

埋蔵土構築物遺跡の原位置保存法の研究（その2）

某遺跡でのシラン系樹脂含浸フィールド実験

住野正博 川地武

Studies on Preservation Method in Existing Location for

Soil Structure Ruins Buried Underground (Part 2)

Field Experiment of Silane Resin Impregnation into
Soil Structure Ruins Buried Underground

Mashahiro Sumino Takeshi Kawachi

Abstract

As described in a former report, the authors have performed laboratory experiments to examine the possibility of soil construction ruins preservation by inorganic silane resin impregnation reinforcement. It was thus understood that it is very effective in decreasing cracking, salt re-crystallization generation on the soil surfaces, and moisture evaporation from the soil. Silane resin impregnation field experiment was then conducted in actual soil ruins of ancient dwellings, and various performance criteria were confirmed. As a result, the soil properties were improved, and the performance achieved by this resin was excellent in decreasing crack generation, etc. Thus, we propose an exhibition preservation method for enhancing – exhibition environments enhanced by resin impregnation, and exhibition temperature humidity conditions.

概 要

地盤とつながった状態で土構築物遺跡を建屋内に原位置展示保存する場合、乾燥ひび割れや土中塩析出による損壊、カビ等の生育被害を防ぐことが求められる。過去、その対策の一つとして土表層の補強を兼ねた各種有機系樹脂による含浸処理が行われたが、湿潤土中に含浸しにくく、また含浸樹脂の硬化後、逆に表層ひび割れや剥離等の発生を助長する状況に至った。前報¹⁾では湿潤土中の水分と置換して含浸し、硬化する無機系のシラン系樹脂に着目して室内実験を行い、この樹脂含浸がこれら被害をかなり低減できる可能性が把握された。本報では竪穴式住居跡でシラン系樹脂含浸フィールド実験を行い、各種性能を確認した。その結果、土中水分の蒸発抑制、塩分濃縮抑制の効果等はかなり得られるものの、土遺構を原位置保存する上で不十分であることが判明した。そこで樹脂含浸処理と展示環境条件の組合せを前提として、展示保存中の温湿度条件を提案した。

1. はじめに

建設工事中に出土した大型埋蔵土構築物遺跡で重要なものは最近では公園、資料館等と組合せ、その代表的な遺構部分が建屋内に移設展示保存あるいは原位置展示保存されるようになってきている。

このうち原位置保存では土遺構が地盤とつながった状態で建屋内に展示保存されるため、乾燥ひび割れや土中塩析出による損壊、カビ・苔等の生育被害を防ぐことが求められる。従来、この対策としてウレタン樹脂やアクリル樹脂等による含浸補強処理が行われていた。しかし、これら樹脂は湿潤土中に含浸しにくく、樹脂含浸土層の形成がごく表面にとどまるため、室内温度変化や乾湿の繰り返しを受けることで表層にひび割れや剥がれ等を生じ、樹脂含浸処理が遺構の損壊をかえって助長するような状況に至った。その一方では、このような現象が生じなければ、この処理は有力な対策手法になり得るた

め、その技術の開発が望まれていた。そこで、その樹脂候補として、湿潤土中の水分と置換して速やかに含浸し、土中水分と反応して硬化するシラン系樹脂に着目した。

前報¹⁾では室内実験でシラン系樹脂が湿潤土中の水分と速やかに置換しながら含浸、硬化すること、樹脂置換量は土の飽和水分量の30%程度であること、樹脂を40mm程度の深さまで含浸することで土中水分の蒸発抑制や塩分の析出防止にかなり有効であることが把握された。

本報では8世紀末の竪穴式住居跡でフィールド実験を行い、湿潤土中へのシラン系樹脂の含浸性、含浸による遺構土の補強効果、ひび割れ防止効果、土中水分の蒸発抑制効果、カビ発生防止効果、塩析出防止効果等を検討し、有用な知見が得られたので報告する。

