

3章 崩落対策のための基礎的調査

3-1 基礎的調査の概要

崖面の崩落対策を講ずるにあたっては、施工対象箇所の地形や地質構造、岩盤の力学特性、環境特性を知り、その上でより有効な対策工を選定していくための効果確認といった基礎的調査の積み重ねが必要である。

国指定史跡名越切通では、崩落対策のための基礎的調査は2ヶ年に渡り、表3-1-1に示す内容を行った。

表3-1-1 崩落対策のための基礎的調査の内容

目的	実施場所	調査内容	調査項目	実施年次
<ul style="list-style-type: none"> 地質構造、風化の進行程度、割れ目の状態を把握する。 	現地	オールコア ボーリング	3地点 総延長24m	平成 13年度
<ul style="list-style-type: none"> 地層や割れ目の走向・傾斜を解析する。 割れ目の開口幅を計測する。 	現地	ボアホール カメラ観察	3地点 延長24m	平成 13年度
<ul style="list-style-type: none"> 岩盤強度および劣化状況の変化を把握する。 ロックボルト等で力学的に岩盤を補強する際の岩盤の強度を求める。 岩盤の表面処理の施工管理手法を検討する。 	室内	室内岩石試験	物理試験 24 供試体 ・湿潤密度測定 ・飽和度測定 強度試験 24 供試体 ・一軸圧縮試験 劣化試験 10 供試体 ・簡易スレーキング試験	平成 13年度
<ul style="list-style-type: none"> スレーキングの原因となる乾湿繰返しの発生状況を把握する。 開口亀裂部に伸縮計を設置し、岩盤の変動状況を把握する。 	現地	環境計測	温湿度 1 箇所 雨量 1 箇所 岩盤温度 2 箇所 岩盤含水比 8 箇所、 開口亀裂の変位計測 1 箇所	平成 14年度
<ul style="list-style-type: none"> 調査地の岩盤に有効な強化剤、撥水剤を選定し、工事で使用する薬剤を決定する。 	室内	薬剤選定試験	強化剤 6 種類 (色彩、反発硬度、超音波速度、一軸圧縮試験、耐久性試験、曝露試験) 撥水剤 3 種類 (色彩、吸水率、耐久性試験、曝露試験)	平成 14年度
<ul style="list-style-type: none"> 施工の際に有効な含浸方法を検討する。 	現地 室内	浸透性 確認試験	点滴法、洗瓶法、注射法	平成 14年度

3-2 ボーリング調査

3-2-1 調査方法

ボーリング調査は、

- ① 地質構造，風化の進行程度，割れ目の状態を把握すること
- ② 地層や割れ目の走向・傾斜を解析すること
- ③ 割れ目の開口幅を計測すること

を目的として、計3箇所で行った。

適用した調査手法は、オールコアボーリング，ならびにボアホールカメラ観察である。ボーリング調査にあたっては、史跡へ与える影響を最小限に留めるために、調査地点を崖面から極力離すと共に、資器材運搬にモノレールを利用した。

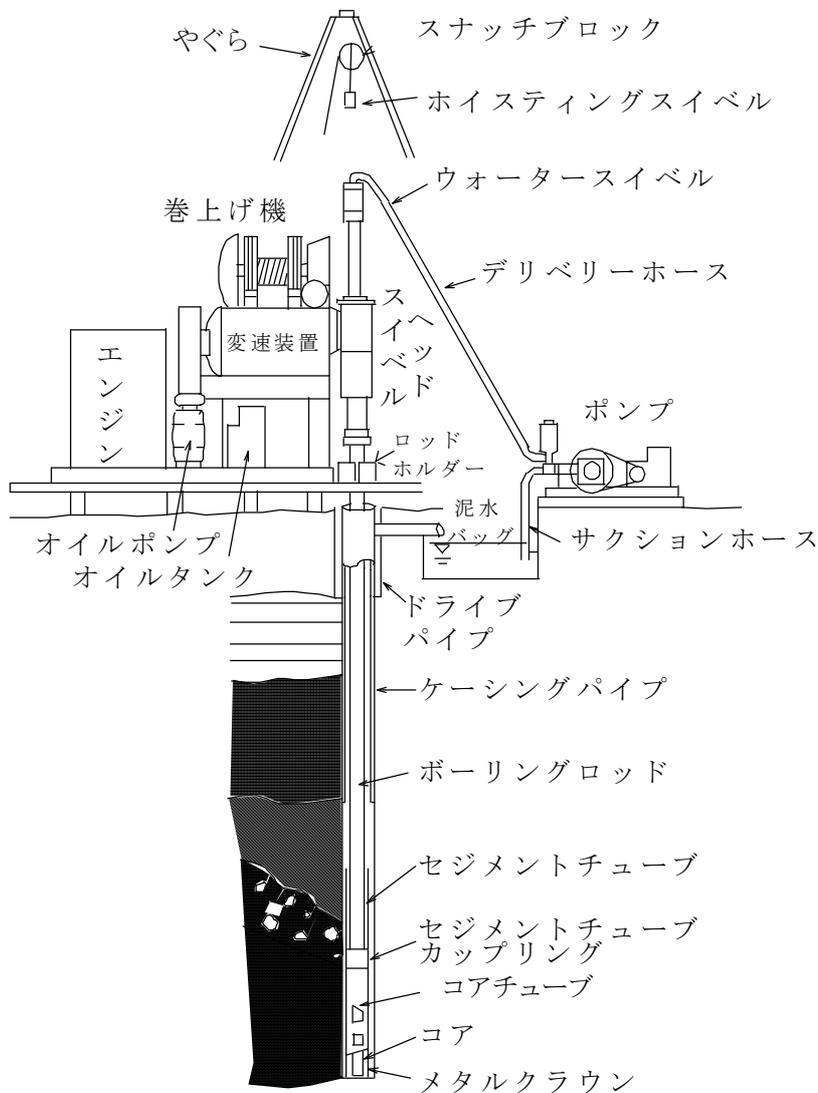
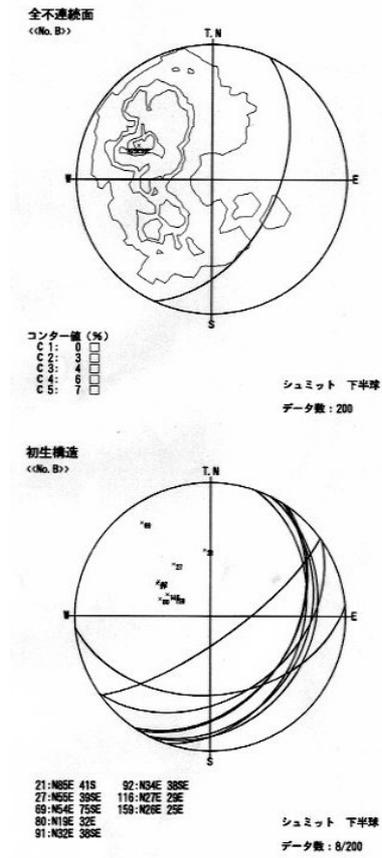
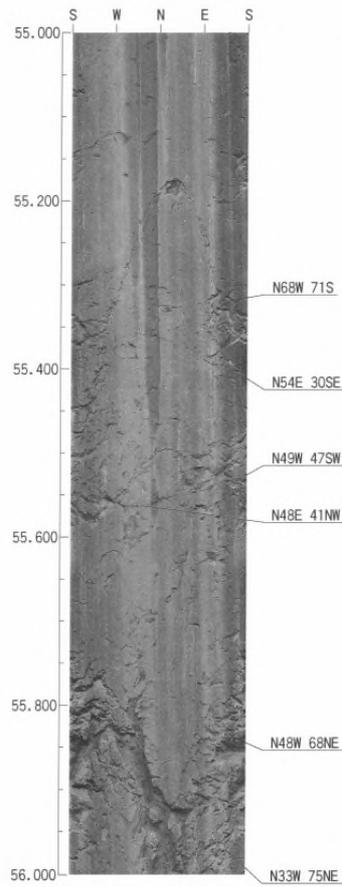
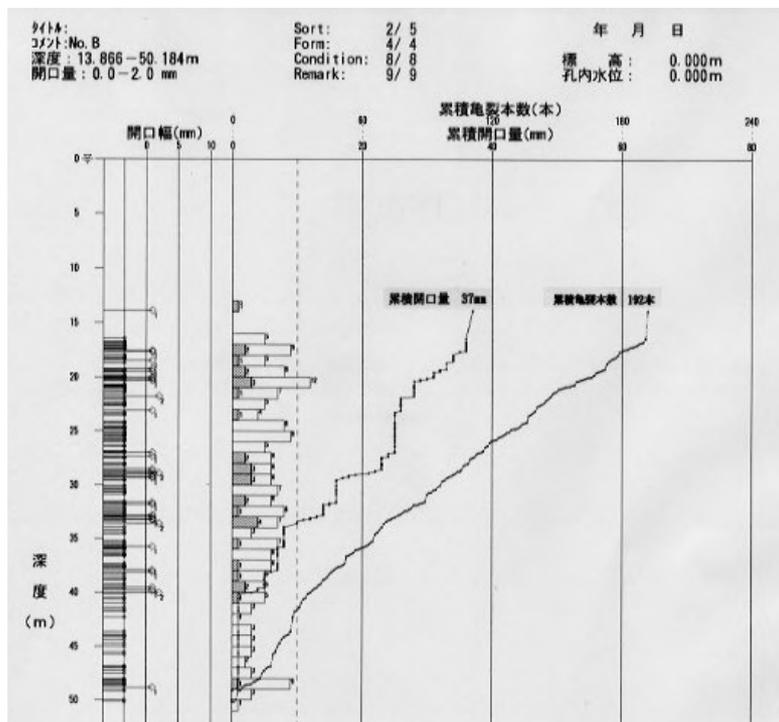


