

X線応力測定法のコンクリート構造物中の鉄筋への適用可能性に関する検討

○東京工業大学 学生会員 曾川 宏彬
 東京工業大学 学生会員 小田切 勝也
 東京工業大学 正会員 岩波 光保

1. 序論

近年インフラストラクチャーの老朽化が急速に進んでおり、効率的かつ効果的な対策が求められている。そのため、補修や更新などの対策の判断材料となる点検調査手法について、より適切なものを導入していくことが非常に重要である。現状では構造物の状態は、外観の目視点検などにより評価されることが一般的であるが、その判断は定性的なものである。これに対し、構造物に発生している応力を定量的に測定することができれば、構造物の状態を正確に把握することにつながり、より効果的な対策を実施していくことが可能となる。

本研究では、コンクリート構造物に発生している応力の測定手法として、X線応力測定法に着目し、その開発研究を進めた。X線応力測定法とは、規則正しく配列した原子で構成される金属結晶の格子面間隔を、X線回折から測定することにより、金属材料内部の応力を推定する方法であり、機械分野などでその理論や測定方法が検討され、技術的にほぼ確立されている方法である¹⁾。

2. 本研究の目的

X線応力測定法をコンクリート構造物へ適用しようとする既往の研究として、小田切らはX線応力測定法を鉄筋単体に適用し、測定手法の検討を行った²⁾。その結果、異形鉄筋における応力の測定位置としては節間が適切であることや、酸化被膜を除去し、さらに電解研磨による表面処理が効果的であることが分かった。そして、これらの方法で測定を行うことで、およそ $\pm 30(\text{MPa})$ 程度の誤差範囲で鉄筋の応力を測定することができることが分かった。

そこで本研究の目的は、この測定手法をコンクリート中の鉄筋に対して適用した場合の、X線応力測定法の適用可能性の検討とした。適用可能性を検討する上で、荷重による負荷条件下における鉄筋のX線応力測

定値の挙動や、コンクリート構造物に特有な条件がX線応力測定値に与える影響を検討した。

3. 実験概要

本実験では、図1に示す鉄筋コンクリート構造物を模したRCはりを用いた。そして、このはりの曲げ荷重過程で鉄筋に生じる応力を、X線応力測定法とひずみゲージで測定し、両者の測定値を比較した。X線応力測定は鉄筋曲げ加工前後、鉄筋組立後から行い、コンクリートを打設・養生した後、はりを載荷試験機に設置し、荷重前(0kN)、100kN 荷重後、除荷後(0kN)、100kN 再荷重後、200kN 荷重後、荷重終了時(0kN)の順で測定を続けた。一方、ひずみゲージによる測定は、鉄筋組立後の測定値を0(MPa)として測定を始めた。

なお、このはりは、鉄筋の下半分が露出するように等曲げモーメント区間(中央 250mm)のかぶりコンクリートを取り除くように作製した。その区間に、ひずみゲージを6箇所貼付し、その近接でそれぞれX線応力測定を合計11箇所で行った。比較で用いた、X線応力測定値、ひずみゲージ測定値は、測定値が理論上同じとなるそれら6箇所と11箇所を、それぞれ平均化したものである。なお平均化することにより、X線応力測定値の測定誤差は計算上、およそ10(MPa)程度になる。

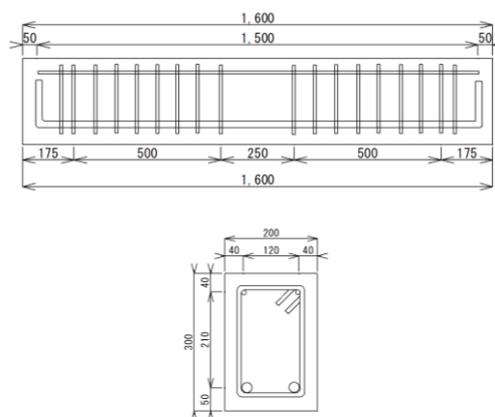


図1 曲げはり試験体の寸法 単位(mm)

キーワード X線応力測定, コンクリート構造物, インフラ維持管理, 異形鉄筋
 連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1 緑が丘1号館5階512号室 TEL 03-5734-3194

4. 実験結果

(1) 荷重過程における X線応力測定値の変化

曲げはり試験体の X線応力測定値とひずみゲージ測定値の測定過程に沿った増減の推移を図 2 に示す。X線応力測定値はひずみゲージ測定値の増減に対応しており、X線応力測定法のコンクリート中の鉄筋に対する適用可能性が確認できた。

