

## JESエレメント内へのコンクリート注入時の圧力管理について

唐沢 智之\*1・長尾 達児\*2・土井 至朗\*1・柳 博文\*3

## 概 要

HEP&JES工法は、アンダーパス工事を速く、精度よく安全に施工するための新しい複合法である。路面下の施工において非開削・短工期で構造物を構築できるため、急速に実績が増えている。しかしながら、施工箇所によっては土被りが小さい場合もあり、路面への影響に対する管理として、コンクリート打設時の圧力が重要な管理項目となる。

そこで、中埋コンクリート打設時において、エレメントに作用する側圧と変位を確認するために、実大のエレメント試験体による注入実験を行った。その結果、本実験により得られた知見から管理方法を見直す指標を得た。

キーワード：HEP&JES・高流動コンクリート・側圧・注入圧力・変形

## PRESSURE MANAGEMENT OF CONCRETE INJECTION IN JES ELEMENTS

Tomoyuki KARASAWA\*1, Tatsuji NAGAO\*2,  
Shiro DOI, Tatsuji NAGAO\*1, Hirofumi YANAGI\*3

## Abstract

The HEP&JES is a new composite method enabling rapid construction of an underpass accurately and safely. Since this non-open cut technique is capable of constructing a structure under the road in a short work period, its use has spread rapidly. A difficult and important point with this method is pressure management of concrete injection, especially in sites where overburden on the upper slab element is small, because in such sites injection work would exert adverse effects on the road surface.

Concrete injection tests with full-size elements were conducted to determine lateral pressures on the elements and their displacements during concrete injection into the elements. The knowledge obtained from the tests allows the authors to review the management method.

Keywords: HEP&JES, high fluidity concrete, lateral pressure, injection pressure, deformation

---

\*1 Material / Structure Group, Construction Technology Center, Engineering Division

\*2 Manager, Underground Structure Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

\*3 Manager, Geotechnical Engineering Group, Construction Technology Center, Engineering Division

## JESエレメント内へのコンクリート注入時の圧力管理について

唐沢 智之\*1・長尾 達児\*2・土井 至朗\*1・柳 博文\*3

### 1. はじめに

HEP & JES工法は、アンダーパス等の施工の際に、到達側からけん引した鋼製エレメント内にコンクリートを注入し、構造体とする工法である。路線下の施工において非開削・短工期で延長に制約されずに横断構造物を構築することができるため、急速に実績が増えている。しかしながら、施工箇所によっては路線下の上床エレメントから地上までの土被りが小さい場合もあることから、軌道面および路面への影響に対する管理が重要であり、その一つとしてコンクリート注入時の圧力も重要な管理項目となる。

そこで、中埋コンクリート注入時において、エレメントに作用する側圧と変位、および注入口の注入圧力を確認するために、実大のエレメント試験体を用いた注入実験を行った。本報は、その実験結果について報告するものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1 エレメント試験体

試験体の寸法および配筋を図-1に示す。エレメント試験体は、実物を模擬して断面寸法を850mm×850mm、長さを28.5mとした。また、鉄筋については、実物の調

整エレメントと同程度の鉄筋間隔となるよう配筋した。なお、コンクリート充てん状況確認のため、確認孔(450mm×300mm)をエレメント上面に設けた。

#### 2.2 中埋コンクリート

##### (1) 使用材料および配合

荷卸し時におけるフレッシュコンクリートの必要性能は、自己充てん性のランクを「土木学会、高流動コンクリート施工指針」<sup>2)</sup>のランク2に設定し、表-1のように定めた。

##### (2) 使用材料および配合

使用したコンクリートは、レディーミクストコンクリート工場で製造されたものとした。使用したコンクリートの配合を表-2に、コ

表-1 配合条件

必要性能			評価値
フレッシュ時	流動性	スランプフロー (cm)	65.0±5.0
	材料分離抵抗性	50cmフロー到達時間 (sec)	3~15
	自己充てん性	U形充てん高さ (mm)	300以上 (障害R2)
	空気量 (%)		4.0±1.5
単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )			165±10

