

電源開発株式会社
大間原子力発電所

意見聴取会指摘事項について
(地盤関係)

平成16年8月
原子力発電安全審査課

目 次

1. 割れ目及び筋状組織を対象とした岩盤試験位置選定の考え方について
2. 岩盤変形試験における J-11 の割線弾性係数が大きい理由について
3. 淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤試験結果と岩石試験結果の比較について
4. 淡灰色火山礫凝灰岩の解析用物性値について
5. 淡灰色火山礫凝灰岩のクリープ係数について

1. 割れ目及び筋状組織を対象とした岩盤試験位置選定の考え方
について

1) 淡灰色火山礫凝灰岩の割れ目及び筋状組織を対象とした岩盤試験位置選定の考え方について説明すること。

試掘坑調査では、地質分布、岩種、岩相及び割れ目の状態を直接観察し、原縮尺 100 分の 1 の試掘坑展開図を作成している。それらの結果をまとめたものを図-1.1 に示す。割れ目及び筋状組織については、工学的に影響を及ぼす可能性が考えられる 60 c m以上の長さのものを原則として展開図に記載している。試掘坑内で観察された淡灰色火山礫凝灰岩における長さ 60 c m以上の割れ目は 33 本、筋状組織は 13 本であるとしている。これらの割れ目は開口しているものが多く、その面は平面的ではなく、含まれている礫の表面に沿う小さな凹凸が見られ、一部にマンガン酸化物の黒色付着物を伴う等の特徴があるとしている。また筋状組織は、その構成物が母岩より細粒な粒子からなり、組織は固結しているとしている。

これらの割れ目及び筋状組織の走向は、図-1.2 及び図-1.3 に示すようにほぼ南北方向で傾斜は 50° を超える高角度のものが多いのが特徴であるとしている。


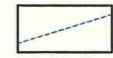

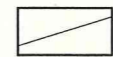


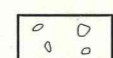
また、淡灰色火山礫凝灰岩の割れ目の分布及び頻度を調べる目的で、7 孔の水平ボーリングを行い、ボアホールテレビにより割れ目を観察している。その結果を試掘坑坑壁のスキャンライン調査の結果と共に図-1.4 に示す。図-1.4 によれば、割れ目は 2 号坑西側で局所的に分布するものの、1 号坑及び 2 号坑東側にはほとんど分布していない。また割れ目が最も多い UL-7 孔の割れ目頻度は平均 1 本/m 程度であり、8 本/m 程度の節理が分布する安山岩溶岩(塊状)等の硬岩に比べて、軟岩である淡灰色火山礫凝灰岩の割れ目は、少ないとしている。

以上のように、原子炉建屋基礎底面地盤である淡灰色火山礫凝灰岩は全体的に塊状で均質であるが、局所的に分布する割れ目が認められるとしている。これらの割れ目は開口しているものが多いことから割れ目及び筋状組織の地盤物性に与える影響を検討する目的で、これらを対象に岩盤試験を実施している。

割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象とした試験は、図-1.5 に示すF坑で岩盤変形試験をJ-14及びJ-16の2点、支持力試験をS-14及びS-16の2点、ブロックせん断試験を試験位置B-6のうち4点で実施している。割れ目及び筋状組織を含む試験面の試験実施前の地質スケッチを図-1.6に、試験面内に存在する割れ目及び筋状組織の走向・傾斜を図-1.2及び図-1.3に示す。これらの図によれば、試験面内の割れ目及び筋状組織の走向は試掘坑全体の走向とほぼ等しく、その傾斜も試掘坑内全体の平均的な値を示していることから、割れ目及び筋状組織を対象とした岩盤試験の試験箇所は、代表的な場所を選定したものであるとしている。

淡灰色火山礫凝灰岩の割れ目及び筋状組織も含めた岩盤試験結果を表-1.1～表-1.3及び図-1.7に示す。これらによれば、割れ目及び筋状組織を含めた試験結果は、均質な淡灰色火山礫凝灰岩の試験結果に比べてやや小さくなっているとしている。

凡 例

- | | | | |
|---|-------------|---|---------------------|
|  | 凝灰角礫岩 |  | 筋状組織 |
|  | 淡灰色火山礫凝灰岩 |  | 割れ目 (長さ60cm以上) |
|  | 地質境界・岩盤区分境界 |  | 開口割れ目
(礫質充填部を伴う) |
| | |  | 礫 (直径5cm以上) |

