

[2023105202]

節形状の異なるあと施工アンカーの歪み分布特性評価 Evaluation of Strain Distribution of Adhesive Anchors with Different Rib Shapes

坂下雅信 ^{A)}, 向井智久 ^{B)}, チェホンボク ^{C)}, 菖蒲敬久 ^{D)}, 高野慶貴 ^{C)}, 中村聡宏 ^{A)}, 諸岡聡 ^{D)}

Masanobu Sakashita ^{A)}, Tomohisa Mukai ^{B)}, Hongbok Choe ^{C)}, Takahisa Shobu ^{D)},
Yoshiki Takano ^{C)}, Akihiro Nakamura ^{A)}, Satoshi Morooka ^{D)}

^{A)} Building Research Institute, ^{B)} National Institute for Land and Infrastructure Management,
^{C)} Tokyo University of Science, ^{D)} Japan Atomic Energy Agency

Abstract

Although demand and development of high-performance adhesive anchors are expected in the future, a method that can accurately measure the strain distribution of adhesive anchors under tensile load has not been established. Therefore, in this study, we aim to confirm the measurement accuracy using a test specimen of pre-installed reinforcing bars using a neutron stress measurement device (RESA) that can continuously evaluate the strain distribution during loading non-destructively and non-contact using neutron technology. As a result, it was confirmed that the slope of strain distribution of reinforcing bars was different depending on the tensile load levels and near or far away the ribs. However, further investigation using the neutron imaging device TNRF, which can grasp the internal filling condition, is necessary to examine the localized strain changes that occurred in the round steel part.

Keyword: Neutron diffraction, Strain, Adhesive, Adhesion strength

1. はじめに

接着系あと施工アンカー(以下、接着系アンカー)は、令和4年に関連告示が改正され、接着系アンカーの適用範囲が既存の[補強のための部材との接合部]から[構造耐力上主要な部分である部材との接合部]まで拡大された^[1]。今後高性能な接着系アンカーの需要と開発が見込まれるものの、引張荷重を受ける際の接着系アンカーの歪み分布を精度よく計測できる手法は確立していない。従来の終局引張試験では歪みゲージを鉄筋に直接貼り付けて計測している^[2]、歪みゲージを貼り付けられる位置に限界があることや、鉄筋断面加工による断面喪失などの影響によって、歪み分布や付着性能等が正しく評価できない恐れがある。

そこで本研究では、載荷時において非破壊・非接触で歪み分布を連続的かついずれの位置でも評価できる中性子回折法を活用し、接着系アンカーを対象に、載荷時および除荷時の計測データから歪み分布を算出し、付着特性に関する分析を行う。

2. 中性子応力測定法の概要

Figure 1, 2 に中性子応力測定法の概要を示す^[3]。中性子応力測定法の原理は、中性子線やX線が個々の原子に当たると散乱現象が発生し、式(1)のブラッグの回折条件式を満たすときに、散乱した中性子線が干渉しあい、回折現象が発生する。

$$2d\sin\theta=n\lambda \quad (1)$$

ここで、 d : 格子面間隔(載荷時)、 θ : 回折角、 n : 回折次数、 λ : 入射中性子線の波長とする。

試験体に対して載荷と除荷状態の回折角度を測定することで、回折角の変化量からひずみを計測することが可能である。除荷状態の回折角を θ_0 、格子面

間隔(除荷時)を d_0 とすると、格子ひずみ ε は式(2)で表される。

$$\varepsilon = \frac{d-d_0}{d} = \frac{2\theta-2\theta_0}{2} \cot \frac{2\theta_0}{2} \quad (2)$$