2. 実験概要

2.1 実験場所と期間

2.1.1 実験場所 工業団地建設予定地のために発掘、記録保存が行われていた埼玉県北部の関東ローム大地面にある8世紀末の竪穴式住居跡遺跡の一角で実施した。

2.1.2 実施期間 実験は場所を変えて2回行った。第1回目は1997年12月中旬～1998年3月初旬までの約3ヶ月間、第2回目は1998年12月中旬から1999年3月末までの約3ヶ月間である。

2.2 供試樹脂

Table 1 に示す5種類の型のシラン系樹脂を供試した。

第1回実験では撥水・低分子固結組合せ型(KST, KSO)を除き、樹脂量は7g/m²を供試した。KST, KSOは先に撥水型KSを7g/m²含浸させ、引き続き低分子固結型STないしはWOを7g/m²含浸させたため、計14g/m²を供試した。撥水・低分子固結型Hは撥水型と低分子固結型の既調合樹脂である。第2回の樹脂量は低分子固結型WOで7g/m²、それ以外の樹脂で3.5g/m²を供試した。撥水型BMは防カビ剤内添樹脂である。また、第2回実験で用いた低分子固結型SOはWOと同じ樹脂であるが、上記のように樹脂量を異にしている。なお、樹脂量3.5, 7, 14g/m²は前報¹⁾の結果より含浸深さ5, 10, 20cmを想定した量である。

2.3 実験方法

2.3.1 実験工区の設定 第1回実験場所(6×3.6m)、第2回実験場所(5.3×5.2m)には防水シートで仮設小屋を作り、風雨対策を施した。また、両実験場所の遺構土はTable 2 に示すように粘性土であったため、遺構面にかなり深い乾燥ひび割れを生じていた。そのため、表層約5cmを鋤取り、水を十分に散布した後、ブルーシートを敷いて約1週間養生する方法で遺構土表層の再湿潤化を行うとともにひび割れを無くす処理を行った。

各実験場所には無処理工区(BIで表示)および樹脂含浸工区を1工区あたり1～2m²ずつ設定した。

2.3.2 樹脂含浸方法 各工区の表面に不織布等を敷いた後、約30～40cmの高さ位置に設置した容器から樹脂を1m²あたり6箇所の滴下口より約2～2.5g/hrの速度で滴下させ、自然含浸させた。

2.4 調査測定項目と方法

2.4.1 樹脂含浸状況と表面変状 樹脂含浸状況およびカビ発生の有無等を目視観察した。ひび割れ発生程度は実験終了直前に目視観察し、ひび割れのスケッチを行うとともにクラックスケールでひび割れ幅を測定した。

2.4.2 防カビ効果 第2回実験終了後に採取したBI工区不攪乱土(φ20, h20cm)の内部から不攪乱土(φ5, h7cm)をステンレスリングで採取した。その上面に防カビ剤2%配合のOM, KSTおよび防カビ剤内添BMを散布し、樹脂硬化後、遺構土表面のカビ希釈水を散布した。これを30℃、湿度90%以上の温湿度条件で養生し、防カビ剤の効果を確認した。また、上面にカビ発生後、そのカビを除去した後に防カビ剤のみを散布し、同様に養生後、その効果を目視で判断した。

2.4.3 土中含水比 フィールド実験終了後、不攪乱土(φ20, h20cm)を塩ビ容器で採取し、断面深さ方向の

Table 1 供試樹脂一覧
Experimental silane resin list

樹脂	第1回用	第2回用
撥水型	KS	KS、BM
低分子固結型	ST、WO	SO、WO
撥水・低分子固結組合せ型	KST、KSO	KST
撥水・低分子固結型	H	
低分子・高分子固結型		OM