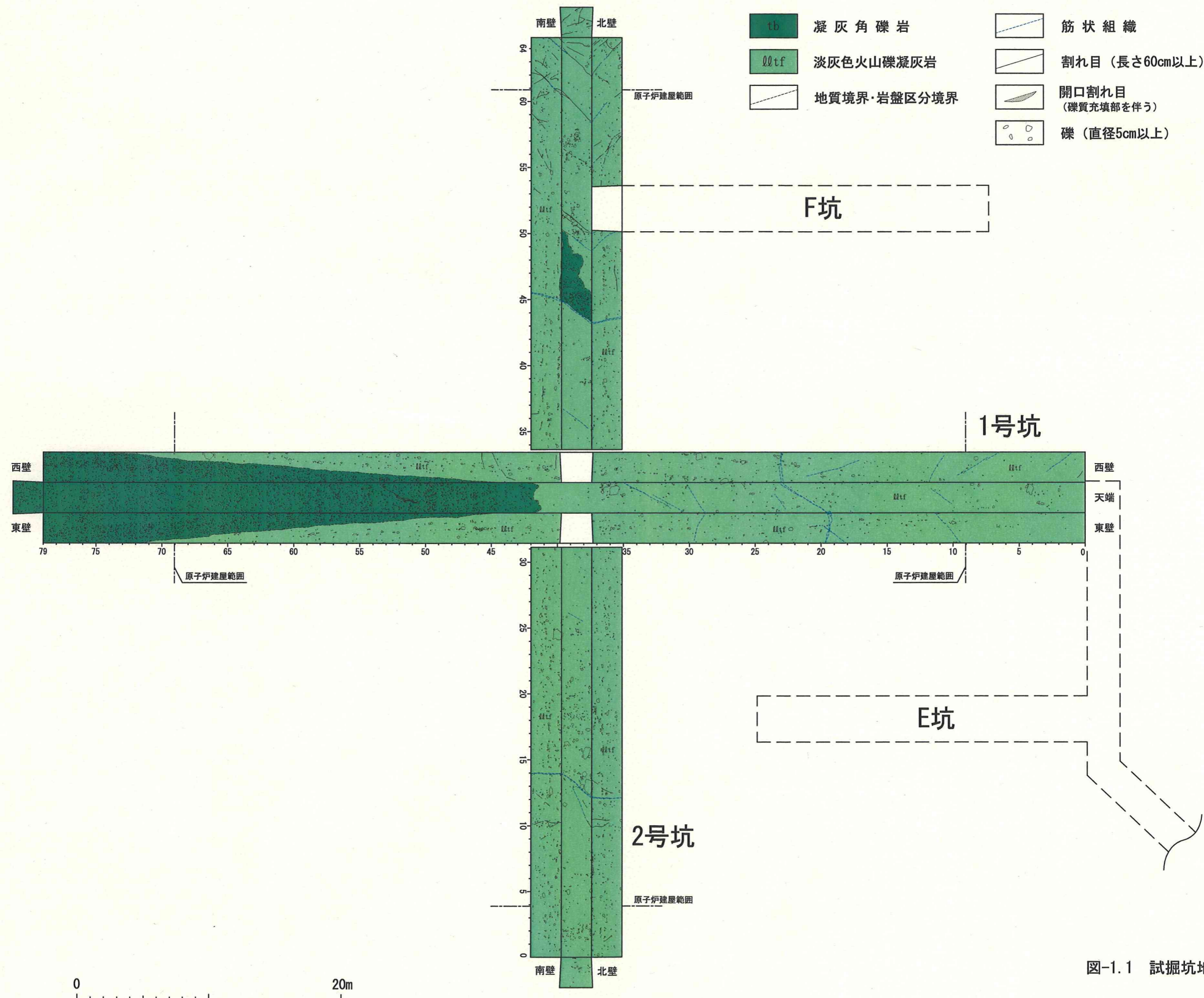


図-1.1 試掘坑地質展開図

- 凡 例
- 試験面内の筋状組織
 - 試験面内の割れ目
 - 長さ 60cm以上の試掘坑内の筋状組織
 - 長さ 60cm以上の試掘坑内の割れ目

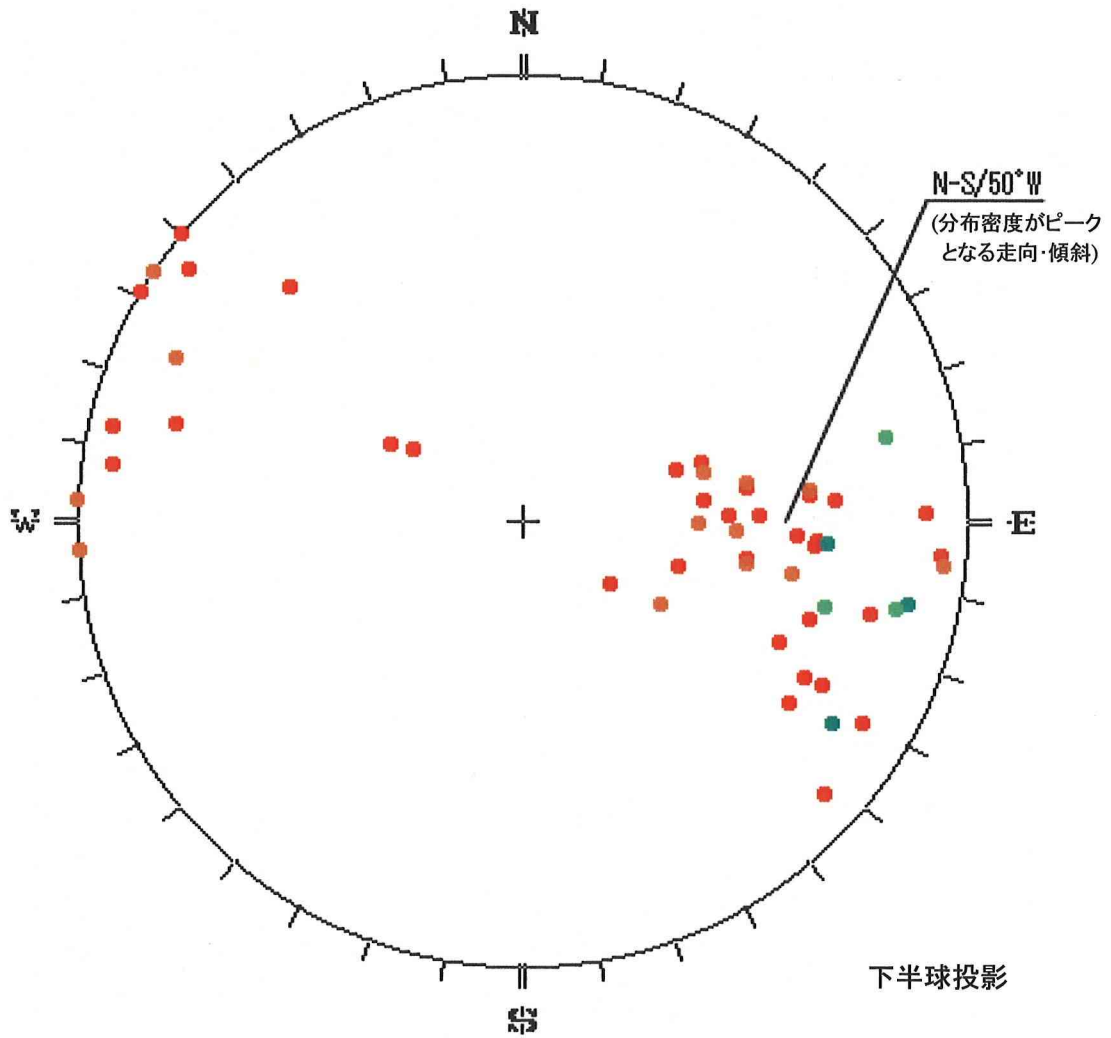


