

変位計測結果を用いた覆工保守管理の一手法

近畿大学 正会員 久武 勝保
ミタニ建設工業 田所 優作
近畿大学大学院 森 充輝
浅沼組技術研究所 村上 譲二

1. はじめに

本研究は、トンネル覆工に損傷を発生させない保守管理手法を提案し、覆工内壁の計測変位から覆工の力学状況を把握するための現象論的な手法を提示することを目的とする。まず覆工に外力荷重を与え、これにひび割れを発生させる模型実験を行う。覆工内壁に設けた3測点（天端1点と左右の側壁各1点）の座標値は測量により容易に求めることができるので、その値から各測点間の伸縮ひずみ（以後、測線ひずみ）を算出し、これを覆工の保守管理に生かす手法について示すこととする。

2. 模型実験装置と手順

実験装置は鉄道トンネル複線断面を想定した縮尺1/20の2次元模型である。図-1に実験装置を示す。

厚さ20mmの覆工外周には反力フレームが構築されており、それに設置した9本のロッドによりゴムを介して覆工外面に荷重を与える事ができるようになっている。測定項目は、各载荷段階での荷重、覆工内面の鉛直・水平変位、および内面の円周方向ひずみである。表-1に覆工の材料配合と力学定数を示す。

図-2に模型覆工の測点A、B、C、初期測線ab、ac、bc、ロッドによる载荷点①～⑨、覆工領域I～IV、及び覆工内面に●で示した円周方向ひずみ測定位置を

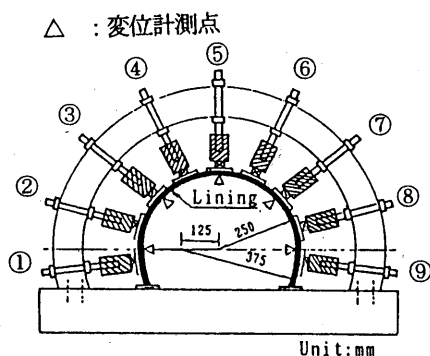
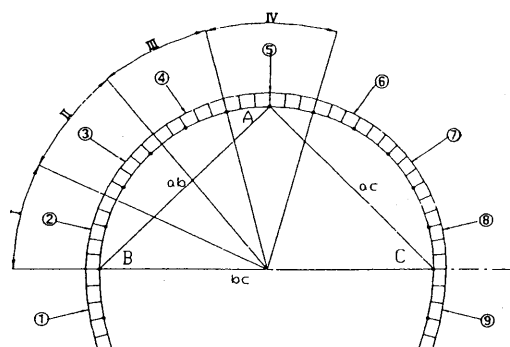
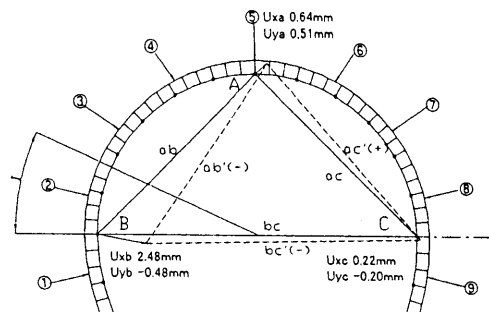


図-1 模型実験装置と荷重载荷位置番号

表-1 覆工の配合と力学特性

単位セメント量 (kN/m^3)	単位水量 (kN/m^3)	水セメント比 (%)	単位細骨材料 (kN/m^3)	弾性係数 (MPa)
5.5	2.72	49.5	12.75	25100

図-2 覆工の幾何特性と载荷、計測条件
(内壁の●印は円周方向ひずみ測定位置)図-3 初期測線（実線）と载荷②による
ひび割れ発生直前の測線（破線）

示す。

3. 考察

3-1 測線ひずみの伸縮特性による外力荷重作用位置の推定

図-3は载荷点②に外力荷重を加える実験における初期測線（実線）とひび割れ発生直前の測線（破線）の関係を比較して示したものである。覆工変形後の測線の（+）、（-）は伸びと縮みを示している。この結果から、測線ab、bcは縮み、acは伸びることになる。そこで図-3と同様の実験を载荷点③～⑤についてもを行い、ひび割れ発生直前における3測線の伸縮ひずみ特性と荷重作用位置との関係を求めると表-2が得られた。ひび割れが発生するまでの覆工挙動は後述するようにほぼ線形挙動を示すので、実験によって得られた表-2の結果は、現場における荷重作用位置と測線ひずみの関係に読み替えることができる。すなわち、同一力学特性を有する縮尺率1/Sの模型実験におい

キーワード：トンネル、覆工、保守管理、コンバージェンス

連絡先：〒577-8502 東大阪市小若江3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 Tel06-6730-5880ext4673

て求められる応力、ひずみの値は同一载荷条件（ただし、応力評価）で行われる現場結果に一对一で対応し、一方模型実験で計測される変位を S 倍した値は現場変位に対応する。