備1) BMは防カビ剤入り。

備2) SO、WOは同じ樹脂であるが、WOはSOの倍量を使用。

Table 2 遺構土(関東ローム)の土質
Result of soil test

項目		1回目	2回目
一般	湿潤密度 g/cm ³	1.692	1.675
	乾燥密度 g/cm ³	1.184	1.185
	土粒子密度 g/cm ³	2.668	2.715
	自然含水比 %	43.0	41.4
	間隙比	1.255	1.293
	飽和度 %	91.4	87.0
粒径	礫分 %	0	0
	砂分 %	1	1
	シルト分 %	53	50
	粘土分 %	46	49
コンシステンシー特性	最大粒径 mm	0.425	0.425
	液性限界 %	61.4	74.6
	塑性限界 %	30.5	35.3
一軸	塑性指数	30.9	39.3
	圧縮強さ kgf/cm ²	1.14～0.97	1.87～1.80

土中含水比を土質試験法(地盤工学会編)で測定した。

2.4.4 露点温度、飽和絶対湿度 一面開放型30cm角塩ビ容器内

THR

-VM

/ 3

2.4.4 土中塩分 フィールド実験終了後、塩ビ容器で各工区から採取した不攪乱土試料の下面より3%塩水を室内で浸透上昇させ、表面に析出する塩分結晶の状況を観察した。次いで試料上面中心部から下面に向かって所定間隔で土を採取し、土中水溶性成分を土質試験法で抽出した。抽出液中の塩素濃度をホルバルト法で定量し、結果は乾土あたりの塩素含有量(%)で表示した。

2.4.5 表層の強度 土壌硬度計で遺構土表層約3cmまでの硬度を測定し、換算表で一軸圧縮強度(kgf/cm²)を求めた。

2.4.6 樹脂含浸土の耐水性 採取した不攪乱土の上層、中層、下層より約3cm角の立方体を切り出し、室内で自然乾燥後、水中に全面浸漬し、土の崩壊の有無、変

状発生状況を目視観察した。

3. 結果

3.1 湿潤土中への樹脂含浸性

遺構土の土質はTable 2に示すように第1回,第2回実験工区ともに粘性土であり,また両者間に大きな差異は認められない。断面深さ方向の含水比は第1回工区の表層(0~2cm)で41%,深さ40cm位置で47%,第2回工区でそれぞれ33%,46%を示し,いずれも深度とともに徐々に高くなった。また,第2回工区では含水比が深さ18~20cm位置で第1回工区の表層とほぼ同じになり,この深さ位置までの乾燥が第1回よりも少し進んでいた。

この状態の湿潤遺構土に上記点滴法でシラン系樹脂を含浸させたところ,いずれの型の樹脂も土中に速やかに含浸することが確認された。

3.2 カビ発生防止効果

3.2.1 現地での発生状況 第1回実験では実験開始2週間後からWO工区,H工区に白カビが発生し始め,2ヶ月後には無処理工区BIにも発生した。3ヶ月後には白カビだけでなく黒カビが全工区に発生していた。その発生程度はWO工区,H工区でBI工区よりもかなり多かった。実験期間中,小屋内の温湿度は1日の間に-3~10,70~98%まで変動したものの,温度的にはカビの繁殖しにくい条件であったことを考えると,シラン系樹脂にはカビ防止効果がないこと,樹脂WOおよびHはカビの繁殖を助長する可能性が判断された。

第2回実験では3ヶ月経過後もカビの発生しなかったのは防カビ剤内添樹脂BM工区のみであったことから,防カビ剤添加効果が確認された。これ以外の樹脂含浸工区では全面にカビが発生し,また樹脂が同じで含浸樹脂量の異なるWO工区およびSO工区では第1回実験時と同様にBI工区よりもカビの繁殖がやはり多かった。

3.2.2 促進カビ発生試験での状況 促進カビ発生試験によって,BIは養生開始後1週間でカビが発生し始め,防カビ剤2%配合のOM,KSTおよび防カビ剤内添BMは3ヶ月後にカビが発生し始めた。また,発生したカビを除去後,防カビ剤のみを散布し同様に養生したところ,2ヶ月経過後もカビの発生は認められなかった。このことから,防カビ剤の効果は認められるものの,その持続時間に限界があるため,定期的に防カビ剤を散布する必要性が判断された。