図-1.2 試掘坑・試験面内に存在する割れ目及び筋状組織のシュミットネット

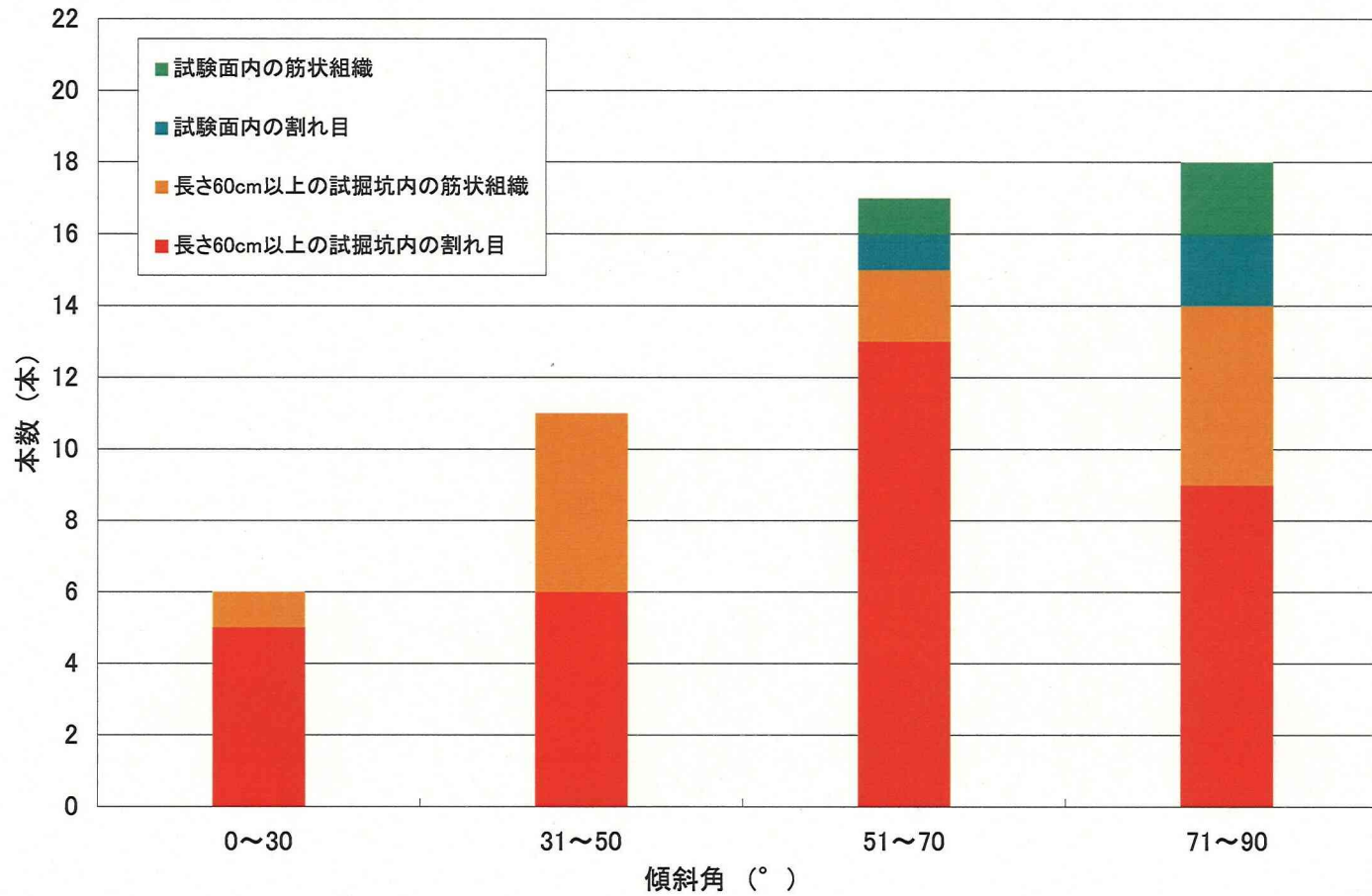


図-1.3 試掘坑・試験面内に存在する割れ目及び筋状組織の傾斜角分布図

原子炉建屋
設置位置

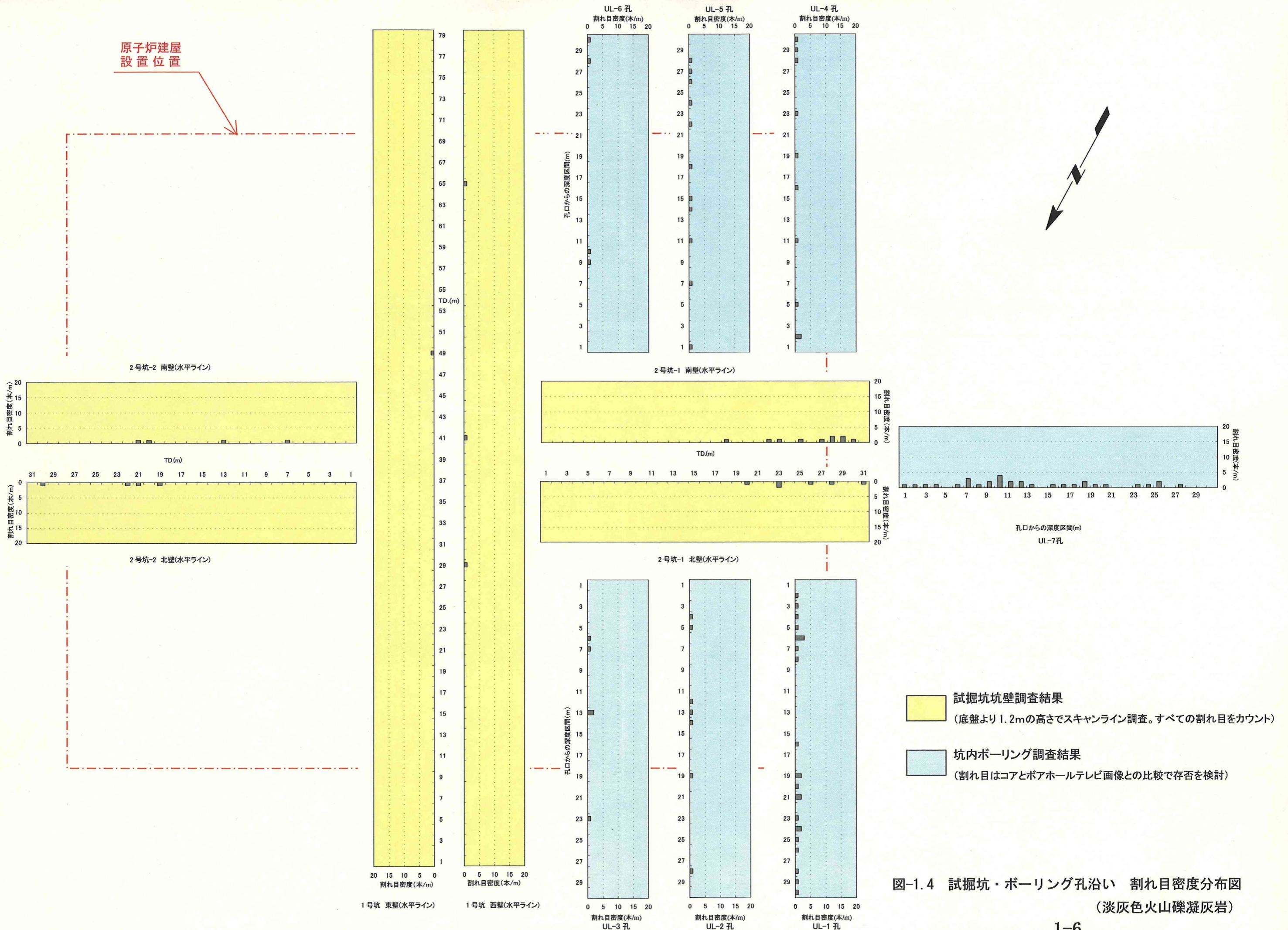
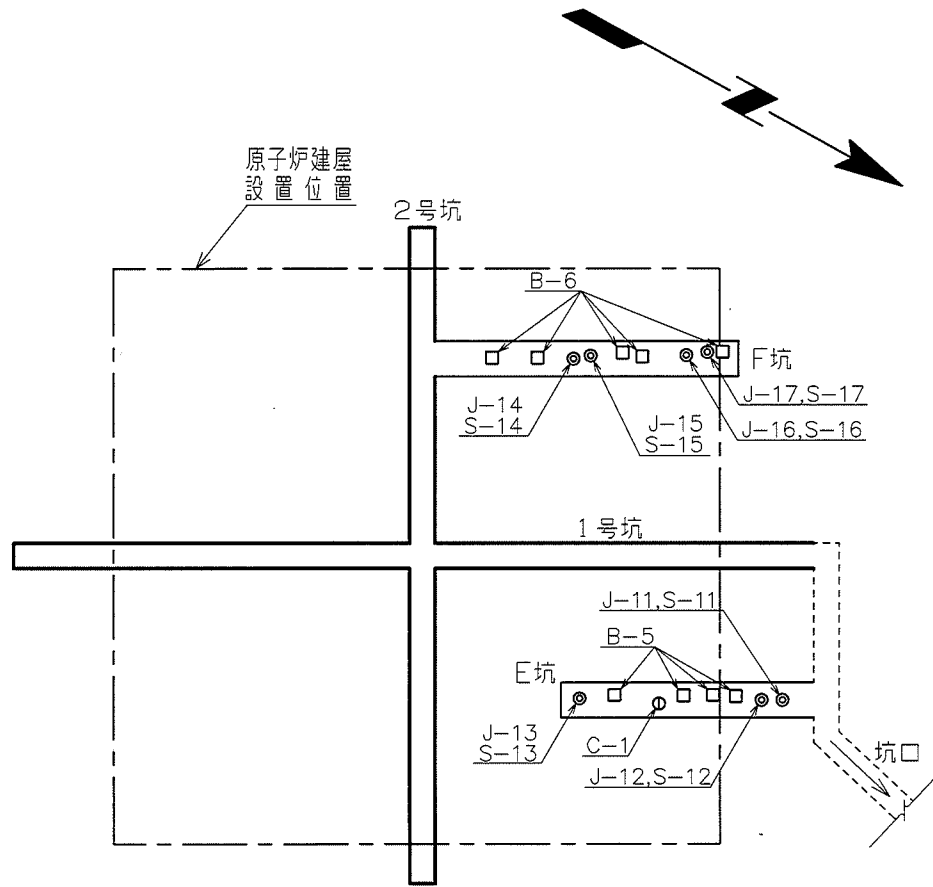


