

4章. 平成14年度事業

4-1 平成14年度事業の概要

平成13年度は、崩落対策検討のための基礎調査として、岩盤のボーリング調査、ボアホールカメラによる孔内観察および採取したコアを用いた室内岩石試験（単位体積重量測定、飽和度測定、一軸圧縮試験、簡易スレーキング試験）を実施した。

その結果、

- ① 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。
- ② 特に切通南側は、岩盤の芯の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、逗子層泥岩では割れ目密度が非常に高くなっている。

ことが判明した。

この調査結果を受け、平成13年度の「検討委員会」における崩落対策に関する討議の中で、①岩盤内部の含水比の把握、②保存対策における有効な強化剤・撥水剤の選定、③強化剤の浸透性確認の必要性が指摘された。そこで平成14年度は、これらの課題をクリアするため、表4-1-1に示す調査を実施した。

表4-1-1 平成14年度調査内容一覧

調査内容	実施場所	対象地質	調査項目	目的
①環境計測	現地	池子層砂岩 逗子層泥岩	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	・スレーキングの原因となる乾湿繰返しの発生状況把握を把握する。 ・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。
②薬剤選定試験	室内	池子層砂岩 逗子層泥岩	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) 撥水剤 3種類 (吸水率、耐久性試験)	・調査地の岩盤に有効な強化剤、撥水剤を選定し、工事で使用薬剤を決定する。
③浸透性確認試験	室内	池子層砂岩 逗子層泥岩	点滴法、洗瓶法、注射法	・施工の際に有効な含浸方法を検討する。
	現地	逗子層泥岩	点滴法、洗瓶法	・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。

4-2 環境計測

4-2-1 調査数量および位置

環境計測に使用した計器および数量は表4-2-1の通りであり、図4-2-1のように配置した。観測計器の仕様を章末資料4-1～4-6に示す。また、観測計器の設置状況写真を章末資料4-16に示す。

表4-2-1 環境計測機器一覧表

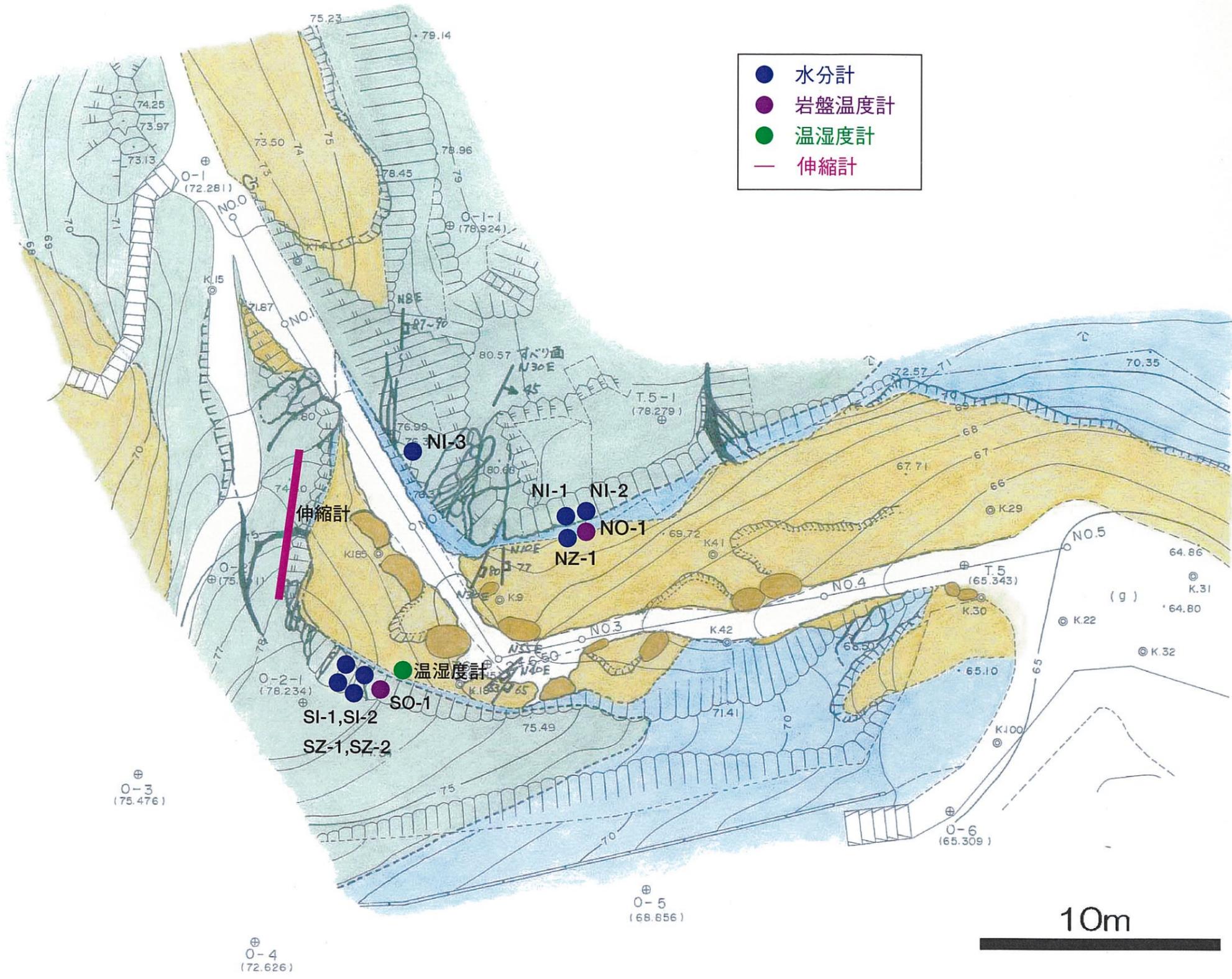
	設置機器	設置台数	設置場所	設置方法
水分計	ADR水分計 (誘電率による測定)	8	切通南北側壁面	電動ドリルで壁面に孔を開けて挿入する。
			切通南北側 岩盤深部	φ100mmでコア抜きを実施し、抜いたコアに電動ドリルで孔を開け、水分計を挿入する。その後コアごと埋め戻す。設置深度は約30cmである。
岩盤 温度計	モールド型 温度センサ	2	切通南北側壁面	電動ドリルで壁面に孔を開けて挿入する。
温湿度計	温湿度センサ	1	切通南側斜面	斜面上に支柱を建てて、地表から1mの地点に温湿度計を入れた箱を設置する。
雨量計	転倒ます型 雨量計	1	まんだら堂	上空が10m×10m以上開けた地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

計測機器にはそれぞれデータロガーを設置し、データは1回/月の頻度で回収した。

4-2-2 設置方法

(1) 水分計

水分計は、池子層砂岩・逗子層泥岩の各地層について、「大気と接している岩盤表面付近」と、「深度30cm程度の深さ」の2深度に設置した。表面付近は電動ドリルにより開けた穴に電極を埋め込むことにより設置した。30cm深は、φ100mm程度でコア抜きを行い、コアに電極を埋め込み、再び孔の中に電極の付いたコアを戻すことにより設置した。設置状況図を図4-2-2に示す。



- 水分計
- 岩盤温度計
- 温湿度計
- 伸縮計



地質凡例

- 崩積土、落石
- 池子層、鷹取山火砕岩部層
新第三紀鮮新世
- 返子層主部（泥岩砂岩互層）
新第三紀後期中新世
- 顕著な開口割目
- 開口した割目の走向傾斜
- すべり面・断層の走向傾斜
- 急傾斜のり面、崖
- 小規模な滑落崖、段差
- 地層境界
- 地層境界（伏在）

K.B.M H=64^M702

⊕ K.33
T.4 (64.363)
⊙ K.34

図4-2-1 環境計測機器配置図（縮尺1:200）

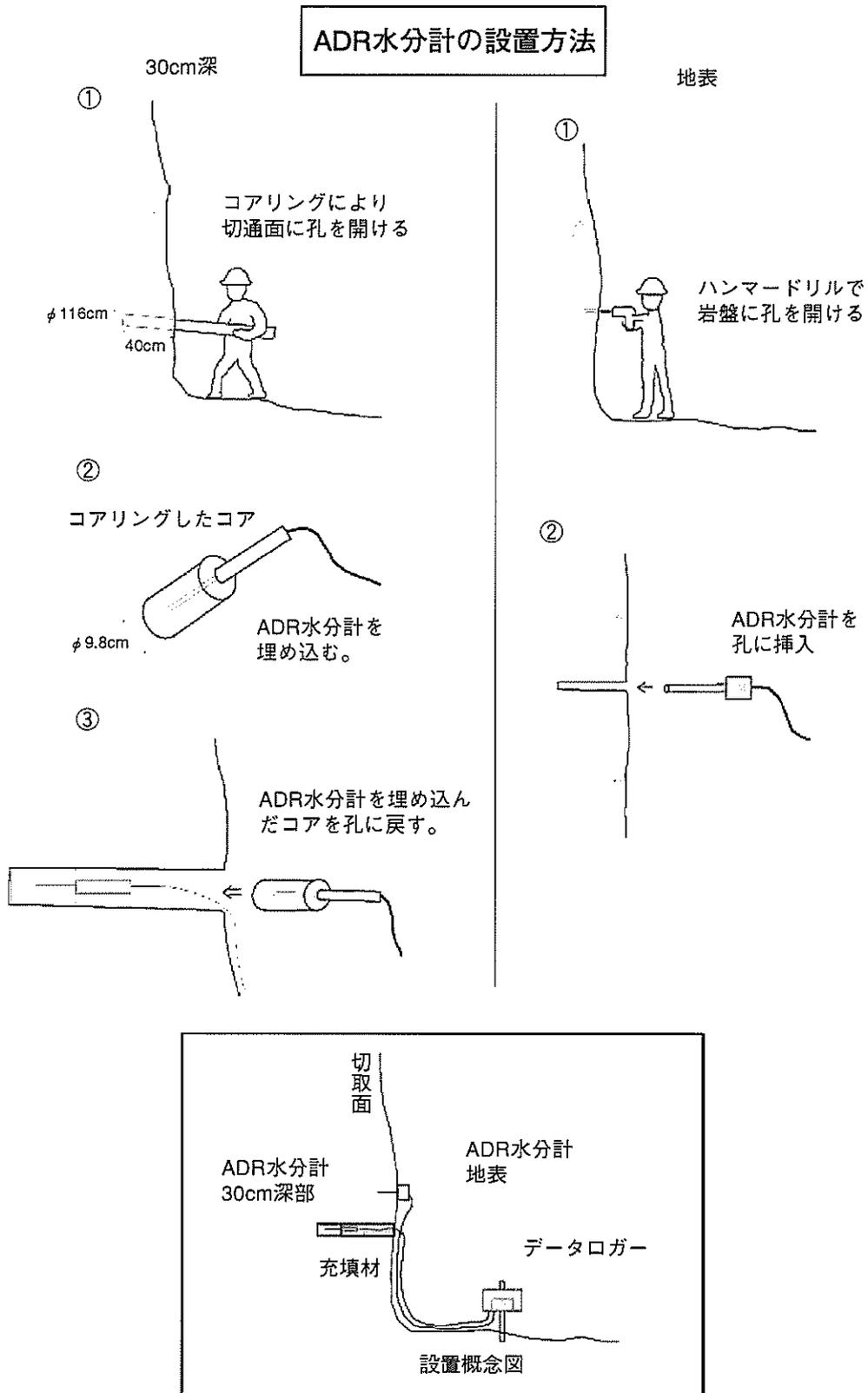


図 4 - 2 - 2 ADR水分計設置状況概念図

(2) 岩盤温度計

岩盤温度計は、岩盤表面に電動ドリルによりφ1cm、深さ10cm程度の孔をあけ、温度計を埋め込んで設置した。設置状況図を図4-2-3に示す。

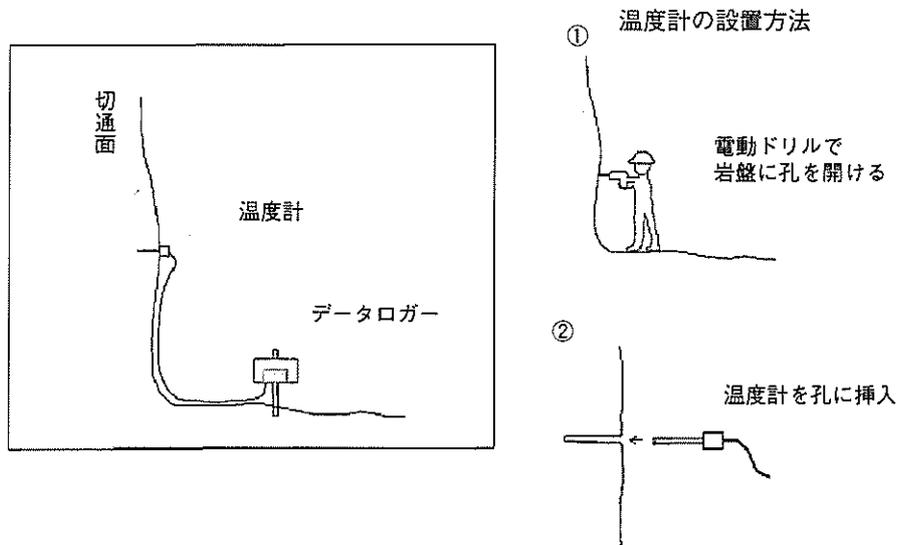


図4-2-3 温度計の設置状況

(3) 雨量計・温湿度計

雨量計は、まんだら堂内の周囲10m四方が木に覆われていない開けた箇所を選定して設置した。気温・湿度は切通部の崩積土上の斜面に支柱を建てて、地表から1mの地点に温湿度計を入れた箱を設置した。

(4) 伸縮計

伸縮計は開口割れ目を挟んで設置した。設置状況図を図4-2-4に示す。地すべり観測便覧によると、伸縮計の測定精度は0.2mm程度である。

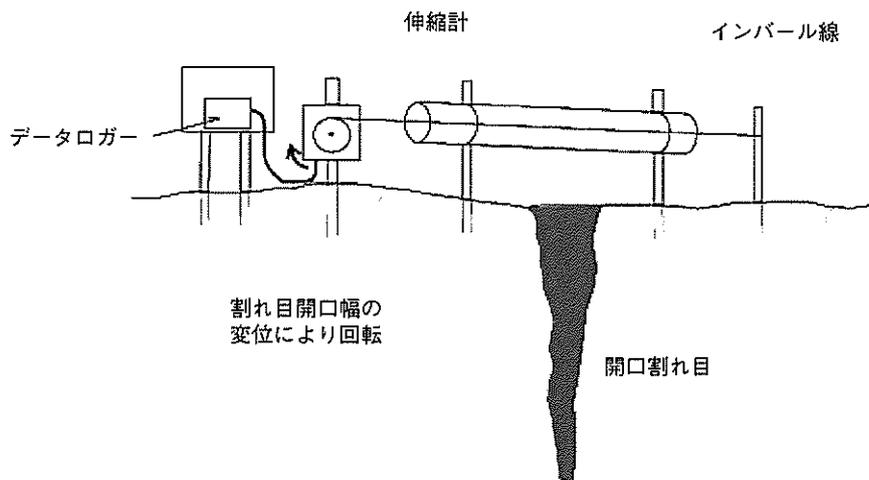


図4-2-4 伸縮計設置概要図

4-2-3 計測結果

(1) 水分計

1) 水分計の校正

一般的に、土壌誘電率の平方根と体積含水率(%)の間には、直線的相関関係があることが示されている。ADR水分計は、この関係を利用し、見かけ誘電率の変化を感知し、体積含水率(%)と比例関係にある直流電圧値を出力する計器である。なお体積含水率(%)は以下の式で算出される。

$$\text{体積含水率 (\%)} = \frac{\text{試料内の水の体積}}{\text{試料の全体積}} \times 100$$

水分計出力値は相対的な値であるため、岩石中の含水状態を定量的に把握するには、岩種ごとに水分計の校正を行う必要がある。校正試験では、岩石試料の含水状態を変化させて、重量と水分計出力値を測定し、水分計出力値(電圧値)と体積含水率の関係を導き出した。結果を表4-2-2および図4-2-5に示す。

水分計の計測結果は、校正試験結果及び測定された湿潤・乾燥密度を用いて、含水比(%)として表示した。なお、含水比は以下の式で算出される。

$$\text{自然状態の含水比 (\%)} = \frac{\text{自然状態の重量} - \text{乾燥重量}}{\text{乾燥重量}} \times 100$$

