

テーパ型ナットを先端定着体としたアンカーの耐疲労性能に関する実験的検討

J R 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○赤堀 誠
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 山本 剛史

1. はじめに

あと施工アンカー工法は、コンクリート構造物の補強工事や付設設備の取付けなどで多く用いられている。小林ら¹⁾は、あと施工アンカー工法の高耐力化、信頼性向上を目的に、PC 丸鋼棒先端に定着体としてテーパ型に加工したナットをネジで螺合したアンカー（以下、「テーパナットアンカー」と呼ぶ(写真-1)）を考案した。テーパナットアンカーは、PC 鋼棒径の 20 倍の設置深さを確保することで、PC 鋼棒破断荷重相当の引抜耐荷力を有することが確認されているが、その耐疲労性能については未だ明らかになっていない。本稿では、繰り返し荷重を受ける部材への適用を見据えて、テーパナットアンカーの耐疲労性能を確認するために実験的な検討を実施した。

2. 試験概要

図-1 に試験体概要図を、表-1 に試験体一覧及び試験結果を示す。試験体 No.3 は試験途中で載荷荷重を漸増させており、それぞれの荷重条件に対する載荷回数を表記している。

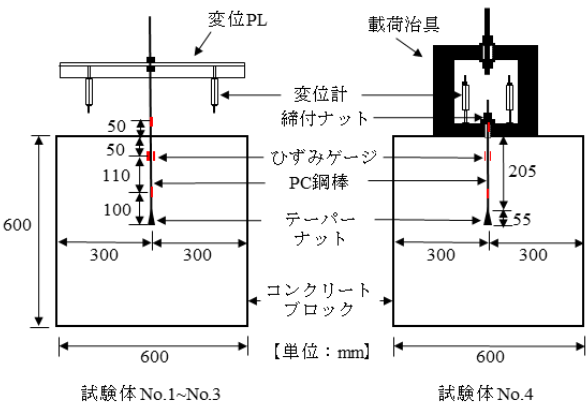


図-1 試験体概要図

コンクリートブロック 600 mm×600 mm×600 mm(設計強度 $f_c=30 \text{ N/mm}^2$) の中心に、テーパナットアンカーをあらかじめ配置してコンクリートを打設した。アンカーPC 鋼棒(C 種 1 号, $\sigma_{0.2}=1098 \text{ N/mm}^2$) は直径 13 mm のものを使用し、その設置深さはアンカーPC 鋼棒径の 20 倍で 260 mm とした。試験体 No.4 は、緊張力を導入したアンカーの耐疲労性能を検討するために鋼製の剛な載荷治具を設置した。緊張力の導入はナット締付によって行い、緊張力の大きさは PC 鋼棒の計測ひずみ値と材料試験結果から算出した。なお、締付完了から 20 時間後に初回載荷を開始した。

載荷方法は動的繰り返し載荷とし、アンカー上部を試験機の油圧チャックで把持させ、周波数 4 Hz で載荷した。

計測項目はアンカーのひずみ、アンカー抜け出し変位、載荷荷重とし、任意の間隔で動的計測および静的計測を実施した。ひずみゲージは図-1 に示す通り、テーパナット先端から 100 mm, 210 mm, 310 mm の位置の表裏(180 度)に貼付した。上中下のひずみゲージ貼付方向はそれぞれ 90 度ずらした方向とした。変位計はアンカーの左右(180 度)に設置した。



写真-1 テーパーナットアンカー

表-1 試験体一覧及び試験結果

※引張荷重が正

試験体 No	最小荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	応力振幅 (N/mm ²)	試験開始時 緊張力(kN)	f_c (N/mm ²)	載荷回数 (回)	破壊モード
No.1	25	75	376.8	-	40.2	219,470	疲労破断
No.2	65	75	75.4	-	39.8	10,000,000	健全
No.3	-10	10	150.7	-	27.3	4,000,000	健全
	-15	15	226.1			1,000,000	健全
	-20	20	301.4			2,500,000	定着部破壊
No.4	25	75	376.8	100	30.2	10,000,000	健全

キーワード テーパーナットアンカー、疲労、プレストレス

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL048-651-2552

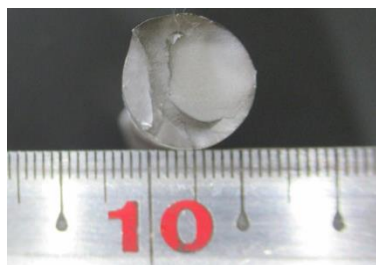


写真-2 PC 鋼棒破断状況 (No.1)

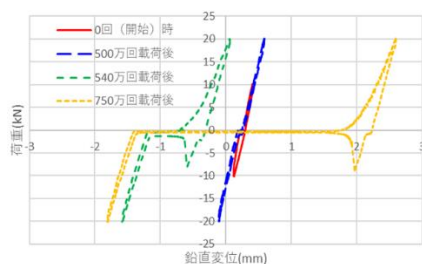


図-4 荷重-鉛直変位関係 (No.3)

