

# 樹脂含浸による埋蔵遺跡保存法の研究 (その2)

——非破壊による土中への PEG 含浸管理法——

住野正博 佐藤祐司  
川地 武

## Studies on Preservation Method for Soil Structure Ruins Buried Underground by Application of Resin Impregnation (Part 2)

——Nondestructive Examination of PEG Resin Impregnation into Soil Blocks——

Masahiro Sumino Yuji Sato  
Takeshi Kawachi

### Abstract

When the relocation method is adopted for preservation of soil structure ruins buried underground, it is required for reinforcing of soil to be done in order not to inflict damage during operations and displaying to the public. Meanwhile, it was shown in the previous report that a useful reinforcing method of soil is impregnation with a water-soluble polyethylene glycol (PEG). However, for this method to be brought to practical use it is necessary to have a nondestructive way to grasp exact degrees of impregnation and contents of PEG in large-scale blocks during dipping in aqueous solutions of the resin. As a result, the authors consider that the conditions of impregnation and concentration of aqueous PEG solutions can be grasped by specific conductivity measurements and the time when an adequate quantity has been impregnated judged and, moreover, with it being possible for that time to be predicted. Still further, the quantity of aqueous PEG solution impregnated can be grasped by measurement of the weight in the solution. It was judged from this that PEG impregnation can be controlled nondestructively from the two aspects of impregnation condition and impregnation quantity.

### 概 要

埋蔵土構築物の移設保存では保存工事の作業中および展示中の変状、損壊を防ぐための土の補強法として、ポリエチレングリコール樹脂水溶液に土ブロックを部分浸漬し、樹脂を土中に自然含浸させる方法が有力である。しかし、その実用化には樹脂水溶液の含浸状況および含浸量を非破壊で管理する方法の確立が必要である。そこで、非導電性の樹脂含浸による土の比電導度の低下現象および部分浸漬時の液中重量変化がそれらの管理に有効と考え、検討した。その結果、比電導度の測定から、樹脂水溶液が含浸している状況と濃縮化の状況が把握できるとともに、土の補強に十分な量が含浸した時期を判定でき、またその時期を予測できた。また、液中重量の測定から含浸した樹脂の量が把握できた。このことから両法の併用によって、含浸状況と含浸量の両面から非破壊で樹脂含浸が管理できると判断された。

### 1. はじめに

埋蔵土構築物の遺跡を移設保存する場合、土ブロック切り出しから復元に至るまでの一連の工事中および展示中の変状、損壊を防ぐために土の補強が必要である。その補強法として既報のように、土ブロックをポリエチレングリコール樹脂(Polyethylen glycol, 以下 PEG と略)水溶液に部分浸漬し、土中に PEG を自然含浸させる方法が有力であり、PEG 含浸によって移設保存に適した土の強度特性、湿度環境に速やかに追従する吸放湿特性などが得られる<sup>1)</sup>。

この PEG 含浸による土の補強法の実用化には、PEG 水溶液に部分浸漬した土ブロック中への PEG 含浸状況を非破壊で的確に把握し、浸漬終了時期を適正に判断することが必要になる。その際、PEG が非導電性であることから、PEG 含浸に伴う土の電気的変化が PEG 含浸把握に有効と予想された。

この非破壊管理法の参考になる研究として、室内実験段階ではあるが、薬液注入工法で地盤に注入したイソシアネート系樹脂の浸透範囲の予測、確認を電気的に行う方法がある<sup>2)</sup>。これは、自然地盤よりも注入樹脂が非導電性であることに着目し、樹脂浸透によって土の抵抗が増

大することを利用する方法である。

同じような考えで行った PEG 水溶液と土の種類を変えた予備実験から、電気伝導度が PEG 含有量、土質および含水比によって変化し、土中への PEG 含浸指標として利用できる可能性の大きいことが判明した。また、部分浸漬時においても全面浸漬時と同様に液中重量の測定が PEG 含浸量の把握に有効と予想された。

本報では、小試験体を用いた基礎実験および大型ブロックを用いた拡大実験を行い、電気伝導度と土中 PEG 量の関係および液中重量による含浸 PEG 量を把握することによって、非破壊による PEG 含浸管理法の可能性を検討し、有用な知見が得られたので報告する。