表 4-2-2 水分計校正試験結果

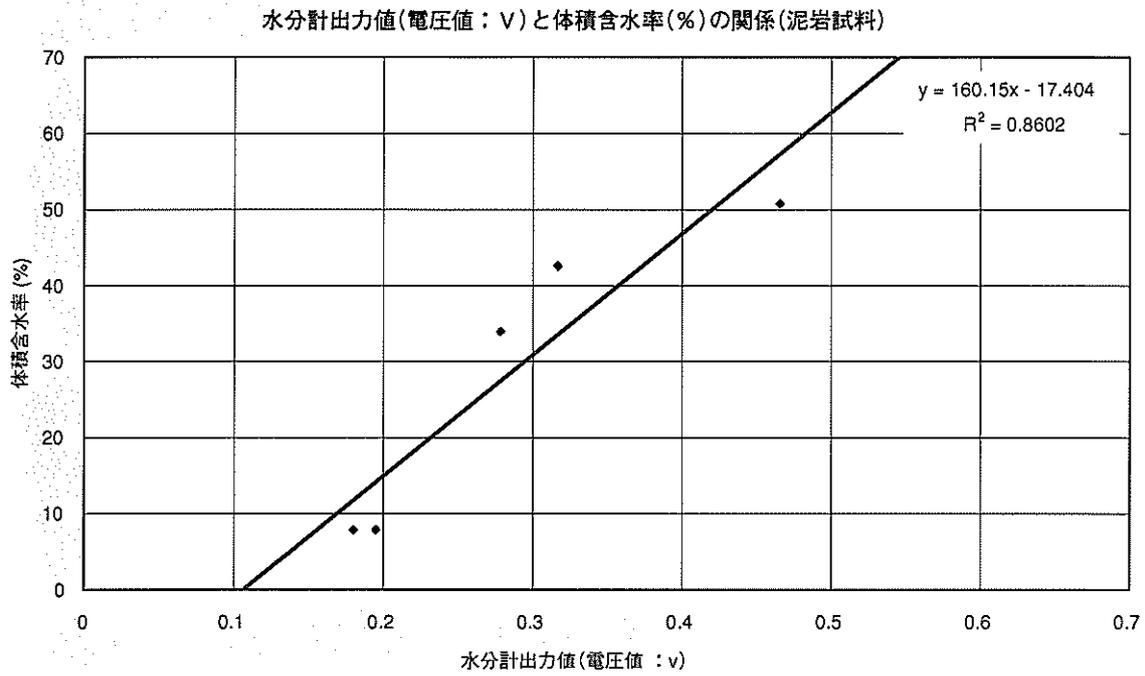
池子層砂岩

重量(g)	乾燥重量(g)	含水比(%)	密度(g/cm³)	乾燥密度(g/cm³)	水分計出力値				体積含水率(%)
					測定値(v)			平均	
724.50	677.36	6.96	1.206	1.127	0.188	0.181	0.171	0.180	7.8
982.27		45.01	1.635		0.491	0.400	0.506	0.466	50.7
932.87		37.72	1.553		0.261	0.346	0.343	0.317	42.5
881.46		30.13	1.467		0.304	0.229	0.303	0.279	34.0
724.63		6.98	1.206		0.204	0.201	0.180	0.195	7.9

逗子層泥岩

重量(g)	乾燥重量(g)	含水比(%)	湿潤密度(g/cm³)	乾燥密度(g/cm³)	水分計出力値				体積含水率(%)
					測定値(v)			平均	
551.52	511.76	7.77	1.941	1.801	0.200	0.207	0.208	0.205	14.0
607.15		18.64	2.137		0.566	0.570	0.602	0.579	33.6
580.10		13.35	2.042		0.305	0.319	0.292	0.305	24.1
560.16		9.46	1.972		0.205	0.219	0.222	0.215	17.0
539.46		5.41	1.899		0.165	0.166	0.178	0.170	9.8

〈池子層砂岩〉



〈逗子層泥岩〉

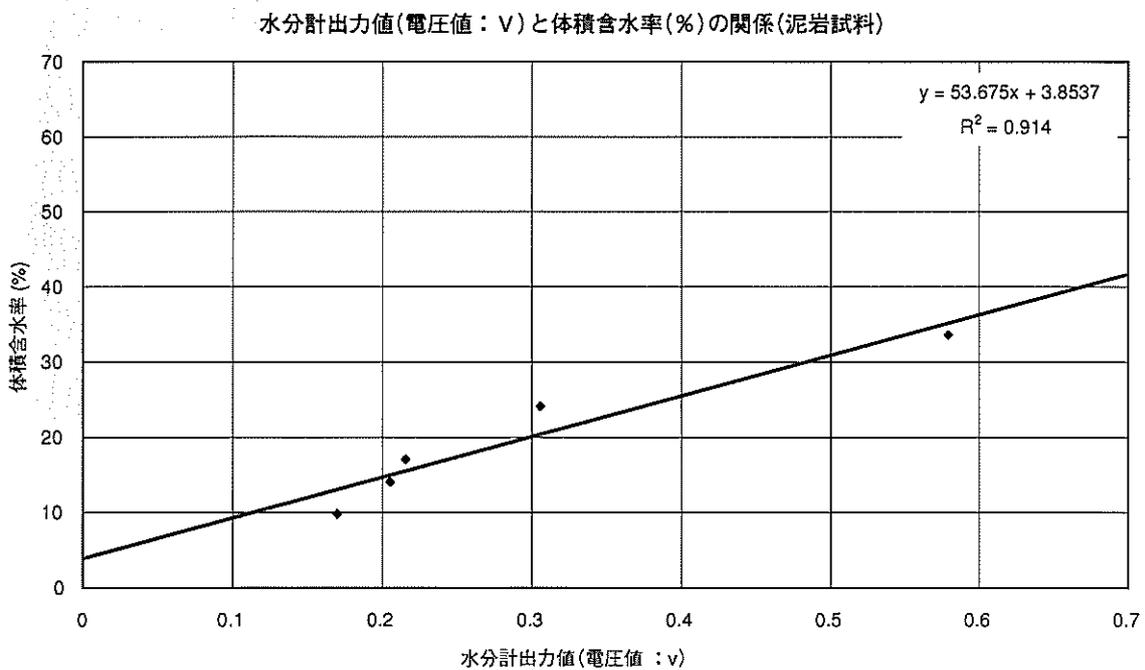


図 4 - 2 - 5 水分計校正試験結果

2) 水分計計測結果

水分計計測結果のグラフを降水量・岩盤温度・気温のグラフとともに図4-2-6に示す。また、計測結果を一覧表にまとめて、表4-2-3に示す。計測結果は以下の通りである。

<池子層砂岩>

岩盤表面：降雨と含水比には明瞭な相関性がある。

降雨の影響が大きい。

含水比は30～50%程度である。

岩盤深部：表面と比較し降雨の影響は小さい。

含水比は50%前後である。

日陰部：苔が生えており、含水比は他地域より高い（70～90%程度）。

<逗子層泥岩>

岩盤表面：降雨による含水比の変化は小さいが相関はある。

含水比は15～20%程度である。

岩盤深部：降雨による含水比の変化は認められない。

含水比は20%をやや超える程度である。

以上の結果から、次のことが言える。

- ・池子層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、撥水剤の含浸が有効である。
- ・逗子層泥岩は降雨による乾湿繰返しは非常に小さいが、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こしやすいため、撥水剤の塗布が望ましい。

考 察

池子層砂岩と逗子層泥岩の透水係数には2オーダー程度の差があるものと推察される。降雨強度は透水係数と同じ単位系である（mm/sec）。当該地は下記のとおりの状態である。

池子層砂岩の透水係数	大
観測期間の降雨強度	中
逗子層泥岩の透水係数	小

池子層砂岩は透水係数が高いので、浸透性が高く、降雨を吸収しやすいが、逗子層泥岩は透水係数は小さいため、降雨は浸透せず表面を流下しやすい。このような岩盤の浸透能の違いにより結果が異なる、すなわち、岩の性質に応じた結果が得られたもの推察される。よって、逗子層泥岩は乾湿繰返しの影響は池子層砂岩と比較して、相対的には小さいけれども、泥岩の性質を踏まえると、絶対評価は大きいものとする必要がある。

表 4-2-3 環境計測機器及び結果一覧表

計器名	地点	設置条件						計測結果				現段階での評価
		地質	設置深度	日照	湧水	備考	岩盤温度 (日照) の影響	降水量の 影響	乾湿 繰返しの 程度	計測結果		
S1-1	南側 壁面	砂岩 (池子層)	岩盤表面	▲	×	—	×	●	●	●	降雨との相関が明瞭に認められる。 日照との相関は認められない。	砂岩の岩盤表面では、乾湿繰返しが発生している。 誘因は降雨である。 砂岩の岩盤深部では、わずかな変動はあるが乾湿繰返しが 起きている。誘因は降雨である。 砂岩の岩盤表面では、乾湿繰返しが起きている。誘因 は日照と降雨である。 砂岩の岩盤深部では、わずかな変動はあるが乾湿繰返しが 起きている。誘因は日照である。
			30cm深部	▲	×	コア抜きをとして設置	×	▲	▲	▲	不明瞭ではあるが、降雨後、含水量の増加が認められる。 降雨・日照との相関が明瞭に認められる。	
			岩盤表面	●	×	オパ-リング部下方に設置	●	●	●	●	降雨との相関も比較的明瞭に認められる。 含水量は 50%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。	
S1-2	南側 壁面	砂岩 (池子層)	30cm深部	▲	×	コア抜きをとして設置	×	▲	▲	降雨との相関が非常に明瞭である。 全観測地点の中で最も含水量が多い。 降雨時の含水量増加も最も大きい。	砂岩では、直射日光が当たらない場所・苔の繁茂して いる場所の含水量が多い。	
			岩盤表面	×	●	苔が繁茂	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、降雨との相関が認められる。日照と の相関は認められない。		
			岩盤表面	●	×	緩んだ岩盤を取り除いて 設置。設置後埋め戻す。	×	×	×	含水量は 20%を超える程度ではほぼ一定であり、降雨や日 照との相関は認められない。		
NI-1	北側 壁面	砂岩 (池子層)	岩盤表面	●	×	—	×	●	●	含水量は 15%程度であり、大きな変動は認められないが、 日照との相関が明瞭に認められる。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	●	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	幅 20~50cm の開口亀裂 を挟んで設置	×	●	●	一日の温度変化は小さい。 一日の湿度変化が大きい。 気温よりも高い場合も認められる。 累積的な変位は認められない。 累積的な変位は認められない。		
NI-2	北側 壁面	砂岩 (池子層)	30cm深部	●	×	—	×	▲	▲	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、降雨との相関が認められる。日照と の相関は認められない。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			岩盤表面	×	●	—	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	×	●	—	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
NI-3	北側 壁面	砂岩 (池子層)	岩盤表面	×	●	—	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、降雨との相関が認められる。日照と の相関は認められない。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	▲	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
SZ-1	南側 壁面	泥岩 (埴子層)	岩盤表面	▲	×	—	×	▲	▲	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、降雨との相関が認められる。日照と の相関は認められない。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は降雨である。	
			30cm深部	▲	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
SZ-2	南側 壁面	泥岩 (埴子層)	岩盤表面	▲	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、降雨との相関が認められる。日照と の相関は認められない。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	▲	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
NZ-1	北側 壁面	泥岩 (埴子層)	岩盤表面	●	×	—	×	●	●	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	●	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	×	×	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
SO-1	南側 壁面	泥岩 (埴子層)	岩盤表面	▲	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	▲	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
NO-1	北側 壁面	泥岩 (埴子層)	岩盤表面	●	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。	泥岩の岩盤表面では、わずかな変動はあるが乾湿繰返し が起きている。誘因は日照である。	
			30cm深部	●	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
			岩盤表面	●	×	—	×	—	—	含水量は 20%前後であり、大きな変動は認められない。 不明瞭ではあるが、夏季に岩盤温度との相関が認められ る。		
伸縮計	南側	—	—	—	—	—	—	—	—	—	伸縮計設置地点では、岩盤の累積的変動は認められな い。	
			—	—	—	—	—	—	—	—		—
雨量計	まんだら堂	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	

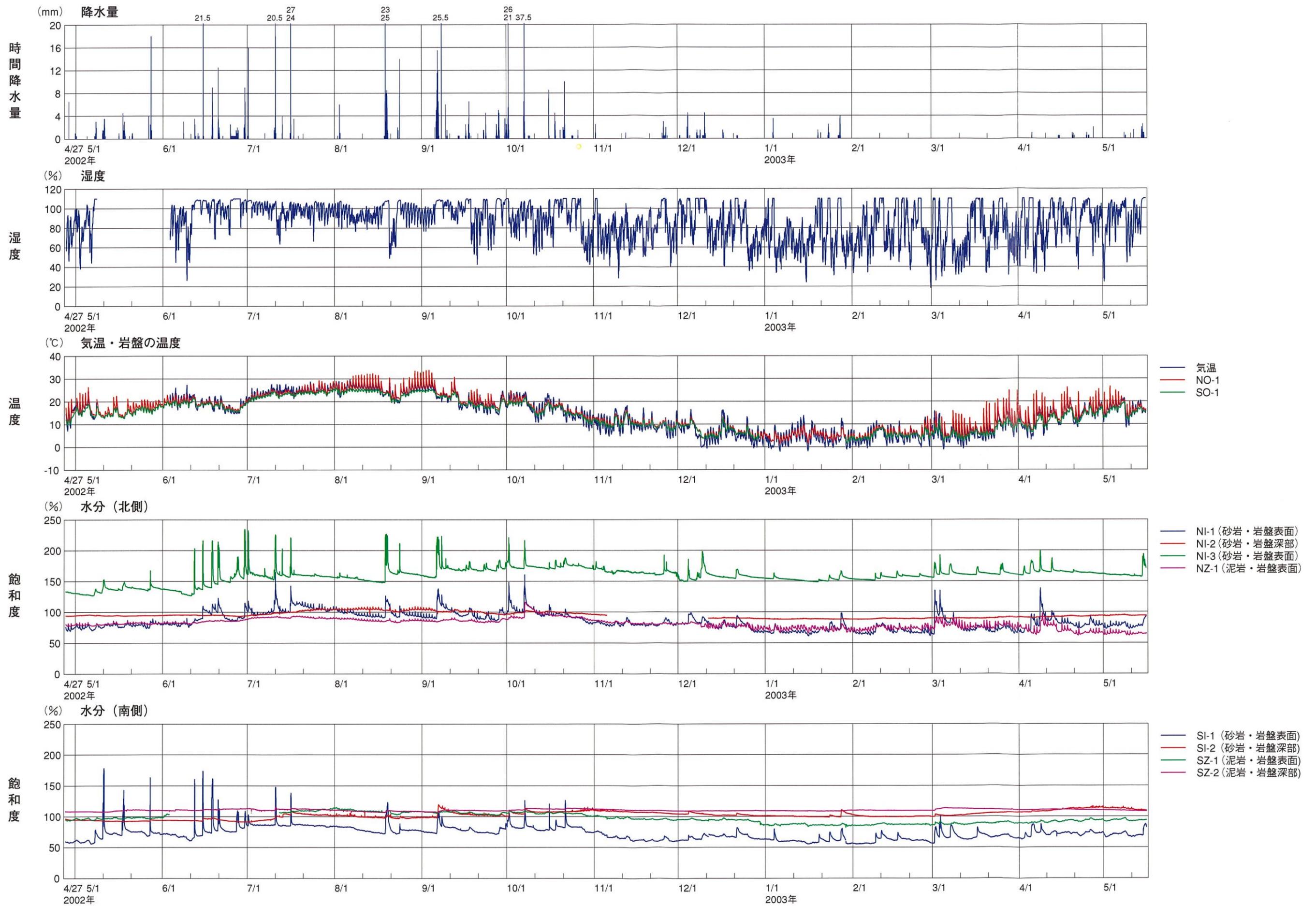


図 4-2-6 環境計測結果

(2) 伸縮計計測結果

伸縮計計測結果のグラフを降水量のグラフとともに図4-2-7に示す。また、2002年5月から12月の間に、逗子市で観測された震度1以上の地震を一覧表として表4-2-4に示す。計測結果は以下の通りである。

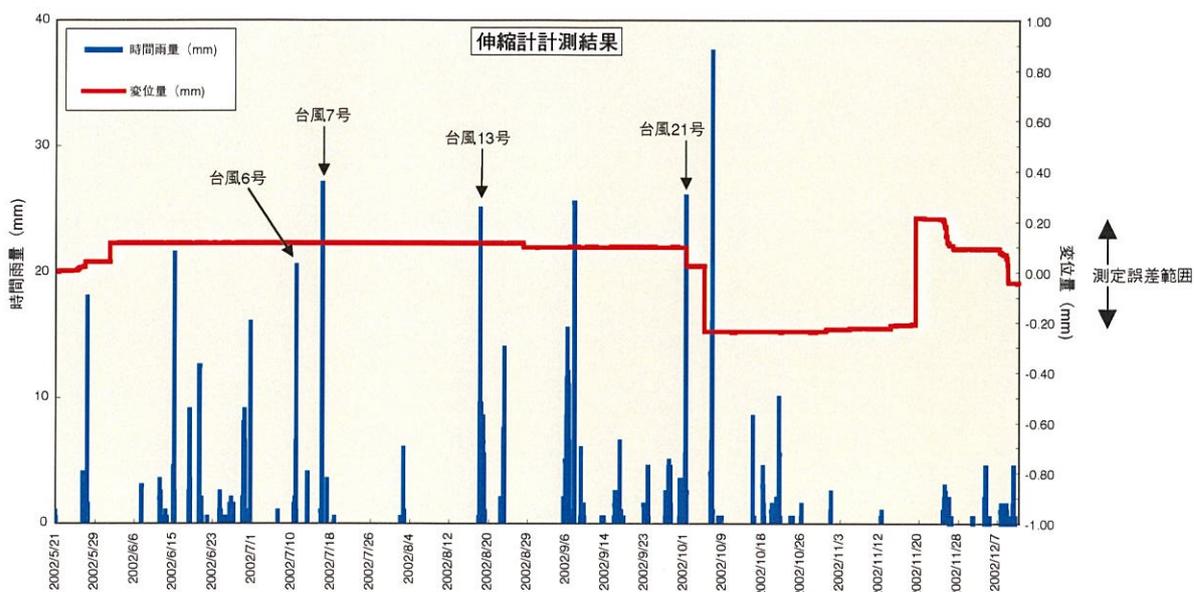


図4-2-7 伸縮計計測結果

表4-2-4 逗子市で観測された震度1以上の地震 (2002年5月~12月)