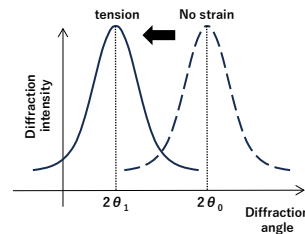


Figure 1. Change in diffraction

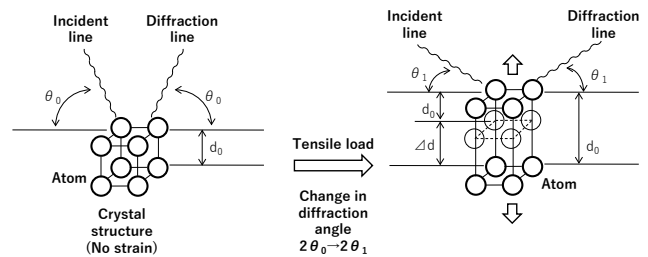


Figure 2. Change in lattice spacing

また、中性子の回折角はスリットにより波長を制御したビームを試料に照射し、試料中の結晶格子面で回折した中性子を、中性子検出器で測定する。

RESA により実際に得られる測定結果は、回折角およびピーク強度(中性子検出カウンタ数)の関係であり、この数値データにガウスフィッティングを行い、ピーク角度 2θ を得る。このピーク角度を回折角

[2023105202]

として定める^[4]。

3. 実験概要

Figure 3 に節形状概要を、Table 1 に試験体一覧および測定サイクルを、Figure 4 に試験体概要を、Figure 5 に加力装置概要を、Figure 6 に歪み測定を実施する試験体の中性子照射位置(青点:コンクリート外部の鉄筋、赤点:コンクリート中鉄筋)を、図 Figure 7 に中性子の回折角度条件(110 面)における測定時の様子を示す。接着系アンカーではコンクリートと接着剤の両者による中性子吸収があり、鉄筋コンクリートと比べて歪み測定を妨げる恐れがある。本研究では、接着系アンカーの歪みを精度よく測定する方法として、Figure 4 に緑色で示したアルミスリット(10×10mm と 20×10mm)をコンクリート打設前に取り付けることで、アンカー筋周りのコンクリート厚を減らしている。また、アンカー筋は D13 相当に加工したもの(SBPR1080、竹節)とし、付着長さは 65mm(アンカー径の約 5 倍)、節の高さと幅は各 0.7mm とした。接着剤にはエポキシ系を用い、コンクリートの圧縮強度は 32.8N/mm²であった。試験体中央部の穿孔は湿式で行い、その後、試験体を恒温恒湿機にて 1 ヶ月間乾燥した上でアンカー筋を施工した。また、Table 1 と Figure 3, 4 に示すように、No.4 は節が自由端側に 3 個、節ピッチ 7mm、節角度 45 度と 90 度である。測定サイクルは載荷状態(20kN)の次に除荷状態(1kN)を測定した。No.5 は節が自由端側に 3 個、節ピッチ 14mm、節角度 90 度である。

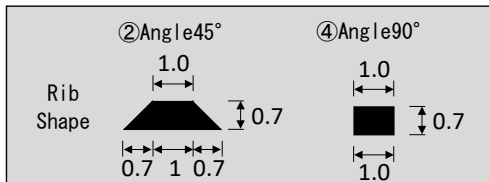


Figure 3. Rib shape

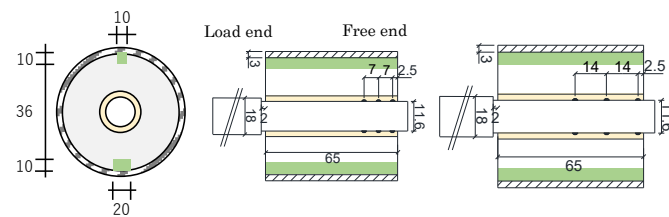


Figure 4. Specimen overview
(Left : Section, Center : No. 4, Right : No. 5)

