

Ⅲ-B105

応力解放法を用いた場所打ちライニングの応力計測

建設省中国地方建設局岡山国道工事事務所

大寺 伸幸

建設省土木研究所 正会員 真下 英人

清水建設土木本部 正会員 関 伸司

1. まえがき

連続打設方式のECL工法を用いて覆工を構築する場合、事前に覆工の中に有効応力計や鉄筋にひずみ計を取り付けて、覆工内部のひずみ(応力)を計測する事が困難である。しかし、覆工の安全性の確認または覆工に作用している荷重(土圧、水压)を推定するために、覆工応力の推定方法の開発が望まれている。

近年、コンクリート部材に発生している応力推定方法として、応力解放法による手法がいくつか提案されているが、実施工に適用された例はあまり報告されていない。

本文では、鋼繊維補強コンクリートを用いたECL工法で施工した岡南共同溝工事において、応力解放法を適用して、覆工に発生している応力を推定した結果について報告するものである。

2. 計測概要

本共同溝は、図-1に示すように洪積砂礫層中にあり、計測付近の土被りは約16.3m、水压は共同溝の中心で約160kN/m²、設計覆工外径と設計覆工厚さはそれぞれ、6.5mと0.3mである。

応力解放法は、計測するコンクリートの表面にひずみゲージを貼り付け、周辺部を切欠いて応力を解放したときのひずみの変化量から発生応力を推定するものである。岩盤などで多く用いられているオーバーコアリングと異なり、コンクリート構造物で、特に鉄筋がある場合には、切欠深さに制約が生じてくる。しかし、応力解放法では、スリットの切欠深さDと切削長Lの比が0.3のときに応力がほぼ解放されるとされており、切削長を10cmとした場合、切欠深さを30~50mm程度に抑えることができるため、実用上覆工の品質には影響を及ぼさないと考えられる。

計測方法は、計測する個所に3軸ロゼットゲージを貼り付け、周辺部をコンクリートカッターで順次切削する。1回の切削深さ5mm毎にひずみを計測し、10回繰り返して最大深さ50mmまで実施した。図-2に計測位置と3軸ロゼットゲージの詳細図を示す。

3. 計測値の評価

計測された3方向のひずみ成分から、最大主ひずみと最小主ひずみを求めた。ここで、コンクリートの表面には外力によるひずみ以外に、拘束ひずみ(温度、乾燥、自己収縮)が含まれている。これらの拘束ひずみを取り除く方法として、数値解析によりそれぞれの拘束ひずみを算出する方法が考えられる。しかし、施工現場の覆工状態を考慮した解析条件の設定が困難なため、詳細な解析を行っても実現象を把握しきれないと判断し、数値解析は実施しなかった。そこで、以下に示す仮定を設定し、最大主ひずみと最小主ひずみの差をとることにより、拘束ひずみがキャンセルされ、外力に起因するひずみの近似値を求めることができた。

キーワード：応力解放法、覆工応力、ECL工法、鋼繊維補強コンクリート、

連絡先：建設省中国地方建設局 〒700-8539 岡山県岡山市鹿田町 2-4-36 TEL 086-226-1051 FAX 086-226-3592

建設省土木研究所 〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-0178

清水建設土木本部 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 TEL 03-5441-0555 FAX 03-5441-0512

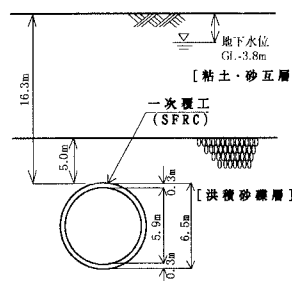
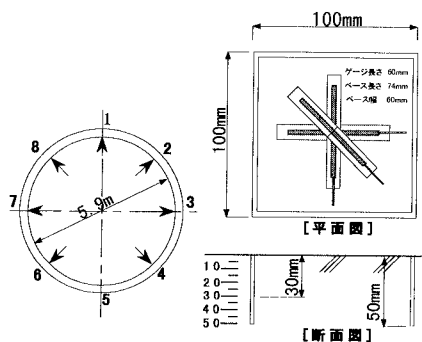


図-1 共同溝断面図



計測位置図

切削部詳細図

図-2 計測位置と3軸ロゼットゲージ詳細図

- ① 覆工に作用する外荷重は、トンネル縦断方向で変化しない
（外荷重による縦断方向のひずみは発生しない）
- ② トンネルの周方向と縦断方向の拘束度の違いはないと仮定
- ③ 施工ジョイントからの距離の違いはないと仮定