3.3 ひび割れ防止効果

Table 3に示すように第1回および第2回実験時ともに,ひび割れ発生は樹脂含浸工区でBI工区の20~80%に低減し,同様に最大ひび割れ幅および平均的ひび割れ幅はBI工区よりも1~2mm小さくなり,樹脂含浸効果は明瞭である。また,同表よりひび割れ低減効果に特に優れる樹脂として,撥水型KS,撥水・低分子固結組合せ型KST,低分子・高分子固結型OMがあげられる。

3.4 土中水分の蒸発抑制効果

3.4.1 露点温度および飽和絶対湿度 Table 4に実

験1回目と2回目でBI工区の露点温度に近い2ヶ月経過

Table 3 遺構面のひび割れ状況

Cracked situation of soil structure ruins surfaces

実験	樹脂	ひび割れ	ひび割れ幅 mm	
1回目	BI	100	最大4	平均1~2
	KS	20~30	最大2	平均1
	ST	50~60	最大2	平均1
	KST	20~30	最大1.5	平均1
	WO	70~80	最大1.5	平均1~1.5
	H	70~80	最大1.5~2	平均1
	KSO	60~70	最大2	平均1~1.5
2回目	BI	100	最大7	平均3~5
	KS	20~30	最大5	平均2~3
	KST	20~30	最大5	平均2~3
	SO	50~60	最大5	平均2~3
	OM	30~40	最大5	平均1~3
	BM	60~70	最大5	平均2~3
	WO	70~80	最大5	平均2~3

Table 4 遺構面上空気の露点温度と飽和絶対湿度

Dew point temperature and saturated absolute humidity in air above soil structure ruins

実験	樹脂	露点温度	飽和絶対湿度 g H ₂ O/m ³ 空気
1回目	BI	5.2	6.88
	KS	3.5	6.15
	ST	3.4	6.11
	KST	3.1	5.99
	WO	4.7	6.66
	H	3.7	6.23
	KSO	3.4	6.11
2回目	BI	6.0	7.30
	KS	6.0	7.30
	KST	5.5	7.0
	SO	5.6	7.1
	OM	4.8	6.7
	BM	2.4	5.7
	WO	4.3	6.5

後の露点温度と飽和絶対湿度を示す。この湿度は当該露点温度における空気中の飽和水分量を示している。露点温度の高いことは,空気中に既に水分量が多く存在しているために高い温度,言い換えれば僅かな温度低下で結露することを示し,逆に露点温度の低いことは空気中に存在する水分量が少ないために低温,言い換えればかなり温度低下しても結露しないことを示している。したがって,遺構面上空気の露点温度が樹脂含浸工区でBI工区よりも低ければ,樹脂含浸処理で土中からの水分蒸発が抑制されていることを間接的に示している。

同表において樹脂含浸工区の露点温度はKSを除き,BI工区より0.5~約4 低く,樹脂含浸による土中水分の蒸発抑制効果が認められる。KSの露点温度はBI工区に比べ,実験第1回時に1.7 低かったにもかかわらず,第2回では差が認められない。含浸樹脂量は前者で7 $\frac{g}{m^2}$,後者で3.5 $\frac{g}{m^2}$ であったことから,両者の違いは樹脂量の影

響と考えられる。同様の影響は第1回で7%²/m²,第2回で3.5%²/m²を含浸したKSTおよび第2回で同じ樹脂を3.5%²/m²,7%²/m²含浸したS0,WO間でも認められる。

飽和絶対湿度を見ると,第1回と第2回実験時にそれぞれ露点温度の最も低かったKST, BMでも遺構面上の空気中水分量はBI工区よりそれぞれ0.89, 2.3g/m³減少するに過ぎない。しかし,空気中水分量がBI工区上よりそれぞれ13%, 32%少なくなり,無視できない値と言える。

