

穿孔法を応用したセグメントの主鋼材に作用する応力度推定法の開発

東京電力ホールディングス(株) 土木・建築エンジニアリングセンター 正会員 ○岡 滋晃
 東京電力ホールディングス(株) 土木・建築エンジニアリングセンター 正会員 齋藤 仁
 東京電力パワーグリッド(株) 工務部 正会員 吉本 正浩

1. はじめに

東京電力が供用する地中送電シールドトンネルでは1970年代から1980年代に、フラットバーと呼ばれる平鋼を主鉄筋に代用するRCセグメントが積極的に採用された。しかしながら、主に塩害によるフラットバーの腐食により、補強を必要とする事例が発生している¹⁾。このフラットバーに作用する応力度は解析的に評価しているため、補強の必要性を適切に判断する上では、実際に作用している応力度を現場で直接的に推定できることが課題であった。

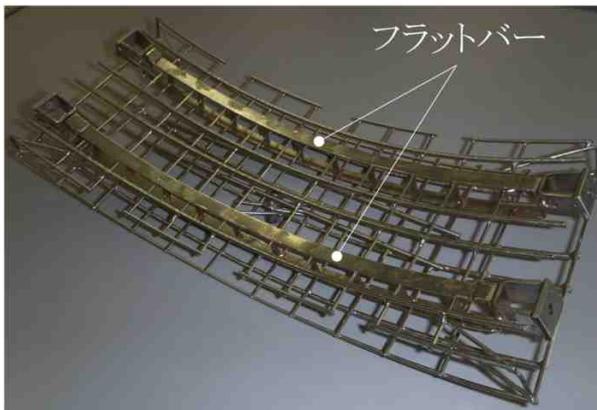


写真-1 フラットバーの構造

そこで、鋼材の曲げ加工による残留応力の推定方法として開発されている穿孔法^{2,3)}を応用し、フラットバーにおける作用応力度の推定方法について開発した。

2. セグメントの内部構造とフラットバーの仕様

セグメントの内部構造は写真-1に示すとおりで、フラットバーはセグメント継手部の鋼製ボルトボックスと溶接で連結された厚さ6mm、幅38mm～75mmの平鋼である。

3. 既存の穿孔法の概要と課題

穿孔法は、図-1に示すように、応力がかかる鋼板に孔を開けた際、解放される局所的なひずみを測定することで応力度を推定するものである。ひずみの測定は、図-1に示すように、XYZの3方向からひずみを測定できる「ロゼットゲージ」を使用する。穿孔法の利点は、フラットバーの切断が不要であり、数mmオーダーの極微小な孔を開けること

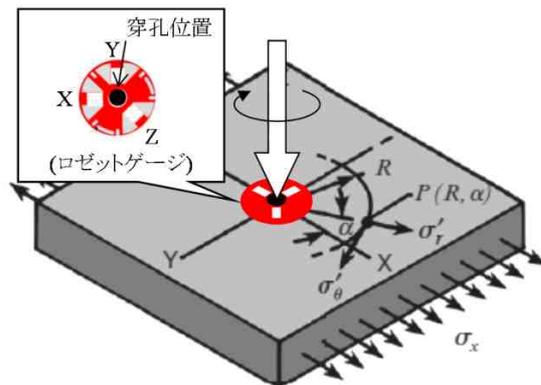


図-1 穿孔法の概要とロゼットゲージ

で応力度を推定できる点である。本来この手法は、静寂な実験室にて、試験体に40,000rpm以上の高速で穿孔することを条件としている。しかし、実現現場で使用できる穿孔機は3,000rpm程度と低回転数であり振動も大きいことから、実験室と比較すると穿孔方法が大きく異なり推定精度が不明である問題点があった。そこで、実規模のセグメント供試体を用いた実験を行い、現場の穿孔条件に見合う応力度の推定方法を構築してその精度を確認することが課題となった。

4. セグメントの供試体を使用した実験

(1) 実験概要

実際のシールドトンネル用セグメントの供試体を4体製作した。これらの供試体を、写真-2に示すように、ジャッキにセットし载荷した後、1供試体につき3箇所、供試体内側よりフラットバーをコア削孔機ではつり出し、はつり出したフラットバーについて、写真-3に示すように1箇所につき3回、低速回転数の穿孔機により応力解放試験を実施した。