図-1.4 試掘坑・ボーリング孔沿い 割れ目密度分布図
(淡灰色火山礫凝灰岩)



岩盤変形試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
J-11	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
J-12		
J-13		
J-14		
J-15	F坑	
J-16		
J-17		

支持力試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
S-11	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
S-12		
S-13		
S-14		
S-15	F坑	
S-16		
S-17		

ブロックせん断試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
B-5	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
B-6	F坑	

岩盤クリープ試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
C-1	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩

凡 例

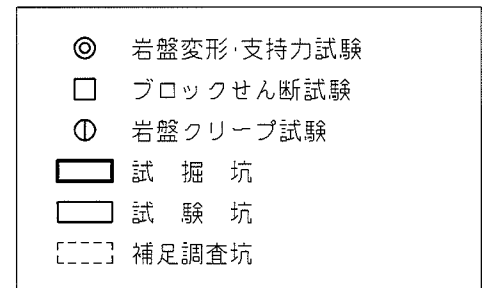


図-1.5 岩盤試験位置図

試験位置	J-14, S-14																								
写真																									
スケッチ	<div data-bbox="359 1659 1417 1966" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>凡例</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>走向・傾斜を計測した割れ目</td> <td></td> <td>緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (明瞭)</td> <td></td> <td>多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (不明瞭)</td> <td></td> <td>変形試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (明瞭)</td> <td></td> <td>支持力試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (不明瞭)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>傾斜方向</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div>		走向・傾斜を計測した割れ目		緻密で硬質な礫		割れ目 (明瞭)		多孔質な礫		割れ目 (不明瞭)		変形試験面		筋状組織 (明瞭)		支持力試験面		筋状組織 (不明瞭)				傾斜方向		
	走向・傾斜を計測した割れ目		緻密で硬質な礫																						
	割れ目 (明瞭)		多孔質な礫																						
	割れ目 (不明瞭)		変形試験面																						
	筋状組織 (明瞭)		支持力試験面																						
	筋状組織 (不明瞭)																								
	傾斜方向																								
備考	割れ目																								

図-1.6(1) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況

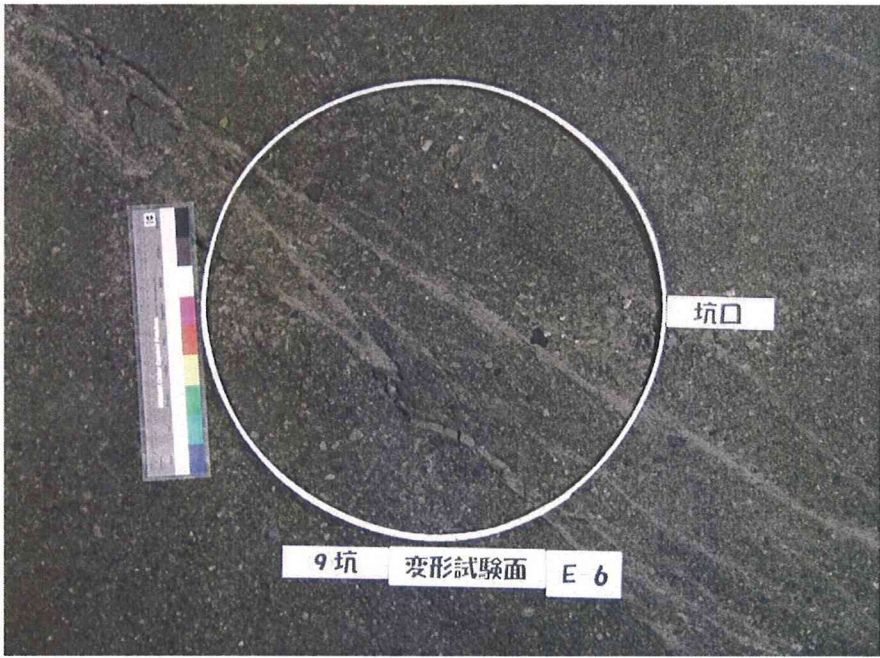
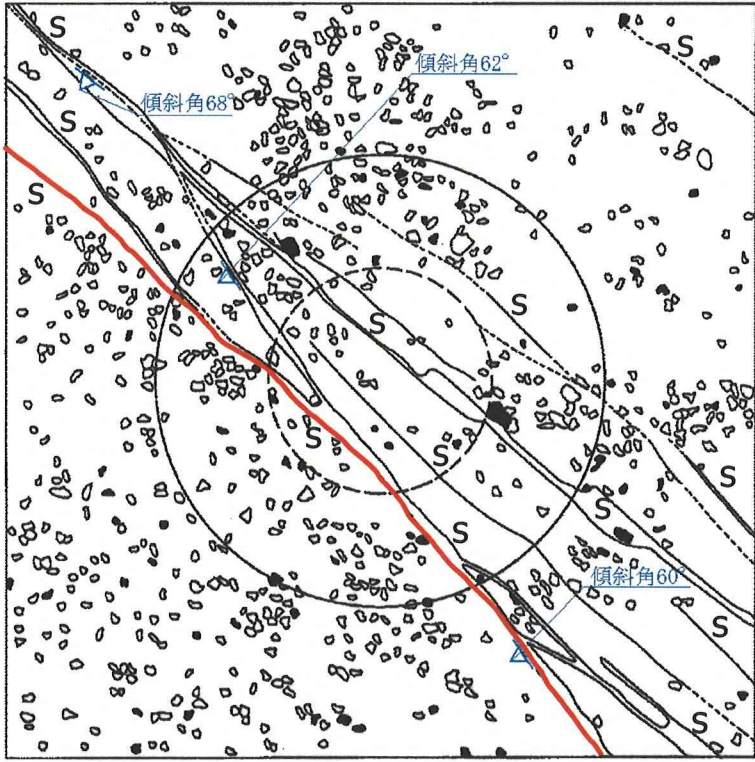