また,含浸樹脂量を少なく設定した第2回実験の結果をみると,撥水型BM,低分子・高分子固結型OMが土中水分の蒸発抑制効果に優れていると判断される。撥水型KS,低分子固結型ST,撥水・低分子固結組合せ型KST,撥水・低分子固結型Hは含浸樹脂量を多くすることで同様の効果が得られると判断される。

3.4.2 断面深さ方向の含水比分布 Fig. 1の実験終了後の断面方向含水比を見ると,第1回実験時のST, KSTの含水比は表層から内部まで35%強を保持し,深度による差異がほとんど認められない。その含水比はBIに比べ表層部で2~3%高いものの,その差は深度110~130mmでほぼ消失している。KS, ST, KSTの含水比は表層部でBIと同等からやや低いが,深度110~130mmでBIとほぼ同等もしくはやや高くなっている。KS0では表層部でBIより約3%低い含水比が110~130mm位置でも保持されている。

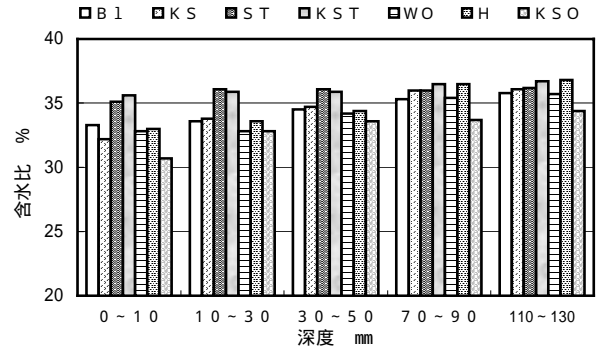
第2回実験では含水比が樹脂含浸の有無にかかわらず深度とともに増大している。その際,KSの含水比はいずれの深度においてもBIとほぼ同じであり,KST, S0, OM, BMおよびWOのそれは表層部のみならず内部においてもBIより1~3%高い値を示している。

この結果と上記した遺構面上露点温度の結果を総合すると,ST, KST, S0, OM, BMおよびWOは遺構表層部のみならず内部の水分量をBIよりも高い値に保持しながら土中水分の蒸発を抑制できると判断される。一方,KS0は低い露点温度を示していたにもかかわらず遺構表層部のみならず内部においてもBIより低い水分量を示している。これは,KS0含浸で土中水分量が減少し,その結果として土中からの蒸発水分量が減少したことを示唆している。

3.5. 土中塩分の析出防止

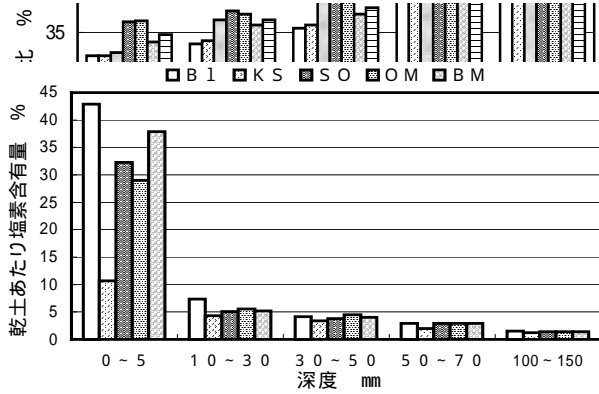
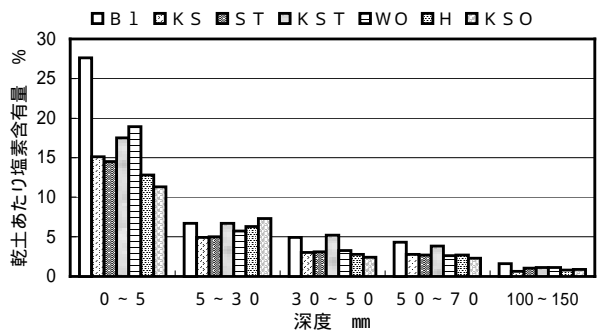
室内で不攪乱土試料(20, h20cm)の下面から3%濃度塩水を浸透上昇させたところ,BIのみならず樹脂含浸土でも2~3ヶ月で表面に塩分が析出し始め,時間経過とともに増大した。このことから,シラン系樹脂含浸で塩分の析出は防止できないと判断された。

