

V-275 都市NATMの覆工コンクリートのひびわれ制御対策についての一考察

東京電力(株) 正員 西脇芳文
東京電力(株) 新津 強
清水建設(株) 正員。小野 定

1. はじめに

近年、トンネルの施工法としてNATM工法が広く使用されてきており、都市においてもNATMによる施工実績が出始めている。都市におけるトンネルの覆工コンクリートは、周辺の構造物に変状をきたさないよう、高い止水性と強度を保有している必要がある。NATMを採用して覆工コンクリートを施工する場合、覆工コンクリートは地山および吹付けコンクリートに拘束されるため、温度および乾燥収縮に起因するひびわれが発生しやすくなることが考えられ、このひびわれにより止水性および強度が損われるおそれがある。

本報告は、都市NATMを対象にして、コントロールジョイント(ひびわれ制御目地)の間隔、鉄筋比およびセメントの種類に着目した現場試験を行い、その結果に基づいて覆工コンクリートのひびわれ制御対策について考察したものである。

2. 試験概要

試験を行った電力用ケーブル洞道の標準断面は図-1に示すとおりである。洞道周辺地盤の地質は、第3期鮮新層の固結シルトであり、その弾性係数は $300\text{Kg}/\text{cm}^2 \sim 700\text{Kg}/\text{cm}^2$ で、1軸圧縮強度は $7\text{Kg}/\text{cm}^2 \sim 26\text{Kg}/\text{cm}^2$ である。標準的な打設スパン長は10.8mである。試験条件のパラメータは、図-2に示すようにコントロールジョイントの間隔(2ケース)、鉄筋比(2ケース)およびセメントの種類(3ケース)の3つとした。試験条件および試験項目は図-2に示すとおりである。単位セメント量は $277\text{Kg}/\text{m}^3 \sim 303\text{Kg}/\text{m}^3$ 、膨張材にはCSA100Rを使用し、また、施工性の改善を目的として流動化剤(マイテイFD)を使用した。コンクリートの打込みは、7月から12月にわたって行った。

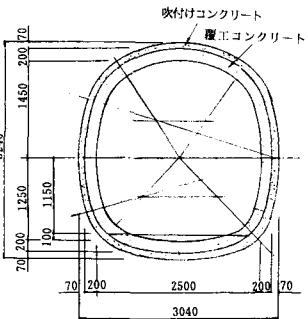
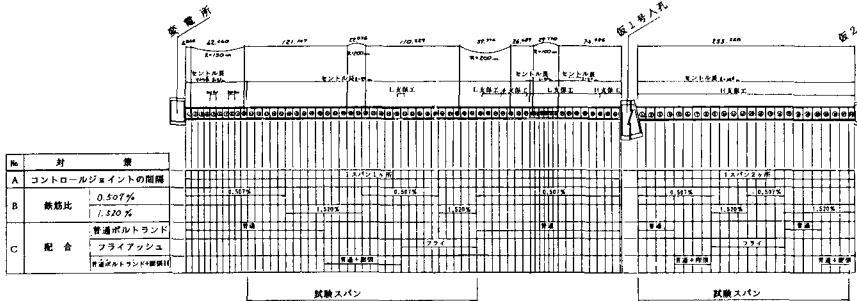


図-1 標準断面図



No.	対象	試験項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	トンネル内装・覆工	トンネル内装・覆工	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	トンネル内装・覆工	トンネル内装・覆工	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	吹付けコンクリート	コンクリートひびわれ(ひずみゲージ)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	吹付けコンクリート	コンクリート打込み温度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	吹付けコンクリート	コンクリート打込み温度(引張強度試験用)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6	吹付けコンクリート	コンクリート温度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7	吹付けコンクリート	コンクリートひびわれ(ひずみ計)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	覆工コンクリート	鉄筋応力	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	覆工コンクリート	鉄筋の引き幅	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	覆工コンクリート	コントロールジョイントの引き幅	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	覆工コンクリート	1次掘削と2次掘削間のせん断変位	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	覆工コンクリート	ひびわれ発生回数、分布、長さ、幅	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

図-2 試験条件と試験項目

3. 試験結果および考察

ひびわれの測定結果は、ひびわれ面積密度とひびわれ幅で整理することとした。その方法は図-3に示すとおりである。UCAはひびわれ面積密度に関する特性値であり、MACはひびわれ幅に関する特性値である^{*)}。ひびわれ制御対策とひびわれの測定結果は、分散分析、数量化理論により解析した。