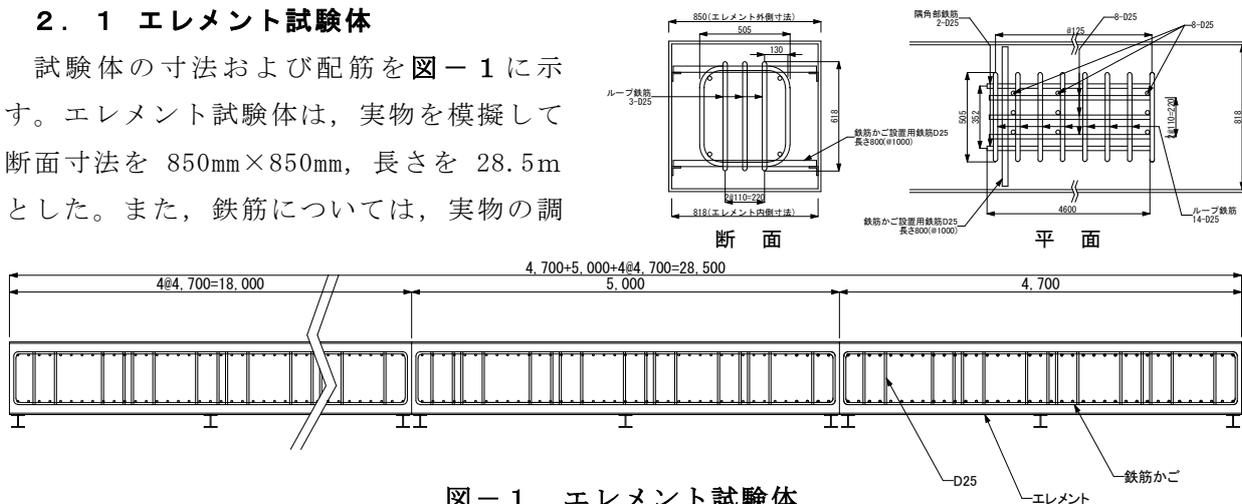


図-1 エレメント試験体

\*1 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 材料・構造グループ  
 \*2 エンジニアリング本部 土木技術部 地下構造グループ GL  
 \*3 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 地盤グループ

ンクリートの使用材料を表-3に示す。

2.3 コンクリート打設方法

注入には最大吐出圧 4.61MPa のピストン式コンクリートポンプ車(コンクリートシリンダ径φ225mm, シリンダ最大ストローク 1650 mm, 最大吐出量 115m<sup>3</sup>/h)を用いた。打設時の配管は、実施工を模擬したものとし、管径はポンプの出口を除き、水平配管、鉛直配管、注入口とも4B管を用いた。

2.4 計測項目

圧力計、変位計設置位置を図-2に示す。計測項目は、コンクリート注入時のエレメントの側圧、注入口の注入圧力、エレメントの変形量およびコンクリートポンプの吐出圧、吐出量とした。コンクリート注入時のエレメントの側圧、注入口の注入圧力、配管の圧力の測定は圧力計を設置し計測した。コンクリート注入時の注入圧力によるエレメントの変形量は変位計を設置し計測した。コンクリートの吐出圧は、ポンプのシリンダ前面の圧力とし、ポンプ車の油圧メータから目視直読したポンプ主油圧に係数(0.168:最大吐出圧力/最大油圧)を掛け理論吐出圧力を求めた。吐出量は、ストロークの所要時間を測定することにより求めた。

荷卸し時のコンクリートを採取し、注入前のコンクリートの性状を確認した。また、エレメントの到達側よりコンクリートを採取し、注入後のコンクリートの性状を確認した。試

表-2 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類	物性他
セメント	BB	高炉セメントB種	密度 3.04g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S1	砂	茨城県神栖市太田産 表乾密度 2.60g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率 2.20
	S2	砕砂	栃木県佐野市会沢町産 表乾密度 2.70g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率 3.20
粗骨材	G1	碎石	茨城県笠間市産硬質砂岩 表乾密度 2.65g/cm <sup>3</sup> , 実績率 60.0%
	G2	碎石	栃木県佐野市会沢町産石灰岩 表乾密度 2.70g/cm <sup>3</sup> , 実績率 60.0%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系

表-3 コンクリートの配合

W/C	s/a	単位粗骨材 絶対容積 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
			W	BB	S1	S2	G1	G2	SP
34.7	50.1	0.319	165	475	582 <sup>※1</sup>	259 <sup>※1</sup>	424 <sup>※2</sup>	429 <sup>※2</sup>	8.55 <sup>※3</sup>