## 2. 供試材料

### 2.1 供試攪乱土

前報で用いた攪乱土のうち粘性土の S<sub>2</sub>、S<sub>9</sub> の 2 種類を供試した。供試土の基本的性質を表-1 に示した。

### 2.2 供試土ブロック

(1) ブロック A 某池の内に 1 年間仮置きしていた盛土の断面を 1.5<sup>h</sup> × 3<sup>w</sup> × 0.5<sup>l</sup> m に切り取り、その四側面に木綿布をピン留めした後、H 鋼とエキスパンドメタルを取り付けて土の崩壊防止処置を行い供試した。このブロックの土質は表-2 に示すように粘土質砂であるが、実際はかなり大きな粘土の塊、軟岩の塊および石が混じっており不均質であった。

(2) ブロック B 土質改良した某池底土の断面をブロック A と同じサイズに切り取り、その上部 30 cm を削り取った後、同様に土の崩壊防止処置を行い供試した。このブロックは下から粘性土層、薄い砂層、粘性土層、薄い砂層、改良土層の順に層をなしている。なお、このブロックは現在、まだ実験中なので、その土質については今回、省略する。

### 2.3 供試 PEG 水溶液

平均分子量 3,300 の PEG を水に溶解し、2～50%濃度の水溶液を作製した。実験に応じて各濃度の水溶液を適宜用いた。

## 3. 実験方法

### 3.1 電気伝導度による PEG 含浸管理法の基礎実験

3.1.1 PEG 水溶液と土の混合系での基礎実験 自然乾燥後、粉碎、ふるい分けし、礫分を除去した S<sub>2</sub>、S<sub>9</sub> 土のそれぞれに含水比 7%、15%、20%に相当する水量を加えて混練後、あるいはこの水量に相当する濃度 2～50%の PEG 水溶液を加えて混練後、それぞれをビニール袋に入れて一晩養生した。これを φ15 mm、h75 mm の円柱型容器に入れ、土の高さが 50 mm になるまで圧密した後に電極間距離 5 mm、電極面積 27 mm<sup>2</sup> の電極を 30 mm の深さまで挿入した。次いで再度、軽く圧密して土と電極を十分に密着させた後、交流抵抗計を用い周波数 1 kHz で電極位置の土中の電気伝導度 (μS) を測定した。結果は比電気伝導度 (μS/cm、以下、比電導度と略)

表-1 供試土の基本的性質

土の種類		S <sub>2</sub>	S <sub>9</sub>
粒度特性 (%)	砂	26.4	41.9
	シルト	30.1	30.0
	粘土	43.5	28.1
コンシステンシー特性	液性限界 (%)	57.8	25.7
	塑性限界 (%)	18.5	15.4
	塑性指数	39.3	10.3
含水比 (%)	24.6	17.0	
湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.982	2.071	
間隙比	0.678	0.478	
飽和度 (%)	97.8	88.3	
収縮限界 (%)	26.8	15.4	

表-2 ブロック A の土の基本的性質

項目	試料 1	試料 2	
湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.986	1.941	
乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.690	1.697	
自然含水比 (%)	17.7	14.6	
粒度特性 (%)	れき分	17.0	26.0
	砂分	39.0	46.0
	シルト分	21.0	14.0
	粘土分	23.0	14.0
コンシステンシー特性	液性限界 (%)	49.9	36.1
	塑性限界 (%)	25.9	23.8
	塑性指数	24.0	12.3

に換算して表示し、電極間距離や電極面積を異にする条件で測定した場合でも相互比較できるようにした。また、電気伝導度測定後、電極位置の土中の PEG 含有率 (%) および含水比 (%) を常法で測定した<sup>1)</sup>。

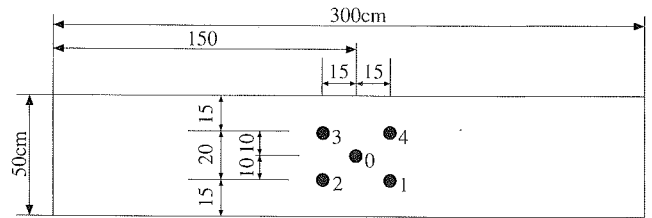
3.1.2 PEG 水溶液浸漬系での基礎実験 S<sub>9</sub> 土を用い、前報と同様の方法で圧密脱水して成形した φ17 mm、h65 mm の湿潤土円柱供試体に混合系で用いたものと同じ電極を深さ 35 mm まで挿入した。次いで供試体の上部を出す形で 38% PEG 水溶液に浸漬時間を変えて部分浸漬し、電気伝導度を測定して比電導度に換算した。また、各浸漬時間の終了ごとに水溶液から供試体を引き上げ、土表面の PEG を拭き取った後に電極位置の土中の PEG 含有率、含水比を常法で測定した<sup>1)</sup>。