したがって現場において測定される測線ひずみの伸縮特性をそのまま表-2 にあてはめることにより覆工に作用している荷重位置を推定することが可能となる。②～⑤に载荷した場合の変位測定結果に模型縮尺率を考慮して算定すれば、実際の覆工にひび割れが発生する直前の最大変位は、約1.6～5cm程度となり、現場で容易に測定できる変位値であることがわかる。

3-2 損傷発生時の測線ひずみの推定

表-3 は上記の外力荷重を②～⑤にそれぞれ作用させた場合について、ひび割れ発生直前における測線ひずみの値を示したものである。

この結果を利用すれば、現場計測される測線ひずみがどの程度の値に達すれば覆工にひび割れが発生するかが予想できる。すなわち、現場で求められた測線ひずみの伸縮特性をまず表-2 にあてはめて外力荷重の作用位置を決定しておき、次にその位置に外力荷重が作用した場合のひび割れ発生直前のひずみを表-3 から読みとることができる。表-3 のひび割れ発生直前のひずみから現在のひずみを差し引くことにより、将来ひび割れが発生するまで許容できる測線ひずみの値を算定することができる。

3-3 伸縮特性変化率によるひび割れ発生時期の推定

覆工に大きなひび割れが発生した場合にはその位置を目視によって発見できるが、ひび割れ幅が狭い場合には目視によってその位置を見つけることができない場合が多い。

図-4 は④に载荷した場合の外力荷重と3測線のひずみの関係を表したものである。ここで図-4 におい

表-2 ひび割れ発生直前の測線ひずみ（+：伸び、-：縮み）
（++（又は--）は+（又は-）より絶対値が大であることを示す）

荷重作用位置	測線ひずみ		
	ε_{ab}	ε_{ac}	ε_{bc}
②	-	+	--
③	+	-	--
④	++	-	+
⑤	-	-	+

表-3 ひび割れ発生直前の測線ひずみの値
（+：伸び、-：縮み）

荷重作用位置	測線ひずみ(%)		
	ε_{ab}	ε_{ac}	ε_{bc}
②	-0.17	0.06	-0.45
③	0.07	-0.04	-0.06
④	0.13	-0.13	0.07
⑤	-0.08	-0.09	0.08

て、初期の荷重载荷から初期ひび割れが発生するまでの区間、及び初期ひび割れと次のひび割れが発生するまでの区間において、各測線ひずみは外荷重の増加に対してほぼ線形的に増加しているのが理解できる。そこで、初期ひび割れ発生前後2区間の各測線ひずみの平均傾き(M1とM2)を求めた結果を表-4に示す。これより各測線 ij の傾き比率 $m_{ij} = M2/M1$ を求めると、 $m_{ab} = 25.9$ 、 $m_{ac} = 6.7$ 、 $m_{bc} = 33.3$ となった。すなわち、ひび割れ発生位置を計測領域に含んでいない測線 ac の m 値は小さくひび割れの影響をそれほど受けていないが、他の測線の m 値はひび割れの影響を大きく受けているのがわかる。また、⑤に载荷した場合の結果から上記で定義した m 値を求めると、 $m_{ab} = 29.2$ 、 $m_{ac} = 1.8$ 、 $m_{bc} = 9.0$ となった。この場合には初期ひび割れは領域Ⅲの外側に発生したことから、測線 ab の m 値が大きくなったといえる。このように、初期ひび割れが発生することによって覆工の変形が急速に進むことが理解できる。また、④に载荷した場合においては、初期ひび割れ発生により測線 ab 、 bc のひずみが約2倍程度、また⑤に载荷した場合は測線 ab のひずみが3倍以上急増した。

以上の結果より、覆工完成直後からその測線ひずみを継続して測定しておれば、測線ひずみの急激な変化により、覆工にひび割れが発生した時期を推定できることをこれらの結果は示している。

結論： 覆工内面3測点の測線ひずみの計測結果から、外力作用位置及び、クラックの発生時期を推定する手法を提案した。

参考文献

久武・村上・村上：変位計測によるトンネル覆工保守管理の一手法，トンネルと地下，pp.47～56，2002

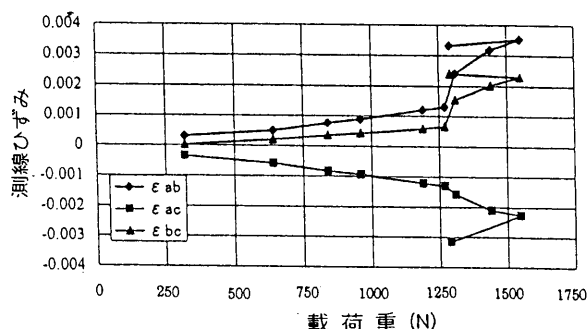


図-4 ④から荷重をかけた場合の測線ひずみ

表-4 各荷重範囲における測線ひずみの傾きM1,M2（単位：1/N）

測線ひずみ	M1 (320N～1270N)	M2 (1270N～1310N)
ε_{ab}	1.05E-06	2.72E-05
ε_{ac}	-1.01E-06	-6.77E-06
ε_{bc}	6.70E-07	2.23E-05