

V-199

応力緩和溝を用いたNATM二次覆工コンクリートの応力性状について

清水建設(株)

正会員 江渡 正満

国鉄 下関工事事務所

白石 誠一

国鉄 構造物設計事務所

正会員 奥村 文直

1. はじめに

NATM二次覆工に発生する温度収縮および乾燥収縮に起因するひびわれは、覆工コンクリートを貫通する傾向があり、ひびわれが発生した場合には、漏水の原因になる。図-1にひびわれの一例を示す。ひびわれは大別して、トンネル軸方向および横断方向ひびわれに分けられる。更に軸方向ひびわれは、スプリングラインおよびアーチ天端に発生しているものが多い。ひびわれの制御対策の1つとして、二次覆工コンクリートに、図-2に示すようなひびわれ制御目地を設け、この部分にひびわれを集中させる対策が考えられる。しかし、この場合ひびわれ制御目地の形状やその設置位置による応力性状の違いについては研究例が少ない¹⁾。

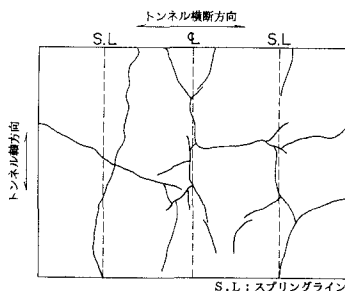


図-1 覆工コンクリートのひびわれ

表-1 解析ケース

対策	ケース	欠損率
無	1	0.0
コントロールジョイント	2	0.1
	3	0.3
	4	0.5
	5	0.1
応力緩和溝	6	0.3
	7	0.5

欠損率
= dn/d

$$\frac{dn}{d} \sqrt{\frac{d}{t}}$$

本報告は、トンネル横断方向にひびわれ制御目地を設置した場合の、その形状と応力性状との関係と、トンネル軸方向にコントロールジョイントを設置した場合の設置箇所と主にトンネル天端の応力性状との関係についてとりまとめたものである。

2. 解析方法

2.1 ひびわれ制御目

地の形状の解析

解析方向としては、有

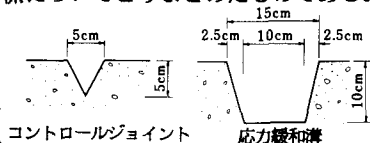
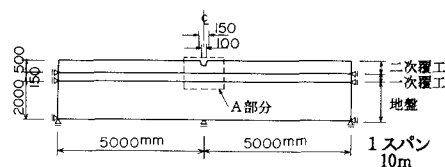
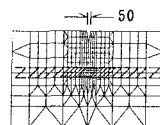


図-2 ひびわれ制御目地

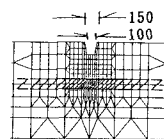
限要素法²⁾を用い、二次覆工に20℃の温度降下が生じた場合の温度応力の定常解を二次元平面ひずみ場で解析した。図-3に解析モデルの一例を示す。コントロールジョイントの切欠幅は



A部分要素分割図



(コントロールジョイント)



(応力緩和溝)

欠損率
= 0.3

図-3 解析モデル図

2.2 コントロールジョイントの設置位置の解析

図-4に解析モデルの一例を示す。解析方法、使用物性値については、2.1に準じた。表-3に解析ケースを示す。コントロールジョイントの寸法は、幅5cm、深さ5cmとした。ケース1~4は、コントロールジョイントの設置と無設置の場合のひびわれ発生前の天端部分の応力性状の比較のため、ケース5, 6はコントロールジョイントにひびわれが発生した場合の天端部分の応力性状を比較するために行った。

3. 解析結果および考察

3.1 ひびわれ制御目地の形状の解析

図-5に欠損率と、以下で定義される応力集中度の関係を示す。

$$\text{応力集中度} = \frac{\text{各欠損率の欠損部の最大応力}}{\text{欠損率0の場合の欠損部分の最大応力}}$$

また、図-6に欠損部周辺の主応力コンターを示す。

表-2 使用物性値

	岩	盤	一次覆工	二次覆工
ポアソン比	0.15	0.167	0.167	0.167
熱膨張率	8×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}	10×10^{-6}
ヤング係数	6500kgf/cm ²	301600kgf/cm ²	188500kgf/cm ²	188500kgf/cm ²

図-5から応力緩和溝の方がコントロールジョイントよりも応力集中度が高い、すなわちひびわれが入り易いことがわかる。また、図-6から応力緩和溝の方がコントロールジョイントに比べて、周囲への応力緩和作用が高い、すなわち周辺部にはひびわれが入りにくいことが認められる。