### 3.2 PEG 水溶液浸漬系での拡大実験

3.2.1 電気伝導度の測定 ブロック A、ブロック B の上面から図-1 に示す位置および深さに電極間距離 1 cm、電極面積 16 cm<sup>2</sup> の細い棒状の電極を 5 本打ち込んだ後、ブロック上部 8 cm を液面上に出す形で 38% PEG 水溶液に約 1 年間部分浸漬した。浸漬期間中、液濃度、液比重、液面位置を管理しながら上記と同様に電気伝導度の測定、比電導度への換算を行った。

3.2.2 液中重量の測定 ブロック B について部分浸漬中の供試体の液中重量をロードセルで測定した。

3.2.3 土中 PEG 量の測定 浸漬終了後、液から引き上げブロック A については290日間自然乾燥した後、コア採取面のエキスパンドメタル等を取り外し、表層約1cmを除去後、コアドリル(φ5cm)で攪乱土試料を採取した。その際、試料は、電極 A<sub>3</sub> および電極 A<sub>4</sub> 側の面(1.5<sup>h</sup>×3<sup>w</sup>m)において電極 A<sub>4</sub> 側のブロック測端部から電極 A<sub>4</sub> 方向に75cmまでの間、また上端から下端までの間をそれぞれ25cmの間隔でメッシュに切り、各交点(15箇所)から内部に向かって5cmずつ30cmの深さまで順次、採取した。各試料につき PEG 含有率を求めた。なお、ブロック B は現在、自然乾燥中である。



電極打ち込み深さ

ブロック A	No. A <sub>0</sub> : 50 cm	ブロック B	No. B <sub>0</sub> : 70 cm
	No. A <sub>1</sub> : 50		No. B <sub>1</sub> : 70
	No. A <sub>2</sub> : 31		No. B <sub>2</sub> : 30
	No. A <sub>3</sub> : 23		No. B <sub>3</sub> : 70
	No. A <sub>4</sub> : 50		No. B <sub>4</sub> : 55

図-1 土ブロックへの電極打ち込み位置図

#### 4. 比電導度による PEG 含浸管理法の結果と検討

##### 4.1 PEG 水溶液と土の混合系での基礎実験

図-2 に S<sub>2</sub>, S<sub>9</sub> 土を用いた PEG 水溶液との混合系における PEG 含有率および含水比の関係を示す。

同図において測定値に若干のバラツキがあり、また直線の傾きに土質による違いが認められるものの、比電導度は PEG 含有率の増加、含水比の減少とともに直線的に低下する傾向にある。土質の影響は、PEG 水溶液を混合していない土の比電導度(初期値)が約300~500μS/cmを示すように、初期値のかなり大きな差として認められる。しかし、この差は PEG 含有率の増加とともに次第に小さくなり、7~9%の PEG 含有率に達した時点で比電導度10~30μS/cmを示すように土質による差異がほとんど認められなくなる。

このことは、土質の影響は比電導度の初期値に顕著に現れるものの非導電性の PEG の含有量が土中に増加するに伴って小さくなること、また10~30μS/cmに達すると電極周囲の土中に PEG が7~9%の含有率で存在することを示唆している。なお、この PEG 含有率は土の補強に十分な量であることを前報で確認している<sup>1)</sup>。

##### 4.2 PEG 水溶液浸漬系での基礎実験

S<sub>9</sub>土供試体を38% PEG 水溶液に20日間部分浸漬し、土中の比電導度を経時的に測定した。比電導度は浸漬直後の約400μS/cmから継続的に低下し、浸漬5日以後15μS/cm前後でほぼ定常状態になり、浸漬期間の増大、言い換えれば PEG 水溶液の含浸進行とともに比電導度が低下し、一定値に至ることが確認できた。

この PEG 水溶液の含浸進行状況を比電導度と PEG 含有率の関係で表したものが図-3 である。当然のことながら PEG 含有率の高いほど長期間浸漬したことになる。