図3-2-1 ボーリングマシン概要図



a. 孔壁のデジタル画像

b. 割れ目の方向のシュミットネット投影



c. 深度と割れ目密度の関係図

図3-2-2 ボアホールカメラ観察結果のまとめ方

3-2-2 調査結果

風化深度は当初想定していたよりも深く、地表線とほぼ平行に切通の底盤付近まで風化が進行していた。特に切通南側の池子層砂岩は、岩盤の芯部分においても、壁面の状況と同様に岩盤状況が悪く、岩芯まで褐色化し、割れ目密度が非常に高くなっていた。

- ・切通の北側部分は、壁面の状況と同様に割れ目は少なく、岩盤状況は比較的良好であった。
- ・切通の南側部分は、壁面から4～5m内部の池子層砂岩においても、壁面の状況と同様に岩盤状況が悪く、岩芯まで褐色化し、割れ目密度が高かった。岩盤が褐色に変色した部分は地表線とほぼ平行なレベルまで達しており、切通の底盤程度の深度まで風化が進行していた。
- ・岩盤の割れ目は、逗子層泥岩では細かなクラックが多く、池子層砂岩では比較的大きな割れ目が多く発達していた。割れ目の方向は、「地層の傾いている方向」、「地層の面に対して高角度で交わる割れ目」の2系統が分布する。
- ・切通付近の地下水面はボーリング孔の孔底以下、すなわち切通の路盤以下であった。池子層、逗子層ともに高角度の割れ目が発達しており、岩盤内の浸透水は重力の作用で下方へ流下するものと考えられる。

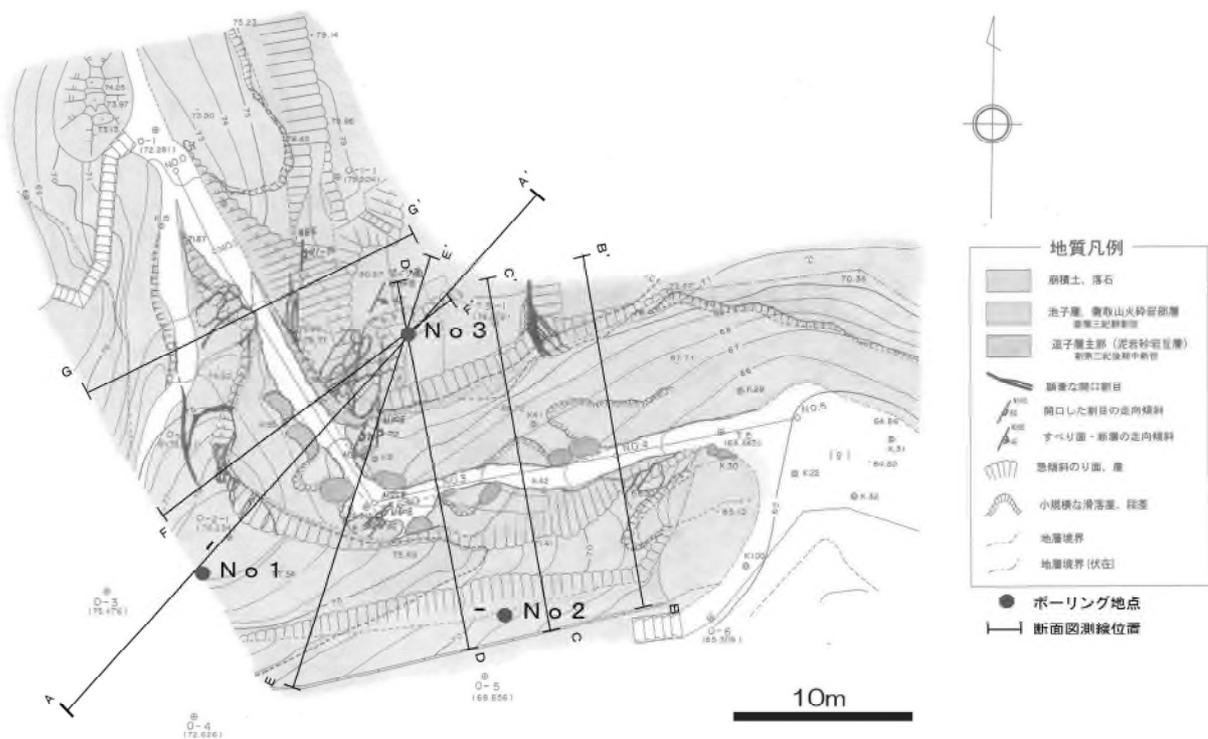


図3-2-3 地質断面位置図

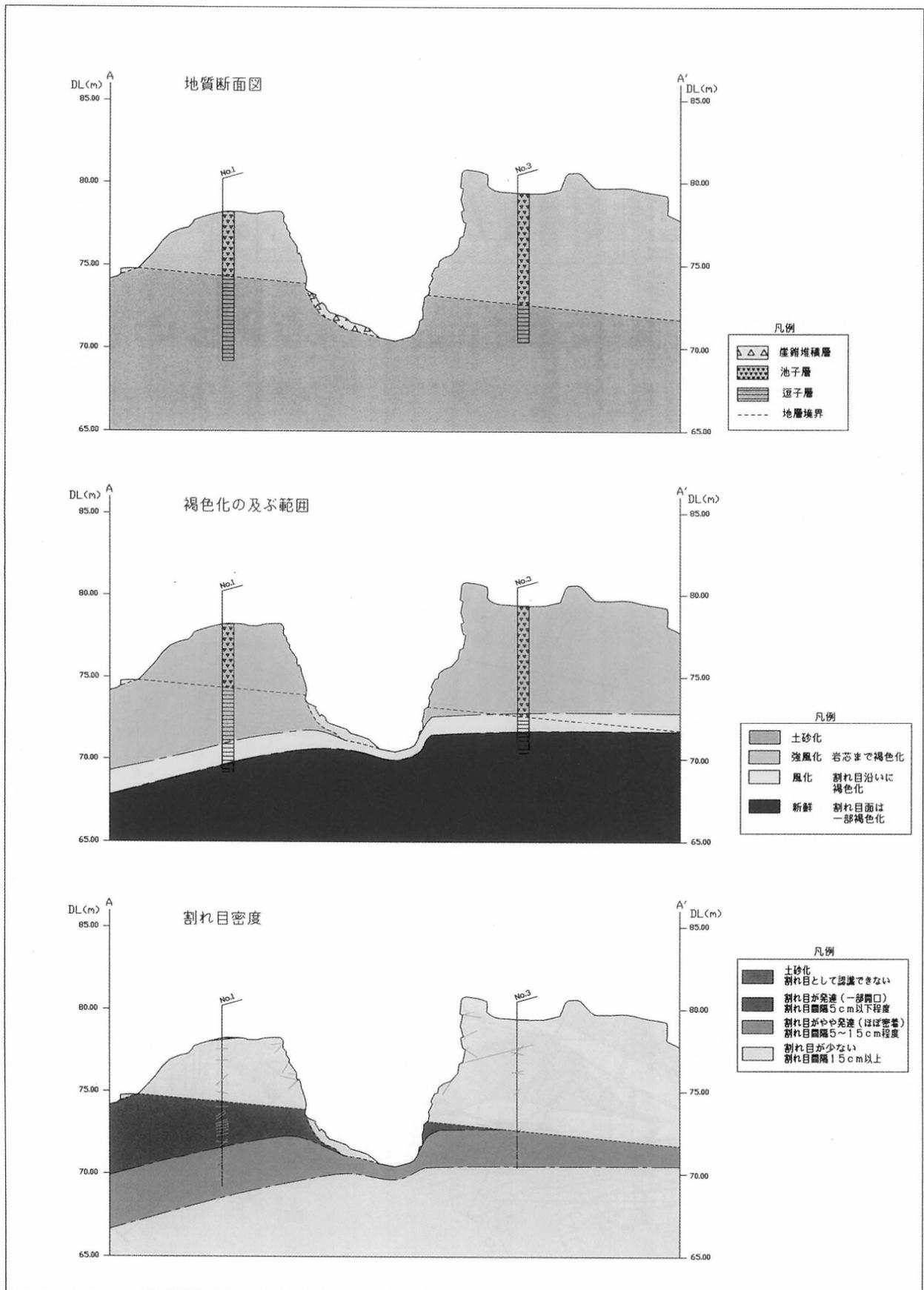


図3-2-4 地質断面図 (A-A' 断面)

3-3 ボーリングコアを用いた室内岩石試験

3-3-1 試験方法

室内岩石試験は、岩盤の強度および劣化状況の変化を見ることを目的として、ボーリングコアを用いて実施した。

試験項目は、

- ① 湿潤密度測定
- ② 飽和度測定
- ③ 一軸圧縮試験
- ④ 簡易スレーキング試験

である。

3-3-2 試験結果

切通に分布する池子層砂岩及び逗子層泥岩の岩盤分類は、強度試験結果によれば「軟岩」に分類された。また、飽和度の変化による強度には優位な差は見られなかった。

乾湿繰り返しによる岩盤劣化のメカニズムは、池子層砂岩が表面から砂状に若干崩れる程度であるのに対し、逗子層泥岩は内部のヘアークラックが発達して小岩片に分離することが確認された。