※1:細骨材混合率(容積比) S1:S2=70:30  
 ※2:粗骨材混合率(容積比) G1:G2=50:50  
 ※3:BB×1.75%

表-4 フレッシュコンクリート試験結果

試験 No.	採取 場所	スランプフロー	50cm 到達時間	空気量	コンクリート温度	U形 充てん高さ
		(cm)	(sec)	(%)	(°C)	(mm)
1	荷卸し	60.0×60.0	6.8	4.0	19.0	350
2	荷卸し	69.0×68.5	5.8	3.4	19.0	-
3	荷卸し	69.0×67.5	5.7	3.3	19.0	-
4	荷卸し	63.0×63.0	6.0	3.0	19.0	-
5	荷卸し	65.0×61.5	5.3	3.3	19.0	-
6	到達部	60.0×58.0	4.6	4.0	16.0	348

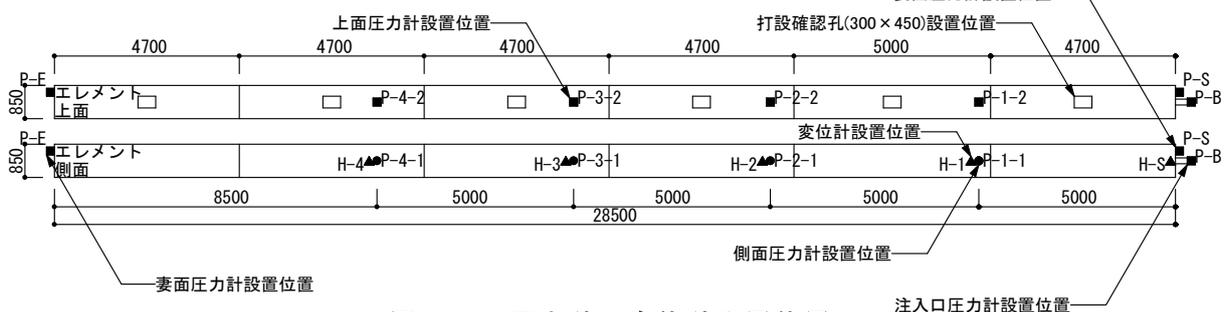
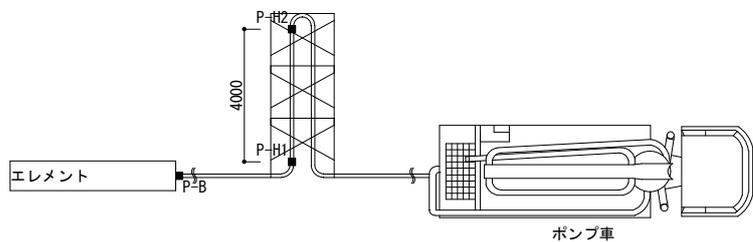


図-2 圧力計・変位計設置位置

験項目は、流動性としてスランプフロー、材料分離抵抗性として 50cm フロー到達時間、自己充てん性としてU形充てん高さ、および空気量、コンクリート温度を測定した。試験方法は、JIS および土木学会規準に準拠した。

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1 コンクリート品質

フレッシュコンクリートの試験結果を表-4に示す。荷卸し時に採取したコンクリートは、全ての試験項目について必要性能を満足しており、流動性、自己充てん性とも良好な性状であった。また、エレメント到達部において採取したコンクリートは、スランプフローが若干小さくなっており流動性が低下したが、自己充てん性については、必要性能を満足しており良好な性状であった。

#### 3.2 配管圧力

圧送配管内の圧力の計測結果を図-3に示す。圧送配管内の圧力（P-H1, P-H2）は、コンクリートのヘッド高さが注入口に到達するまでは比例的に上昇し、その後は、P-H2については 1.10～1.20MPa 程度、P-H1については 0.95～1.05MPa 程度と圧入終了までほぼ一定を保ち、充てん完了時においても大きな変化は見られなかった。また、ポンプの油圧メータから目視直読した圧力については、2.2～2.4MPa 程度でほぼ一定の値であった。エレメント注入口の注入圧力（P-B）についても、コンクリートのヘッド高さが注入口に到達した後は、ほぼ一定であり最終的には 0.34MPa 程度の値を示した。

#### 3.3 エレメント側圧

エレメントの側圧の計測結果を図-4に示す。エレメントの側圧は、コンクリートの注入により徐々に増加し、注入側の妻面で最大 0.1MPa 程度の圧力が発生した。また、コンクリートの打設を中断し、再開す