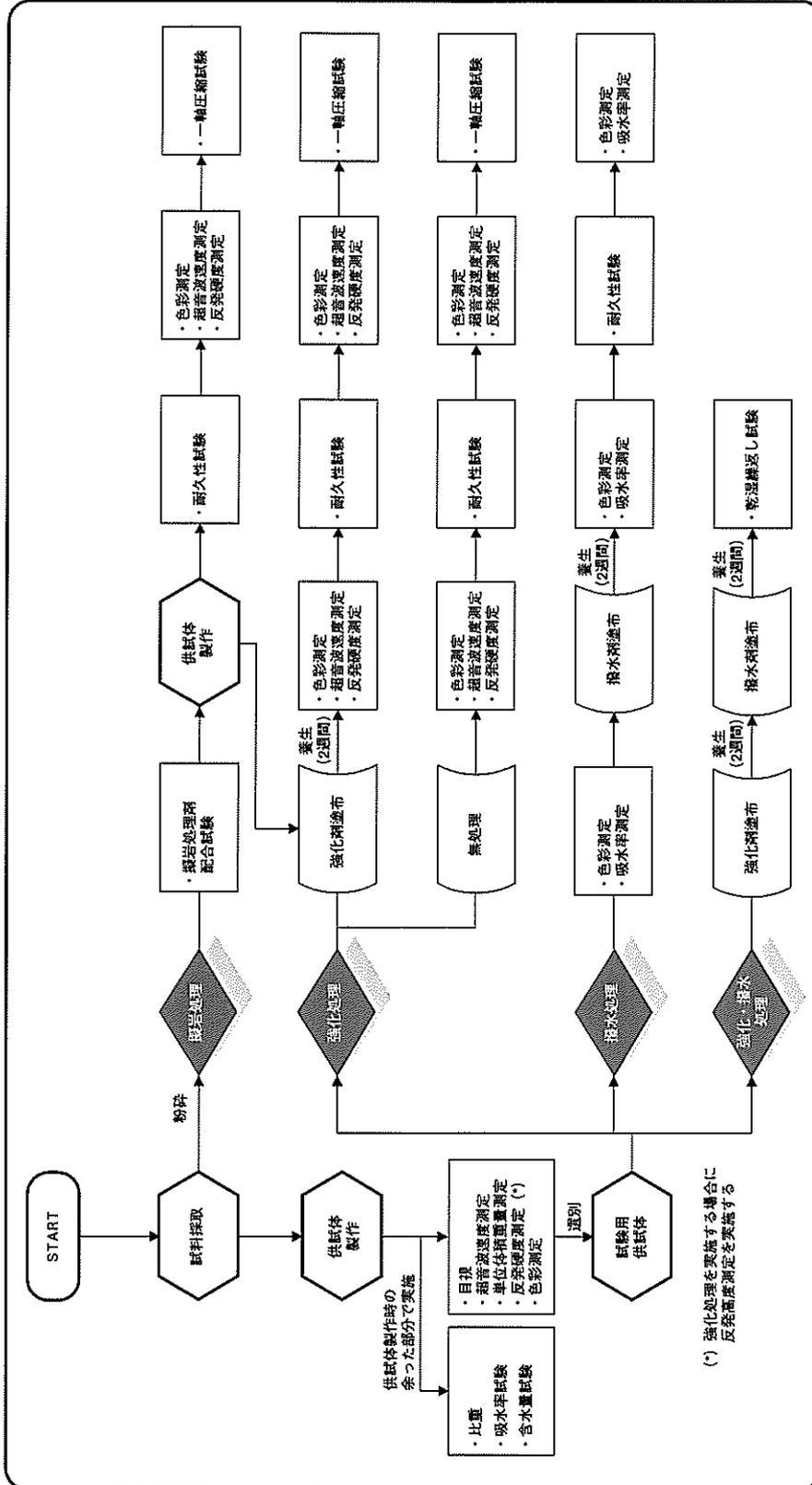
日時	時間	震度	備考
5/19	5:00	1.7	・観測地点は「逗子市桜山」 ・「気象庁 地震火山月報」から抜粋
6/14	11:42	1.2	
6/29	2:19	0.7	
7/13	21:45	1.2	
9/2	3:00	0.7	

伸縮計 計測結果

- ・突発的な変位が認められる (誤差の範囲内)。
 - ・降雨・地震に伴う変位は認められない。
 - ・累積的な変位は認められない。
- 降雨による影響は認められないが、
大きな地震による影響については
今後の継続的な計測が必要。

4-3 薬剤選定試験（強化剤・撥水剤）

図4-3-1に薬剤選定のための室内試験の流れを示す。



4-3-1 強化処理試験（乾燥状態）

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4-3-2に示す。

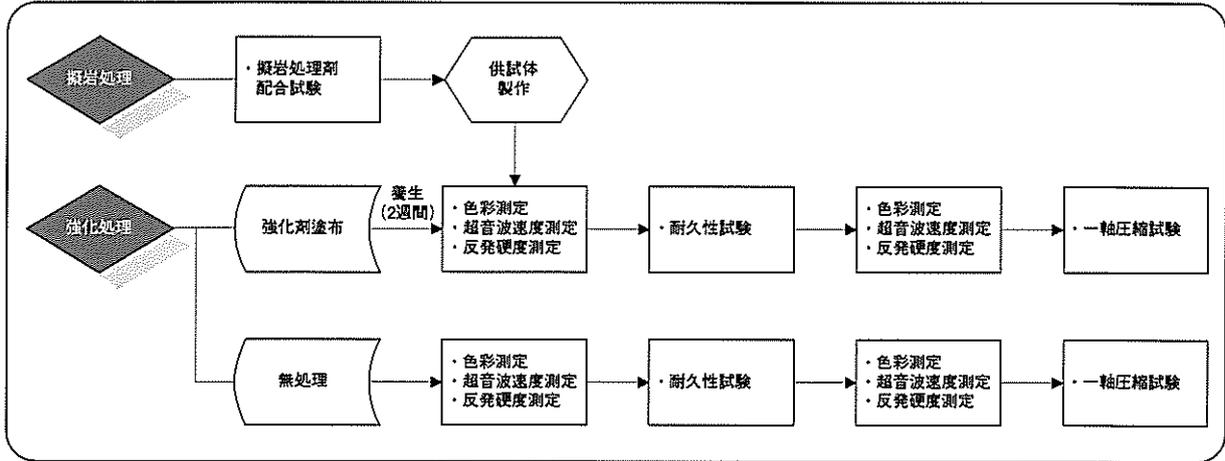


図4-3-2 強化処理試験の流れ

(1) 強化剤の種類

試験に用いる強化剤は、表4-3-1に示す7種類とした。

表4-3-1 強化剤一覧表

強化剤番号	主成分	特徴
A	珪素含有アルコキシド	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	空気中の水分と反応して、珪酸ゲル結晶を生成し、石材の空隙を埋める。吸水・発散を維持する。
C	アルコキシルシリケート + ポリシロキサン	空気中もしくは土層中の水分と反応して珪酸ゲル結晶を生成し、基質強化するとともに、アルコキシ基+シラノール基の反応により撥水性を有する。ゴアテックスのごとく水蒸気は通すが、水ははじく特性を有し且つ撥水効果が期待できる。
D	珪酸エチルエステル	空気、水との反応によりガラス状ゲルを形成。孔隙を閉塞しないため、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	イソシアネート系	表面強化用。ポリウレタンポリマーで、空気中又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。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。湿潤したところでは造膜する性質がある。色の安定性は良い。
F	珪酸質系	空気中の水分と反応する。結合力が高く、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	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。結合力が高く、呼吸性も有する。

(2) 供試体

コアボーリングから得られた供試体（φ50×100mm）と、擬岩で作成した供試体（φ50×100mm）を用いた。コアボーリングから得られた供試体は不均質であるため、同じ地質岩盤状況の試料で、薬剤による強化処理を実施したとしても、強化処理により強度が増加したのか、それとも試料の強度がもともと違ったのか判断することは困難である。そのため、密度・超音波速度・反発硬度を測定して供試体の選別（グループ分け）を行い、物性値の近い供試体を用いて強化処理試験を実施した（図4-3-3参照）。

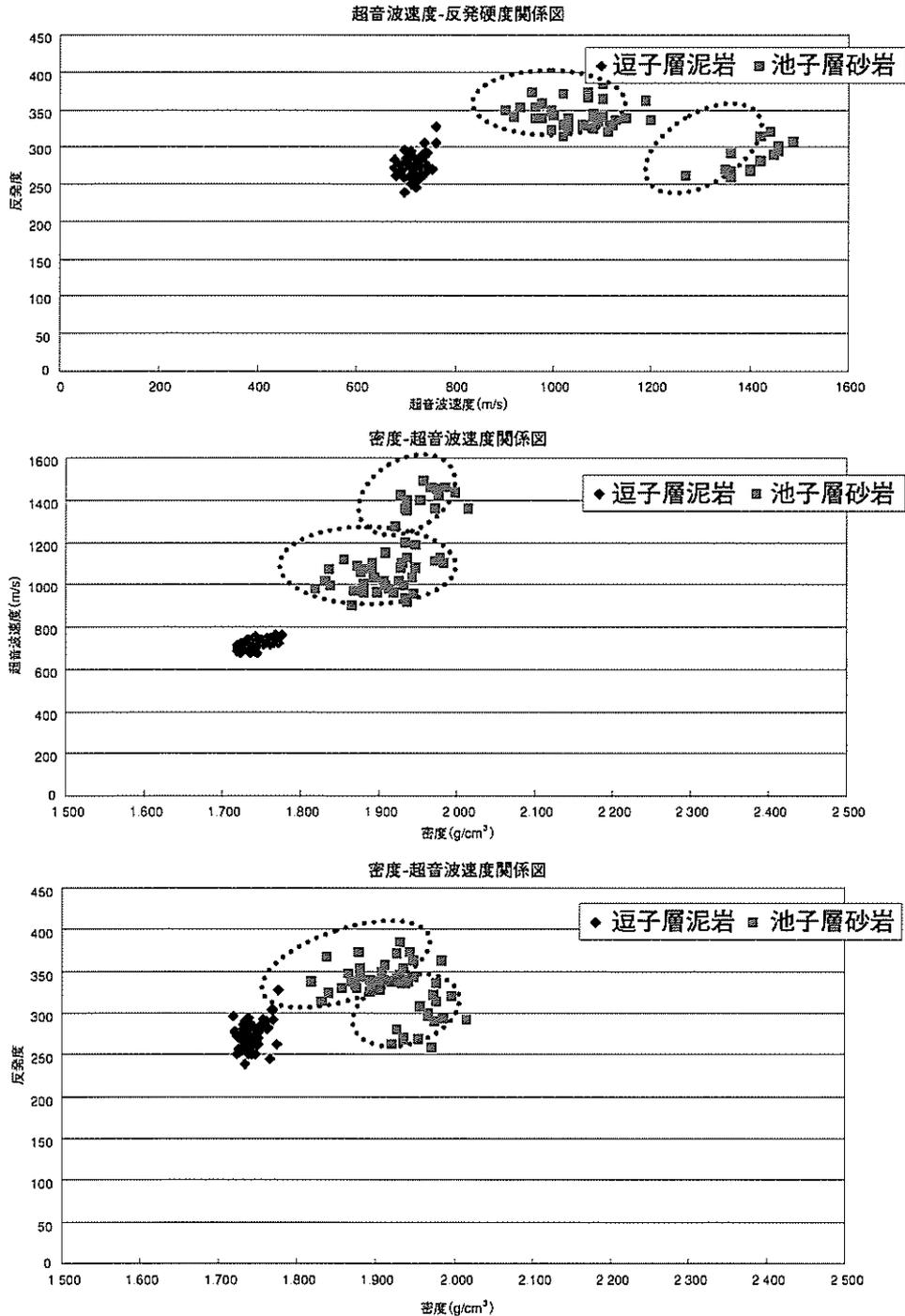


図4-3-3 供試体選別試験結果

(3) 試験方法

1) 薬剤の含浸

薬剤の含浸方法として、図4-3-4に示すように、供試体を薬剤に浸漬する方法（いわゆる「どぶ漬け」）を採用した。供試体は事前に恒量となるまで乾燥し、その後室内で24時間放置したものを薬剤に24時間含浸させた。また、比較のために無処理の試料についても同じ条件で含浸させた。

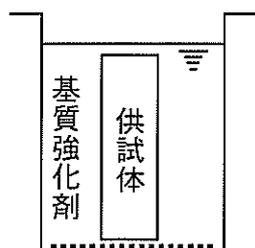


図4-3-4 強化剤の含浸方法（浸漬法）

2) 含浸後の養生

強化剤の種類により効果が発現するまでの期間が異なるため、養生期間は2週間とし、室内気中で養生した。

3) 測定項目

養生後、超音波速度・反発硬度・色彩の測定を行った。また、耐久性試験（温冷繰り返し：50℃水中18時間→0℃気中3時間→50℃気中3時間）の3・5サイクル後に同項目の測定を実施し、強化剤の耐久性を評価した。測定後、最後に一軸圧縮試験を実施した。以下に各測定項目の概要を示す。

<色彩測定>

色彩測定は、色彩色差計を用いて実施した。表色系は、現在最も一般的に用いられているL*a*b*表色系とした。

L*a*b*表色系では明度をL*、色度（色相と彩度）をa*、b*で表す。a*は赤方向、-a*は緑方向、b*は黄方向、-b*は青方向を示す。図4-3-5にL*a*b*表色系の色空間立体イメージを示す。

<反発硬度>

反発硬度はエコーチップを用いて測定した（図4-3-6参照）。

エコーチップの反発度は、ばねの力でインパクトボディーを試験体に打ち付けた時の打撃速度に対する反発速度の比を1000倍した値で示される。インパクトボディーには磁石が内蔵されており、打撃・反発時にインパクトボディーがガイドチューブ外周に取り付けられたコイル中を通過すると、コイル中に誘導電流が励起され、電圧を生じる。この電圧の大小がインパクトボディーがコイル中を通過する速度と比例関係にあることを利用して反発度を算出している。

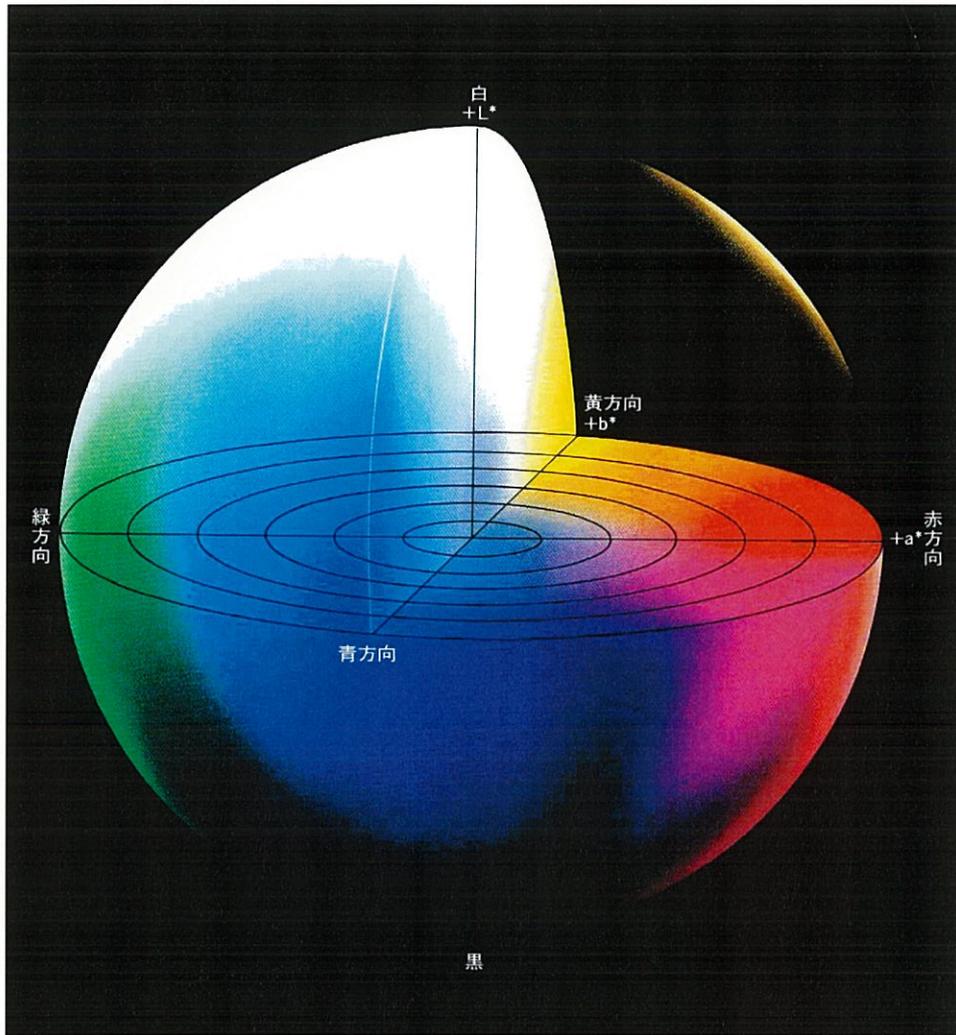


図 4-3-5 L*a*b*表色系の色空間立体イメージ

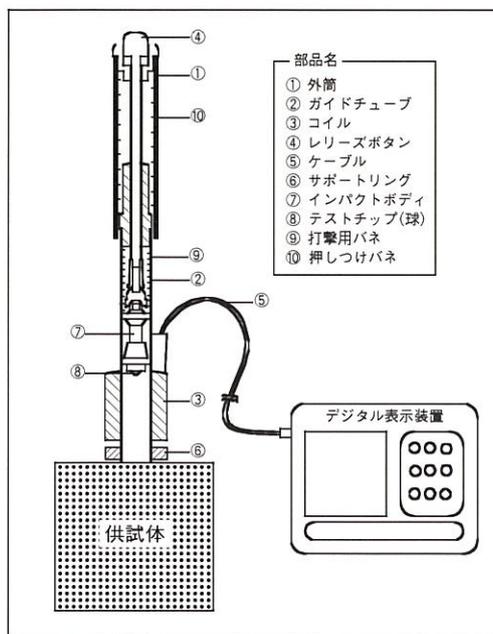


図 4-3-6 エコーチップの概要図

〈超音波速度測定〉

測定は物理探鉱技術協会「岩石試料の速度測定要項」に準拠し、P波用、S波用振動子を備えた透過式超音波速度測定装置を用いて行った。測定手順は次の通りである。

- ①ノギス等を用いて岩石供試体の長さを0.1mm以下まで計測する。
- ②供試体両端面に超音波発振子と受振子を圧着し、測定する（接着圧は0.05 N/mm²以下とする。）
- ③超音波伝播速度は、供試体高さと透過に要した時間より計算で求める。