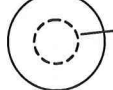









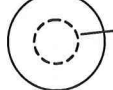









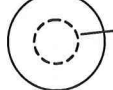




試験位置	J-16, S-16																									
写真	 <p>坑口</p> <p>9坑 変形試験面 E6</p>																									
スケッチ	 <p>傾斜角68°</p> <p>傾斜角62°</p> <p>傾斜角60°</p> <p>10cm</p> <table border="1" data-bbox="363 1659 1422 1966"> <tr> <td rowspan="6">凡例</td> <td></td> <td>走向・傾斜を計測した筋状組織</td> <td></td> <td>緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (明瞭)</td> <td></td> <td>多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (不明瞭)</td> <td></td> <td>変形試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (明瞭)</td> <td></td> <td>支持力試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (不明瞭)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>傾斜方向</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	凡例		走向・傾斜を計測した筋状組織		緻密で硬質な礫		割れ目 (明瞭)		多孔質な礫		割れ目 (不明瞭)		変形試験面		筋状組織 (明瞭)		支持力試験面		筋状組織 (不明瞭)				傾斜方向		
凡例			走向・傾斜を計測した筋状組織		緻密で硬質な礫																					
			割れ目 (明瞭)		多孔質な礫																					
			割れ目 (不明瞭)		変形試験面																					
			筋状組織 (明瞭)		支持力試験面																					
			筋状組織 (不明瞭)																							
		傾斜方向																								
備考	筋状組織																									

図-1.6(2) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況


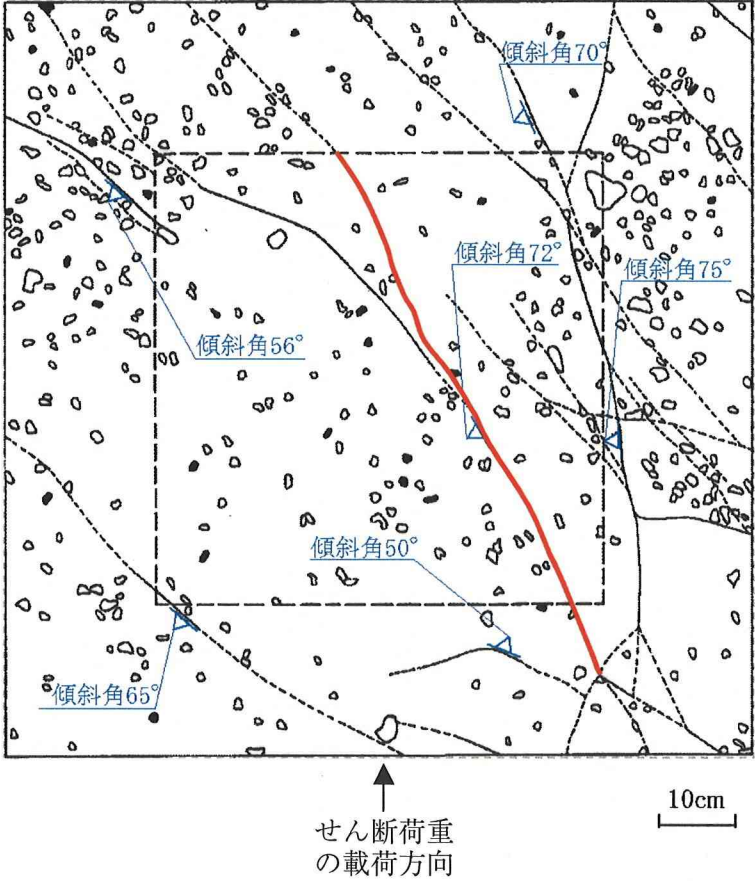
試験位置	B-6-1
写真	
スケッチ	 <div data-bbox="347 1727 1406 2033" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>凡 例</p> <ul style="list-style-type: none"> — 走向・傾斜を計測した割れ目 — 割れ目 (明瞭) - - - 割れ目 (不明瞭) S 筋状組織 (明瞭) S 筋状組織 (不明瞭) ▲ 傾斜方向 緻密で硬質な礫 多孔質な礫 試験面 </div>
備考	割れ目