- ・ 岩盤強度は、自然・湿潤・乾燥と含水状態を変化させて試験を実施した。その結果、池子層砂岩の強風化部の一軸圧縮強さは $2000\sim 4000\text{kN/m}^2$ 、逗子層泥岩の新鮮部の一軸圧縮強さは $4200\sim 6500\text{kN/m}^2$ の範囲であった。この値は、岩盤の不均一性によるばらつきの範囲内であり、飽和度の変化による有意な差は見られなかった。強度そのものの評価（岩盤分類）は「軟岩」に分類された。
- ・ スレーキング試験の結果、池子層砂岩は供試体の表面が砂状に崩れるような変化を示したのに対し、逗子層泥岩は供試体に割れ目が生じて数個の小岩片チップに分離するような変化が確認された。このことから、逗子層泥岩の劣化には乾湿繰り返しの影響が大きいことが判明した。

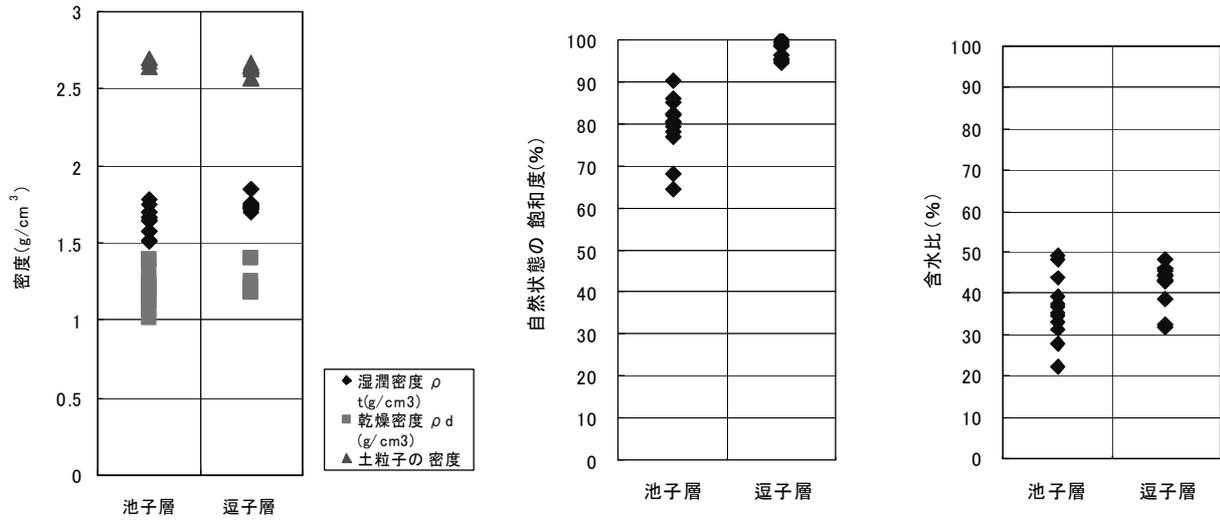


図 3-3-1 物理試験結果
 (左図；密度、中央図；飽和度、右図；含水比)

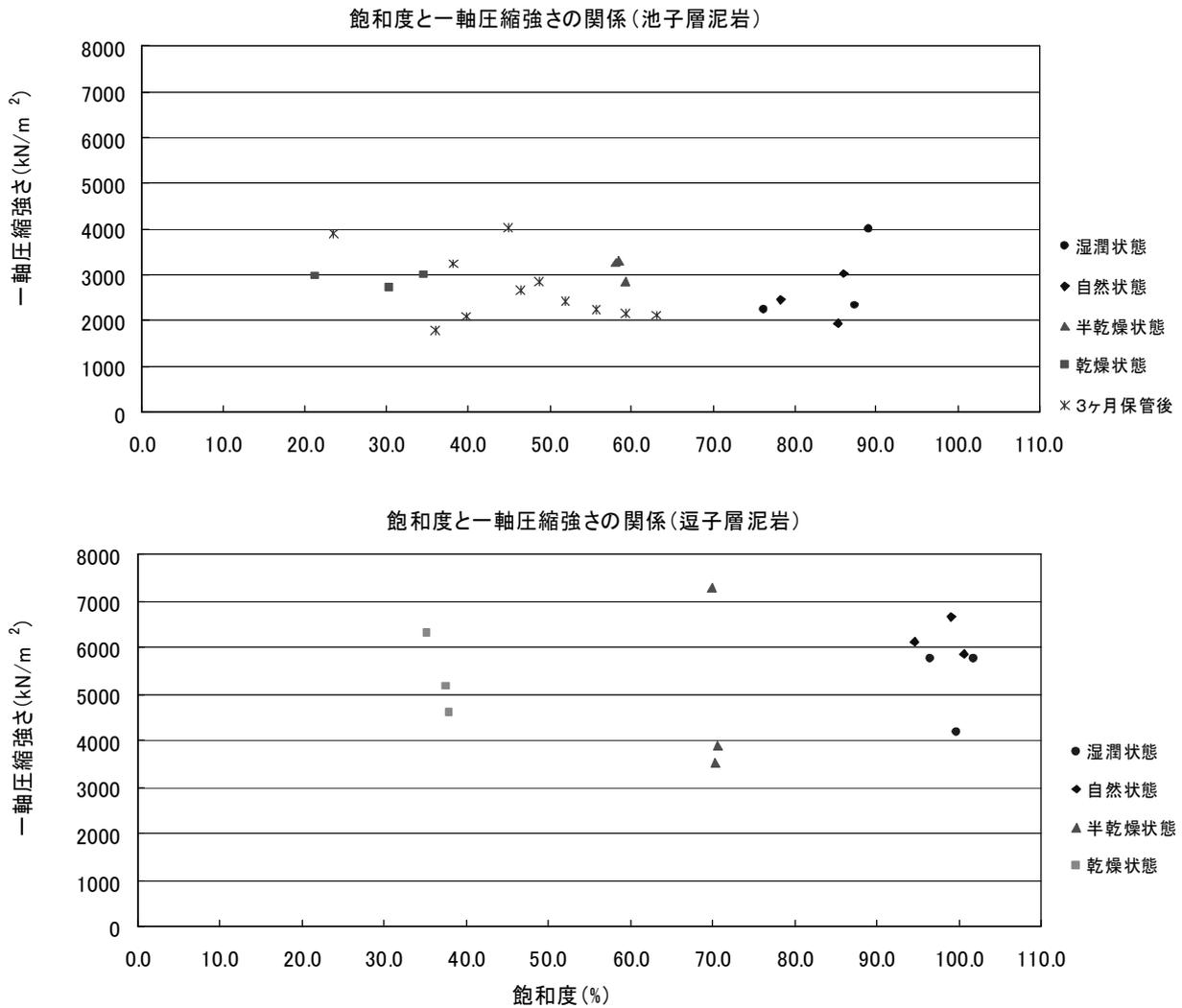
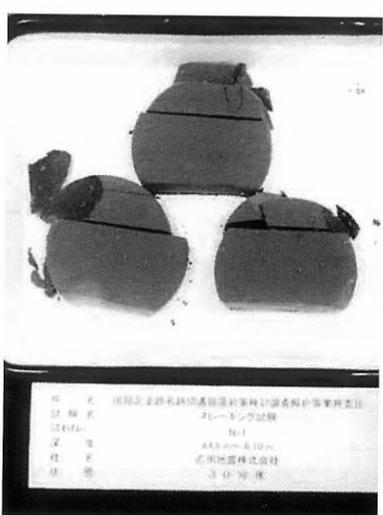


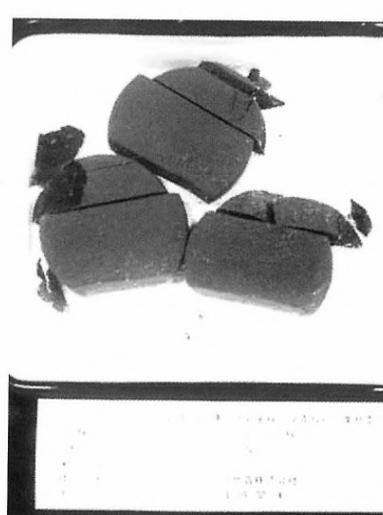
図 3-3-2 飽和度と一軸圧縮強さの関係図
 (上図；池子層砂岩、下図；逗子層泥岩)