結果の検討には、含水状況に影響を受けないS波速度を用いた。

〈一軸圧縮試験〉

図4-3-7に一軸圧縮試験概要図を示す。供試体を試験機加圧板の中央に置き、供試体、加圧板、試験機の中心線が一致するように注意し、また加圧板と供試体の端面が一様に接触するように設置する。荷重は滑らかに増加するように加え、供試体が破壊するまでの試験機が示した最大荷重を有効数字3桁まで記録する。

供試体の一軸圧縮強度は、次式を用いて計算し、有効数字3桁で表す。

円柱供試体の場合

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi d^2}$$

ここで、 σ_c ：一軸圧縮強度

P：試験機が示した最大荷重 (N/mm²)

d：円柱供試体の半径 (mm)

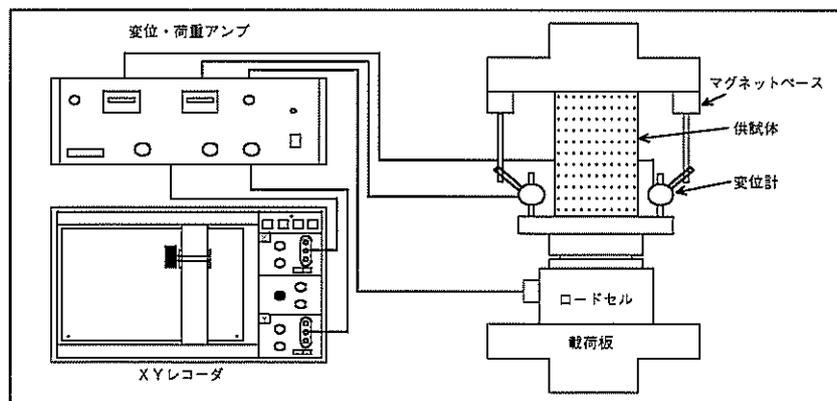


図4-3-7 一軸圧縮試験概要図

(4) 試験結果

強化剤の評価結果を表4-3-2に示す。また、試験結果のデータを章末資料4-7~12に、耐久性試験結果写真を章末資料4-17~25(左)に示す

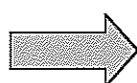
表4-3-2 強化剤評価一覧表

<池子層砂岩>

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	○	×	△	△					△

<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	×	△	○	△					△



強化剤

- ・砂岩・泥岩とも強化剤により強度・耐久性が増加している。
- ・砂岩・泥岩とも強化剤B・C・Dの効果が優れている。

4-3-2 強化処理試験（湿潤状態）

前節では、供試体を完全に乾燥させてから強化剤を含浸したが、現場での施工を考えた場合、岩盤を完全に乾燥させて施工するのは非常に困難であり、現実的ではない。そこで、湿潤状態の供試体を用いて同様の試験を実施し、乾燥状態の結果と比較した。使用薬剤は、乾燥状態で効果の大きかった強化剤B、C、Dを使用した。湿潤状態での強化剤の評価結果を表4-3-3、表4-3-4に示す。また、試験結果のデータを章末資料4-13～14に示す。

表4-3-3 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4-3-4 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	●	●	●		●



湿潤状態での強化処理試験結果

- 池子層砂岩・逗子層泥岩ともは乾燥状態で強化剤を含浸した時の方が一軸圧縮強度が大きい。
- 逗子層泥岩では、反発硬度・超音波速度において湿潤状態の方が優れている結果が得られた。これは、乾燥状態で強化剤を含浸した場合、供試体表面にヘアークラックが発生したためであると考えられる。

4-3-3 撥水処理試験

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撥水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4-3-8に示す。

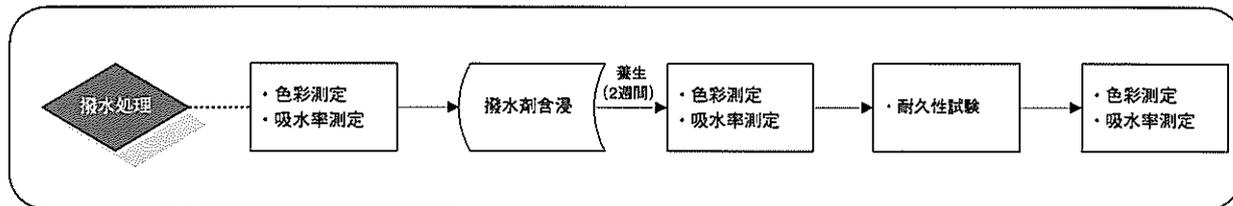


図4-3-8 撥水処理試験の流れ

(1) 撥水剤の種類

試験に用いる撥水剤は、表4-3-5に示す3種類とした。

表4-3-5 撥水剤一覧表

撥水剤 番号	主成分	特 徴
1	アルカリ金属塩と 珪酸化合物	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。
2	シランオリゴマー	空気中の湿分と反応。通気性はあるが保水性はない。5～10年ごとに処理が必要。
3	複合化合物 (珪酸塩他)	空気中の水分と反応。薬疎水層を形成し、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) 供試体

コアポーリングから得られた供試体（φ50×100mm）を用いた。なお、薬剤1種類につき3供試体で試験を実施した。

(3) 試験方法

1) 薬剤の含浸

薬剤の含浸方法は、強化剤同様、図4-3-4に示したように供試体を薬剤に浸漬する方法（いわゆる「どぶ漬け」）を採用した。供試体は、事前に恒量となるまで乾燥し、その後室内で24時間放置したものを薬剤に24時間含浸させた。

2) 含浸後の養生

薬剤の種類により効果が発現するまでの期間が異なるため、養生期間は2週間とし、室内気中で養生した。

3) 測定項目

〈色彩測定〉

色彩測定は、色彩色差計を用いて実施した。測定方法や測定概念は強化剤と同様である。

〈吸水率〉

撥水剤塗布前後、および耐久性試験後に以下の式から吸水率の測定を行った。

$$\text{吸水率 (\%)} = \frac{\text{強制湿潤状態の重量} - \text{乾燥状態}}{\text{乾燥重量}} \times 100$$

通常、吸水率測定は110℃まで加熱して乾燥させるが、本試験では耐久試験の最高温度（50℃）で乾燥させることとした。

〈耐久性試験〉

温冷繰り返し（50℃水中18時間→0℃気中3時間→50℃気中3時間）を5サイクル実施した。

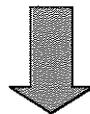
3サイクルと5サイクル終了後に質量変化（吸水率測定）・色彩の測定を実施した。

(4) 試験結果

撥水剤の評価結果を表4-3-6に示す。また、試験結果のデータを章末資料4-15に、試験結果写真を章末資料4-25（右）に示す。

表4-3-6 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	×	○	△	×	○	△



撥水剤

- ・砂岩・泥岩とも撥水剤の含浸により吸水率が低下している。
(撥水効果が認められる)
- ・砂岩・泥岩とも撥水剤2・3の撥水効果が優れている。

4-3-4 強化・撥水処理試験

強化撥水処理を施した際、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4-3-9に示す。

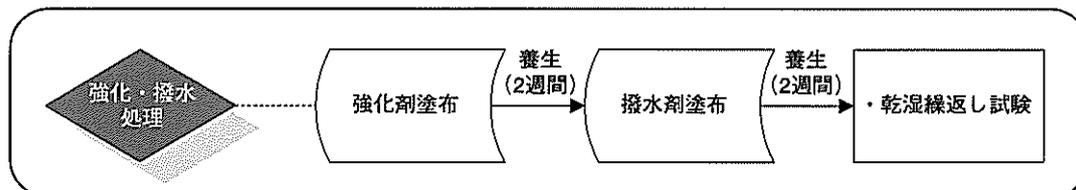


図4-3-9 強化・撥水処理試験の流れ

(1) 使用薬剤

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（B・C・D）と撥水処理試験で効果のあった撥水剤2で実施する。

表4-3-7 強化撥水処理試験使用薬剤一覧表

番号	強化剤	撥水剤
	強化剤番号	撥水剤番号
I	B	2
II	C	
III	D	

(2) 供試体

コアボーリングから得られた供試体（φ50×100mm）を用いた。なお、各強化撥水処理につき2供試体で試験を実施した。

(3) 試験方法

1) 薬剤の含浸

薬剤の含浸方法は、強化剤同様、図4-3-4に示したように供試体を薬剤に浸漬する方法（いわゆる「どぶ漬け」）を採用した。供試体は、事前に恒量となるまで乾燥し、その後室内で24時間放置したものを薬剤に24時間含浸させた。また、比較のために無処理の試料も準備した。

2) 含浸後の養生

薬剤の種類により、効果が発現するまでの期間が異なるため、養生期間は2週間とし、室内気中で養生した。まずは強化剤を含浸させ、2週間養生後に撥水剤を含浸させる手順で実施した。

3) 乾湿繰返し試験

撥水剤の耐久性試験では、0～50℃で温冷を5回繰返したが、供試体に変化は認められなかったため、耐久性の優劣を判定することが困難であった。そこで、条件をより厳しく設定した「乾湿繰返し試験」を実施した。試験方法は、以下に示す道路公団の基準に準拠して実施した。

〈試験方法〉

- ①自然含水状態の岩石試料を容器に入れ、その質量を測定する。
- ②試料を容器ごと水槽につけて24時間放置する。
- ③試料の入った容器を立てて約2分間放置後、下部に溜まった水をろ紙で吸い取り試料の質量を測る。なお、容器内の水を出す時、なるべく水と一緒に土が逃げないように注意する。
- ④試料を110℃の温度で一定（24時間を標準とする）質量になるまで炉乾燥する。
- ⑤乾燥した試料をデシケーターの中で室温になるまでさまし、炉乾燥土と容器の質量を測定する。
- ⑥質量を測定し、試料を容器ごと再び水につけて24時間放置する。
- ⑦以後同じ作業を繰返し10回続ける。また早期に破壊するものについては土砂状になった時点で中止する。10回で破壊しないものについては、破壊するまで試験を継続する。

なお、10回繰返した段階で供試体が破壊しなかったものは、15回まで試験を実施した。

(4) 試験結果

強化・撥水処理の耐久性試験結果を表4-3-8、表4-3-9に示す。また、耐久性試験結果写真を章末資料4-26～36に示す。

表 4-3-8 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	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
II	強化剤C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
III	強化剤D	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

●：変化なし ▲：顕著な亀裂発生 ×：崩壊

無処理、強化・撥水処理とも供試体に亀裂は発生していない。
 → 降雨による含水比の変化を受けやすい性質を有するが自然状態（無処理）でも十分な耐久性を有する。
 岩盤面が良好であれば、強化剤の含浸の緊急性はない。

表 4-3-9 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	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×			
II	強化剤C	▲	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
III	強化剤D	▲	▲	▲	▲	×	×	×	×	×	×	×	× 片状	× 片状	× 片状	× 片状

●：変化なし ▲：顕著な亀裂発生 ×：崩壊

・ 強化・撥水処理を施した方が、無処理と比べて耐久性が増加している。
 ・ I・IIの耐久性が、IIIより優れている。
 → 強化剤、撥水剤の含浸は有効と考える。
 薬剤としては、強化剤は珪酸エステル系、
 撥水剤はシランオリゴマー系が有効である。

4-4 浸透性確認試験

強化剤の浸透性を定量的に把握し、施工に役立つデータを得るために、室内および現地にて浸透性確認試験を実施した。

4-4-1 予備試験（浸漬状態での浸透性）

含浸方法による浸透性確認試験を実施する前に、予備試験として浸漬状態での浸透性を確認した。

(1) 反発硬度による確認

風乾させた供試体を強化剤Bに24時間浸漬し、2週間養生後、以下のように反発硬度を測定した（図4-4-1参照）。

長軸方向：含浸前・含浸後（外側）・含浸後（内側） → 3測線
 短軸方向 → 1測線

試験結果を図4-4-2、図4-4-3に示す。砂岩・泥岩とも含浸後（外側）の反発度が大きくなっており、含浸後（内側）は含浸前と同程度である。このことから、強化剤は外側には浸透しているが、供試体内部まで浸透していないことが推測できる。また、短軸方向は不明瞭ではあるが、中心部付近で反発度が小さくなっており、内部まで強化剤が浸透していないことが推測できる。