図-1.6(3) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象としたブロックせん断試験の試験面状況

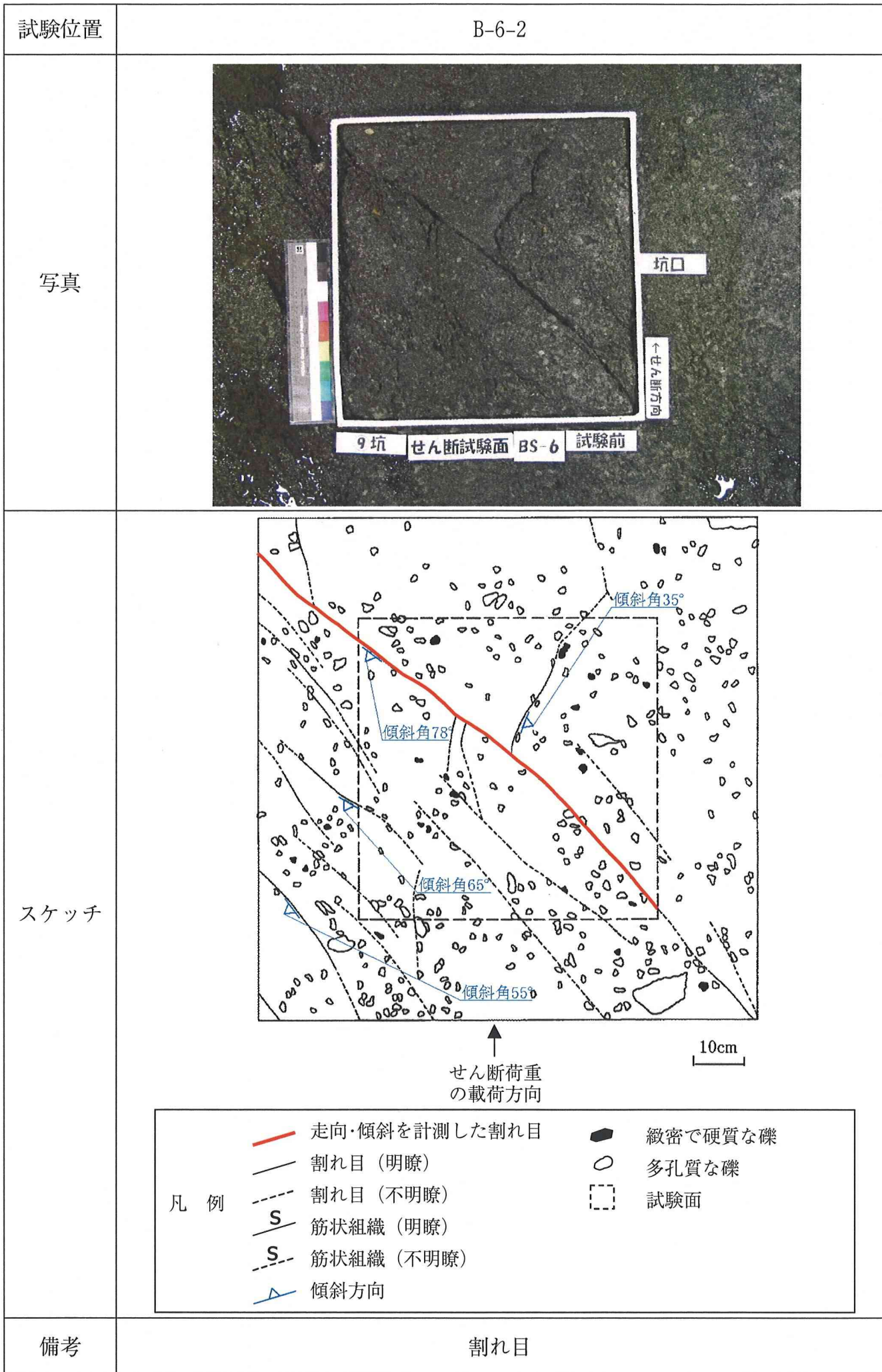


図-1.6(4) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象としたブロックせん断試験の試験面状況

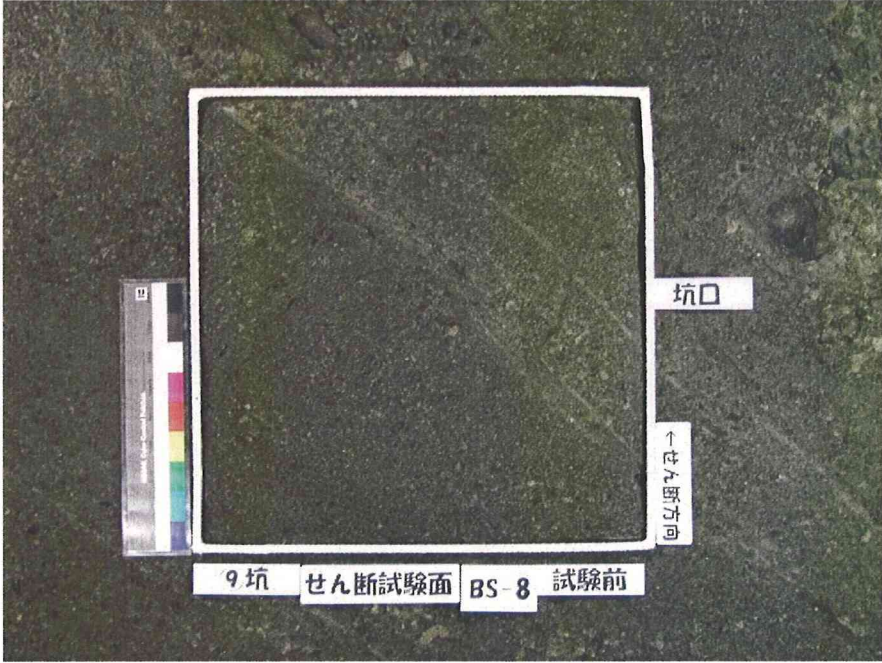
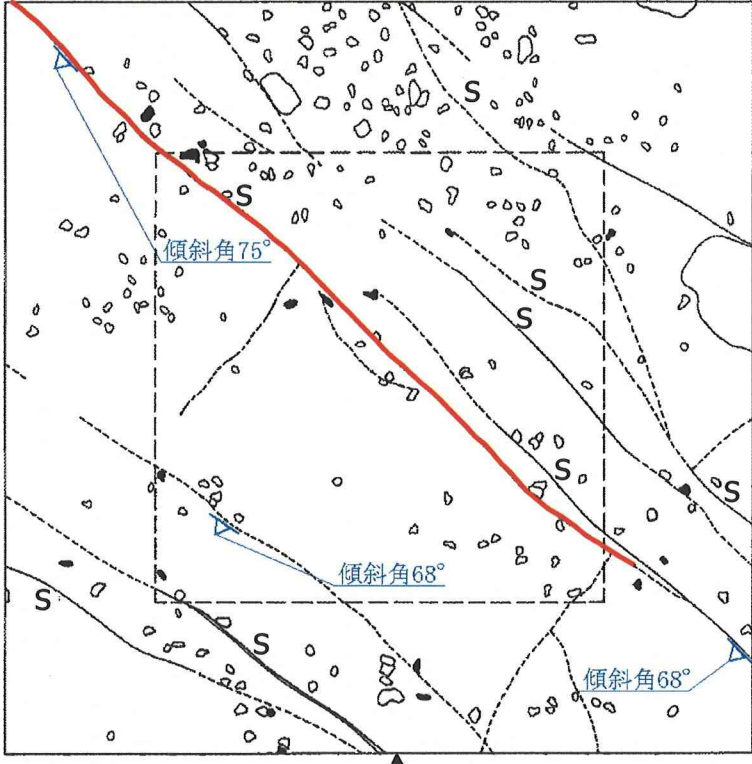
試験位置	B-6-4		
写真			
スケッチ	 <p style="text-align: center;">せん断荷重の の載荷方向</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>凡 例</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>— 走向・傾斜を計測した筋状組織</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p> <p>△ 傾斜方向</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>● 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>□ 試験面</p> </td> </tr> </table> </div>	<p>— 走向・傾斜を計測した筋状組織</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p> <p>△ 傾斜方向</p>	<p>● 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>□ 試験面</p>
<p>— 走向・傾斜を計測した筋状組織</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p> <p>△ 傾斜方向</p>	<p>● 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>□ 試験面</p>		
備考	筋状組織		

図-1.6(5) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象としたブロックせん断試験の試験面状況
1-12