同図において、比電導度は含浸 PEG 量の増大とともに低下した後、15μS/cm前後でほぼ横ばい傾向に至っている。そして、その傾向に至った時の PEG 含有率は約8~10%を示している。

この横ばい傾向に至った時の PEG 含有率は上記混合

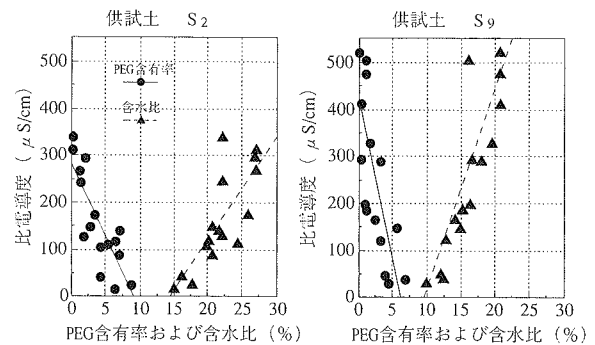


図-2 PEG 水溶液・土混合系の比電導度と PEG 量の関係

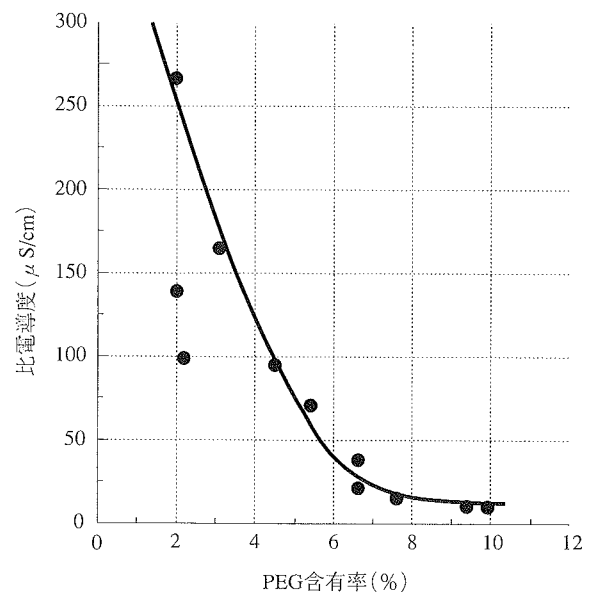


図-3 PEG 水溶液浸漬系の比電導度と PEG 量の関係

系における S<sub>9</sub>土の最大 PEG 含有率と大差ない。

ところで、PEG 水溶液に浸漬中、供試体を適宜引き上げ、縦方向に二分して供試体断面の色の変化を目視観察した。浸漬1日で断面は電極位置まで薄い褐色に変色し始め、浸漬3日でやや濃い褐色、浸漬4日でかなり濃

い褐色、浸漬5日以降には目視で色の濃淡を判別できないほど濃い褐色となり、PEG 含浸量の継続的な増大が目視で確認できた。その時の比電導度はそれぞれ約150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、約40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後、15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後であり、PEG 含有量の増大に伴う色の変化と比電導度の低下がよく対応していた。

これらのことより、PEG 水溶液の含浸によって比電導度は低下し、150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  近辺に至った時にはPEG 水溶液が電極位置まで到達し始めた可能性が大きいこと、15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  前後で横ばい傾向に至った時には電極位置の土中にPEG が少なくとも8%の含有率で存在していると判断される。また、この含有率8%は混合系でも述べたように、土の補強に十分な量である。したがって比電導度によって土の補強に十分なPEG 含浸量が電極位置の土中に到達した時期だけでなく、そこに至るまでの過程が把握できると判断される。