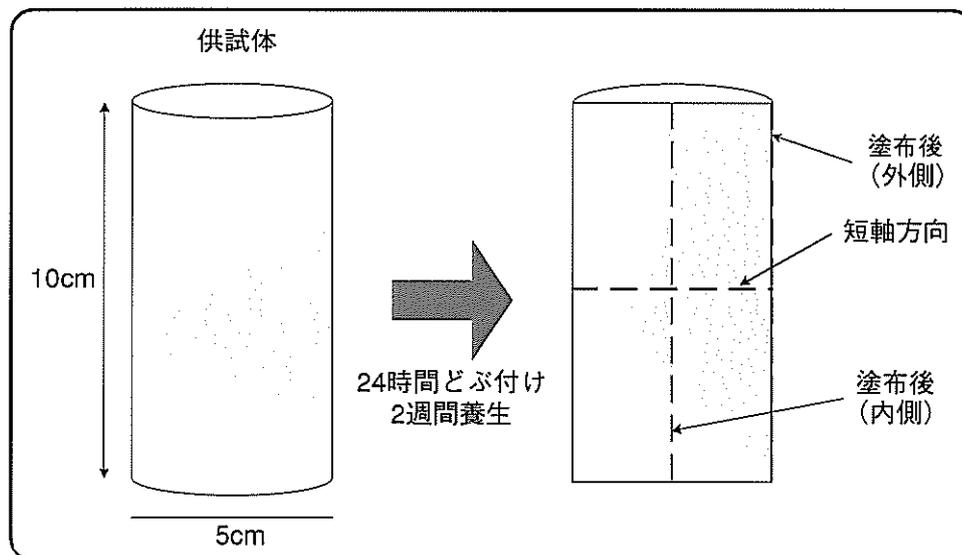


図4-4-1 反発硬度による浸透性確認試験概念図

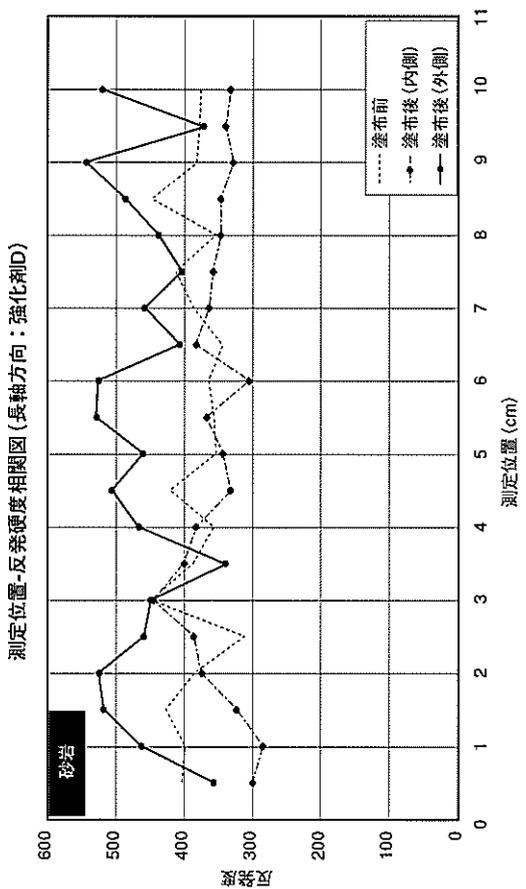
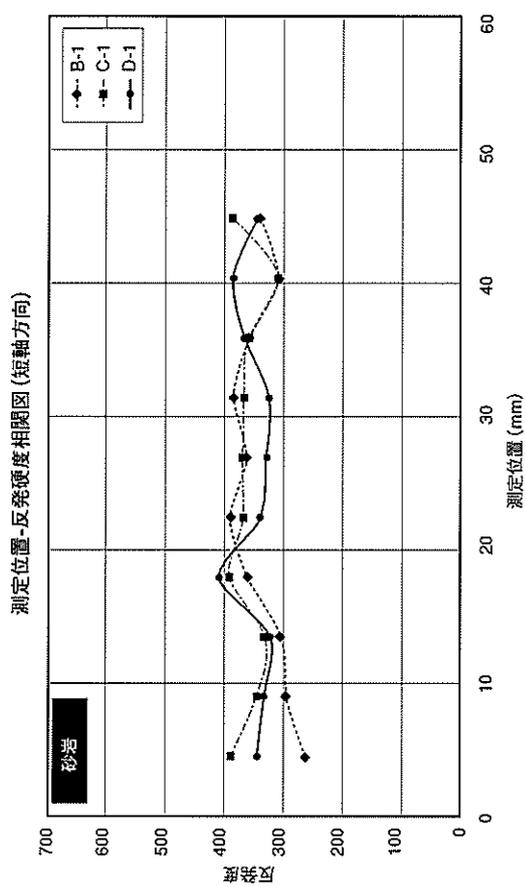
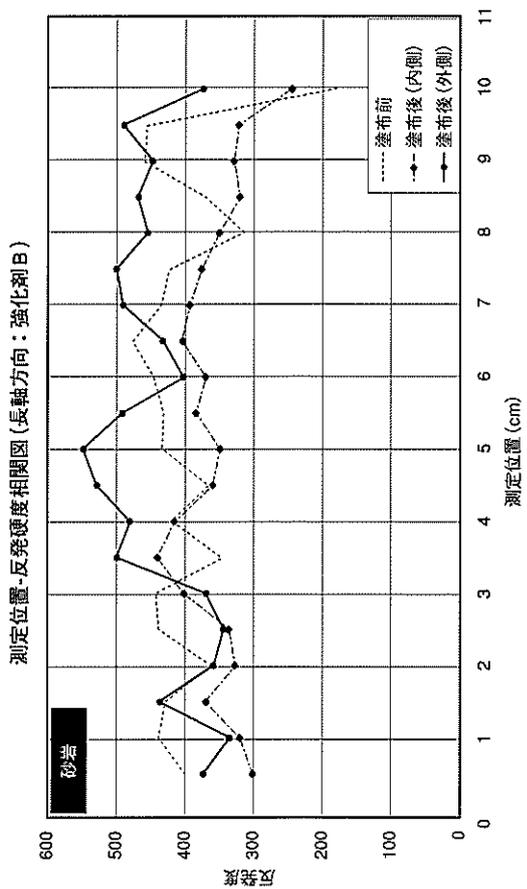
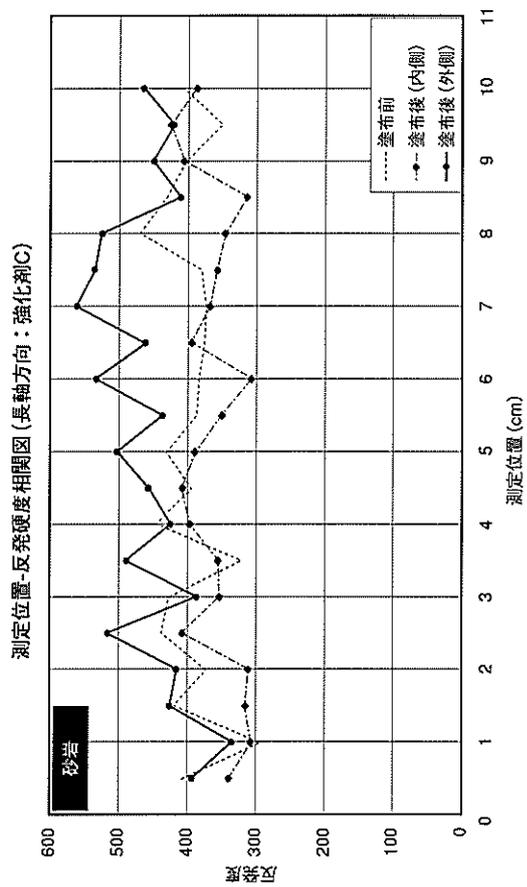


图 4-4-2 反発硬度試驗結果 (池子層砂岩)

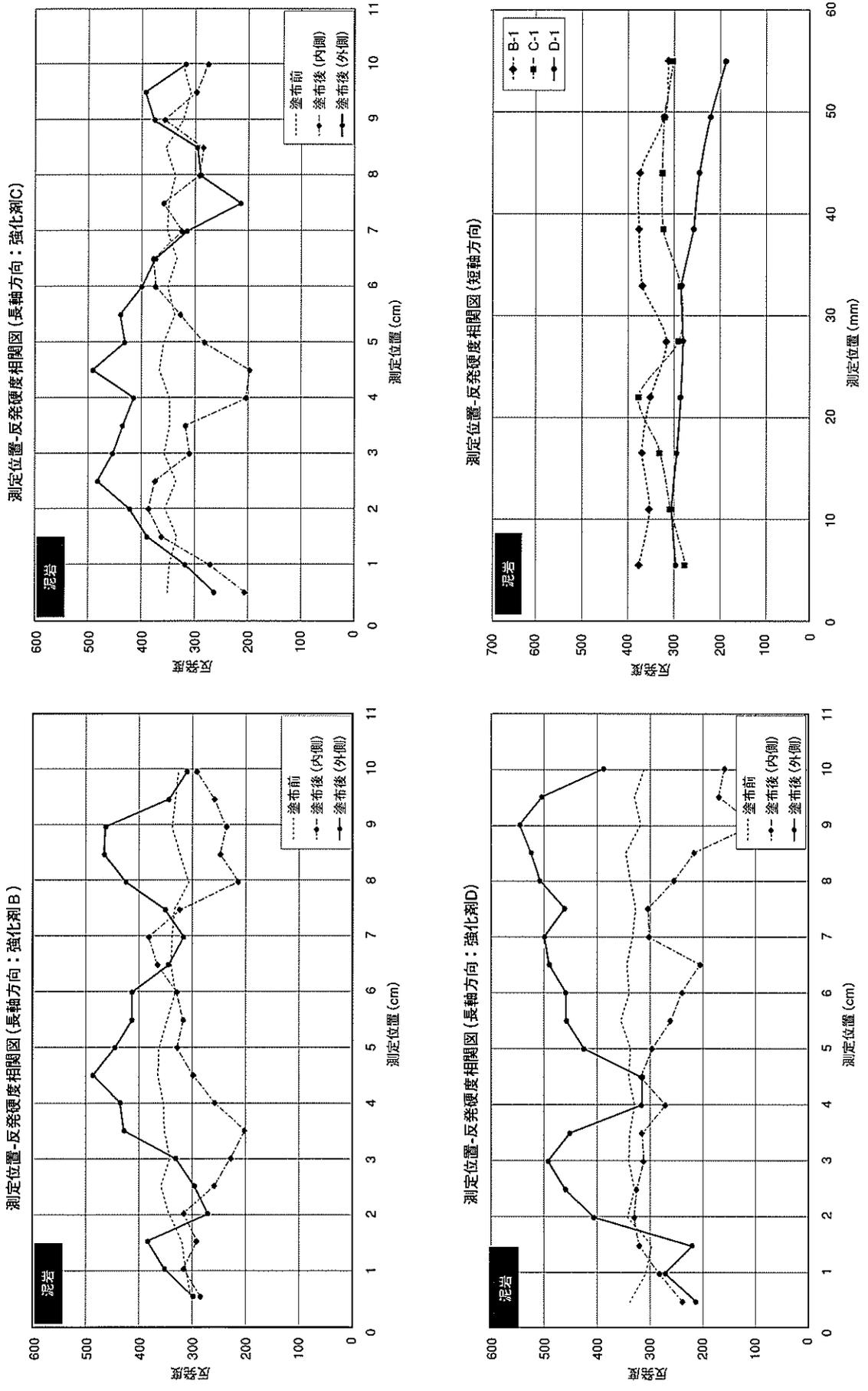


図 4-4-3 反発硬度試験結果 (還元層泥岩)

(2) 目視による確認

風乾させた逗子層泥岩の供試体を強化剤Bに24時間浸漬した後、直ちに半割りにして目視観察を行った。図4-4-4に示す写真のように、外側は約1cmの幅で濡れ色を呈するが、内部は乾燥色を呈する。このように、泥岩における24時間浸漬では、内部まで強化剤は浸透していないことが判明した。



図4-4-4 目視による確認写真

4-4-2 室内試験

(1) 使用薬剤

強化剤の選定試験により良好な結果が得られた強化剤B、C、Dのうち、今回は強化剤Bを用いた。

(2) 供試体

試験は、切通部分に存在する池子層砂岩および逗子層泥岩について行った。池子層砂岩は、指定地内のまんだら堂やぐら群敷地内に散布していた岩石を用いた。逗子層泥岩は、指定地内の誠行社斎場前の斜面から採取した岩石を用いた。

試験には、これらの岩石を基本的に11cm×11cm×10cmの大きさに整形した供試体を用いた。

(3) 試験方法

供試体は含浸させる面のみ岩を露出させ、側面及び背面はパラフィンで密封した。強化剤の含浸方法は点滴法、洗瓶法、注射法の3通りとした。以下に各方法について示す。

1) 点滴法

①方法

単位時間当たりに岩盤にしみこむ量だけを点滴方式で投与し、余剰分が岩盤が流れ落ちないように配慮した含浸方法（図4-4-5参照）。点滴装置は医療用に使われている一般的なものを使用した。溶剤シートにはキムタオル4つ折を使用した。

含浸面にキムタオルをあて、空気に触れて薬剤がゲル化するのを防ぐために、ラップで密封した後、さらに厚手のビニルシートで密封した。供試体の上部に点滴装置をビニルシートの上から差し込み、キムタオルに強化剤が染み出すようにした（図4-4-6参照）。点滴から供給する強化剤の量は、溶剤シートが乾燥せず、かつできるだけ液洩れしない量になるよう適宜調整した。

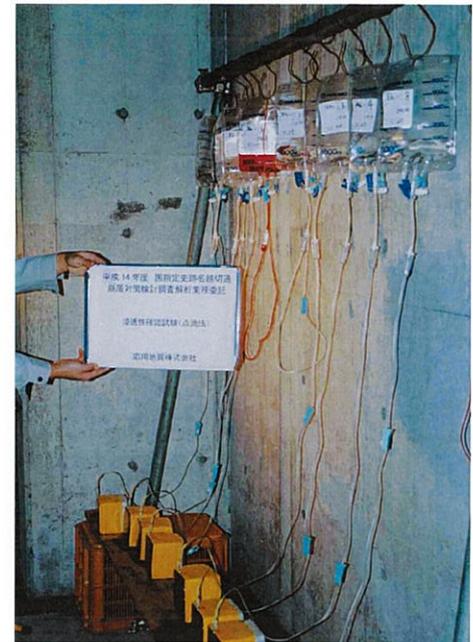


図4-4-5 点滴法実施状況

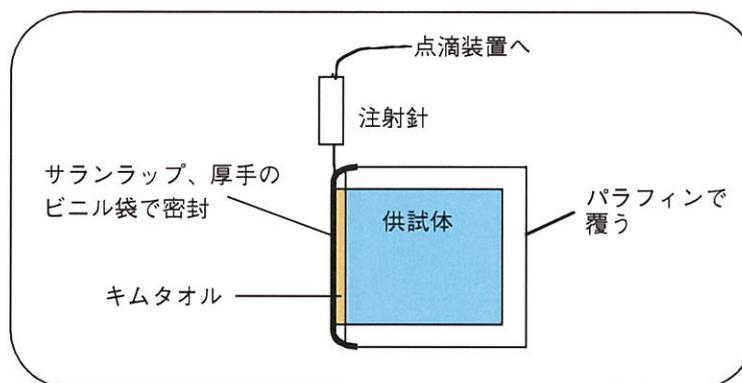


図4-4-6 点滴法供試体模式図

②含浸時間

- | | |
|----------------|------------------------|
| ・ 強制乾燥試料 | 3時間、8時間、12時間、24時間、48時間 |
| ・ 自然状態試料 | 8時間 |
| ・ 1時間ドライヤー乾燥試料 | 8時間 |

2) 洗瓶法

①方法

洗瓶を用いて強化剤を必要な所定量を人の手でコントロールしながら投与し、能率よく、効果的に含浸させる方法。洗瓶は一般的に市販されているものを用いた。含浸面の浸透状況を確認しながら、強化剤ができるだけ液垂れしないように含浸させた(図4-4-7参照)。



図4-4-7 洗瓶法実施状況

②含浸時間

- ・ 強制乾燥試料 3時間、8時間、12時間

3) 注射法

①方法

供試体に穴を開け、注射針を刺し込み含浸させる方法。今回は、点滴の針を供試体に差し込み、点滴装置を用いて強化剤を含浸させた。

②含浸時間

- ・ 強制乾燥試料 3時間

試料No.と試験条件の対応表を表4-4-1に示す。

表4-4-1 室内試験条件一覧

試料No.	含浸方法	供試体の状態	含浸時間(時間 h)
1	点滴法	強制乾燥	3
2			8
3			12
4			24
5			48
6		自然状態	8
7		1時間ドライヤー乾燥	8
8	洗瓶法	強制乾燥	3
9			8
10			12
11	注射法	強制乾燥	3

※試料 No.5、No.13 は逗子層泥岩のみ実施

4) 浸透性の確認方法

薬剤含浸直後に、供試体を半割りして目視により浸透深さ (cm) を計測した。また、薬剤含浸前後の供試体の重量を計量し、供試体への浸透量およびロス量を算出した。

(4) 試験結果

1) 浸透深さ

浸透深さは、含浸後に半割りにした試料の上面から 1 cm ごとに計測し、その平均値を求めた。ただし、供試体とパラフィンとの間に薬剤が溜まると、垂直面からではなく上下面から含浸してしまう傾向が見られた。そのため、このような傾向が見られた試料については、影響を受けたと考えられる値は除いて平均値を求めた。

試験の結果、逗子層泥岩よりも池子層砂岩の方が浸透性がよいという結果が得られ、浸透深さは池子層砂岩で最大 2 ~ 3 cm、逗子層泥岩で最大 1 cm 程度であった。含浸方法と浸透深さの関係で見ると、池子層砂岩では点滴法の方が洗瓶法よりも深くまで浸透する傾向が見られた。一方逗子層泥岩では、点滴法の方が洗瓶法よりも若干深くまで浸透する傾向が見られたが、池子層砂岩ほどの違いはなかった。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。

2) 吸収率

吸収率は、含浸前後の供試体および薬剤の重量を計測し、算出した。

$$\text{吸収率 (\%)} = \text{供試体吸収量 (g)} / \text{使用薬剤重量 (g)} \times 100$$

試験の結果、逗子層泥岩よりも池子層砂岩の方が吸収率がややよい傾向が見られた。含浸方法と吸収率の関係で見ると、池子層砂岩、逗子層泥岩とも点滴法の方が洗瓶法よりも吸収率が高く (ロスが少なく)、池子層砂岩では点滴法が 70 ~ 80 % であるのに対し洗瓶法は 50 % 以下、逗子層泥岩では点滴法が 50 ~ 65 % であるのに対し洗瓶法は 20 ~ 30 % であった。また洗瓶法では、含浸時間を長くするほど吸収率が低くなる (ロスが多くなる) 傾向が見られた。

室内試験の結果を表 4 - 4 - 2 に、浸透深さ、吸収率についてグラフにまとめて図 4 - 4 - 8、図 4 - 4 - 9 に示す。また、各試料の浸透状況写真を章末資料 4 - 3 7 ~ 3 8 に示す。

表 4-4-2 室内試験結果

<池子層砂岩>

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	点滴法							洗瓶法			注射法
	(乾燥状態)					(自然状態)	(ドライヤー)	(乾燥状態)			(乾燥状態)
	3時間	8時間	12時間	24時間	48時間	8時間	8時間	3時間	8時間	12時間	3時間
平均浸透厚(cm)	0.9	1.3	1.4	2.1	—			2.6	0.7	2.3	—
使用薬剤重量(g)	102.04	79.02	110.06	111.1	—	64.86	98.99	200.0	680.0	980.0	—
供試体吸収量(g)	83.2	56.78	83.59	81.72	—	9.89	15.65	90.43	35.86	203.2	—
吸収率(%)	82	72	76	74	—	15	16	45	5.3	21	—

<逗子層泥岩>

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	点滴法							洗瓶法			注射法
	(乾燥状態)					(自然状態)	(ドライヤー)	(乾燥状態)			(乾燥状態)
	3時間	8時間	12時間	24時間	48時間	8時間	8時間	3時間	8時間	12時間	3時間
平均浸透厚(cm)	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	0.8	0.7	1.0	1.2	1.1	0.5
使用薬剤重量(g)	96.35	97.62	193.23	267.9	—	45.99	63.09	270.0	510.0	780.0	—
供試体吸収量(g)	46.24	62.89	106.91	148.35	—	26.11	27.71	80.69	140.25	153.1	—
吸収率(%)	48	64	55	55	—	57	44	30	28	20	—