Fig. 2の深度別塩分濃度は第1回実験供試体で塩水浸透9ヶ月後,第2回のそれで約12ヶ月後の結果を示している。BIおよび樹脂含浸土ともに塩分は表層5mm程度に高濃度に濃縮し,それよりも僅かに深い位置で急激に濃度低下すること,深度100~150mm位置では樹脂含浸の有無や樹脂の種類による差異の無くなる状況が把握される。また,表層5mmの塩分濃度は樹脂含浸でBIの25~85%に低下しており,樹脂含浸による塩分上昇抑制効果はかなり大きいと言える。そして,この効果に特に優れる樹脂



としてKS, ST, H, KS0, かなりの効果を得られる樹脂と
(1) 第1回実験
(2) 第2回実験

Fig. 1 フィールド実験終了後の土の断面深さ含水比
Moisture content of each soil depth after field experiment finished



(1) 第1回実験
(2) 第2回実験

Fig. 2 塩水浸透実験後の土中塩素含有量
Chlorine content of each soil depth after salt water penetration test

してS0, W0, あまり効果を期待できない樹脂としてBMがあげられる。

Fig. 3は塩分浸透実験終了後に測定した供試体断面深さ方向の含水比を第1回実験時で例示している。含水比は、表層5mmにおいては樹脂含浸土で未含浸土BIよりも7~10%も低く、深度5~30mm位置では両者の差が小さくなるものの、やはり樹脂含浸土でBIよりも低く保持されること、30mm以上の深さ位置では樹脂含浸土でBIと同程度を示すものも現れてくることと把握される。また、表層部における含水比の結果と上記塩分濃度の結果が良く対応していることから、表層部の水分量を低く保持できれば、塩分上昇はかなり抑制できると予想される。

3.6 土の補強効果

3.6.1 表層の強度 土壌硬度計で現場測定した遺構表層の強度は樹脂含浸の有無にかかわらず時間経過とともに増大し、3ヶ月後には樹脂含浸工区で未含浸工区よりやや低いもの、同程度もしくはやや高いもの、かなり高いものに分かれた。Table 5は3ヶ月経過後の強度および各工区の樹脂含浸前初期強度に対する3ヶ月経過後の強度比を示す。土壌硬度計による強度は硬度指数から算出するため、硬度指数の僅かな差が大きな強度差として現れる。そのため、強度の伸びを比較するには強度比の方が適していると考えられる。同表の強度比の伸びはKS, ST, KST, H, S0, OM, BM含浸時でBIよりも低く、KSOおよびW0含浸時でBIと同等以上である。W0はS0と同じ樹脂を倍量含浸させていること、KSOにもW0およびS0と同じ樹脂を配合していることから、これらに共通する樹脂配合量が多くなると、強度の伸びは未含浸土よりも大きくなる可能性が示唆されている。

フィールド実験終了後に採取、測定した前述の不攪乱土断面深さ方向の含水比分布を考慮すると、BI工区の強度の伸びが樹脂含浸工区よりもかなり大きいのは遺構土表層の乾燥進行によるものであり、KSOおよびW0を除く樹脂含浸土の伸びが小さかったのは乾燥抑制によると考えられる。例外としたKSOは表層部のみならず内部においても含水比がBIよりも低いことから、強度の伸びは土中水分低下と樹脂の補強効果によるものである。W0は表層のみならず内部においても含水比がBIと同程度であることから、強度の伸びは樹脂補強効果によると考えられる。遺跡保存の観点からは樹脂含浸による強度の伸びがそれほど大きくなく、且つ土中水分を保持し、土中からの水分蒸発を抑制できる樹脂が望ましいと判断される。