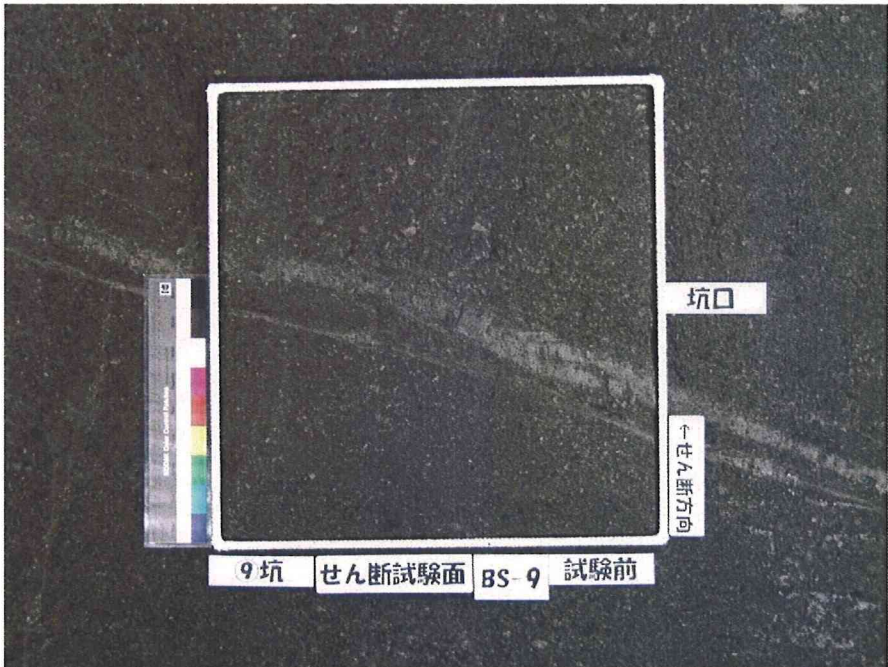
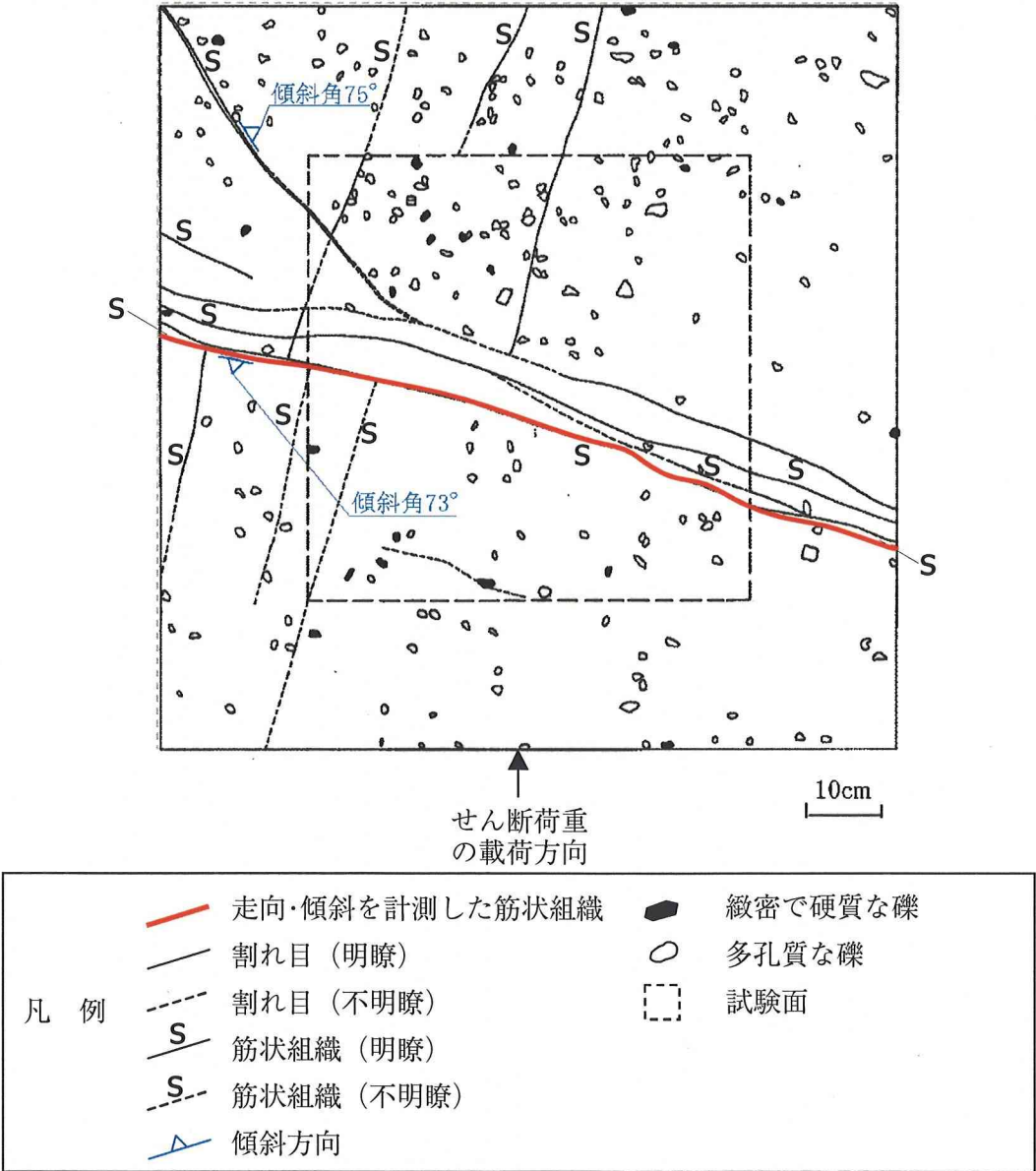



























試験位置	B-6-5																									
写真																										
スケッチ	 <p>傾斜角75°</p> <p>傾斜角73°</p> <p>せん断荷重の載荷方向</p> <p>10cm</p> <table border="1" data-bbox="359 1709 1417 2011"> <tr> <td rowspan="6">凡 例</td> <td></td> <td>走向・傾斜を計測した筋状組織</td> <td></td> <td>緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (明瞭)</td> <td></td> <td>多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (不明瞭)</td> <td></td> <td>試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (明瞭)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (不明瞭)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>傾斜方向</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	凡 例		走向・傾斜を計測した筋状組織		緻密で硬質な礫		割れ目 (明瞭)		多孔質な礫		割れ目 (不明瞭)		試験面		筋状組織 (明瞭)				筋状組織 (不明瞭)				傾斜方向		
凡 例			走向・傾斜を計測した筋状組織		緻密で硬質な礫																					
			割れ目 (明瞭)		多孔質な礫																					
			割れ目 (不明瞭)		試験面																					
			筋状組織 (明瞭)																							
			筋状組織 (不明瞭)																							
		傾斜方向																								
備考	筋状組織																									