試験前



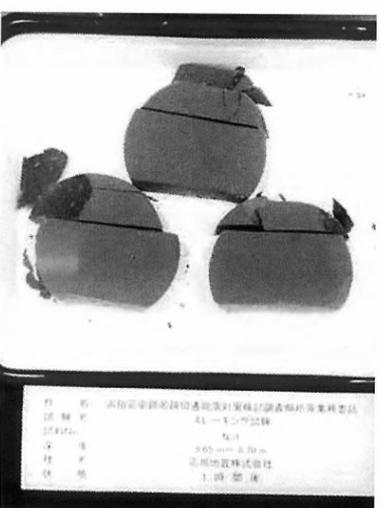
30分後



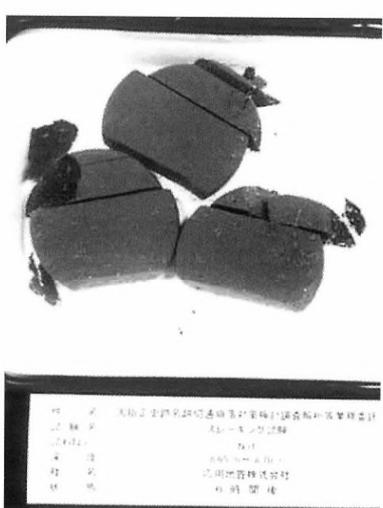
4時間後



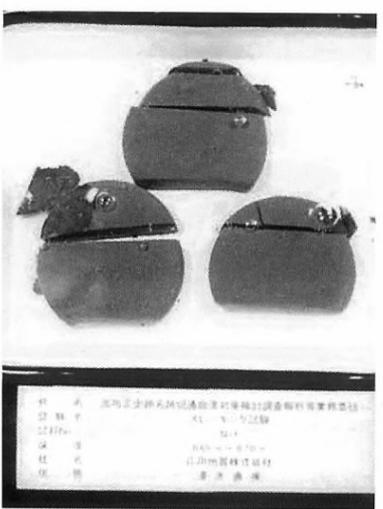
炉乾燥後



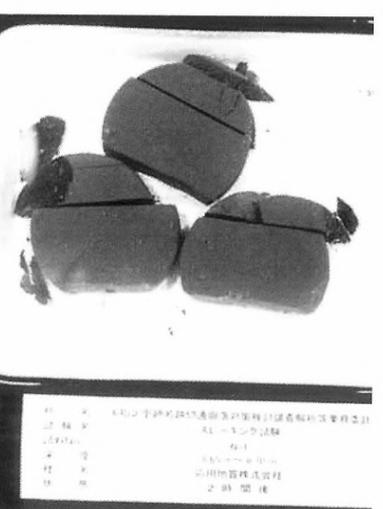
1時間後



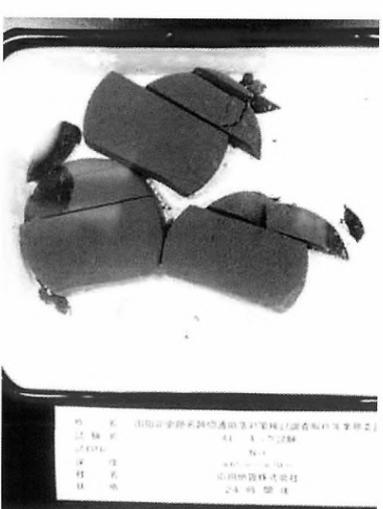
6時間後



浸水直後



2時間後



24時間後

写真3-3-1 返子層泥岩の簡易スレーキング試験状況

3-4 環境計測

3-4-1 計測方法

環境計測は、

- ① スレーキングの原因となる乾湿繰返しの発生状況を把握すること
- ② 開口亀裂部に伸縮計を設置し、岩盤の変動状況を把握すること

を目的とした。

環境計測の種別ならびに使用機器は、表3-4-1の通りである。

表3-4-1 環境計測機器一覧表

種別	設置機器	設置台数	設置場所	設置方法
水分計	ADR水分計 (誘電率による測定)	8	切通南北側壁面	電動ドリルで壁面に孔を開けて挿入する。
			切通南北側岩盤深部	φ100mmでコア抜きを実施し、抜いたコアに電動ドリルで孔を開け、水分計を挿入する。その後コアごと埋め戻す。設置深度は約30cmである。
岩盤温度計	モールド型温度センサ	2	切通南北側壁面	電動ドリルで壁面に孔を開けて挿入する。
温湿度計	温湿度センサ	1	切通南側斜面	斜面上に支柱を建てて、地表から1mの地点に温湿度計を入れた箱を設置する。
雨量計	転倒ます型雨量計	1	まんだら堂	上空が10m×10m以上開けた地点を選定して設置する。
伸縮計	S&DL伸縮計	1	開口亀裂部	開口亀裂部を挟み、岩盤に支柱を立ててインバール線を張る。

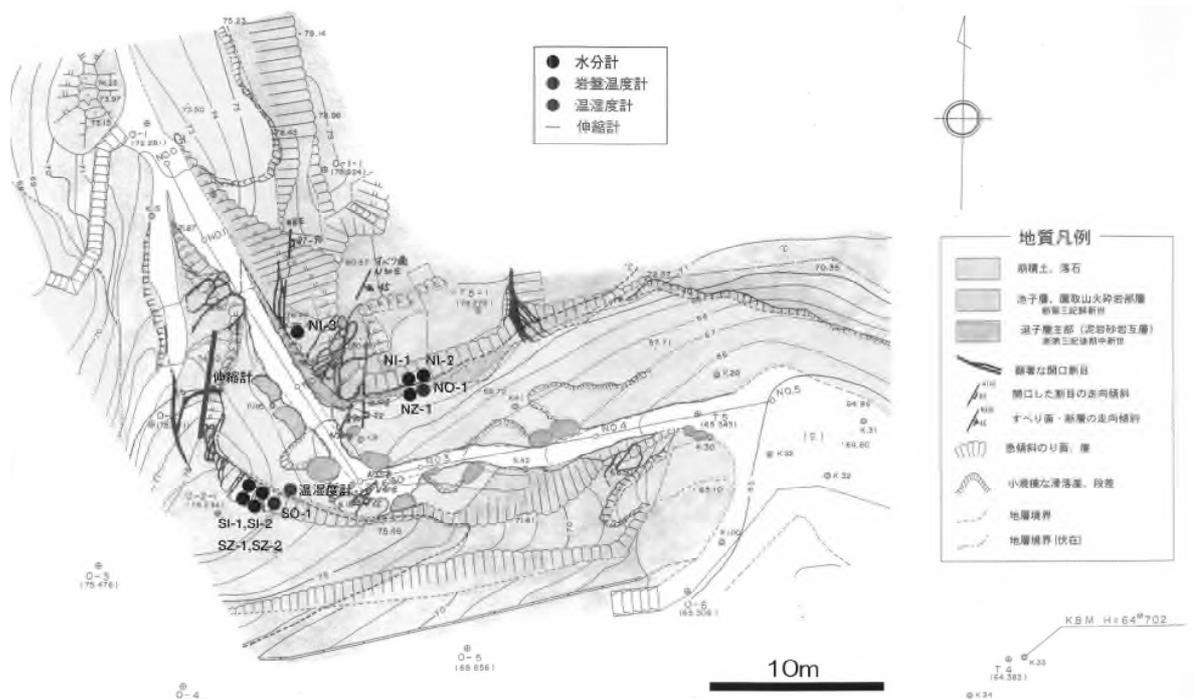


図3-4-1 環境計測機器配置図

3-4-2 計測結果

計測期間中、調査地の岩盤内における水分の凍結はなかった。岩盤の水分量は、池子層砂岩の岩盤表面では降雨の影響を受けていたが、一方の逗子層泥岩では日照による影響を受けていた。岩盤深部（30cm 深）では、池子層、逗子層とも降雨・日照の影響は小さかった。

まんだら堂側口にある池子層砂岩の大きな亀裂の開口幅は、計測期間中には降雨や地震に伴う変位や進行的な変位は認められなかった。ただし、大きな地震の影響については、継続的な観測が必要である。

- 計測期間中、12月から3月にかけて気温が0℃以下になることはあったが、岩盤の温度が0℃以下になることはなかった。また、逗子市の冬季の平均最低気温も0℃以上であることから、調査地の岩盤内における水分の凍結はないと考えられる。
- 池子層砂岩の含水比は、岩盤表面（表面～30cm程度）では30～50%程度で、降雨の影響が大きかった。岩盤深部（表面から30cmの深さ）の含水比は50%前後で、表面と比較し降雨の影響は小さかった。また、日陰部は苔が生えており、含水比は70～90%程度と他地域より高かった。以上のように、砂岩は岩盤表面が降雨の影響による乾湿繰返しを受けていることから、撥水剤の塗布が有効である。
- 逗子層泥岩の含水比は、岩盤表面では15～20%程度で、降雨の影響は小さいものの日照による乾湿繰返しを受けていた。このことから泥岩の性質を考慮するとサイトCなどの無数の割れ目やクラックは泥岩の特性であるスレーキングの誘因と考えられる。
- 岩盤深部の含水比は20%をやや超える程度で、降雨による含水比の変化は認められなかった。以上のように、泥岩は乾湿繰返しの影響は非常に小さいが、小さな影響でも泥岩性質からスレーキングによる脆弱化を起しやすいため、撥水剤の塗布が望ましい。
- 亀裂開口幅の計測では、降雨・地震に伴う変位や進行的・累積的な変位は認められなかった。一時的に突発的な変位が認められたが、測定誤差（±0.2mm）の範囲内であった。ただし、計測期間（平成14年5月～12月）中に震度2以上の地震が起きなかったため、大きな地震の影響については、今後の継続的な計測が必要である。

表3-4-2 逗子市で観測された震度1以上の地震（2002年5月～12月）

日時	時間	震度	備考
5/19	5:00	1.7	・観測地点は「逗子市桜山」 ・「気象庁 地震火山月報」から抜粋
6/14	11:42	1.2	
6/29	2:19	0.7	
7/13	21:45	1.2	
9/2	3:00	0.7	