〈池子層砂岩〉

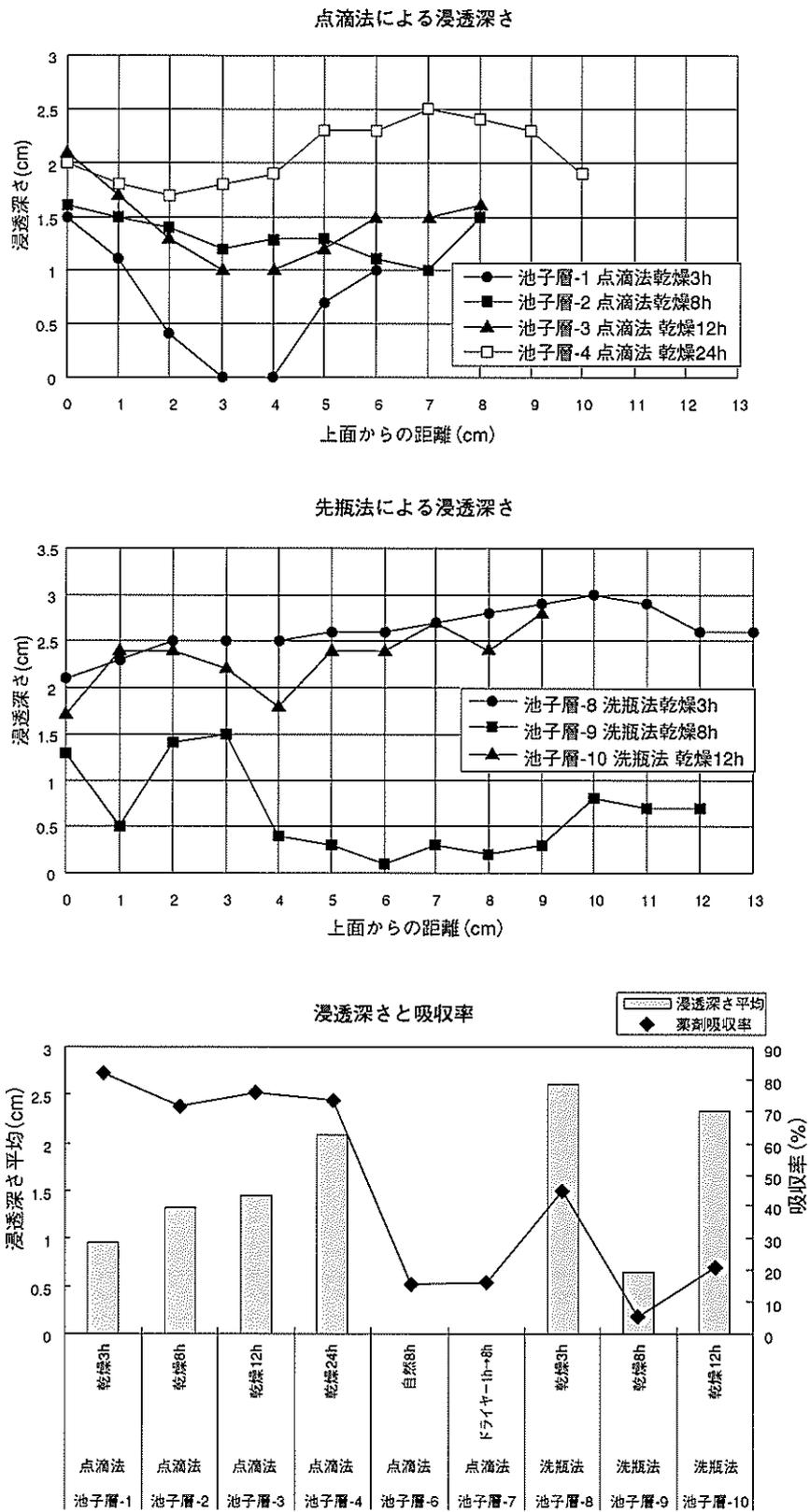


図 4-4-8 室内における浸透性確認試験結果 (池子層砂岩)

〈逗子層泥岩〉

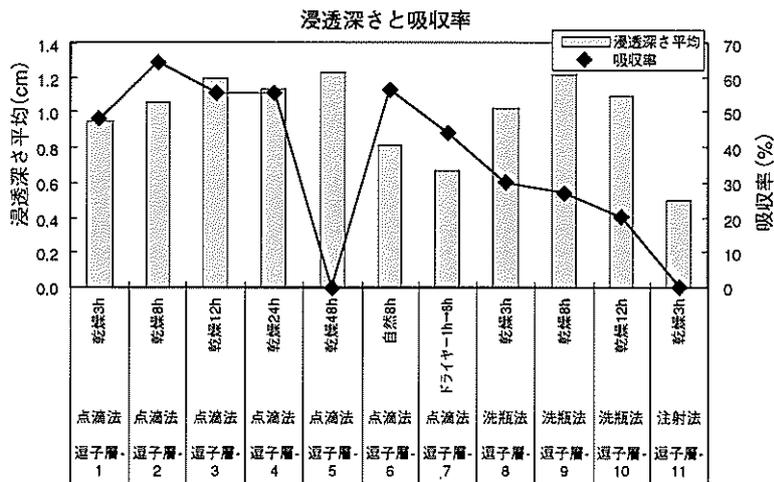
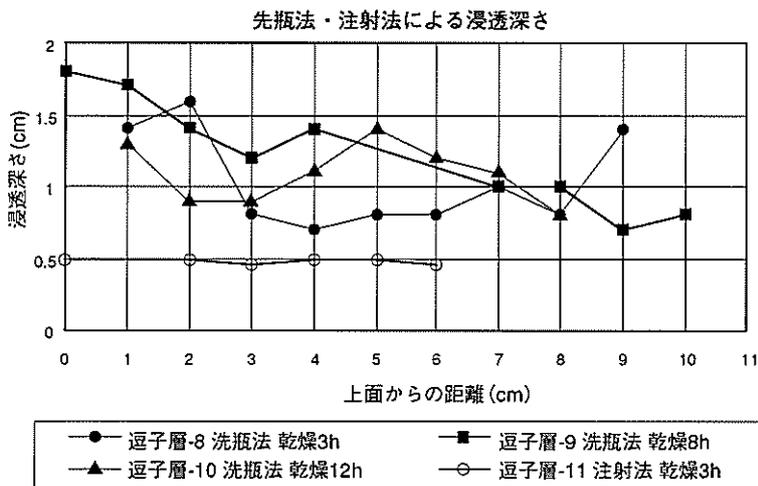
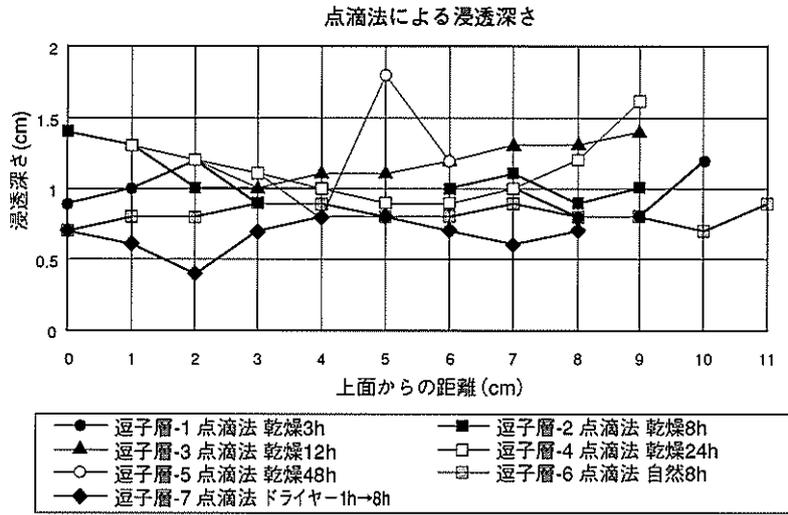


図4-4-9 室内における浸透性確認試験結果 (逗子層泥岩)

4-4-3 現地試験

室内試験の結果を踏まえ、現地における強化剤の浸透性を定量的に把握し、施工に役立つデータを入手することを目的とする。また、来年度の第一期工事における施工性を踏まえ、現地における作業性などについても検討する。

(1) 使用薬剤

室内試験同様、強化剤Bを用いた。

(2) 実施場所

試験は史跡指定地内（誠行斎場横）の崩落斜面で逗子層泥岩を対象に実施した（図4-4-10参照）。

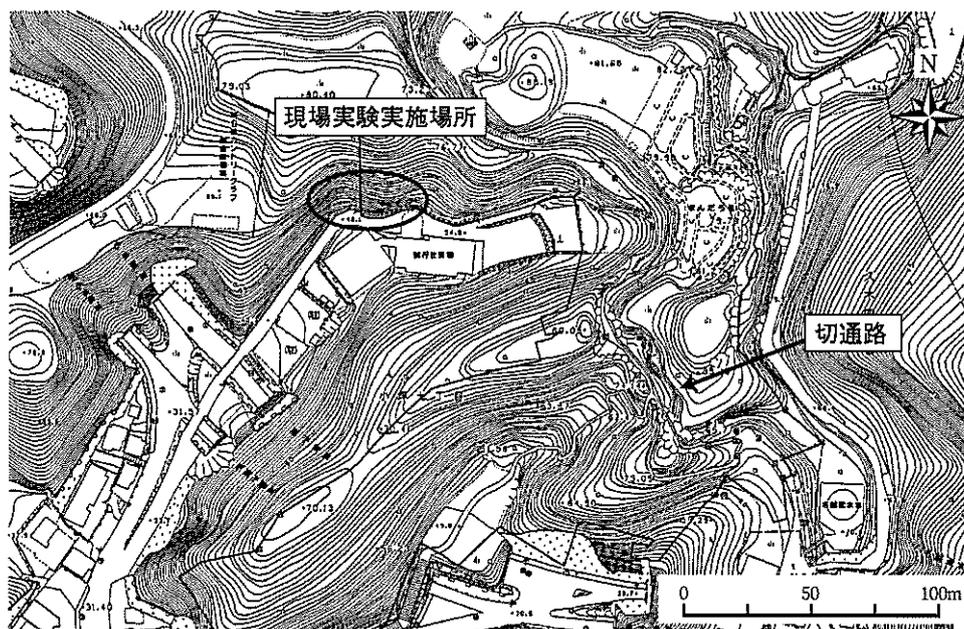


図4-4-10 現地試験実施位置図

(3) 実施期間 平成14年12月18日～21日

(4) 試験方法

強化剤の含浸方法は点滴法、洗瓶法の2通りで実施した。また、岩盤が自然状態のまま含浸させる場合とドライヤー（表面までの距離は約10cm）で1時間乾燥させた後含浸させる場合とを比較した。

1) 点滴法

①方法

点滴装置と溶剤シート（キムタオル）を用いて強化剤を含浸させる。溶剤シートは、空気に触れて薬剤がゲル化するのを防ぐためにラップで密封したのち、岩盤壁面に粘着テープで貼り付け、壁面に密着するよう上からパテ（紙粘土）をあてさらにその上から板をあてて釘で押さえた（図4-4-1 1参照）。点滴から供給する強化剤の量は、溶剤シートが乾燥せず、かつできるだけ液洩れしない量になるよう適宜調整した。

②含浸時間

- ・ 自然状態 3時間、24時間、48時間
- ・ 1時間ドライヤー乾燥 3時間、24時間、72時間

2) 洗瓶法

①方法

洗瓶を用いて強化剤を含浸させる。薬剤は含浸面の状況を見ながら随時含浸させた（図4-4-1 2参照）。

②含浸時間

- ・ 自然状態 5時間、24時間（夜間は停止）

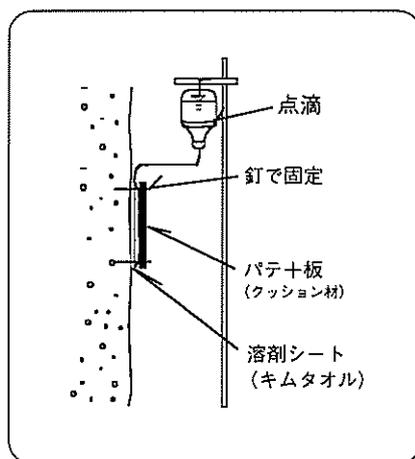


図4-4-1 1 点滴法模式図

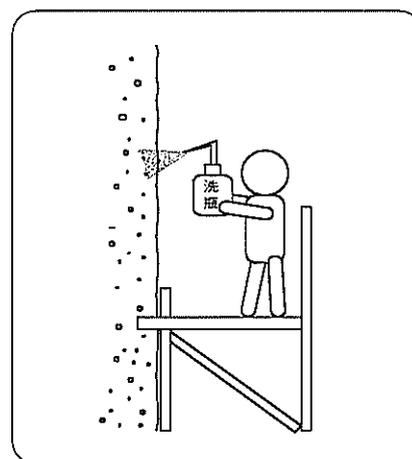


図4-4-1 2 洗瓶法模式図

3) 浸透性の確認方法

薬剤含浸後に含浸面（岩盤面）を直接ノミまたはグラインダーで剥ぎ取り、目視により浸透深さを計測した。また点滴法については、薬剤含浸前後の薬剤の重量を計量し、供試体への含浸量およびロス量を算出した。

試料No.と試験条件の対応表を表4-4-3に示す。

表4-4-3 現地試験条件一覧

試料 No.	含浸方法	薬剤	供試体の状態	試験時間 (時間)
1	点滴法	強化剤B	自然状態	3
2				24
3				48
4			1時間ドライヤー乾燥	3
5				24
6				72
7	洗瓶法		自然状態	3
8				5
9				24

(5) 試験結果

1) 浸透深さ

浸透深さは、各試料について目視で確認できた2～3個の岩片の浸透深さから求めた。また、平均値は現地で確認した際の感覚値である。

点滴法実験の結果、自然状態よりもドライヤーで乾燥させたほうが浸透性がよいことがわかった。浸透深さは10mm程度で、室内試験結果を裏付ける結果となった。また、点滴法と洗瓶法で浸透深さはそれほど変わらなかった。

2) 浸透率

浸透率は、点滴法の実験実施前後で点滴装置および溶剤シートの重量を測定し、算出した。

実験の結果、含浸時間を長くするほど浸透率が低くなる（ロスが大きい）傾向が見られた。浸透率が低くなる理由は、壁面の凸凹に対して密着性に限界があり、液漏れが多くなる傾向があるためである。また含浸時間が24時間以内であれば、自然状態の方がドライヤー乾燥よりも浸透率がよい結果となった。

3) 室内実験結果との比較

現地試験による浸透深さの平均は最大10mm程度で、室内試験と変わらない結果が得られた。ただし、含浸時間に対する浸透深さで比較すると、10mm浸透するまでにかかる時間が室内試験よりも長くなっており、現地の方が浸透性が悪いという結果になった。

また、点滴法において浸透率を把握した結果、室内試験では60~70%であった浸透率が、現地試験では最大50%であった。しかも、室内試験では含浸時間を長くしても浸透率はそれほど変わらなかったが、現地試験では含浸時間を長くするほどロス率が高くなった。

ドライヤー乾燥は、室内試験ではそれほど効果が確認できなかったが、現地試験では短時間でより深く浸透させることができ、有効であった。

現地試験の結果を表4-4-4に示す。また、浸透深さ、吸収率についてグラフにまとめて図4-4-13に示す。現地試験の実施状況および各試料の浸透状況を図4-4-14に示す。

表4-4-4 現地試験結果

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	点滴法						洗瓶法		
	(自然状態)			(ドライヤー1時間乾燥)			(自然状態)		
	3時間	24時間	48時間	3時間	24時間	72時間	3時間	5時間	24時間
浸透厚(mm)	2~5	5~10	8~12	7~9	8~11	9~12	2~3	5~8	10~12
平均厚(mm)	3	8	9	7	10	11	2	7	10
使用薬液重量(g)	12	75	177	46	182	212	—	—	—
見かけ浸透重量(g)	6	16	18	14	20	22	—	—	—
浸透率(%)	50	21	10	30	11	10	—	—	—

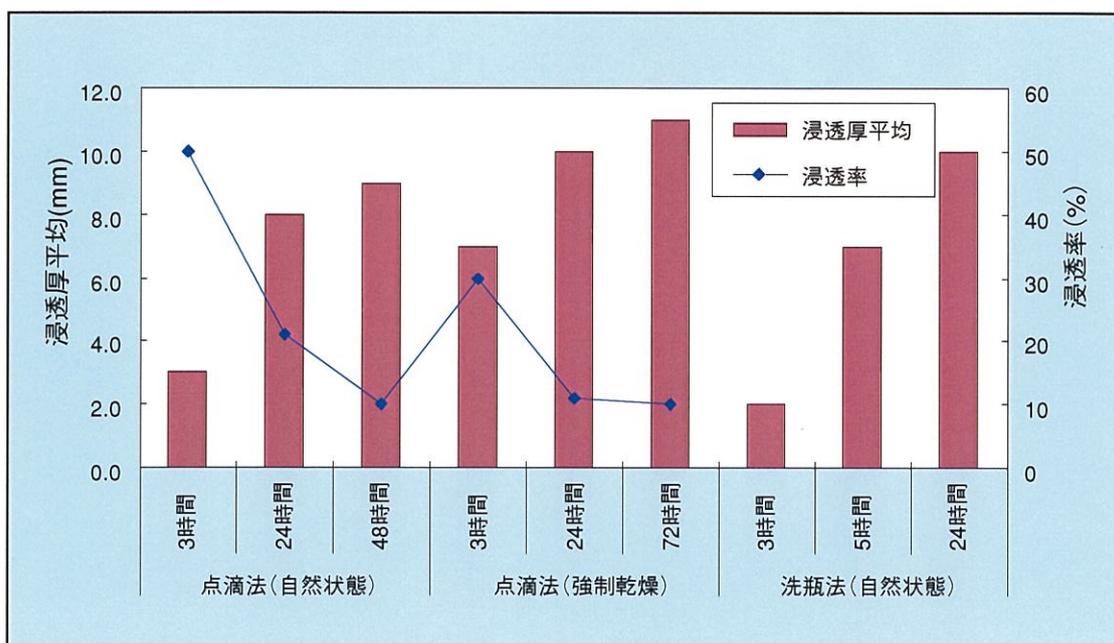


図4-4-13 現地試験結果



現地試験実施状況



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。

点滴法含浸部分



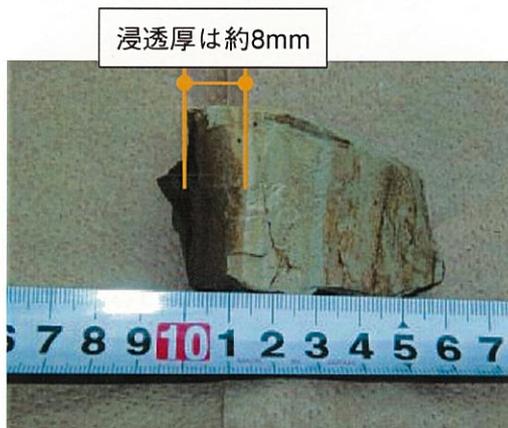
実験前の岩盤状況(逗子層泥岩)