式-1 に最大主ひずみと最小主ひずみの差から応力を算出する計算式を示す。

$$\text{最大主応力} \quad : \sigma_{\max} = \{E/(1-\nu^2)\} \cdot (\epsilon_{\max} + \nu \epsilon_{\min})$$

$$\text{最小主応力} \quad : \sigma_{\min} = \{E/(1-\nu^2)\} \cdot (\epsilon_{\min} + \nu \epsilon_{\max})$$

$$\text{外荷重による応力} : \sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} = \{E/(1+\nu)\} \cdot (\epsilon_{\max} - \epsilon_{\min}) \quad \cdot \cdot \text{(式-1)}$$

ここに、 ν : ポアソン比 (0.235:試験結果から設定)

E : コンクリートのヤング係数 (41kN/mm²:圧縮強度から設定)

4. 試験結果および考察

(1) 主ひずみ

図-3 に最大主ひずみと最小主ひずみの分布図の例を示す。この結果、最大主応力を与える最大主ひずみ $\epsilon_{\max}$ は 103μ (4.71N/mm^2) である。最小主ひずみ $\epsilon_{\min}$ は $20\sim40\mu$ (全て圧縮) であった。

(2) 発生応力

図-4 に最大主ひずみと最小主ひずみの差から求めた応力分布図を示す。式-1 から求めた外荷重により覆工に発生する最大応力 (計測値) は、 2.82N/mm^2 である。解析値と比較すると、測線毎に多少のばらつきがあるものの、外荷重を「自重+水圧」とした値に近い結果になり、覆工内面の応力は全て圧縮応力で引張り応力は発生していない。

また、計測された3方向のひずみ値が小さく、各計測位置でほぼ一様な分布を示すことから、少なくとも覆工の内面側に大きな応力は発生していないので、覆工は安全であると考えられる。

なお、比較のための解析値は、「完全剛性一様リング」の全周ばねモデルで、荷重条件は、「自重+水圧」および「自重+水圧+土圧 (1.5D)」の2ケースとし、解析された断面力から覆工の内面側に発生する応力を算出した。

覆工に作用させる水圧は、土木学会では鉛直・水平方向としているが、実際の現象では覆工の法線方向に作用していると考え、後者の手法で解析した。(前者よりも曲げモーメントで約30%小さい値を示した)

5. まとめ

連続打設された覆工に発生する応力の計測は、覆工の安全性の確認と外荷重の推定のためには必要である。本研究では、現位置で簡単に応力を計測できる一つの手法として応力解放法を適用した。今回の計測結果から外荷重を設定するには、外荷重に起因する応力を求める際の設定条件やデータ数が少ないこと等、まだいくつかの課題が残っている。今後、計測データを積み重ねると共に、実験等により、曲げモーメントが作用する場合や鋼繊維による影響等を検証したいと考えている。なお、本計測の実施にあたりご指導を頂いた「岡南共同溝施工管理技術検討委員会 (委員長今田徹東京都立大教授)」に深く感謝の意を表します。

(参考文献)

1) 樋口・神田・三木：コンクリート部材中の応力推定法、土木学会論文集、No.585/V-38 11-18、1998.2

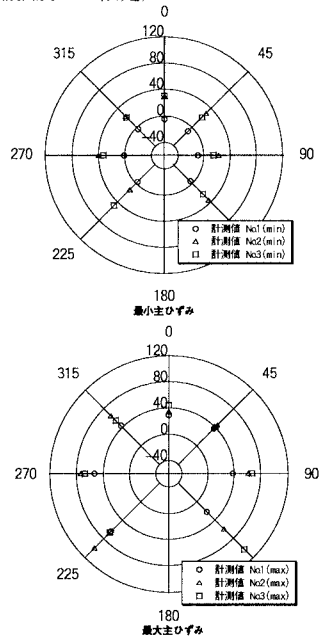


図-3 主ひずみ分布図

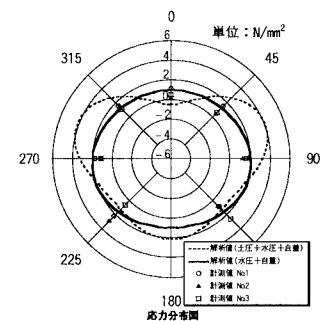


図-4 応力分布図