud} ：鉄筋の引張強度， $\alpha=k_{0f} \cdot (0.81-0.003 \cdot \phi)$ ， k_{0f} ：鉄筋のふし形状に関する係数(=1.1)， ϕ ：鉄筋径

表1 試験ケースと試験結果

拡張部寸法	試験体No.	最小応力度(N/mm ²)	最大応力度(N/mm ²)	変動応力度(N/mm ²)	疲労寿命計算値N _{cal} (回)	疲労寿命実験値N _{exp} (回)	疲労寿命対数比N _{exp} /N _{cal}	破断箇所
2.5 D	N1	30.2	338.5	308.3	18,518	112,888	1.18	表面近傍
	N2	30.2	325.7	295.5	25,533	146,703	1.17	表面上部
	N3	28.6	311.6	283.0	37,822	276,097	1.19	表面近傍
	N4	30.1	288.1	258.0	71,073	516,592	1.18	表面近傍
	N5	29.5	281.3	251.8	87,516	622,483	1.17	コンクリート中
	N6	29.6	243.8	214.2	287,893	2,565,406	1.17	表面上部
2.0 D	S1	30.0	325.7	295.7	25,610	251,837	1.23	表面上部
	S2	29.4	287.4	258.0	73,299	772,166	1.21	表面上部
	S3	30.1	250.6	220.5	227,192	1,167,267	1.13	表面上部

各試験体はいずれも鉄筋母材で疲労破断した。破断はほとんどコンクリート表面付近で生じており、コンクリートの表面付近には鉄筋との付着による影響と思われるコーン状のひびわれが見られる。図2は変動応力度(疲労強度)と疲労寿命の関係を示すが、拡張部の大きさによる差異はほとんどなく、疲労寿命の実験値は計算値の対数比で1.13～1.23倍の値を示し、Tヘッド鉄筋の定着部の疲労寿命は鉄筋母材により評価できることを確認した。

高感度変位計で計測したTヘッド鉄筋頭部の拔出し量を図3に示す。繰返し载荷により拔出し量も漸次増加するが、破断直前の拔出し量でも0.05mm程度とかなり小さく、健全なコンクリート中に定着されていれば問題は無いことが判る。拡張部が小さいSシリーズの拔出し量はNシリーズに比較して支圧面積が小さいため、やや大きめの値を示す傾向が見られる。

N4試験体とS2試験体の4ヶ所の鉄筋位置で計測した鉄筋ひずみをそれぞれ図3、図4に示す。鉄筋ひずみは測定予定载荷回数を含む数Hz分のひずみを動的に測定し、その平均値として表す。本試験体では鉄筋をコンクリート中に直埋めしており、鉄筋にはコンクリートの付着応力が作用するため、コンクリート表面(G4)からコンクリート内部の拡張部(G1)に向かって鉄筋ひずみは減少している。繰返し载荷につれて鉄筋ひずみは漸増しているが、コンクリート表面から内部になるにしたがって鉄筋ひずみの増分量は大きくなっており、载荷重の反復に伴ってコンクリートの付着応力が低下していることが判る。拡張部の小さいS2試験体の鉄筋ひずみは拡張部の大きいN4試験体に比較してコンクリート表面の鉄筋にやや大きいひずみが発生しており、拔出し量の関係と対応している。

4. まとめ

Tヘッド鉄筋の定着部の耐疲労性能を確認するために、高サイクル繰返し荷重による引張試験を実施し、鉄筋は母材で疲労破断すること、疲労強度はコンクリート標準示方書の異形鉄筋の設計疲労強度を上回ること、鉄筋の拔出し量は小さいことを検証し、疲労荷重作用時のTヘッド鉄筋のひずみ分布を把握した。本試験の実施に際してご協力を頂いた日本大学生産工学部ハイテクリサーチセンター水口先生はじめ学生の方々にここに厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 塩屋俊之・長澤保紀等：Tヘッドバー工法の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol. 22，No. 3，pp. 1291-1296，2000. 6
- 2) 出羽克之・木村克彦等：Tヘッド鉄筋定着部の疲労性能確認試験，第61回土木学会年次学術講演会，V-573，pp. 1141-1142，2006. 9

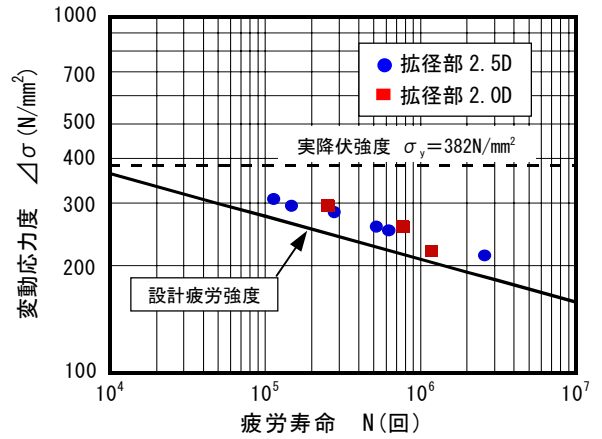


図2 S-N線図

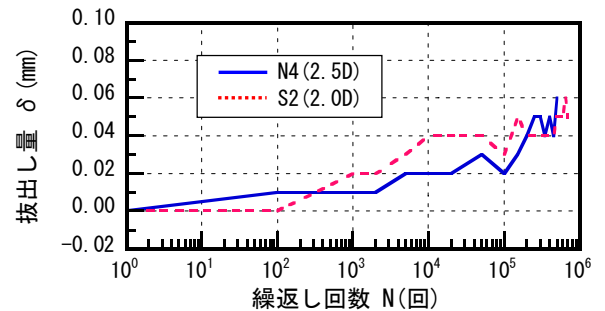


図3 鉄筋拔出し量

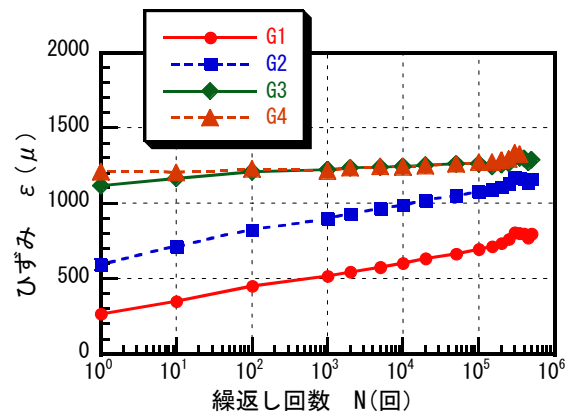


図4 鉄筋ひずみ[N4(2.5D)]

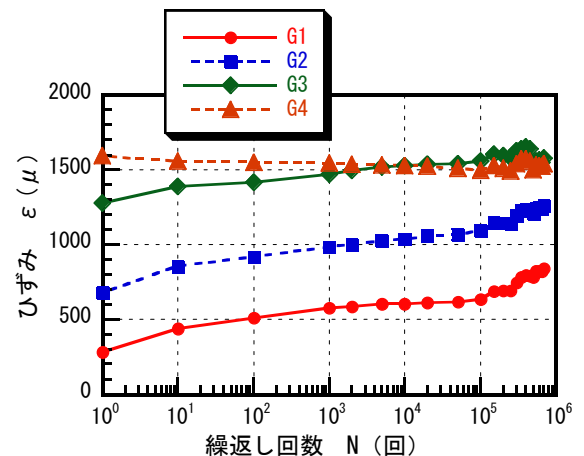


図5 鉄筋ひずみ[S2(2.0D)]