洗瓶法含浸状況



点滴法の実施状況



浸透厚は約8mm

浸透状況(自然状態 24時間)



浸透厚は約10mm

浸透状況(強制乾燥 24時間)

図 4 - 4 - 1 4 現地試験実施状況写真

4-5 まとめと考察

4-5-1 平成14年度事業のまとめ

(1) 環境計測

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るが、一方の逗子層泥岩では日照による影響を受けている。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、降雨の影響が大きい。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い。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い。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る。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い。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こしやすいため、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、今後の継続的なモニタリングが必要である。

(2) 薬剤の選定

逗子層泥岩、池子層砂岩とも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に大きな違いはなく、未処理（自然状態）のままでも現状、安定した状態であることがわかった。

このことから、強化撥水処理については、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処理が有効と言える。

- ・今回使用した数種の強化剤及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。但し、これらはそれぞれに長短を有しており、複数の効果を期待できるものや限定的な特性など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（アルキルポリシケート+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（シランオリゴマー系）、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。
- ・この結果から、逗子層泥岩は基質強化により強度の増加が、撥水処理によりスレーキングの抑制が期待できるものと考えられる。

(3) 薬剤の浸透性

強化剤の浸透性から、池子層砂岩・逗子層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、逗子層泥岩よりも池子層砂岩の方が浸透性がよいという結果が得られ、浸透深さは池子層砂岩で最大2～3 cm、逗子層泥岩で最大1 cm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、池子層砂岩、逗子層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、池子層砂岩の方が逗子層泥岩よりもよかった。
- ・現地試験では、逗子層泥岩で1 cm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、1 cm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、イ) 薬剤塗布（含浸）は乾燥時期（冬期など）が良い。
ロ) 含浸厚には限界があり、ロスも考えると含浸厚は1 cm程度を管理目標にすることが良いものと考えられる。

(4) 曝露試験の結果と評価

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、現地に近いまんだら堂内の平場で曝露試験を実施した。

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（アルキルポリシケート+ポリシロキザン系）、D（珪酸エチルエステル系）および撥水剤2（シランオリゴマー系）を含浸させた供試体である。どの条件も池子層砂岩、逗子層泥岩それぞれ1試料を半割りにして曝露させた。また、室内で浸透性確認試験を実施したうち、点滴で12時間含浸させた供試体も曝露した（薬剤は強化剤Bを使用）。本条件も池子層、逗子層それぞれ1試料を半割りにして曝露させた。

曝露試験の評価は、曝露を開始した2003年1月から約1年後の2003年12月に行った。

2) 試験結果と考察

まんだら堂（現地：神奈川県逗子市）における曝露試験開始時の写真と1年後の写真を図4-5-1および図4-5-2に示す。

池子層砂岩は、どの薬剤を含浸させた試料も1年後もほとんど変化は見られなかった。このことから、池子層が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ものと考えられる。

一方、逗子層泥岩は、強化剤B、Dを含浸させた試料は1年後には亀裂が生じ細かく崩れてしまったが、強化剤Cおよび撥水剤2を含浸させた試料は1年後もほとんど変化が見られなかった。撥水効果も持っている強化剤Cと撥水剤2の結果が良好であったことから、逗子層泥岩の保存対策には撥水処理が有効であると考えられる。

3) 評価

池子層砂岩は岩盤そのものの強度は高く、含浸させた強化剤や撥水剤の種類による影響の違いは、今回の曝露試験では見られなかった。一方、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く影響を与えており、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。

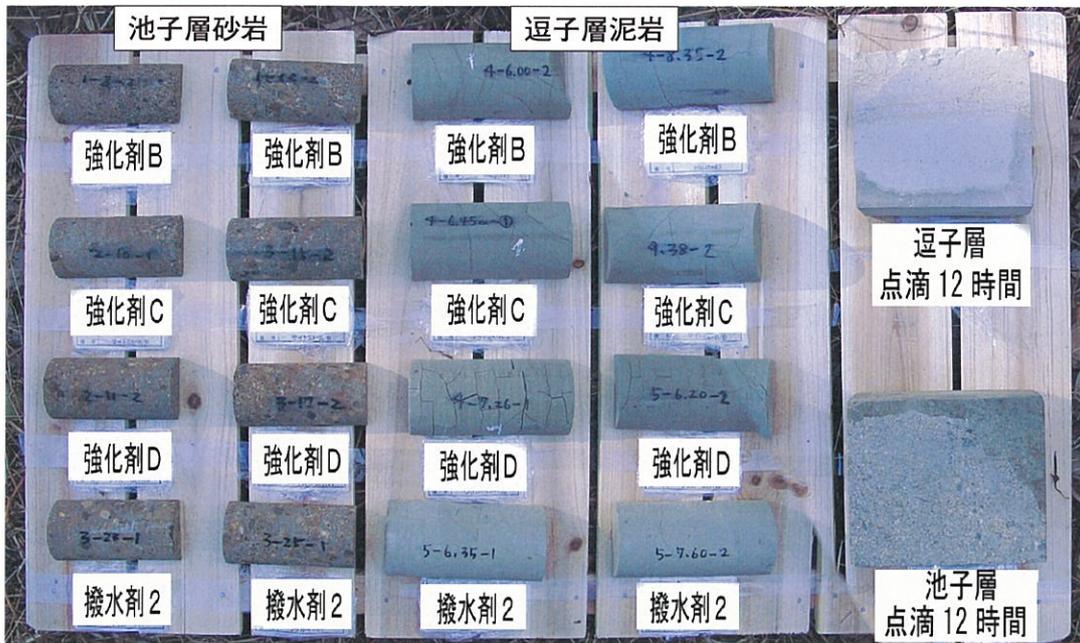


図 4-5-1 まんだら堂における曝露試験開始時の写真 (2003年1月)



図 4-5-2 まんだら堂における曝露試験 1 年後の写真 (2003年12月)

(5) 薬剤の選定について

薬剤（基質強化、撥水）の含浸の種々の試験結果により次のことが言える。

1) 池子層砂岩について

- ・強化剤の含浸効果としては強度の増加は確認されたが、砂岩そのものが相当の強度を有していることから薬剤含浸による際立った効果は認められない。
- ・逗子層泥岩と異なり、スレーキングを生じないため、暴露試験において顕著な薬剤毎の差異は認められない。

→ 池子層砂岩の基質強化及び撥水处理は、崩落に対して緊急性はないものと考えられる。当面はモニタリング監視を重視する。

2) 逗子層泥岩について

- ・基質強化剤の含浸は有効であり、強度の増加が確認された。特に、強化剤B（珪酸エステル系）、C（アルキルポリシケート+ポリシロキザン系）、D（珪酸エチルエステル系）の効果が優れていた。
- ・撥水剤の含浸は、スレーキングの発生防止に対して有効性が確認された。特に、暴露試験では顕著な効果が判明した。
- ・暴露試験結果では、基質強化として強化剤Cの有効性が確認できたが、これは基質強化というより薬剤の複数の効果特性の1つである撥水機能によるものとする。特に、暴露試験での供試体はどぶ付けであるため、撥水に対しては条件が良すぎるのが妥当と考える。

→ 逗子層泥岩の崩落対策はスレーキング抑制を基本として考える。その対策は泥岩の間に水（降雨）の浸透を防ぐことであり、基質強化と撥水处理が有効と考える。この場合の薬剤の選定は強化剤B、撥水剤2を基本薬剤として考える。

※ここでの基質強化は、泥岩そのものの強度増加の他、間隙（空隙）へ強化剤が含浸することにより、間隙に珪酸ゲル結晶が生成することにより、水（降雨）の浸透がより遮断できる効果が期待できると考える。

4-5-2 崩落対策工事内容の検討

(1) 対策検討の基本方針と流れ

1) 基本方針

安全な公開活用と崩落保存対策を検討する際の基本方針は、以下の2案が考えられる。

①迂回路設置案

切通部を通行せずに迂回路を設け、外側から史跡を眺望する。

②切通通行案

切通部を通行可能な状態に整備し、一般に公開する。

(ただし、整備(崩落対策)の内容、規模によっては、制約条件(降雨、地震等の条件)を定める必要がある。)

国指定史跡名越切通は、史跡であるとともに現在も通行路としての役割を担う市道であることから、一般に公開活用するよう整備することが望ましい。よって基本方針は「②切通通行」とし、切通を通行させるための崩落対策を検討することとした。

2) 検討の流れ

図4-5-3に名越切通の安全な公開活用と崩落保存対策のための検討の流れを示す。

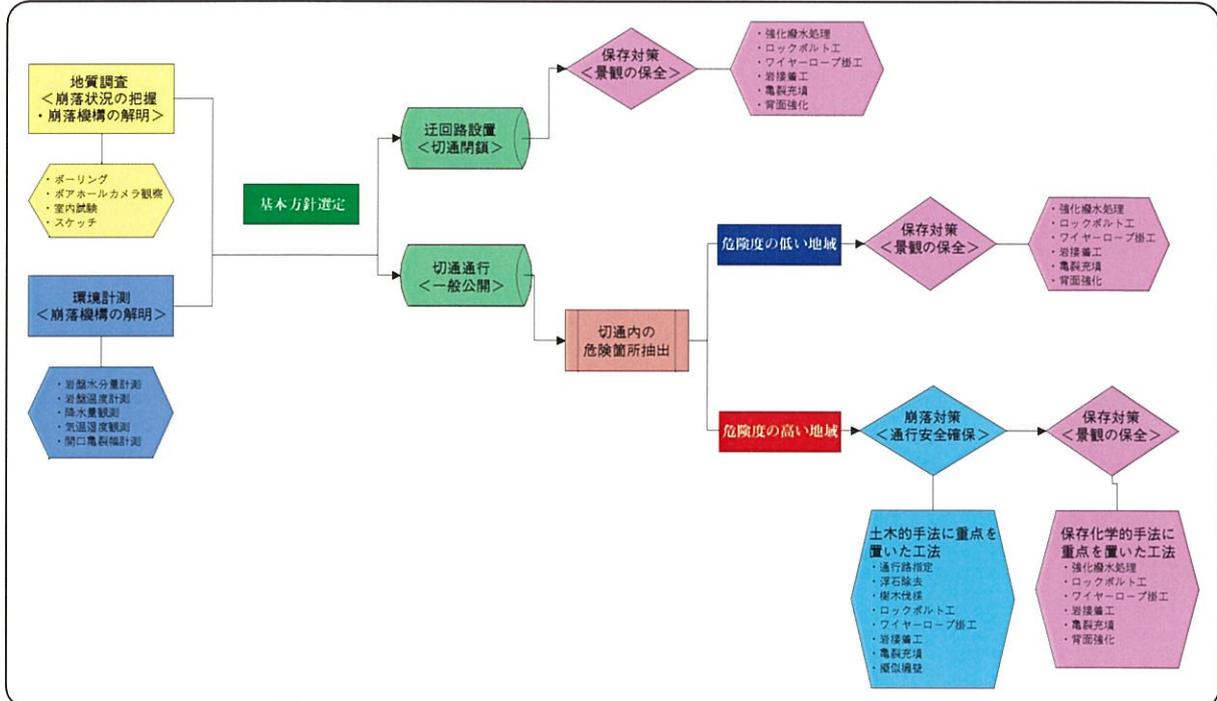


図4-5-3 崩落・保存対策の検討の流れ

(2) リスク要素からみた工法選定の考え方

切通壁のスケッチをすることにより、岩盤性状把握・危険箇所抽出を行い、切通部をA～Gの7箇所（サイト）に区分した。図4-5-4に区分図を示す。

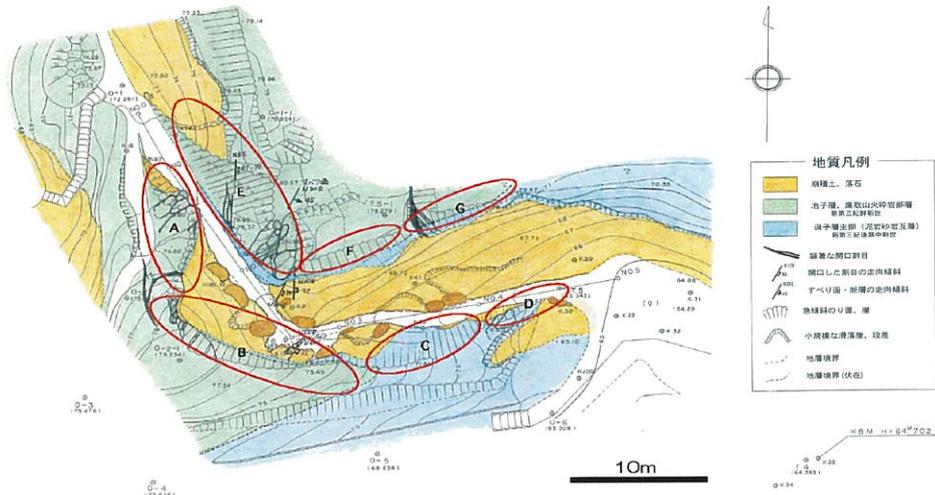


図4-5-4 切通部における岩盤区分と危険箇所抽出の区分

切通部には池子層砂岩と逗子層泥岩が分布する。両層とも新第三紀の三浦層群に属し、スレーキング特性を有する。

これまでの地質調査・環境計測により、切通壁面の崩壊機構・崩壊形態が明らかにし、今後発生が予想される崩壊形態を推測した。以下に簡潔に述べる。

池子層砂岩

- ・崩壊規模は大きい。
- ・下位の逗子層泥岩の崩壊に伴いオーバーハングし、重力的に不安定となり崩落する。
- ・浮石状の岩塊が崩落する。

逗子層泥岩

- ・崩壊規模は小さい。
- ・切通北側壁面は日照が良いため、乾湿繰返しによりスレーキングが発生し、ボロボロと崩壊する。
- ・切通南側は、岩盤芯部まで風化が進行し、亀裂が発達した状態であり、表層が緩んでボロボロと崩壊する。