しかし、互いに近傍で測っていて測定値が同じとなることが予想されたにもかかわらず、X線応力測定値がひずみゲージ測定値に比べて小さな値をとった。たとえば 100(kN)を荷重した場合、ひずみゲージ測定値は 160(MPa)を示したが、X線応力測定値はひずみゲージ測定値よりも 40~50(MPa)ほど小さかった。さらに、X線応力測定値とひずみゲージ測定値の差は、荷重応力が上がるにつれて大きくなった。具体的に再荷重後の値を用いて、荷重応力に対する X線測定応力の比を計算すると、0(MPa)~160(MPa)で 1.0~0.85 程度、160(MPa)~347(MPa)で 0.85~0.64 程度であった(図 3 左)。なお、これと同様の結果が、鉄筋単体を対象とした小田切らによる研究¹⁾でも示されている(図 3 右)。

(2) コンクリート構造物に関する要素が X線応力値に与える影響

コンクリート打設前の応力測定値に着目すると、鉄筋の残留応力値は鉄筋曲げ加工や組立の前後で変化がないということが出来る。また、荷重前0(kN)での測定では、X線応力測定値、ひずみゲージ測定値ともに-20(MPa)程度の圧縮応力が測定された。これはコンクリートの収縮により発生する応力であり、コンクリートの収縮が X線応力測定値に与える影響は小さいと考えられる。

また、X線応力測定法を用いる際に鉄筋を露出させるために行うコンクリートのはつり出しが、X線応力値に与える影響についても、曲げはり試験体と別の試験体を用意し検討を行った。その結果、膨張コンクリートにより生じた引張応力を受ける鉄筋にひずみゲージを貼付し、はつり出しの前後における応力変化を観測したが、大きな変化は確認されなかった(図 4)。

5. 結論

RC はりの曲げ荷重試験を行って、コンクリート中の鉄筋に対して X線応力測定を行った結果、X線応力測定値はひずみゲージ測定値の増減に対応して

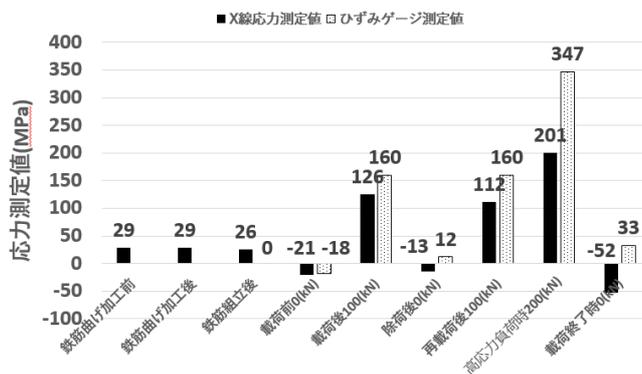


図 2 各測定過程での測定値の推移

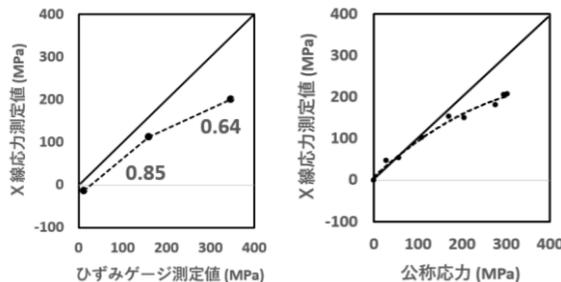


図 3 荷重応力と X線応力測定値の関係



図 4 はつり出し前後のひずみゲージ測定値

いたことから、コンクリート中の鉄筋への X線応力測定法の適用可能性を確認できた。またコンクリートの収縮やコンクリートのはつり出しが X線応力測定値に与える影響は小さいことが分かった。しかし、荷重状態においては X線応力測定値がひずみゲージ測定値を下回る傾向が確認され、荷重応力が上がるにつれてその傾向は顕著になった。構造物の応力を推定する際にはこの点に注意し、本実験で得られた値を用いながら補正を加えると良い。

参考文献

1)改著 X線応力測定法, 日本材料学会編著, 養賢堂, 1981
 2)小田切勝也, 田中樹由, 野末秀和, 岩波光保, X線回折法による鉄筋の残留応力推定手法の開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1867-1872, 2017