分散分析の解析結果は表-1に、また、数量化理論I類の解析結果は式(1)および式(2)に示すとおりである。ひびわれ面積密度については、コントロールジョイントの間隔および鉄筋比の2要因がともに有意水準5%で有意性が認められた。一方、ひびわれ幅についても、前述の2要因がともに有意水準5%で有意性が認められた。セメントの種類については、いずれの場合も有意性が認められなかった。

数量化理論I類による解析の結果、UCAおよびMACはともに、コントロールジョイントの間隔が小さくなるほど、また鉄筋比が大きくなるほど小さくなることが認められた。これらの結果から、ひびわれ面積密度およびひびわれ幅を制御する対策として、コントロールジョイントの設置と鉄筋の配置が有効であることが考えられる。

覆工コンクリートの設計

施工において、止水性からひびわれ幅について限界値を設定して覆工コンクリートの品質を規定する場合、最大ひびわれ幅を予測する必要がある。最大ひびわれ幅(Wmax)とMAX(Wi)との関係は図-4に示すとおりである。この結果と、MAC=

MAX(Wi)/(R・L)との関係から、Wmaxを予測する式、Wmax=1.644×MAC×R×Lが求まる。この式により、最大ひびわれ幅が予測できるのでひびわれ幅を限界値内に制御するための対策を選定することができるものと考えられる。

4. おわりに

覆工コンクリートの所定の品質を満たすためのひびわれの制御対策は、単に効果だけではなく施工性および経済性も合わせて選定する必要がある、コストを含めた対策については別の機会に報告したいと考えている。

(参考文献)*)S.Ono,etal.:EVLUATION OF EXTERNAL RESTRAINING EFFECT AND PREDICTION METHOD FOR THERMAL CRACKS IN HIGH STRENGTH LIGHTWEIGHT CONCRETE,土木学会論文集 NO.354/V-2,1985

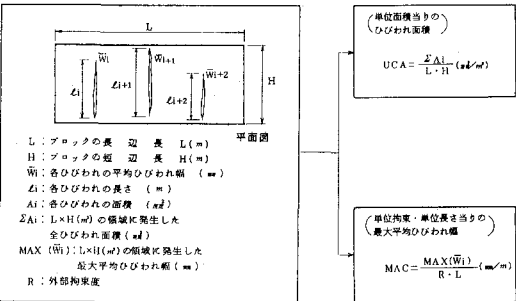


図-3 温度ひびわれの数量化

UCA=-0.6788 x₁-1.7090 x₂+0.4761 x₄-0.8335 x₅
-0.2271 x₆+0.5649 x₈+4.1681 (1)
MAC=-4.38×10⁻³ x₁+7.236×10⁻⁵ x₂-7.738×10⁻⁵ x₃
+5.361×10⁻³ x₄+3.210×10⁻⁴ x₅-1.105×10⁻³ x₆
+1.441×10⁻⁵ x₇+3.375×10⁻³ x₈+0.01263..... (2)
ここに、x₁:コントロールジョイントの本数(本) x₂:ひびわれに直交する辺長(mm)

x₃:鉄筋比(%) x₄, x₅:普通ポルトランドセメント〜x₄=1, x₅=0
普通ポルトランド+膨張材〜x₄=0, x₅=1
フライアッシュセメントB種〜x₄=0, x₅=0
x₆:打込み温度(℃) x₇:通風前後の坑内温度差(℃)
x₈: " " 温度差(℃)

表-1 分散分析結果

要 因	U C A		M A C	
	F o	ρ (%)	F o	ρ (%)
コントロールジョイントの間隔 A	7.06**	5.9	7.25**	5.1
鉄 筋 比 B	10.18**	3.0	13.70**	3.5
配 合 C	1.68	0.4	0.91	
e	—	90.7	—	91.4

F(1, 234; 0.05)=3.88,
F(2, 234; 0.05)=3.03,
F(3, 234; 0.05)=2.64,

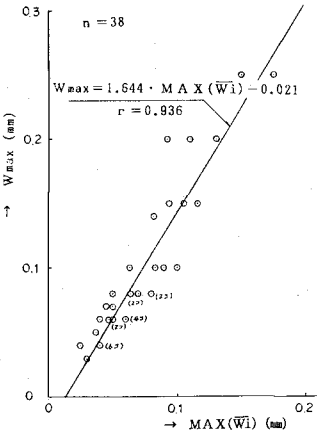


図-4 WmaxとMAX(Wi)との関係