4.3 PEG 水溶液浸漬系での拡大実験

4.3.1 比電導度の経時変化 部分浸漬中のブロックAの比電導度の経時変化を図-4に、またブロックBのそれを図-5に示す。

(1) ブロックAの場合 図-4において比電導度の初期値は電極位置によってかなり違っているが、いずれも浸漬40日前後から比電導度に変化が生じ始めている。

初期値が異なるのは、上述したように当ブロックの土質が不均質であり、電極打ち込み位置によって土の物性が異なっているためと考えられる。

40日以後の変化をみると、電極A<sub>3</sub>の比電導度は継続的に低下し、130日を過ぎてから一時期、わずかに増大した後に再び低下しているが、15~20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  でほぼ一定となる。それ以外の電極においては時期および程度に差異があるが、いずれも比電導度は増大し、極大ピークに達した後、下降に転じ、特に電極A<sub>4</sub>では電極A<sub>3</sub>のレベルに達する。電極A<sub>2</sub>は300日で約50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、電極A<sub>0</sub>およびA<sub>1</sub>は320日で250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示しているが、引き続き低下する傾向にあり、図上より前者は今後、20日前後、後者は200日前後経過した後に電極A<sub>3</sub>レベルの比電導度に達することが予想される。

ブロックに打ち込んだ電極と一緒に作製した電極で測定した38% PEG 水溶液の比電導度が10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度であったこと、浸漬中に土中からナトリウムやカリウムなどの電解質成分がPEG 水溶液中に溶け出すことを考慮すると、電極A<sub>3</sub>レベルの比電導度に達した時の土中には38% PEG 水溶液に近い濃度のPEG 水溶液が含浸したことを示している。

また、電極A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>で典型的にみられる浸漬中の比電導度の増大は、PEG 水溶液の含浸進行およびブロック上部からの土中水分蒸発によって、ブロック内で水分移動が起これ、電極位置で凝縮して含水比が高くなったことによると推定される。土中含水比の増加によって、比電導度が増大する現象は図-2より明らかである。

(2) ブロックBの場合 図-5において電極B<sub>0</sub>、

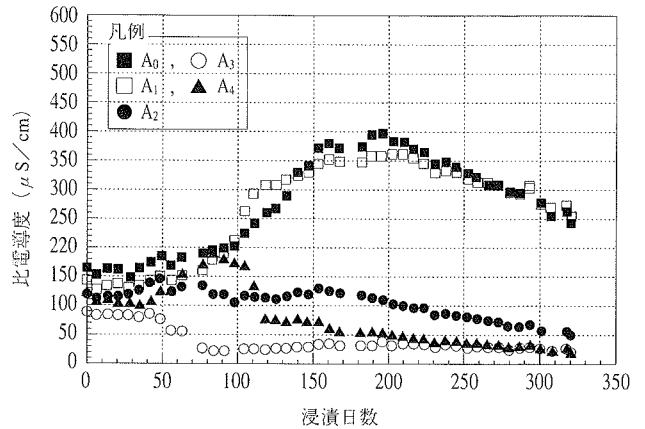


図-4 PEG 浸漬系ブロック A の比電導度の経時変化

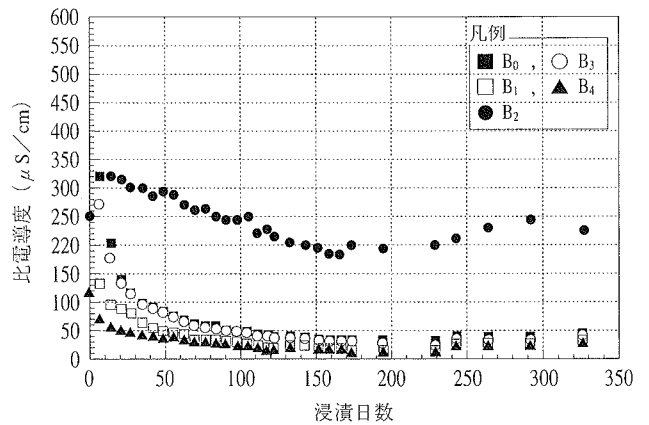


図-5 PEG 浸漬系ブロック B の比電導度の経時変化

B<sub>1</sub>、B<sub>3</sub>、B<sub>4</sub>の比電導度は浸漬開始後、短い期間で低下し始め、100日前後から15~35  $\mu\text{S}/\text{cm}$ でほぼ定常状態に至る。電極B<sub>2</sub>のそれは浸漬開始後、しばらく増大した後、下降に転じ、150日以後、180~240  $\mu\text{S}/\text{cm}$ の間を上下しながら推移している。