3.2 コントロールジョイントの設置位置の解析

ケース1～4の解析の結果、コントロールジョイントを二次覆工の3等分点に設置する場合、コントロールジョイント部に発生する応力は、スプリングラインや、天端に設置したコントロールジョイント部分の応力より大きくなる傾向が認められた。図-6から8に解析結果の一部を示す。なお、応力緩和度は、下式で定義した。

$$\text{応力緩和度} = \frac{\text{各ケースの天端部分の平均応力}}{\text{ケース1の天端部分の平均応力}}$$

これらの図からスプリングライン位置にひびわれが発生した場合は天端の応力は低減されないが、二次覆工の3等分点にひびわれが発生すれば、天端応力は、20%低減することが認められる。

4. おわりに

NATM二次覆工コンクリートのひびわれ制御対策のひとつであるひびわれ制御目地について、それらの形状や設置位置と応力性状について考察した。その結果、ひびわれ対策としての応力緩和溝の有用性や、トンネル軸方向に対するコントロールジョイントを二次覆工コンクリートの3等分点に設置する事の有用性が示された。本報告で示された結果は、今後のひびわれ制御目地による覆工コンクリートのひびわれ制御対策に、ひとつの方向を示すものと思われる。

（参考文献）

- 1) 梅原秀哲他、高熱トンネル覆工コンクリートの温度ひびわれに関する研究、第40回土木学会年次学術講演会概要集
- 2) 小野 定他、非線形性を考慮したマスコンクリートの温度および温度応力解析システム、RC構造の有限要素解析に関するコロキウム、1984

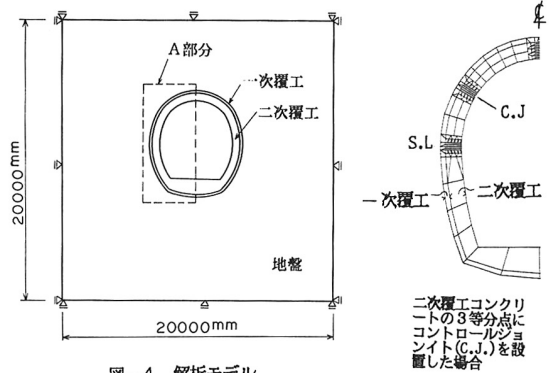


図-4 解析モデル

表-3 解析ケース

ケース	C.J. 設置位置等
1	なし
2	S.L.
3	S.L. 天端
4	二次覆工の3等分点
5	二次覆工の3等分点 ケース2を 除く
6	二次覆工の3等分点 ケース4を 除く

< : C.J.

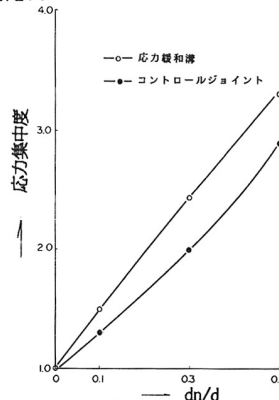


図-5 欠損率と応力集中度

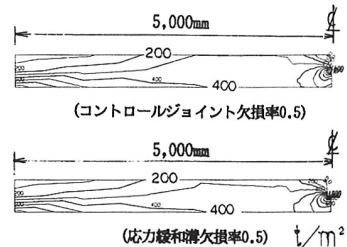


図-6 主応力コンター

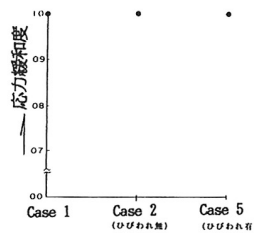
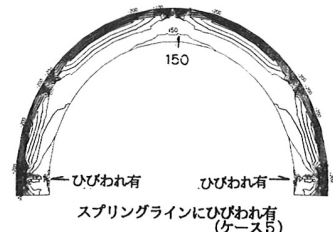


図-7 S.L.にC.J.を設置した場合の応力緩和度



スプリングラインにひびわれ有 (ケース5)

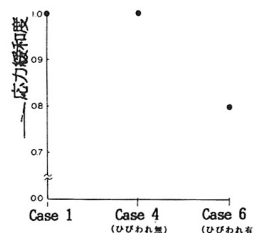


図-8 二次覆工3等分点にC.J.を設置した場合の応力緩和度

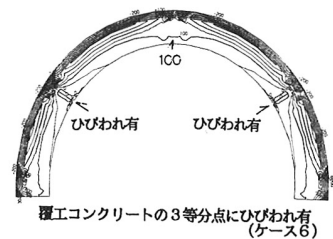


図-9 主応力コンター t/m²