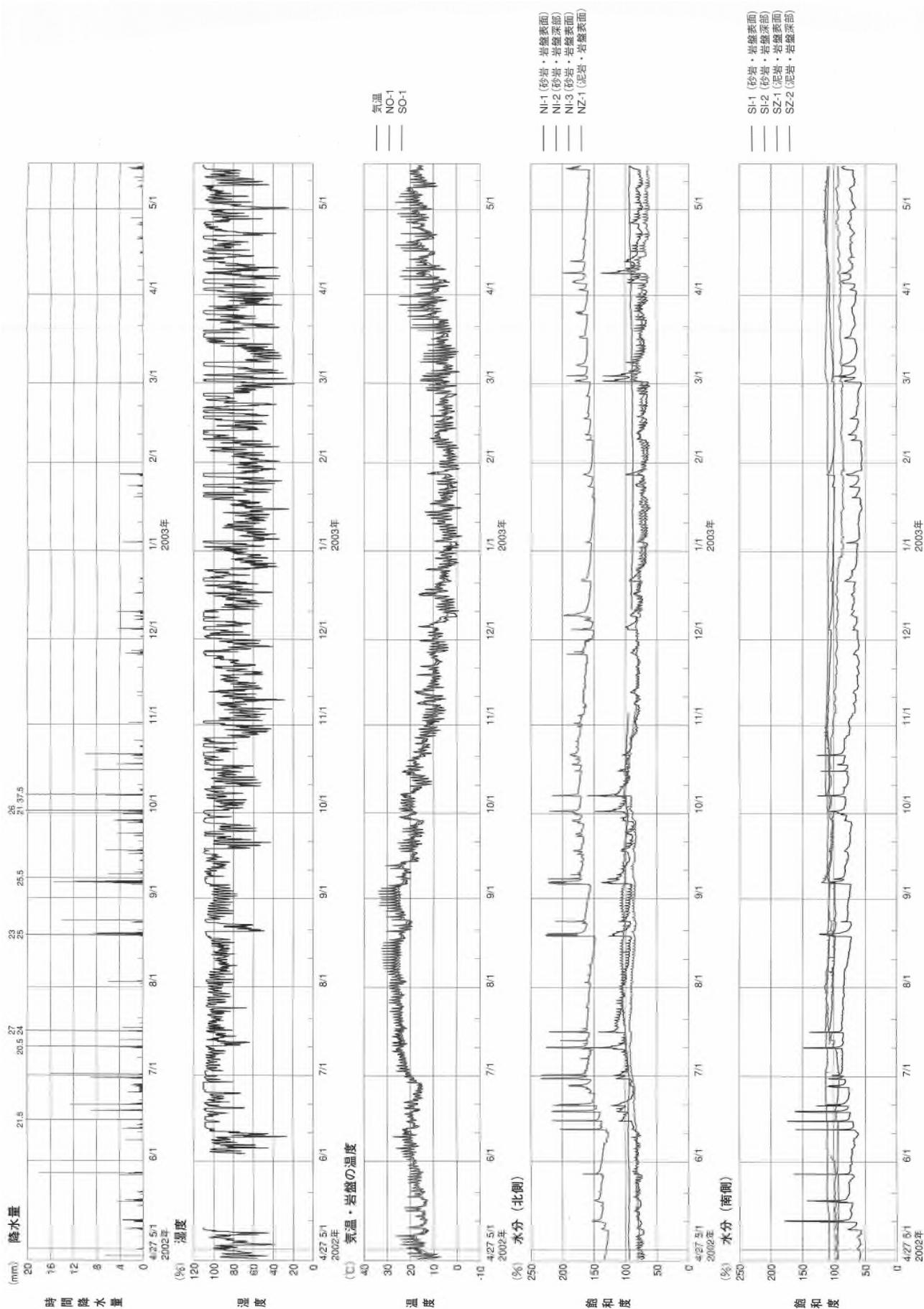


図3-4-2 環境計測結果

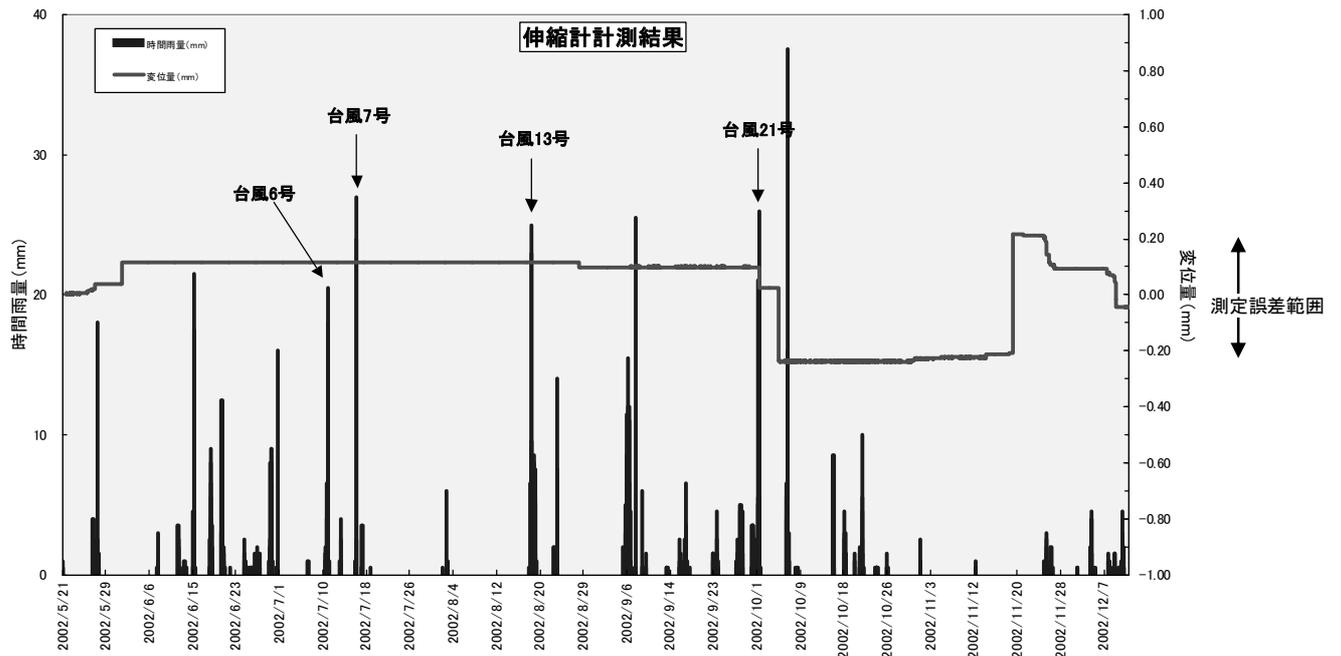


図 3 - 4 - 3 伸縮計計測結果



写真 3 - 4 - 1 水分計・岩盤温度計
データ回収状況 (南側)



写真 3 - 4 - 2 水分計・岩盤温度計
データ回収状況 (北側)