電極B<sub>0</sub>、B<sub>1</sub>、B<sub>3</sub>は前報でPEG 水溶液の含浸しやすいことを確認している粘性土(Sbで表示)、電極B<sub>4</sub>は同様に含浸しやすい砂層に打ち込まれているため、速やかなPEG 水溶液の含浸によって比電導度が短期間で低下したと判断される。また、電極B<sub>2</sub>は粘性土を石灰系土質改良材で改良した層に打ち込まれている。改良土は石灰系改良材で固められ、緻密になっているためPEG 水溶液が含浸しにくい反面、含有するカルシウムによって導電性が良くなり、その結果、上記のように他とは異なる比電導度の変化を示したと判断される。

このように両ブロックにおける比電導度の経時変化および定常状態に至った時の比電導度の値は上記した基礎実験の場合にほぼ対応している。

このことから、期間に長短はあるものの、比電導度の変化は大きなブロックに対してもPEG 含浸状況を示していると判断される。また、土質を異にしてもPEG 水溶液が電極位置の土中に十分に含浸すると、比電導度はほ

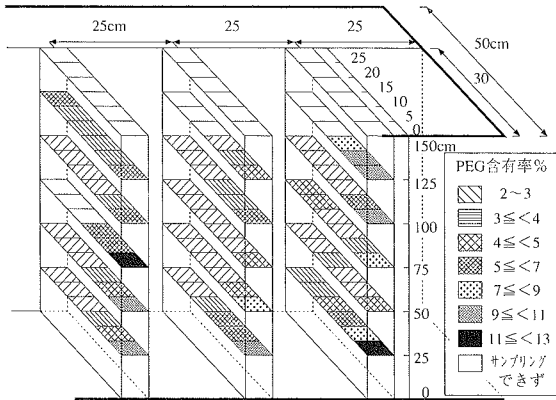


図-6 コア採取による PEG 含有率実測値

ほぼ一定値を示すことが判明した。

4.3.2 比電導度による予想 PEG 含有率とコア採取による実測値の比較 図-3 に示した浸漬系における比電導度と PEG 含有率の関係を図-4 のブロック A にあてはめると、PEG 含有率は電極 A<sub>3</sub> および電極 A<sub>4</sub> 付近で 8% 以上、電極 A<sub>2</sub> 近辺で 6%、電極 A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub> 付近で 2.1% と予想される。

図-6 はブロック表面から 30 cm 内部までコアを採取して実測した PEG 含有率の分布を示す。コア採取位置は最も近い場合でも電極 A<sub>4</sub> から 60 cm 離れている。

同図において PEG 含有率は表面から内部に向かって低くなる傾向にあり、PEG 水溶液が土ブロック表面から内部に向かって含浸している様子がうかがえる。しかし PEG 含有率の分布状況が示すように、その含浸は均一には進んでいない。

ところで、電極 A<sub>3</sub> および A<sub>4</sub> 打ち込み位置の延長線上にあるブロック表面から 15 cm 内側でブロック上端から深さ 25 cm の位置および深さ 50 cm の位置での実測 PEG 含有率は 2~4% および 7~9% に大別される。同様に電極 A<sub>0</sub> 打ち込み位置の延長線上にある 25 cm 内側で深さ 50 cm 位置での実測値は 2~3% である。この値は、電極 A<sub>3</sub> および A<sub>4</sub> 位置での 2~4% の場合を除き、上記した比電導度による予想値とほぼ一致している。当該ブロックの土質が上記のように不均質であり、PEG 含浸の進行状況が土質によって異なることを考慮してもコア採取による実測値は比電導度による PEG 含有率の予想値にかなりよく対応していると判断される。また、PEG 含有率実測値の分布は図-3 の比電導度と PEG 含有率の関係から予想される範囲にある。電極 A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> 側の面からコアを採取していないため、実測値と比較できないが、同様の結果が得られると推察される。

## 5. 液中重量による PEG 含浸管理法の結果と検討

### 5.1 実測値と計算値との対応

約 1 年間、38% PEG 水溶液に土ブロック B を部分浸漬した際の液中重量の経時変化を測定した。その結果、液中重量は浸漬直後の 2,080 kgf から 2,170 kgf の間を