る際に一時的に圧力が増加する傾向を示した。充てん完了時の圧力分布は、注入側の圧力が高く、到達側に向かって圧力が徐々に減少する傾向がある。しかし、全体的に見ると、注入側の妻面の圧力のみが高く、他の部分の圧力差は僅かであった。

充てんが完了した後にコンクリート打設を継続し、加圧充てんした時の圧力計測結果を図-5に示す。完全に充てんした状態でコン

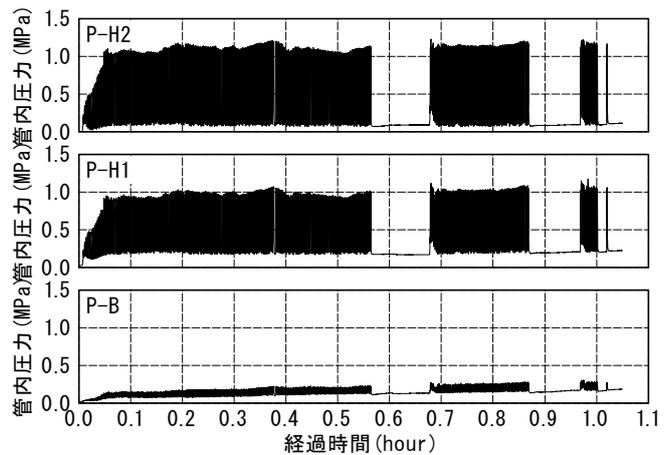


図-3 圧送配管の圧力

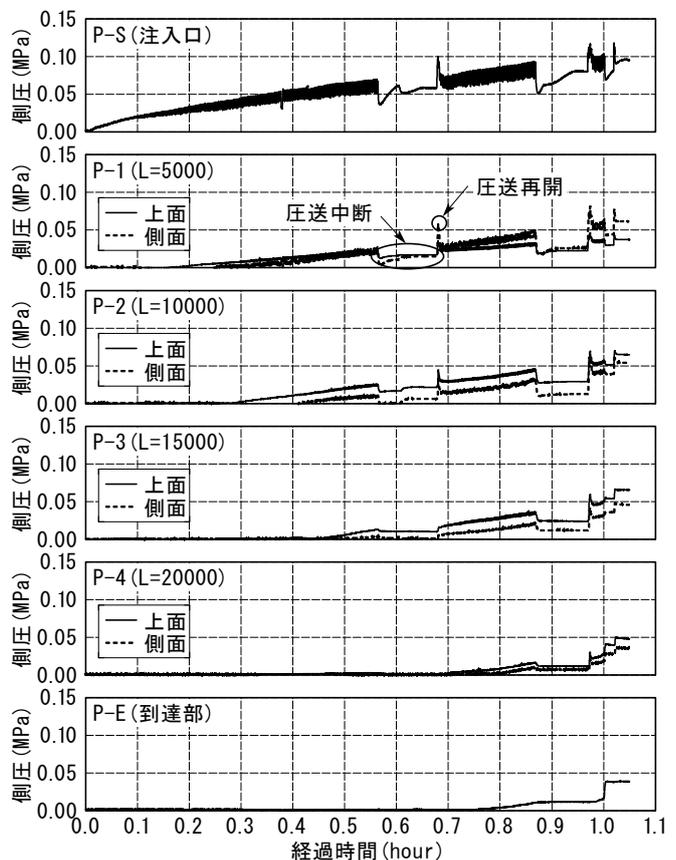


図-4 エレメント内の側圧

クリート打設を継続した場合、エレメントの側圧が急激に増加した。全ての測定点において圧力が増加していることから、エレメント内部のコンクリートが液圧として作用していると考えられる。また、加圧充てんすることでエレメントの側圧は、0.10~0.13MPa程度増加するが、圧送配管内の圧力は0.05MPa程度しか増加しなかった。これは、エレメント内および配管内のコンクリートが圧密されることにより、配管およびポンプの圧力に及ぼす影響が小さくなるためと考えられる。従って、エレメントに作用する側圧をポンプの油圧で推測することは、難しいと考えられる。

打設速度の違いによるエレメントの側圧の違いを図-6に示す。エレメントの側圧は、打設速度 13.3m<sup>3</sup>/hとした場合の方が大きい部分もあるが、これは、注入再開時に一時的に圧力が増加した影響であり、その後の定常状態の部分では、打設速度による圧力の差異が見られなかった。また、圧送配管内の圧力