写真 3 - 4 - 3 伸縮計設置状況



写真 3 - 4 - 4 伸縮計データ回収状況

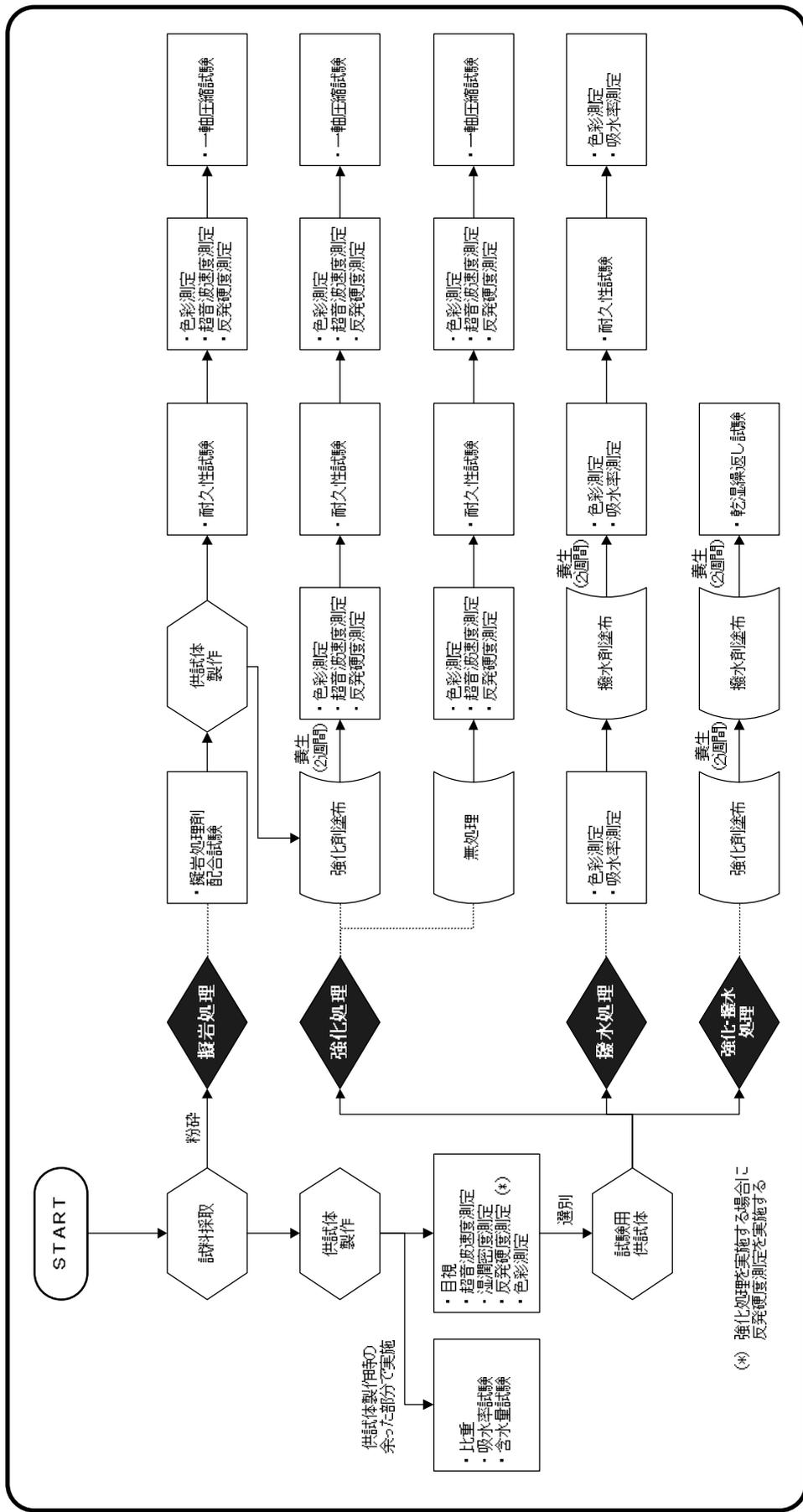


図 3-5-1 室内における薬剤選定試験の流れ

3-5 薬剤選定試験（強化剤・撥水剤）

薬剤選定試験は、調査地の岩盤に有効な強化剤、撥水剤を選定し、工事で使用する薬剤を決定することを目的として実施した。薬剤選定のための室内試験の流れを表3-5-1に示す。

3-5-1 強化処理試験

(1) 強化処理試験方法の概要

池子層砂岩・逗子層泥岩の強度を増し、風合いを損なわない強化剤を選定することを目的として実施した。強化処理試験の流れを図3-5-2に示す。試験に用いる強化剤は、表3-5-1に示す7種類とした。

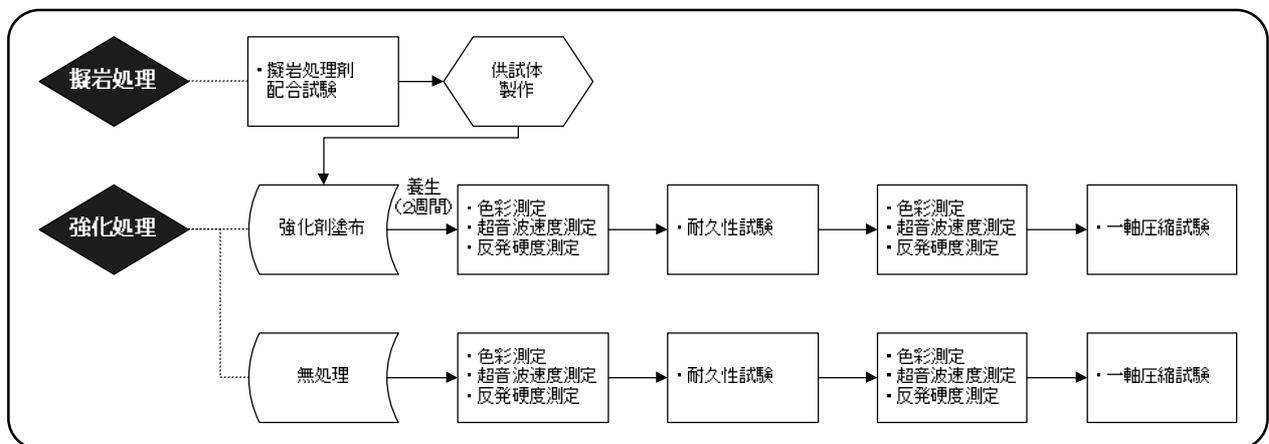


図3-5-2 強化処理試験の流れ

表3-5-1 強化剤一覧表

強化剤番号	主成分	商品名	特徴
A	珪素含有アルコキト [®] 溶液	TOT	材料の粒子間で加水分解・重縮合が進行し、重合体が形成される。その重合体と材料に含まれる水酸基等が結合することにより強化される。孔隙を閉塞しないため、通気性が保たれる。防水効果はあるが、ある程度の透過性を保つ。
B	珪酸エステル系	Silicate #3	空気中または石材・土葬中の水分と反応して、石材の空隙に珪酸ゲル結晶を生成し、そのものの密度を高めて強化する。石材粒子間の接着性はない。優れた浸透性を有し、吸水・発散を維持する。
C	変成ポリシロキサン系	サイト SX-R/B	空気中または石材・土層中の水分と反応して、石材の空隙に珪酸ゲル結晶を生成し、そのものの密度を高めて基質的に強化する。同時に、含有するアルコキシ基+シロキサン基の反応により、ゴアテックスのごとき水蒸気は通すが水ははじく特性を有し、撥水効果が期待できる。
D	珪酸エチルエステル系	リッカー OH100	空気、水との反応によりガラス状の珪酸ゲルを形成する。孔隙を閉塞しないため、透水性、通気性が保たれる。成分にジブチル錫を含む（環境ホルモンが指摘されている）。
E	ポリウレタン系	サンコール SK50	表層強化用。空気中または土層中の水分と反応し、三次元構造を有する硬化物を生成して、強度・接着性に優れた特性を示す。浸透性に優れ、変色性が少なく耐候性を有する。水に対して白濁性・発泡性がほとんどない。遺構の乾燥度に応じて適した濃度を選択することにより、通気性を有して強化することができる。
F	珪酸質系	KK-100	空気中の水分と反応する。結合力が強く、特に脆弱な遺構面の強化剤として適している。呼吸性も有する。
G	珪酸質系	KK-200	シロキサン結合の形態をとる。2液タイプである。石材・地盤に浸透し、強化する。結合力が強く、呼吸性も有する。

(2) 強化処理試験結果の概要

強化処理試験は、最初に乾燥状態の岩石試料に対して行い、成績の良かった薬剤3種を選定し、湿潤状態の岩石試料に対して行った。結果を表3-5-2～表3-5-4に示す。

表3-5-2 強化剤評価一覧表（乾燥状態）

	強化剤	コア試料				擬岩試料				総合評価
		色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	
池子層砂岩	A	×	×	×	△	△	×	×	△	×
	B	△	△	△	○	○	△	△	○	○
	C	○	○	△	○	○	○	△	○	○
	D	△	○	○	○	○	○	○	○	○
	E	×	×	△	△	×	○	×	△	×
	F	△	○	×	△					△
	G	○	×	△	△					△
逗子層泥岩	強化剤	コア試料				擬岩試料				総合評価
		色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	
	A	△	×	○	△	△	×	△	△	△
	B	○	○	△	○	○	×	△	△	○
	C	○	○	△	○	○	△	△	△	○
	D	△	○	△	○	×	×	○	○	○
	E	△	×	△	×	×	○	×	△	×
F	×	○	×	△					×	
G	×	△	○	△					△	

表3-5-3 強化剤評価一覧表（湿潤状態）

強化剤	池子層砂岩				総合評価	逗子層泥岩				総合評価
	色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験		色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	
B	△	△	△	○	○	△	×	×	○	△
C	○	×	○	△	△	○	○	○	△	○
D	△	○	×	△	△	△	△	△	△	△

表3-5-4 強化剤評価比較一覧表（乾燥状態と湿潤状態）

強化剤	含水状態	池子層砂岩					総合評価	逗子層泥岩					総合評価
		含水比 (%)	色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験		含水比 (%)	色彩	反発硬度	超音波速度	一軸圧縮試験	
B	乾燥	0			●	●	—	0		—		●	
	湿潤	13.8~14.2	●	●			—	31.4~31.9	●	—	●		●
C	乾燥	0	●	●	●	●	●	0				●	
	湿潤	15.7~18.0						32.8~34.0	●	●	●		●
D	乾燥	0	—		●	●	●	0				●	
	湿潤	13.2~16.9	—	●				31.6~34.9	●	●	●		●

3-5-2 撥水処理試験

(1) 撥水処理試験の概要

撥水処理試験は、スレーキングの原因となる乾湿繰返しを抑制するために、最も撥水効果のある薬剤を選定することを目的として実施した。

撥水処理試験の流れを図3-5-3に示す。

試験に用いる撥水剤は、表3-5-5に示す3種類とした。

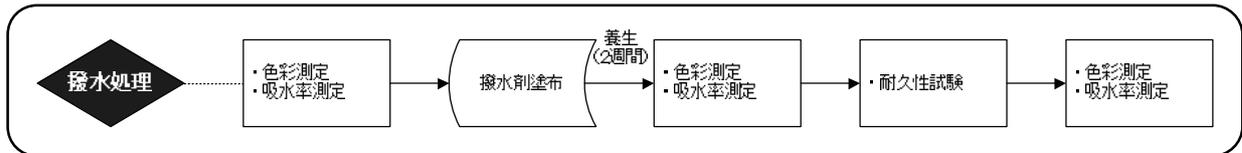


図3-5-3 撥水処理試験の流れ

表3-5-5 撥水剤一覧表

撥水剤番号	主成分	商品名	特徴
1	アルカリ金属塩と珪酸化合物	ハイドロサーム GT-100	水隙・空隙を無機化合物で充填することにより撥水効果を得る。通気性のある防水層を形成する。
2	シラン系	ワッカー 280	空気中の湿分と反応する。通気性はあるが保水性はない。5～10年ごとに処理が必要である。
3	複合化合物(珪酸塩他)	KH-100	空気中の水分と反応し、葉疎水層を形成する。外部からの雨水の浸透を防止するが、呼吸性は阻害しない。