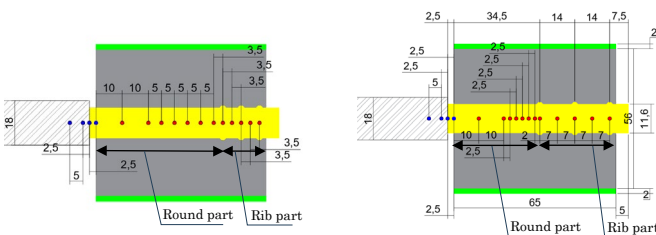


Figure 6. Position of neutron irradiation
(Left : No. 4, Right : No. 5)

測定サイクルは載荷状態(20kN)→除荷状態(1kN)→載荷状態(30kN)→除荷状態(1kN)の順に測定した。載荷では、Figure 5 に示すばね式載荷装置を用いて試験体に引張荷重を与えた。

4. 実験結果

4.1. 荷重の違いによる節部の抵抗

Figure 8 に No.4-②-6(自由端側に節が3個、節ピッチ 7mm、節角度 45 度)と No.4-④-6(自由端側に節が3個、節ピッチ 7mm、節角度 90 度)の歪み分布を、図 Figure 9 に No.5-②-6(自由端側に節が3個、節ピッチ 14mm、節角度 45 度)の歪み分布を示す。Figure 8 に示すように、20kN の載荷では三つの節の間で歪みの減少があまり生じておらず、歪の値もおおよそ 0μ前後に留まるのに対し、Figure 9 に示すように、30kN の載荷では、載荷荷重の増加に伴い歪みの傾きも大きくなった。

4.2. 荷重の違いによる丸鋼部の抵抗

Figure 8, 9 において、1 つ目の節部の手前(Figure 8 では 45~47.5mm 区間、Figure 9 では 25~35mm 区間)では、付着抵抗によって、歪み分布に傾きが生じている。Figure 8 より、No.4-④-6 の 20kN では、丸鋼部 20mm の部分において歪みが小さくなっている。これは、施工時もしくは載荷時におけるコンクリートの空隙等で歪みの計測値にばらつきが生じていることが考えられる。この原因を解明するには、非破壊で内部充填状況を確認できる中性子イメージング装

Table 1. Specimens and measurement cycles

Specimen	Concrete condition	Rebar	Rebar type	Bond length	Aluminum slit
No.4-②-6	W/C=60%	D13	SBPR 1080	65mm	Extence
No.4-④-6					
No.5-②-6					

Specimen	Position of ribs	Number of ribs	Pitch of ribs	Angle of ribs	Measurement cycles
No.4-②-6	Free end	3	7mm	45°	(110 side) 20kN→1kN
No.4-④-6				90°	(110 side) 20kN→1kN
No.5-②-6			14mm	45°	(110 side) 20kN→1kN→30kN→1kN

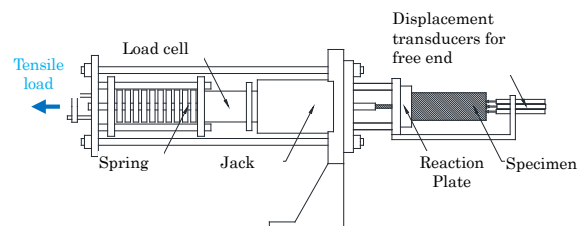


Figure 5. Loading equipment overview

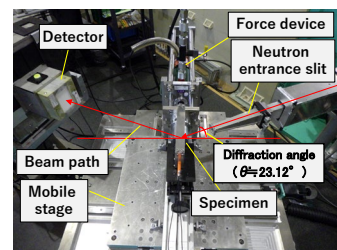


Figure 7. Neutron diffraction angle of RESA (110 side)

[2023105202]