は、打設速度 13.3m<sup>3</sup>/hと比較して 25.0m<sup>3</sup>/hの方が大きくなっており、「土木学会、コンクリートのポンプ施工指針」<sup>3)</sup>に記述されている内容と一致した。圧送配管内の圧力は打設速度が速いほど大きくなるが、エレメントの側圧は打設速度による差がないことから、打設速度の違いによる圧力は、配管部分の圧送負荷で吸収され、エレメントの側圧に及ぼす影響は小さいと考えられる。

### 3.4 エレメントの変形量

エレメントの変形量の計測結果を図-7に、充てん完了後に加圧充てんした時のエレメントの変形量を図-8に示す。エレメントの変形量は、コンクリートの注入により徐々に大きくなり、注入口近傍で最大1.0mm程度の変位が発生した。また、コンクリートの打設を中断し、再開する際に一時的に変位が大き

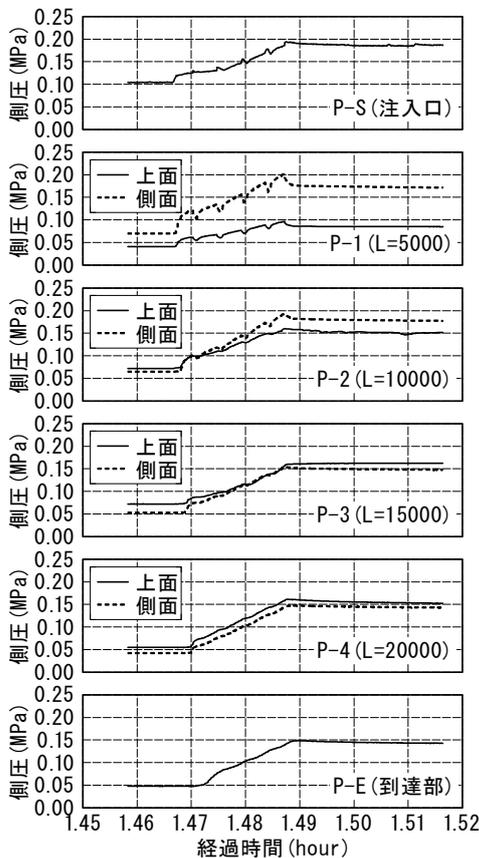


図-5 加圧充てん時の側圧

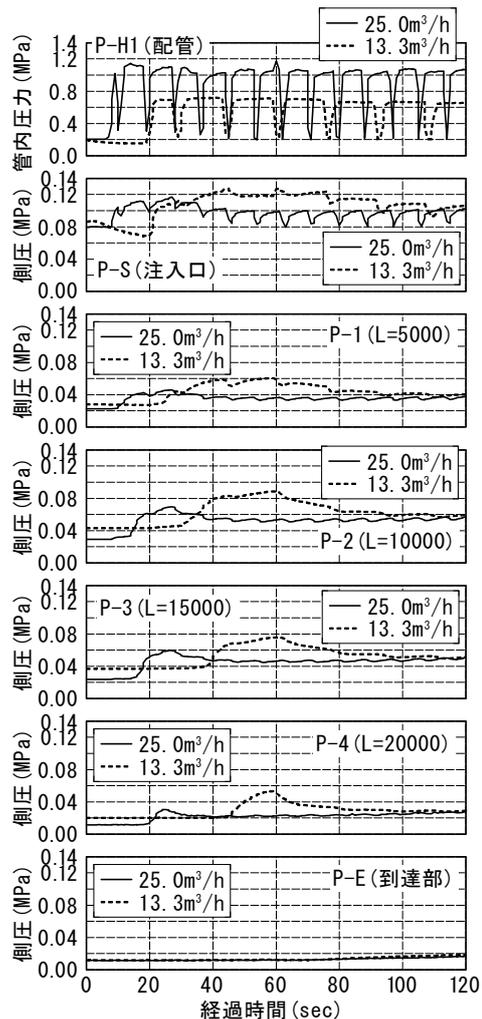


図-6 打設速度による側圧の比較

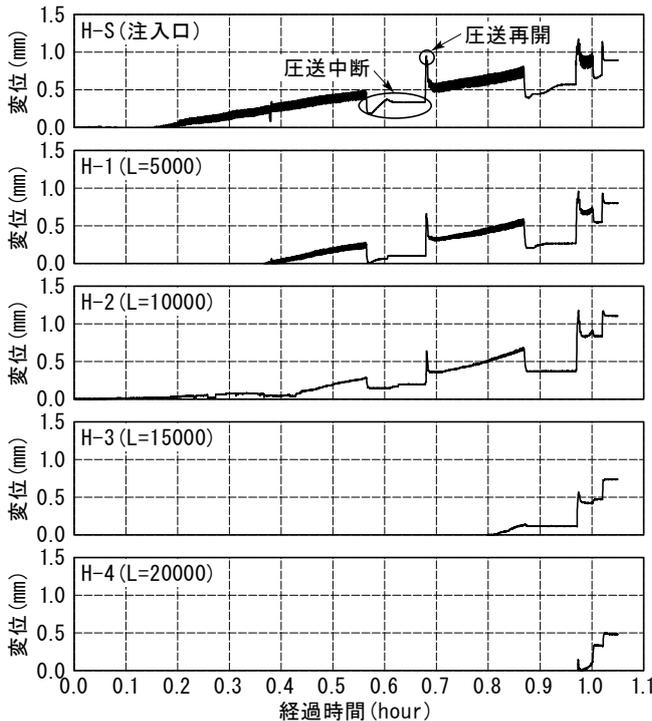


図-7 エレメントの変形量

なる傾向を示した。さらに、完全に充てんした状態でコンクリート打設を継続した場合、エレメントの変形量が急激に大きくなった。以上より、エレメントの変形量は、エレメントの側圧とほぼ同様の傾向であり、エレメントの側圧により管理できると考えられる。また、コンクリート硬化後、エレメントを切断しコンクリートの充てん状況を確認したところ、未充てん部分がなかったことから、到達側で充てんを確認した後、ポンプのストローク数として1ストローク程度で打設を終了すれば、エレメントの側圧および変位が大きくなることもなく、密実にコンクリートを充てんできるものと考えられる。