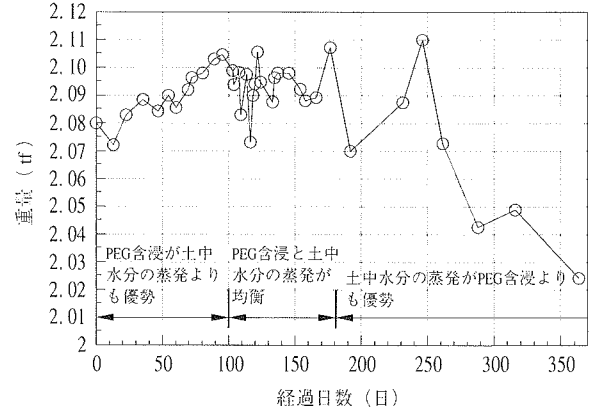


図-7 部分浸漬時のブロック B 補正後液中重量の経時変化

表-3 部分浸漬中のブロック B の重量変化計算値

1) 初期湿潤状態	2) 間隙中の水分が全て 38% PEG 水溶液で置換した場合	3) 空中露出部分の PEG 水溶液の水分が蒸発した場合
・湿潤ブロック土密度 $\rho_{t0} = 1.92 \text{ t/m}^3$ ・ブロック土の液中重量 $W_0 = 1.66 \text{ tf}$ ・ブロック内の初期含水量 $W_{w0} = 0.80 \text{ tf}$ ・ブロック重量 $W_s = 2.66 \text{ tf}$	・間隙中の 38% PEG 量 $W_{PEG1} = 0.86 \text{ tf}$ ・土ブロックの液中重量 $W_1 = 1.72 \text{ tf}$	・露出部分の 38% PEG 量 $W_{PEG2} = 0.06 \text{ tf}$ ・土ブロックの液中重量 $W_2 = 1.66 \text{ tf}$
土の諸量, 他: 供試体サイズ $1.2^h \times 3.0^w \times 0.0^t \text{ m}$ 供試体体積 $V = 1.80 \text{ m}^3$ 水中体積 $V' = 1.68 \text{ m}^3$ 露出部体積 $V'' = 0.12 \text{ m}^3$ 間隙比 $e = 0.785$ 含水比 $w = 30\%$ 土粒子比重 $G_s = 2.65$ 飽和度 $S_r = 100\%$ 水の比重 $\rho_w = 1.00$ 38% PEG 液比重 $\rho_{wPEG} = 1.07$ 固形 PEG 比重 $\rho_{PEG} = 1.21$		計算式: $\rho_{t0} = \frac{G_s + e}{1 + e} \times \rho_w$ $W_0 = \rho_{t0} \cdot V - \rho_{wPEG} \cdot V'$ $W_s = \rho_{t0} \cdot V - W_{w0}$ $W_{PEG1} = W_{w0} \cdot \rho_{wPEG}$ $W_1 = W_s + W_{PEG1} - \rho_{wPEG} \cdot V''$ $W_{PEG2} = W_{PEG1} \times \frac{0.08^*}{1.12}$ $W_2 = W_1 - W_{PEG2}$ * 空中露出部分の高さ (m)

上下しているだけで PEG 含浸に伴う重量増加が認められなかった。このような現象を生じた原因として、浸漬期間中に液面の位置管理、液比重による濃度管理は厳密に行ったつもりではあるが、実際には多少の変動があったことによって、浮力に差異を生じたことが考えられた。そこで、管理中に変動した液比重を 38% PEG 水溶液の比重に、また液面位置を浸漬開始時の位置に補正して液中重量の経時変化を求めたところ、図-7 が得られた。

ところで、部分浸漬時の PEG 水溶液の含浸進行が、1) 初期状態から、2) 間隙の土中水が 38% PEG 水溶液

で全て置換され、3) PEG 水溶液面上に露出している部分の PEG 水溶液の水分が蒸発するという順序に進行すると仮定し、水と PEG の収支を計算した結果は表-3 のようである。

同図および同表の結果を対応させると、次のことが推察される。

① 浸漬100日までの間は、PEG 含浸による重量増が土中水分蒸発による重量減よりも優勢であるため、重量の増大現象が生じる。

② 浸漬100日から180日までの間は、PEG 含浸による重量増と土中水分蒸発による重量減がほぼ均衡しているため、重量はあまり変化しない。

③ 180日から360日までの間は、土中水分蒸発による重量減が PEG 含浸による重量増に勝っているため、重量は減少する。

また、図-7 に示した実測値補正による液中重量増 76 kgf (2,110-2,024) は上記仮定計算値の 60 kgf (1,720-1,660) とかなり対応している。