キーワード フラットバー, 応力解放, 穿孔法, ロゼットゲージ, 応力度推定

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区内幸町1-1-3 東京電力ホールディングス TEL03-6373-1111(代) (内線: 91-4283)



写真-2 実験全景

写真-3 穿孔法による試験の様子

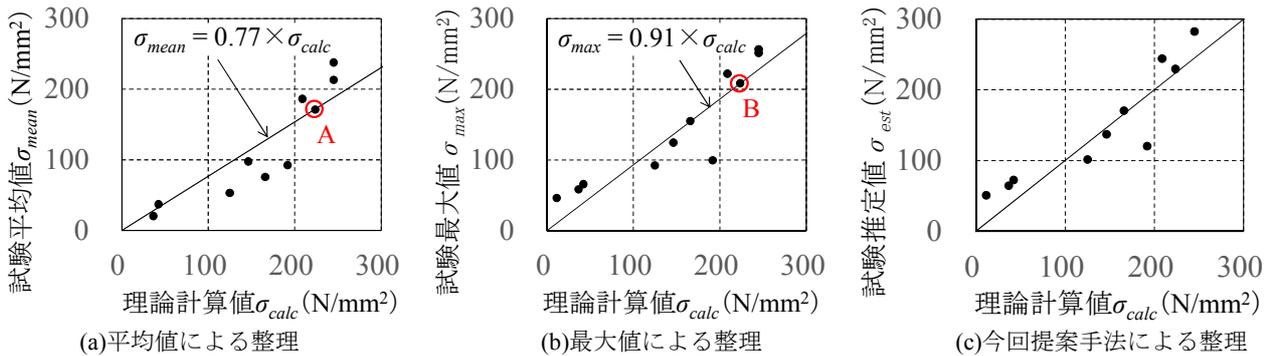


図-2 フラットバーに発生する応力度推定結果

(2) 実験結果と理論計算値との比較

図-2 に、理論計算により算出される理論値 σ_{calc} に対する試験結果の 3 回平均値 σ_{mean} によるグラフ(a)と、3 回最大値 σ_{max} によるグラフ(b)を示す。まず、(a)平均値では、降伏点付近の点 A に着目すると、理論値に対して 23%低い試験結果であることがわかる。また、(b)最大値では、同様に点 B が理論値に対して 9%低い試験結果であった。そこで、試験結果から実際の応力度を推定するには、式(1)を用いることで応力度を推定できるとした。式(1)による算出結果をグラフ化すると図-2 (c)となり、適切に応力度を推定できることがわかる。

$$\sigma_{est} = \begin{cases} (1/0.77) \times \sigma_{mean} = 1.3 \times \sigma_{mean} \\ (1/0.91) \times \sigma_{max} = 1.1 \times \sigma_{max} \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 σ_{est} : 推定される応力度(N/mm²)
 σ_{mean} : 3 回の平均応力度(N/mm²)
 σ_{max} : 3 回の最大応力度(N/mm²)

5. まとめ

フラットバーという特殊な主鋼材に作用する応力度を、現場で使用可能な穿孔機を用いても評価できることを示した。本推定方法は現在、特許出願中である。今後は、実用化に向けて現場試験を実施し、現場での留意点や課題を洗い出すことを考えている。

謝辞

本開発にあたり、前田建設工業(株)、東京電設サービス(株)および都築コンクリート工業(株)に多大なご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡滋晃, 阿南健一, 実広拓史, 吉本正浩: シールドトンネルの鉄筋残存量の評価と補強設計に関する研究, 土木学会論文集 F1(トンネル工学), Vol.72, No.3, pp.I_108-I_122, 2016.
- 2) 三上隆男: 穿孔法による残留応力計測について(その 1), IIC REVIEW, No.48, pp.53-65, 2012.
- 3) 三上隆男, 松田昌悟: 穿孔法による残留応力計測について(その 2), IIC REVIEW, No.49, pp.39-45, 2013.