#### 4. まとめ

本実験の結果得られた知見をまとめると下記の通りである。

- ①エレメントの側圧および変位は、コンクリート打設とともに徐々に増加するが、完全に充てんした状態でコンクリートの打設を継続し加圧充てんすると、エレメントの側圧および変位が急激に増加する。
- ②加圧充てんすると、エレメントの側圧は

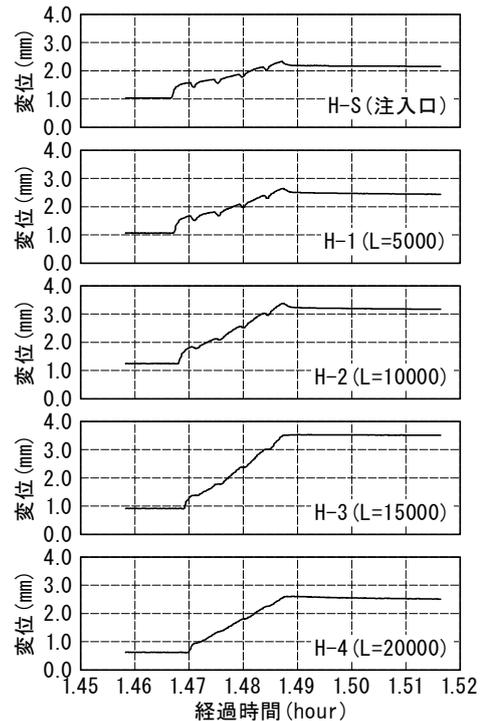


図-8 加圧充てん時の変形量

急激に増加するものの、ポンプの圧力はさほど増加しないため、エレメントに作用する側圧をポンプの油圧で推測することは、難しい。

- ③到達側で充てんを確認した後、ポンプのストローク数として1ストローク程度で打設を終了すれば、エレメントの側圧および変位が大きくなることもなく、密実にコンクリートを充てんすることが可能である。
- ④打設中断後の再開時には、エレメントの側圧および変位が大きくなる。

これら得られた結果から、今後線路下に敷設したエレメントへの中埋めコンクリート充填において、その管理基準値を見直し施工の安全性を図っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 清水満他：鋼製エレメントを用いた線路下横断トンネルの設計法，第8回トンネル工学研究発表会，1998.11
- 2) 土木学会：高流動コンクリート施工指針，コンクリートライブラリー93号
- 3) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針，コンクリートライブラリー100号