(2) 撥水処理試験結果の概要

試験結果を表3-5-6に示す。

表3-5-6 撥水剤評価一覧表

撥水剤	池子層砂岩		総合	逗子層泥岩		総合
	色彩測定	吸水率測定	評価	色彩測定	吸水率測定	評価
1	○	×	×	○	×	×
2	△	○	○	○	○	○
3	×	○	△	×	○	△

3-5-3 強化・撥水処理試験

(1) 強化・撥水処理試験方法の概要

強化・撥水処理試験は、どの組合せが最も効果があるかを確認する目的で実施した。強化・撥水処理試験の流れを図3-5-4に示す。

試験に供する薬剤は、強化処理試験で効果のあった3種類（強化剤B・C・D）と撥水処理試験で効果のあった1種類（撥水剤2）とする。

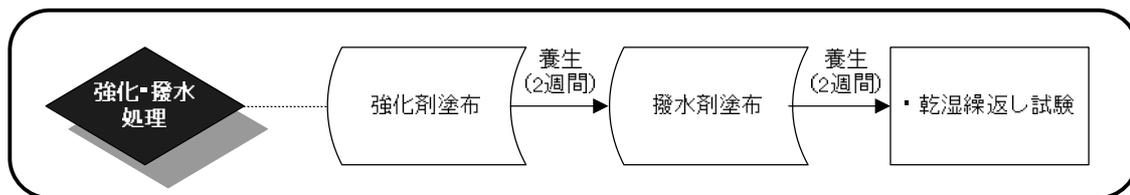


図3-5-4 強化撥水処理試験の流れ

表3-5-7 強化撥水処理試験使用薬剤一覧表

番号	強化剤		撥水剤	
	強化剤	主成分	撥水剤	主成分
I	B	珪酸エステル系	2	ソソ系
II	C	変成ホリシロキサン系		
III	D	珪酸エチルエステル系		

(2) 強化・撥水処理試験結果の概要

試験結果を表3-5-8、表3-5-9に示す。

表3-5-8 乾湿繰返し試験結果<池子層砂岩>

		1回	2回	3回	4回	5回	6回	7回	8回	9回	10回	11回	12回	13回	14回	15回
無処理		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	△	△	△
I	強化剤B Silicate #3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
II	強化剤C #1 SX-R/B	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
III	強化剤D ワッカ-OH100	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

●：変化なし ▲：顕著な亀裂発生 ×：崩壊

表3-5-9 乾湿繰返し試験結果<逗子層泥岩>

		1回	2回	3回	4回	5回	6回	7回	8回	9回	10回	11回	12回	13回	14回	15回
無処理		●	▲	×	×	×	×	×	× 片状	× 片状	× 細片状	× 細片状	× 細片状	△	△	△
I	強化剤B Silicate #3	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
II	強化剤C #1 SX-R/B	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
III	強化剤D ワッカ-OH100	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×	× 片状	× 片状	× 片状	× 片状

●：変化なし ▲：顕著な亀裂発生 ×：崩壊

3-5-4 曝露試験

(1) 曝露試験の内容

薬剤選定試験で強化剤または撥水剤を浸透させた供試体について、その対候性を確認するため、曝露試験を実施した。試験場所は、現地に近いまんだら堂やぐら群内（神奈川県逗子市）および応用地質株式会社コアラボ屋上（埼玉県さいたま市）である。

曝露試験を行った試料は、薬剤選定試験でよい評価が得られた強化剤B（珪酸エステル系）、C（変成ポリシロキサン系）、D（珪酸エチルエステル系）および撥水剤2（シラン系）を含浸させた供試体である。どの供試体も、池子層砂岩、逗子層泥岩それぞれ1試料を半割りにして曝露させた。



写真3-5-1 現地曝露試験の様子（開始時）



写真3-5-2 委員会による視察（1年後）

(2) 試験結果の概要

まんだら堂やぐら群（神奈川県逗子市）における曝露試験開始時および1年後の写真とコアラボ（埼玉県さいたま市）における曝露試験開始時および3年半後の写真を巻頭写真に掲載する。

まんだら堂やぐら群における1年間の曝露試験では、池子層砂岩は、どの薬剤を含浸させた試料もほとんど変化は見られなかった。このことから、池子層砂岩はもともとある程度の強度を持った岩であるため、強化剤・撥水剤の種類による違いは1年程度では明確にならなかったと考えられる。一方、逗子層泥岩は、強化剤B、Dを含浸させた試料では1年後に亀裂が生じて細かく崩れてしまったが、撥水効果も持つ強化剤Cと撥水剤2を含浸させた試料では、1年後もほとんど変化が見られなかった。なお、まんだら堂における曝露試験は、1年間で終了した。

コアラボでは、まんだら堂での試験が終了した後も曝露試験が継続されている。曝露開始から約3年半が経過しているが、池子層砂岩では、どの薬剤を含浸させた試料もほとんど変化が見られない。これに対し、逗子層泥岩の強化剤B、Dを含浸させた試料は、細かく崩れて跡形もなくなっている。強化剤Cと撥水剤2を含浸させた試料は、亀裂が入ってきているものの、まだ形状をとどめている。

以上のことから、逗子層泥岩では、水の浸透と乾燥の繰り返しで岩盤の崩壊に大きな影響を与えており、その対策として撥水剤の含浸による水分の遮断が有効であることがわかった。このことを踏まえ、特に逗子層泥岩では、撥水処理を重点的に行うことが重要である。

3-5-5 薬剤選定試験のまとめ

逗子層泥岩、池子層砂岩ともに、強化剤の塗布により強度は増加することが明らかになった。ただし、耐久性では、池子層砂岩は未処理の場合と処理した場合とで、大きな違いはなく、未処理（自然状態）のままでも現状では安定した状態であることがわかった。

このことから、強化撥水处理については、崩壊のメカニズム等から逗子層泥岩には非常に有効であり早急な対策を施すことが得策と考えられるが、池子層砂岩の場合は岩盤の状況等（岩盤性状の風化度合いや安定度）により、段階的・計画的に施すことも可能と考えられる。

また、屋外での曝露試験の結果、池子層砂岩は外観に変化が見られなかった。逗子層泥岩は強化剤を含浸させたものは細かく割れてしまったが、撥水剤を含浸させたものはほとんど変化が見られなかった。このことから、逗子層泥岩には撥水处理が有効と言える。

- ・ 今回使用した数種の強化剤および撥水剤は前述のとおりである。これらの薬剤は岩石からなる文化財の保存として使用される代表的なものであるがこれらはそれぞれに特長を有しており、複数の効果を期待できるものや限定的な特性を有するものなど単純に比較できるものではない。
- ・ 池子層砂岩・逗子層泥岩とも、強化剤の含浸により強度・耐久性の増加が見られた。したがって、強化剤の含浸は有効であるといえる。砂岩・泥岩とも、試験に用いた薬剤7種類のうち、強化剤B（珪酸エステル系）、C（変成ポリシロキサン系）、D（珪酸エチルエステル系）の効果が相対的に優れていた。
- ・ 湿潤状態試料の試験結果と比較すると、砂岩・泥岩とも乾燥状態で強化剤を含浸させた方が強度が大きくなる傾向がみられた。ただし泥岩の場合、乾燥させた供試体に強化剤を塗布するよりも湿潤状態の方が強度が大きい傾向が見られた。これは、乾燥させた供試体に強化剤を浸透させると、表面にヘアークラックが発生することにより強度が逆に低下するものと考えられる。
- ・ 撥水剤は、池子層砂岩・逗子層泥岩とも、撥水剤の含浸により吸水率が低下し、撥水効果が認められた。砂岩・泥岩とも、試験に用いた薬剤3種類のうち、撥水剤2（シラン系）と3（珪酸塩系）の効果が優れていた。
- ・ 強化剤・撥水剤を含浸させた場合、逗子層泥岩は未処理の供試体よりも乾湿繰返しへの耐久性に優れていた。池子層砂岩は未処理（自然のまま）と処理（薬剤塗布）には大きな差異は認められなかった。
- ・ このような結果より、逗子層泥岩は基質強化により強度は増加、撥水处理にスレーキングの抑制が期待できるものと考えられる。