対策は岩盤の性質や崩落のメカニズムより、次のような目安となる。

- ① 逗子層泥岩 → 保存対策（化学的手法）
- ② 池子層砂岩 → 崩落対策（土木的手法）

切通南側壁面スケッチ図

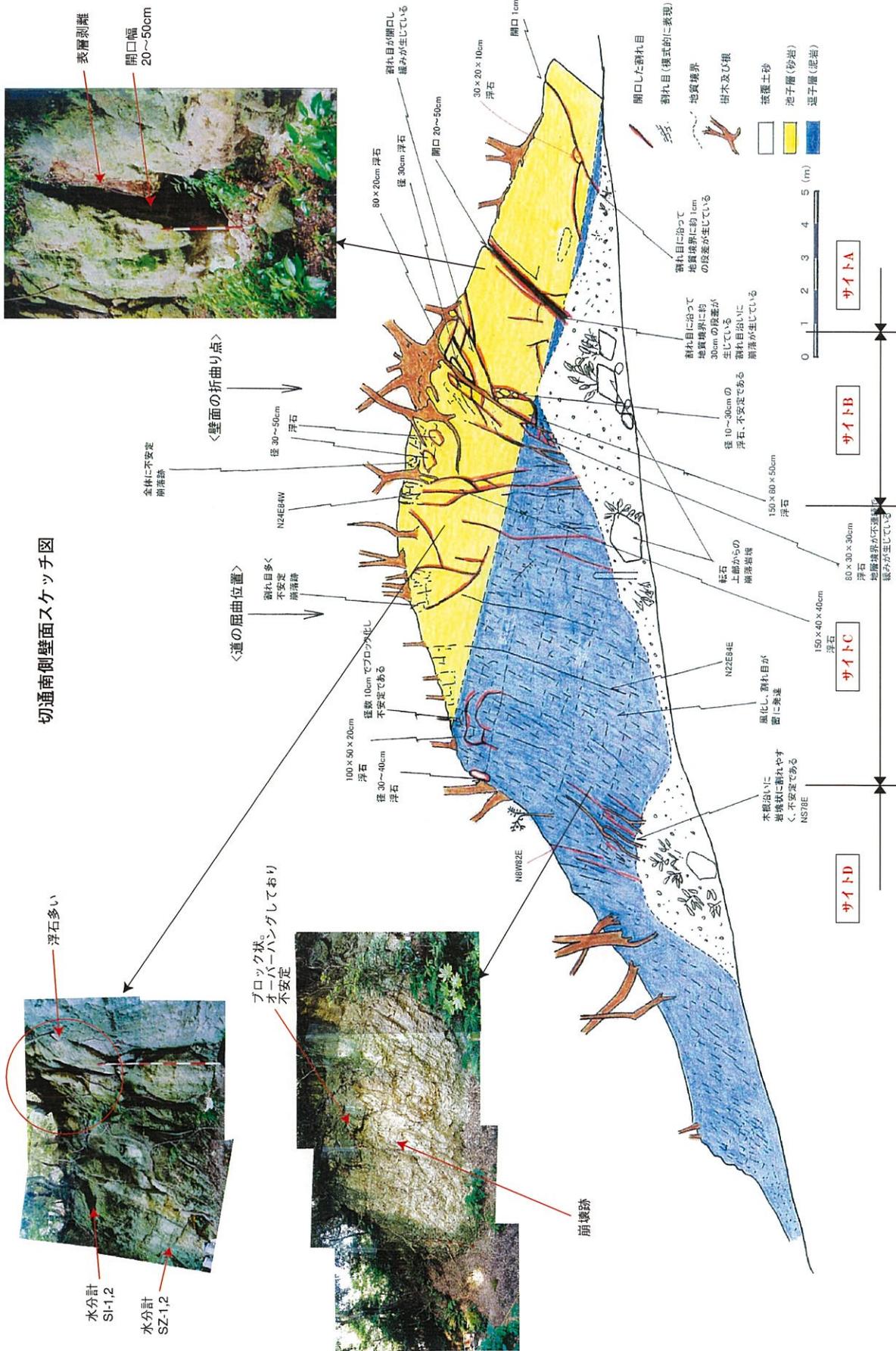


図 4-5-5 切通南側壁面スケッチ図

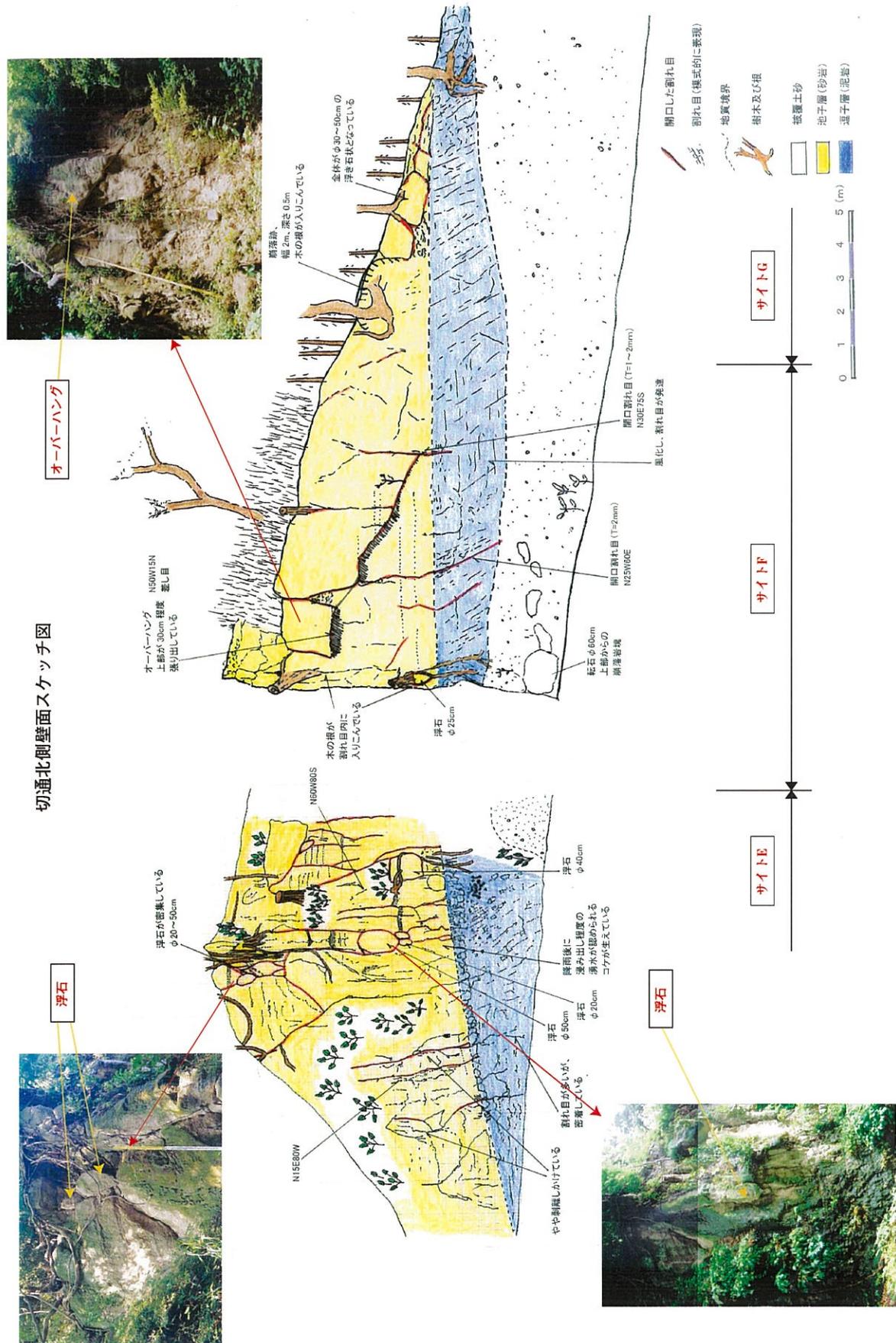


図 4-5-6 切通北側壁面スケッチ図

(3) リスク要素と対策工選定の基本方針

本史跡では、リスク要素の種類により実施する対策工が異なる。以下に方針を示す。

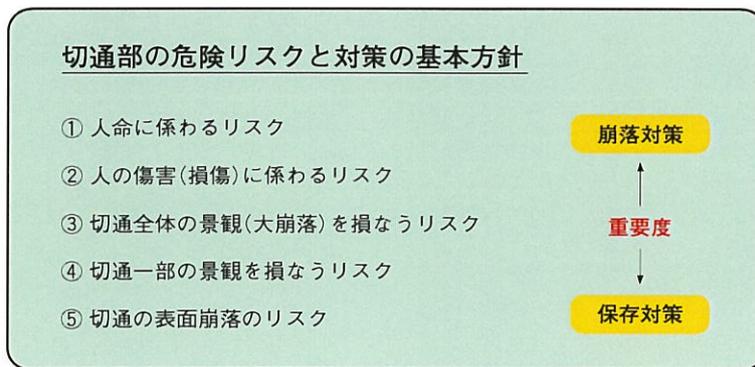
★危険度の高い地域

「切通部の通行」を基本方針とするため、市道としての通行者の安全を確保するための崩落対策を優先した上で、史跡の景観保存を目的とした保存対策を実施する。すなわち、複合的な対策を講じる。

★危険度の低い地域

史跡の景観保存を目的とした保存対策を優先する。極力、崩落対策工法は採用しない。

なお、現状、崩落・表層剥離等がない安定している地域については極力手を加えず、監視管理による現状保存を基本とする。



ここで言うリスク要素とは

- ・浮石
- ・オーバーハング
- ・落石
- ・割目
- ・亀裂
- ・表層剥離 等を考える

(4) 対策工の区分と選定

本史跡で検討される対策工は、表4-5-1に示すように崩落対策と保存対策の2通りに区分される。既に述べたように、崩落対策は人命等に係わるリスクを対象に、保存対策は史跡の景観等を損なうリスクを対象に対策工の選定を考える。

表4-5-1 対策工の区分

対策工	目的	工種	検討方法
崩落対策	通行者の安全確保	通行路指定 浮石除去・樹木伐採 ロックボルト工 ワイヤロープ掛工 岩接着工 亀裂充填擬似擁壁	<ul style="list-style-type: none"> ・地質調査結果・現地試験施工結果から適切な工法を選定する。 ・通行者の安全を最優先するため、土木工法を中心とする。
保存対策	切通部の形状・風合い等の景観保存	強化・撥水処理 岩接着工 亀裂充填 背面強化	<ul style="list-style-type: none"> ・地質調査結果・環境計測結果・室内試験施工結果・現地試験施工結果から適切な工法を選定する。 ・できるだけ景観を損なわない保存工法を中心とする。

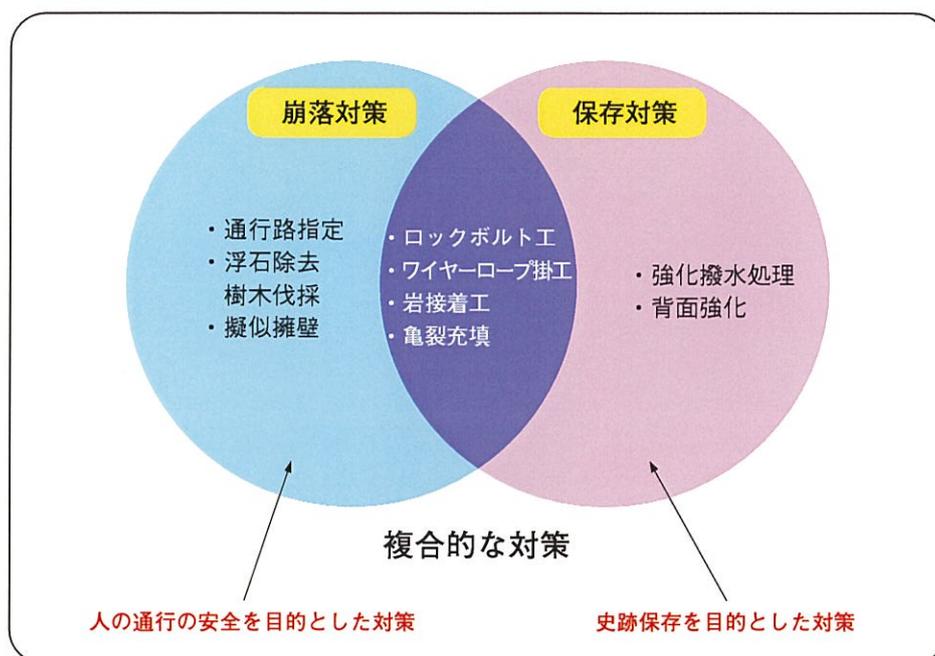


図 4 - 5 - 7 崩落対策・保存対策概念図

表 4 - 5 - 2 は前述した各地域の地質・岩盤状況と予想される落石（リスク要素）及び崩落対策・保存対策の工法の適用性についてまとめたものである。

この表を参考に各地域の対策の方向性を検討する。

地域	地質・岩盤状況				予想される落石				崩落対策				保存対策				備考			
	地質	亀裂状況	備考	落差	規模	発生頻度	緩衝地帯	危険可能性	通行路指定	ロックボルト工	ワイヤーロープ掛工	浮石除去	亀裂充填	擬似擁壁	強化撥水处理	ロックボルト工		ワイヤーロープ掛工	亀裂充填	背面強化
南側	A 砂岩 泥岩 (砂岩主体)	幅 20~50cm の高角度の開口亀裂有り。	緩んだ岩盤となっている。開口亀裂部が不安定となり崩壊している。	2m ~ 3m	数10cm	中	無	小	砂岩	△	×	×	△	×	●	△	×	△	×	岩塊の移動を止めるためにロックボルト or アカを充填する。間口幅 20~50cm の亀裂は充填し、表面は凝岩で化粧するのが望ましい。
		幅数 cm の開口亀裂有り。亀裂間隔は数 10cm 程度。亀裂沿いには樹根が入りこんでいる。	径 10~150cm 程度の浮石が認められる。	1m ~ 5m	10 ~ 150cm	中	有	中	中	砂岩	△	×	×	△	×	●	△	×	△	×
南側	B 砂岩 泥岩	砂岩は開口亀裂が認められ、亀裂間隔は数 10cm、泥岩は密着した亀裂で、亀裂間隔は数 cm 程度。	泥岩 (運子層) が崩壊し、上位の砂岩 (池子層) がオーバーハングしている。砂岩は不安定である。	2m ~ 3m	数 cm ~ 数 10cm	大	無	大	砂岩	●	△	△	×	×	●	×	△	×	△	現在の通路を北側へ移動し、緩衝地帯を設ける。または不安定部分に擬似擁壁を設置するのが効果的な対策工と言える。
		密着した亀裂が認められ、亀裂間隔は数 cm 程度。	表層がボロボロと崩壊する。	2m 以下	数 cm ~ 30cm	小	有	小	砂岩 泥岩	△	×	×	×	×	△	△	×	×	×	緩衝面があり、落差が小さいため、現状、危険性は小さい。通路を北側へ移動し、緩衝地帯を広く設ければ、より効果的である。
北側	E 砂岩 泥岩 (泥岩主体)	幅数 cm の高角度の開口亀裂が卓越。亀裂沿いには樹根が入りこんでいる。	径 10cm~100cm 程度の砂岩 (池子層) の浮石が認められる。下位の泥岩 (運子層) は否が生えており、比較的安定している。	2 ~ 10m	50 ~ 100cm	中	無	大	砂岩	×	△	△	△	×	●	△	△	△	×	安全を確保するため、通路を南側へ変更し、少しでも緩衝地帯を設けることが望ましい。
		砂岩は開口亀裂が認められ、亀裂間隔は数 10cm、泥岩では密着した亀裂が認められ、亀裂間隔は数 cm 程度。	砂岩 (池子層) が大きくオーバーハングしている。泥岩 (運子層) はボロボロと表層が崩壊している。	7m	100 ~ 300cm	中 ~ 小	不 充 分	大	砂岩 泥岩	×	△	×	×	×	●	△	×	×	×	ロックボルトやアンカーだけでは、オーバーハングした岩塊の端部を保護できない。ロックボルト頭部は凝岩工を施す。
北側	G 砂岩 泥岩 (泥岩主体)	密着した亀裂が認められ、亀裂間隔は数 cm 程度。	泥岩の表層がボロボロと崩壊する。	7m	数 cm ~ 50cm	大	有	小	砂岩	●	△	△	×	×	●	△	×	×	×	広い緩衝地帯があるため、落石が通路まで及ぶ可能性は低い。落石防護構を設ければ、より効果的である。
									砂岩 泥岩	△	×	×	×	×	△	×	×	×	×	

●：有効 △：効果有り。ただし、その他の対策工と組み合わせる必要有り。 ×：効果無し。または施工不可。

表 4-1-5-2 各地域における崩落対策・保存対策

(5) 危険度（緊急性）からみた対策の優先性

対策延長区間は約40m程度であるが、その区間において表4-5-2に示したように、地質の分布状況や岩盤の割れ目、浮石状況によりその危険度は異なる。また、崩壊はサイトCのように進行的な性質を有している。

一方、当該地域は史跡としての公開活用、市道としての通行路としての役割を有しており、市民からも「切通通行（通行禁止解除）」が待ち望まれている。このようなことを鑑み、対策はリスク要素や緊急性を踏まえて計画的、段階的に施していくことが最も効率的であると考えられる。

また、計画的、段階的に施工を行うことは、その対策効果を取り入れることが可能になり、より一層の崩落・保存対策の効果が期待できることになる。

1) 地域（サイト）別優先性

現在の通行止め規制を解除するためには、通行者の安全性を確保することが優先である。表4-5-2に示すように、危険度から判断して、対策箇所の優先性は次のとおりである。

●第一優先対策箇所

サイトC…通行人への安全性に対するリスクは小さいが、逗子層泥岩の崩落は進行性であるため史跡の保存（現況維持）の観点から早急な対策が必要と考える。

サイトE…比較的高い位置での浮石が非常に多いサイトである。落石の発生確率が高い。緩衝地帯の確保はできず、通行者の安全確保の観点から早急な対策が必要と考える。

サイトF…非常に大きなオーバーハングと割れ目の発達状況から大きな崩落が予想される。人命にも関わるが、崩落が発生した場合は景観も大きく変化することが考えられる。通行の安全性や景観の両方から早急な対策が必要と考える。

サイトFは上位に池子層、下位に泥岩層による地質構造で当該地の崩落メカニズムを代表するサイトであり、両層の対策が必要である。

サイトB背面…

サイトBはやせ尾根状態となっており、岩盤壁面の割れ目の発達も著しく、尾根全体の安定度も低いものと考えられる。豪雨や地震時などの異常時に崩落の可能性を有している。「切通」そのものの形状や景観が損なわれることが懸念される。このために、背面強化の対策が必要と考える。

●第二優先対策箇所

サイトB…浮石が多く存在するが、緩衝地帯が確保できるため、通行人の安全は確保できる。サイトB背面のグラウト注入による岩盤強化対策を優先と考えた。

●第三優先対策箇所

サイトA、D、G…

切通入口のサイトである。斜面の勾配も緩く、安定した状態である。逗子層泥岩のスレーキングによる崩落が予想されるが規模は小さい。このため、対策の優先性のランクは低い評価とした。サイトAの池子層砂岩塊の移動も観測結果から問題ない。

2) 岩盤状況からみた優先性

崩落のメカニズムは前述したとおりであり、その概要は次のとおりである。

- ①壁面部分で下位の逗子層泥岩が風化が先に進行して崩落する。
- ②壁面下方の逗子層泥岩が崩落することにより、上位の池子層がオーバーハングして、崩落する。

このような地質構造を有しているため、その全体崩落の誘因となる逗子層泥岩の風化防止の強化・撥水処理対策は必要と考える。これらの代表地域がサイトCやサイトF（下部：逗子層泥岩）である。

耐久性試験（乾湿繰り返し試験）結果から判断して、逗子層泥岩は強化・撥水処理によりその耐久性は向上することが明らかになった。しかしながら、池子層砂岩は無処理の場合でも耐久性は高く、亀裂や割れ目が発達してない安定した岩盤部分については早急な対策は考えず、観察・管理を通して計画的・段階的に対策を施すことが望ましいと考える。