3.6.2 樹脂含浸土の耐水性 不攪乱土の上層, 中層, 下層より切り出した約3cm角の立方体を水中に4週間全面浸漬した際の変状発生状況をTable 6に示す。

BIは浸漬直後に土粒子状に全崩壊したのに対し、樹脂含浸土ではST, W0を除き、4週後も全く変状を生じないか、ごくわずかな変状にとどまり、樹脂含浸による耐水性向上が顕著である。例外としたW0は水中で小さな固まり状で壊れ全崩壊した。W0含浸土の強度の伸びは上記のようにBIと同程度以上であったことを考えると、樹脂含浸

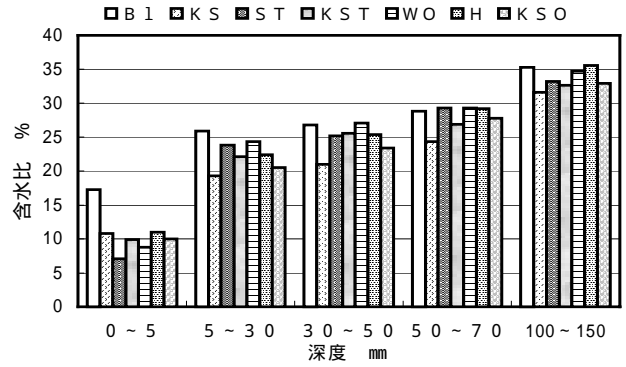


Fig. 3 塩水浸透実験後の土中含水比
Moisture content of each soil depth after salt water penetration test

Table 5 3ヶ月経過後の強度および強度比
Strength and strength ratio of surface layer soil impregnated silane resin after three months passed

実験	樹脂	3ヶ月経過後の強度と強度比	
		強度 kgf/cm ²	強度比 *)
1回目	BI	20.1	2.36
	KS	20.1	1.56
	ST	21.2	1.94
	KST	22.3	1.59
	WO	18.4	2.11
	H	24.5	1.75
	KSO	33.9	2.63
2回目	BI	38.0	4.20
	KS	25.0	2.50
	KST	30.0	3.30
	S0	38.0	3.80
	OM	30.0	2.70
	BM	25.0	2.30
	W0	48.0	5.30

*) 各工区の樹脂含浸前強度に対する3ヶ月経過後の強度の比。
同強度は第1回、第2回実験時ともに10kgf/cm²前後。

Table 6 樹脂含浸土の耐水性
Fresh water immersion test result of silane resin impregnated soils

実験	樹脂	深 度 mm			
		0~30	40~70	100~130	170~200
1回目	BI	x		x	x
	KS				
	ST	x			
	KST				
	WO	x		x	x
	H				~
	KSO				
2回目	BI	x	x	x	
	KS				
	OM				
	BM				

全く変状なし 表土の僅かな脱落、僅かな角欠け
大幅な角欠け x 全崩壊

による強度発現が耐水性に必ずしも結びつかないことが示唆されている。また、変状を生じなかった試験体の含水比は浸漬後で浸漬前より10~20%増大したことを考えると、含浸樹脂による土粒子間の接着補強が判断される。実際、この接着は、水中浸漬前に行った土破断面のビデオマイクロスコープ観察(108倍)で土中に硬化した白色の固まりが分布していたことから確認された。また、この固まりは当初、予想した倍の深さ位置にも存在していたことから、シラン系樹脂が土中深くまで浸透することが確認された。

4. 考察

4.1 樹脂の適用性

各種実験より、原位置保存のために必要とされる各種性能を樹脂が全て均等に発揮できるわけではなく、顕著に発現できる性能と僅かな発現にとどまる性能の混在することが明らかになった。

Table 7は樹脂含浸効果と樹脂の種類を示している。同表で例えばKSはひび割れ抑制、土中水分蒸発抑制、塩分濃縮抑制、補強効果にかなり良好であるが、カビ発生と保水性は無処理と変わらない結果を示している。