3-5-6 薬剤の浸透性確認試験

(1) 薬剤の浸透性確認試験方法

薬剤の浸透性確認試験は、

- ① 施工の際に有効な含浸方法を検討すること
- ② 室内試験で検討した含浸方法について、現地での有効性・施工性を検討すること

を目的として実施した。

試験手法は、

- 1) 浸漬状態による予備試験
- 2) 点滴法による室内試験
- 3) 洗瓶法による室内試験
- 4) 上記2), 3)と同様の現地試験

による。

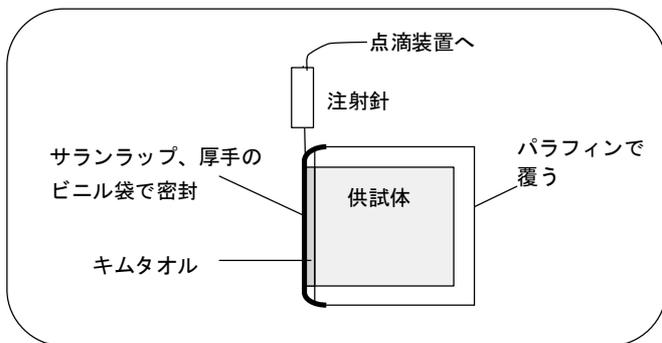


図3-5-5 点滴法による室内試験模式図

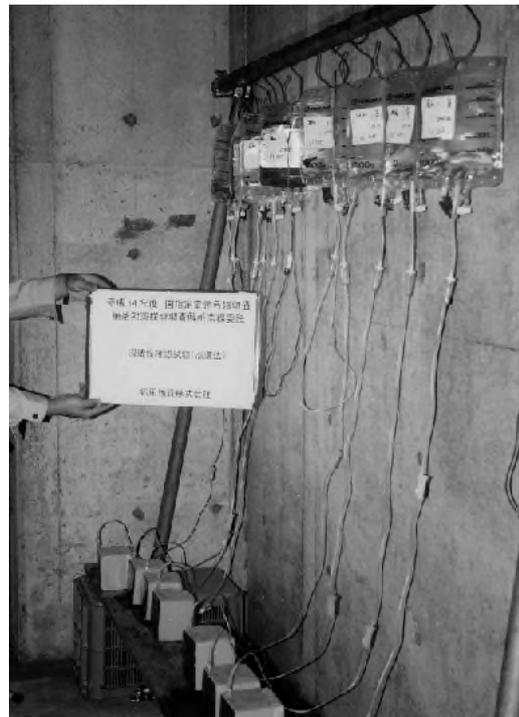


写真3-5-3 点滴法による室内試験



写真3-5-4 洗瓶法による室内試験

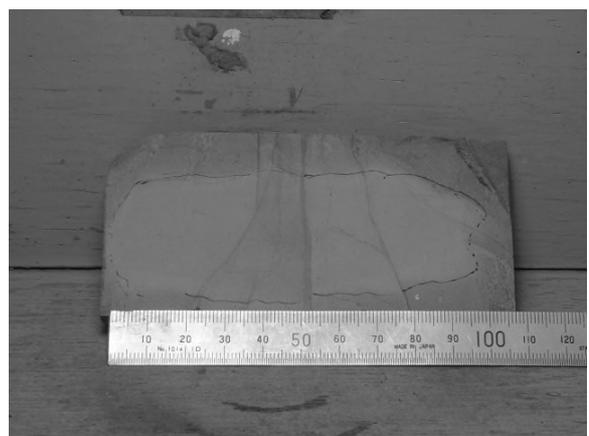


写真3-5-5 目視による確認写真



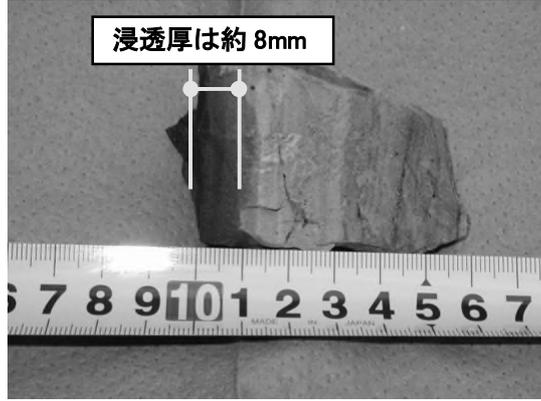
現地試験実施状況



洗瓶法の含浸状況



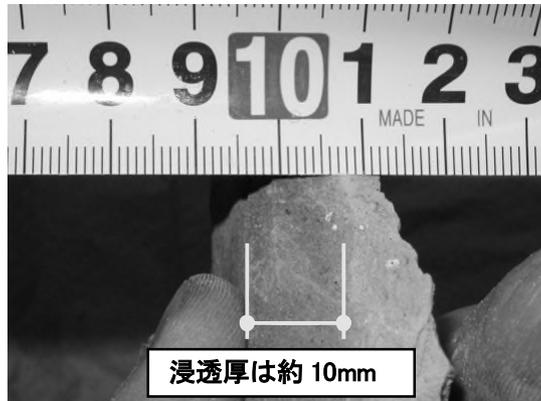
実験前の岩盤状況 (逗子層泥岩)



浸透状況 (自然状態 24時間)



点滴法の含浸状況



浸透状況 (強制乾燥 24時間)



点滴法の含浸部分

壁面の凸凹に対してはパテで密着性を良くし、その上から板をあてて固定した。

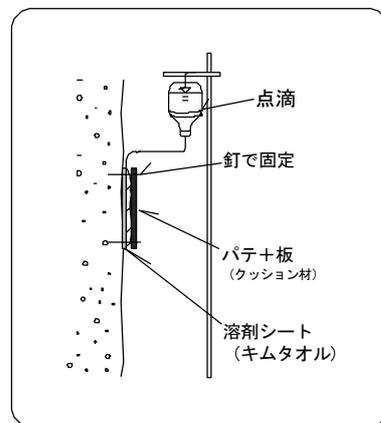


写真 3-5-6 現地試験状況写真

(2) 薬剤の浸透性確認試験結果

強化剤の浸透性から、砂岩・泥岩とも強化剤の含浸による基質強化は有効と考えられる。岩盤ができるだけ乾燥していた方が浸透性がよいことから、施工は当該地の気象環境を踏まえて、できるだけ乾燥している期間に実施することが望ましい。浸透時間は浸透厚に限界が認められることから、長時間の場合は逆にロスが大きくなる。

- ・ 室内試験では、泥岩よりも砂岩の方が浸透性がよいという結果が得られ、浸透深さは砂岩で最大2~3cm、泥岩で最大1cm程度であった。また、亀裂やヘアークラックがある場合は、そこから浸透する傾向が見られた。
- ・ 薬剤含浸面は極力含水比を低下させることにより浸透能が向上した。したがって、実際の施工では気象環境を踏まえて乾燥時期に行うことが有効である。
- ・ 含浸方法と吸収率の関係で見ると、砂岩、泥岩とも点滴法の方が洗瓶法よりも吸収率が高かった（ロスが少ない）。吸収率は、砂岩の方が泥岩よりも良好であった。
- ・ 現地試験では、逗子層泥岩で1cm程度強化剤の浸透が確認された。ただし、含浸時間に対する浸透深さで比較すると、1cm浸透するまでにかかる時間が室内試験よりも長く、現地の方が浸透性が悪いという結果になった。
- ・ 現地試験では、点滴法と洗瓶法で浸透深さはそれほど変わらなかった。したがって、岩盤の状況や薬剤のロス率などを考慮して、施工場所に応じて洗瓶法や点滴法を使い分けることが必要と考えられる。
- ・ 現地試験では、浸透深さに限界が見られ、長時間の含浸はロスが多く、非効率であった。
- ・ 以上のことから、浸透については、1) 薬剤塗布（含浸）は乾燥時期（冬期など）が良いこと。
2) 含浸厚には限界があり、ロスも考えると含浸厚は1cm程度が管理目標として適すること、が判断された。

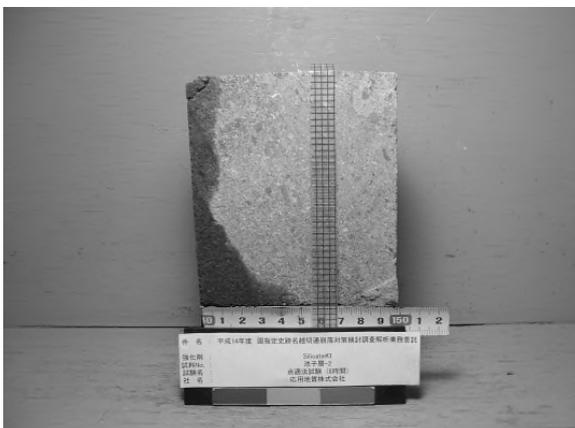


写真 3-5-7 浸透性確認試験結果
(池子層砂岩、点滴法 8 時間)

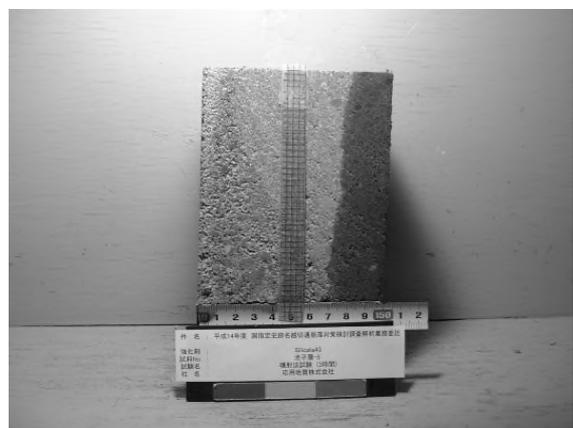


写真 3-5-8 浸透性確認試験結果
(池子層砂岩、洗瓶法 3 時間)