これらのことは、液比重、液面位置による補正を行うことによって、部分浸漬時の液中重量変化から土ブロックに含浸した PEG の量が把握できることを示している。

### 5.2 含浸 PEG 量の算定

土中水分が38% PEG 水溶液に全て置き換わった場合および液中重量変化量の実測補正值 (76 kgf) と計算値 (60 kgf) を基に算出した場合について、含浸 PEG 量と PEG 含有率の結果を表-4 に示す。

同表において、土中水分量から求めた PEG 含有量と仮定計算値に基づく結果がかなり良く対応し、実測補正值に基づく結果は他に比べて大きい、驚くほど大きな値では無い。

このことから、表-3 に示した重量収支の計算および重量変化の実測値の補正によって、部分浸漬中の含浸 PEG 量はある程度予想できると判断される。なお、当該ブロックは現在、自然乾燥中である。今後、前記ブロック A の場合と同様にコア採取による含浸 PEG 量の実測を行い、表-4 の結果と比較する所存である。

## 6. 非破壊による PEG 含浸管理法の可能性

前述したことから明らかなように、比電導度による方法は土中の電極位置での PEG 水溶液の含浸状況と濃縮状況の把握および十分な含浸 PEG 量に至った時期の判定に適し、またその状況に至る時期の予測を可能にする。

液中重量による方法は補正を伴うが、土ブロック全体に含浸した全 PEG 量の把握を可能にする。また、含浸 PEG 量の最大値は、間隙中の土中水分が38% PEG 水溶液と全て置換すると仮定することで予測可能である。

実際に土ブロックを38% PEG 水溶液に部分浸漬して PEG を含浸させる場合、これらの方法を併用すれば

表-4 含浸 PEG 量および PEG 含有率の予測

項目	土中水分が38% PEG と置換 <sup>1)</sup>	実測補正值に基づく <sup>2)</sup>	仮定計算値に基づく <sup>2)</sup>
含浸 PEG 量(kgf)	327	438	346
PEG 含有率(%)	12.2	16.5	13.0

計算式：1)  $W_{PEG} = W_{PEG1} \times 0.38$  2)  $W_{PEG2} = \frac{\Delta W \times \rho_{PEG}}{\rho_{PEG} - \rho_w}$

PEG 水溶液の含浸状況と含浸量の両面から管理でき、また液から引き上げる時期を適正に判定できると判断される。

## 7. まとめ

埋蔵土構築物遺跡を移設保存する場合、土ブロックの切り出し、移動、復元の作業中および展示中の変状、損壊を防ぐための土の補強法として、38% PEG 水溶液に土ブロックを部分浸漬し、土中に PEG を自然含浸させる方法が有効であると判明している。しかし、その実用化には PEG 水溶液の含浸状況および含浸量を非破壊で把握し、浸漬終了時期を適正に判断することが必要である。そこで、土中に非導電性の PEG が含浸すると、土中の比電導度が低下することに着目した比電導度の測定によって、また部分浸漬時の液中重量測定によって、PEG 水溶液の土中への含浸状況と PEG 含浸量が把握できるかどうかを実験、検討した。

その結果、土ブロックに電極を打ち込み、土中の比電導度を測定することによって、電極位置の土中に PEG 水溶液が含浸している状況と濃縮化している状況を把握できるとともに土の補強に必要な十分量の PEG 量が電極位置に含浸した時期を判定できることが判明した。また、液比重や液面位置による補正計算を伴うが、液中重量の測定によって、ブロック全体に含浸した PEG の量を把握できることが判明した。そして、含浸 PEG 量の最大値予測は、間隙中の土中水分が PEG 水溶液と全て置換すると仮定して計算することによって、ある程度可能であると判断された。このことから、実際に土ブロックを PEG 水溶液に部分浸漬する場合、これらの方法を併用することで土中への PEG 含浸は含浸進行と含浸量の両面から管理できると判断された。

## 参考文献

- 1) 住野, 他: 樹脂含浸による埋蔵遺跡保存法の研究(その1), 大林組技術研究所報, No. 46, p. 85~92, (1993)
- 2) 北野, 他: 室内実験による疎水性イソシアネート系薬液の浸透範囲の確認, 薬液注入工法における注入効果の予測確認手法に関するシンポジウム発表論文集, 土質工学会, p. 291~296, (1993)