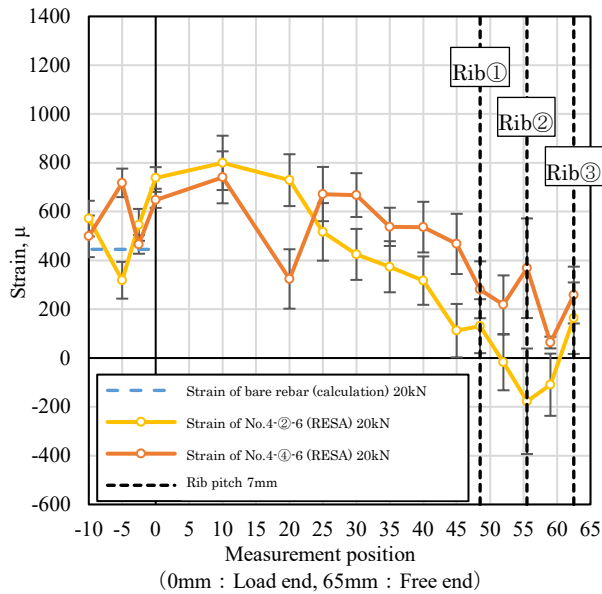


Figure 8. Strain distribution of No. 4-②-6 (20kN), No. 4-④-6 (20kN)

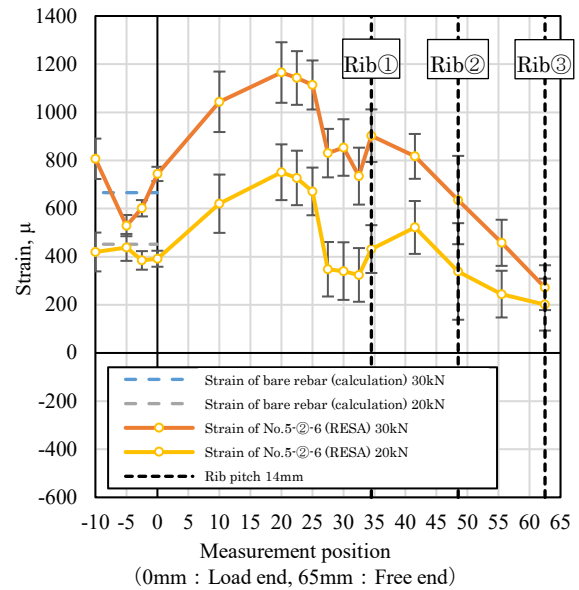


Figure 9. Strain distribution of No. 5-②-6 (30kN, 20kN)

置TNRFを用い、丸鋼部10～25mm付近を観察するなどのさらなる検討が必要であり、今後の課題とする。

5. まとめ

RESA を用いて載荷時の接着系アンカーの歪み分布を計測した結果、計測箇所によって歪み分布の勾配が異なっていることが確認された。また、ひずみ分布より、荷重レベルが小さい場合は丸鋼部が付着抵抗に寄与することや、荷重レベルが大きくなることで節部の付着抵抗がより明瞭に現れること等を確認した。なお、No.4-④-6 の 20kN の載荷では、丸鋼部における急激な歪み変化が見られた。コンクリートの空隙等が原因と推定されるが、内部充填状況を把握できる中性子イメージング装置 TNRF を用いる等、さらなる検討が必要である。

参考文献

- [1] 一般財団法人日本建築防災協会:接着系あと施工アンカー強度指定申請ガイドライン p.1, 2022
- [2] 北条稔郎ほか:増し打ち補強梁のあと施工による主筋の定着性能確認実験, 日本建築学会技術報告集, pp.519-524, 2011.6
- [3] <https://www.rs.noda.tus.ac.jp/manabu/RESA/RESA.html>
- [4] 兼松学, 太田匠美, 鈴木裕士, 野口貴文: 中性子回折法を用いたひび割れ近傍における鉄筋応力の非破壊測定手法の開発に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1853-1858, 2011

謝辞

本研究は、日本原子力研究開発機構・量子科学技術研究開発機構施設利用共同研究課題「節形状の異

なるあと施工アンカーの歪み分布特性評価」, 国立研究開発法人建築研究所研究課題「増改築規模に応じて改修された既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震性能評価技術の開発」の一環として実施しました。中性子実験は、JAEAの承認を得てJRR-3に設置されているRESAにて行われました。関係各位に謝意を表します。