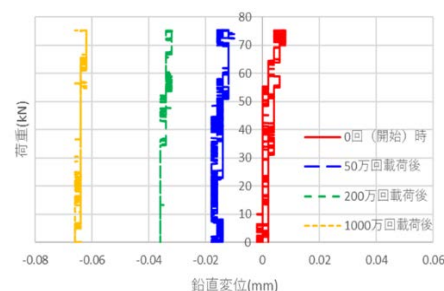


図-6 荷重-鉛直変位関係 (No.4)

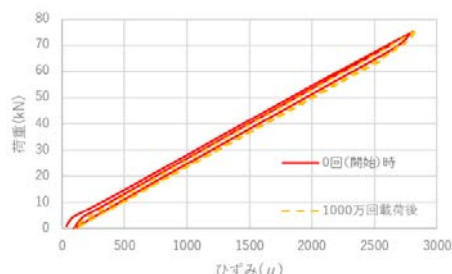


図-3 荷重-ひずみ関係 (No.2)

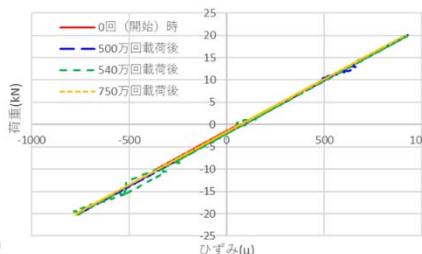


図-5 荷重-ひずみ関係 (No.3)

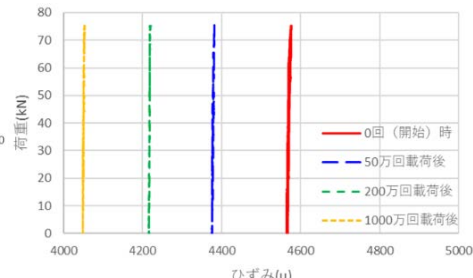


図-7 荷重-ひずみ関係 (No.4)

3. 試験結果・考察

1) 試験体 No.1 (引張片振り)

載荷回数約 22 万回でコンクリート表層近傍の PC 鋼棒 (丸鋼部) が破断した。破断状況を写真-2 に示す。破断面は滑らかでラチェットマーク等の特徴がみられたことから、疲労による破断と考えられる。

2) 試験体 No.2 (引張片振り)

載荷回数 1000 万回経過後もアンカーPC 鋼棒の抜け出しや破断は確認されなかった。図-3 に荷重とひずみの関係を示す。初回載荷時に若干の残留ひずみがみられたが、その後の載荷ではひずみの増大等の劣化は認められなかった。このことから No.2 の荷重条件では 1000 万回の繰り返し載荷に対して十分な耐疲労性能を有しているといえる。

3) 試験体 No.3 (引張圧縮交番)

アンカーPC 鋼棒の抜け出しを確認したため累計 750 万回で載荷を終了した。図-4 に荷重と鉛直変位の関係を、図-5 に荷重とひずみの関係を示す。応力振幅 226.1 N/mm² で載荷していた累計 500 万回載荷までは変形性能に顕著な劣化は認められなかった。応力振幅を 301.4 N/mm² に拡大して 40 万回 (累計 540 万回) 程度の載荷を経て 0kN 付近における変形が急増した。これは、テーパナットと PC 鋼棒の螺合部でネジ山の飛越が発生したと推定される。750 万回載荷後の静的載荷では、0kN 付近の変形がさらに増大した。また、アンカーPC 鋼棒には累計 750 万回載荷までにひずみの増大等の劣化は認められなかった。以上より本試験の荷重条件では、ア

ンカーPC 鋼棒は十分な耐疲労性能を有していたが、定着部の劣化により変形性能が低下した。

4) 試験体 No.4 (引張片振り・緊張力導入)

載荷回数 1000 万回経過後もアンカーPC 鋼棒の破断は確認されなかった。図-6 に荷重と鉛直変位の関係を、図-7 に荷重とひずみの関係を示す。変位・ひずみともに各載荷サイクルの荷重変化に対してほとんど変化がなかった。ひずみ値に関しては載荷回数の増加とともに初期ひずみ値が低下しているが、これは時間経過に伴う PC 鋼材のクリープやリラクゼーションに起因するものと推定される。同一荷重条件の No.1 試験体と比較すると、緊張力を導入したことでアンカーPC 鋼棒に作用する応力の振幅が小さくなり、耐疲労性能が飛躍的に向上した。

4. まとめ

- 1) 引張圧縮交番載荷を実施した試験体では、定着部の劣化により変形性能が低下した。このことから、アンカーに繰り返し圧縮荷重が作用しないよう設計上の配慮が必要になると考えられる。
- 2) 緊張力を導入してアンカーに作用する応力振幅を小さくすることで、耐疲労性能を飛躍的に向上させることができる。

参考文献

- 1) 小林 薫, 鈴木雄大, 平林雅也, 伊藤隼人: テーパーナットを PC 鋼棒定着体としたあと施工アンカー工法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, pp.1609-1614, 2016.7