シラン系樹脂は元来、カビ発生を防止できないため、この性能はBMのように防カビ剤の併用で補うことになる。このことは含浸樹脂としての適否を防カビ性能以外で判断すれば良いことを示している。この観点から同表でその適否を判断すると、全ての性能にかなり良好な結果を示すOMが最も適しており、次いで土中水分蒸発抑制でやや良好の範疇に分類されるものの、他の性能にかなり良好な結果を示すKSTが適していると判断される。複数の性能がやや良好な範疇や無処理と同程度の範疇に分類されるST, KS, SOおよびBMは場合によっては適用可能と考えられる。最も適していると判断されたOMは低分子・高分子固結型、適していると判断されたKSTは撥水・低分子固結組合せ型である。場合によって適用できると判断されたST, SOは低分子固結型、KS, BMは撥水型樹脂である。また、第1回および第2回の実験で用いた樹脂量と同表の結果比較から、含浸樹脂量は3.5kg/m²程度で十分であると判断される。

4.2 樹脂含浸処理と原位置展示保存条件

シラン系樹脂含浸処理によって土遺構のひび割れ抑制等がかなり図れるため、この処理は原位置保存法の有効な手法になりうるということが明らかになった。その一方では、その効果は土遺構を原位置保存する上で不十分、言い換えれば樹脂含浸によって得られる効果に限界のあることが判明した。このことは含浸処理単独では原位置保存技術として不十分なために、乾燥ひび割れ抑制効果等を展示保存中に低下させない対策が必要であり、その対策との併用によって初めて樹脂含浸処理がかなり信頼性の高い原位置保存処理法になりうることを示している。

これら性能低下はいずれも土の乾燥が進行する環境条

Table 7 樹脂の種類と含浸効果
Silane resin kinds and resin impregnation effect

項目	無処理(BI)との比較			
	かなり良好	やや良好	同程度	やや劣る
ひび割れ抑制	KS, KST, OM	ST, SO, BM	WO, H, KSO	
カビ抑制	BM		KS, KST, ST, OM, KSO	SO, WO, H
土中水分蒸発抑制	ST, H, KSO, BM, OM	WO, KST, KS, SO		
保水性	ST, KST, SO, OM	WO, BM	KS, H	
表層部塩分の濃縮抑制	KS, ST, KST, H, KSO, OM	WO, SO	BM	KSO
補強効果	KS, KST, H, OM, BM	ST, SO	KSO	WO

備)補強効果は強度の伸びが大きくなく、耐水性に優れるものをかなり良好とした。

件で生じるため、展示環境条件を土中水分の蒸発が抑制できる温湿度に設定することで防止可能と考えられる。

洞窟壁画等の保存ではカビ防止に重点が置かれ、完全密閉条件下では温度20 以下、湿度90%以上の設定、完全密閉でない条件下では温度18 以下、湿度60%以下の条件と空気の滞留を防ぐために空気を流速3m/分程度で流動させることが提案されている。前者の条件では結露が問題となり、後者の条件では乾燥ひび割れが大きな問題となる。この提案条件を参考に、また防カビ対策として防カビ剤入りシラン系樹脂を含浸した上で展示保存中にも定期的に防カビ剤を散布することを前提にして、ひび割れ等の防止を重視する観点から温度18 以下、湿度70%後半の条件、より厳密に設定する場合には遺構土の含水比を収縮限界以上に保持できる湿度環境条件に設定することで土遺構はかなり良好な状態で原位置保存できるのではないかと考えられる。

5. まとめ

土遺構を地盤とつながった状態で建屋内に原位置展示保存するための手法として、シラン系樹脂含浸処理法の可能性を竪穴式住居跡遺構で実験検討した。その結果、適正樹脂の適用で乾燥ひび割れ、土中水分の蒸発および塩分濃縮の抑制効果等はかなり得られるものの、土遺構を原位置保存する上で不十分であることが判明した。そこで、樹脂含浸処理と展示環境条件の組み合わせを前提として、展示保存中の温湿度条件を提案した。

参考文献

- 1) 住野, 川地: 埋蔵土構築物遺跡の原位置保存法の研究(その1), 大林組技術研究所報, 57, (1998.7)