図-1.6(6) 割れ目及び筋状組織を含む岩盤を対象としたブロックせん断試験の試験面状況
1-13

表-1.1 岩盤變形試驗結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	変形係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		割線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		接線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		備考
			荷重範囲 (N/mm^2)		荷重範囲 (N/mm^2)		荷重範囲 (N/mm^2)		
			0.30~1.50	2.00~3.00	0~1.50	0~3.00	0.30~1.50	2.00~3.00	
淡灰色火山礫凝灰岩 lltf	E坑	J-11	2.11	2.01	2.45	2.16	2.19	2.26	均質
		J-12	1.32	1.00	1.36	1.14	1.35	1.44	均質
		J-13	1.19	1.28	1.45	1.41	1.51	1.80	均質
	F坑	J-14	1.12	1.23	1.21	1.22	1.24	1.61	割れ目
		J-15	1.60	1.95	2.00	1.98	1.81	2.21	均質
		J-16	1.21	1.22	1.32	1.28	1.30	1.60	筋状組織
		J-17	1.31	1.33	1.52	1.46	1.42	1.64	均質
	平均		1.41	1.43	1.62	1.52	1.55	1.79	

表-1.2 支持力試験結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	上限降伏値 (N/mm ²)	極限支持力 (N/mm ²)	備考
淡灰色火山礫凝灰岩 lltf	E坑	S-11	6.8	14.0以上	均質
		S-12	6.1	14.0以上	均質
		S-13	5.4	14.0以上	均質
	F坑	S-14	4.7	13.4	割れ目
		S-15	7.8	14.0	均質
		S-16	5.3	13.1	筋状組織
		S-17	6.9	14.0以上	均質
	平均		6.1	13.8以上	

表-1.3 ブロックせん断試験結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	初期垂直荷重 (N/mm ²)	破壊時		強度定数		備考
				垂直荷重 (N/mm ²)	せん断荷重 (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	ϕ (°)	
淡灰色火山礫凝灰岩 lltf	E坑	B-5	0.00	0.20	0.74	0.52	35	均質
			0.50	0.81	1.12			均質
			1.00	1.42	1.55			均質
			1.50	1.99	1.85			均質
	F坑	B-6	0.00	0.11	0.42			筋状組織
			0.00	0.19	0.71			均質
			0.50	0.78	1.04			割れ目
			1.00	1.39	1.47			割れ目
			1.50	2.01	1.90			筋状組織

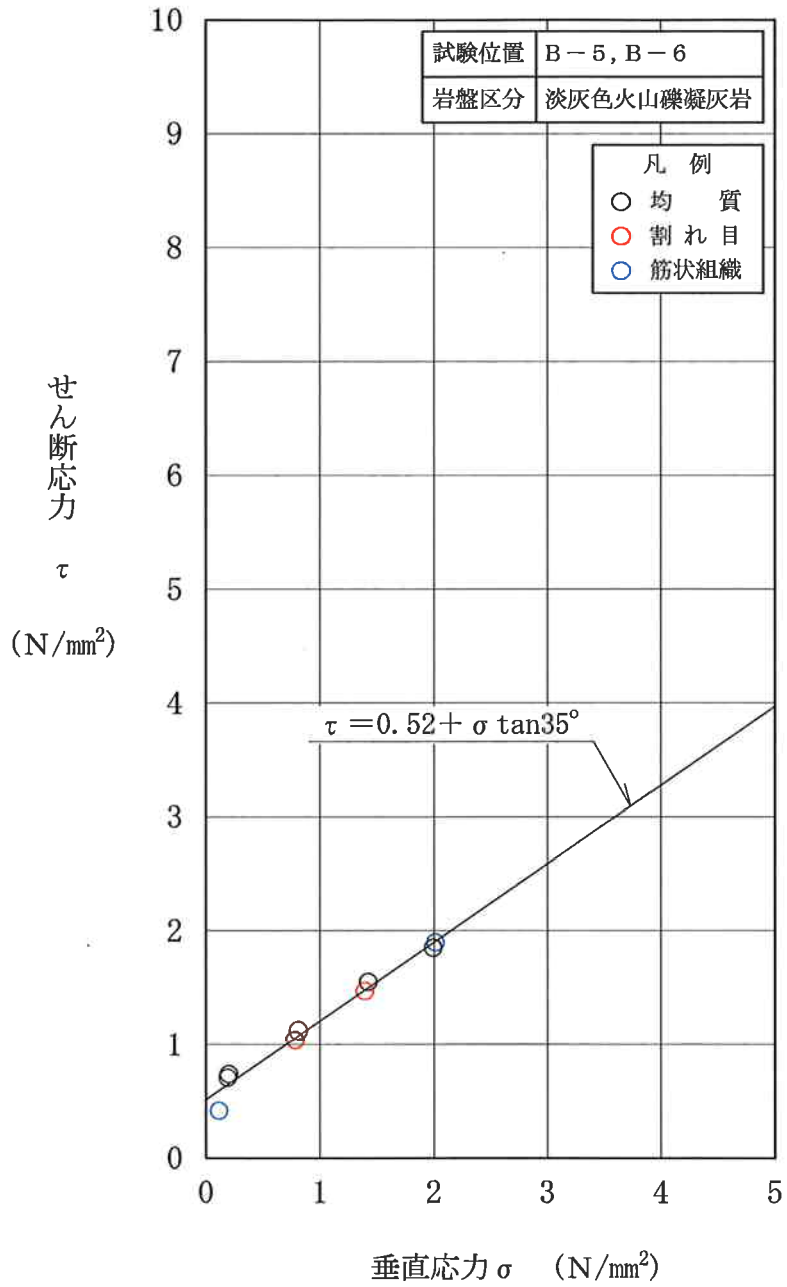


図-1.7 ブロックせん断試験結果図

2. 岩盤変形試験における J-11 の割線弾性係数が大きい理由について

1) 淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤変形試験において， J-11 の割線弾性係数が大きい理由を説明すること。

岩盤変形試験は図-2.1 に示すように、淡灰色火山礫凝灰岩がE坑で3箇所、F坑で4箇所の合計7箇所で試験を実施している。このうちJ-11を含む均質の岩盤（明瞭な割れ目及び筋状組織を含まない岩盤）を対象とした5箇所について、試験面の試験前の地質スケッチを図-2.2に示す。図-2.2によれば5箇所いずれも硬質で大きな礫を含まず、J-11の試験面は地質的に特異でないことが分るとしている。

その他の岩盤区分としては、安山岩溶岩（塊状・不規則性節理部）がA坑の4箇所、安山岩溶岩（塊状・規則性節理部）がC坑の3箇所、安山岩溶岩（角礫状）がD坑の3箇所で岩盤変形試験を実施しており、J-11を含む淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤変形試験結果との比較を表-2.1及び図-2.3に示す。

これらによれば、割線弾性係数（荷重範囲0～約 1.5N/mm^2 ）は以下のとおりとしている。

- ・ 淡灰色火山礫凝灰岩は、 $1.21 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-14）～ $2.45 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-11）、平均値 $1.62 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、変動係数27.8%である。
- ・ 安山岩溶岩（塊状・不規則性節理部）は、 $0.95 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-1）～ $2.47 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-4）、平均値 $1.63 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、変動係数38.7%である。
- ・ 安山岩溶岩（塊状・規則性節理部）は、 $1.41 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-5）～ $3.11 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-6）、平均値 $2.18 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 、変動係数39.4%である。

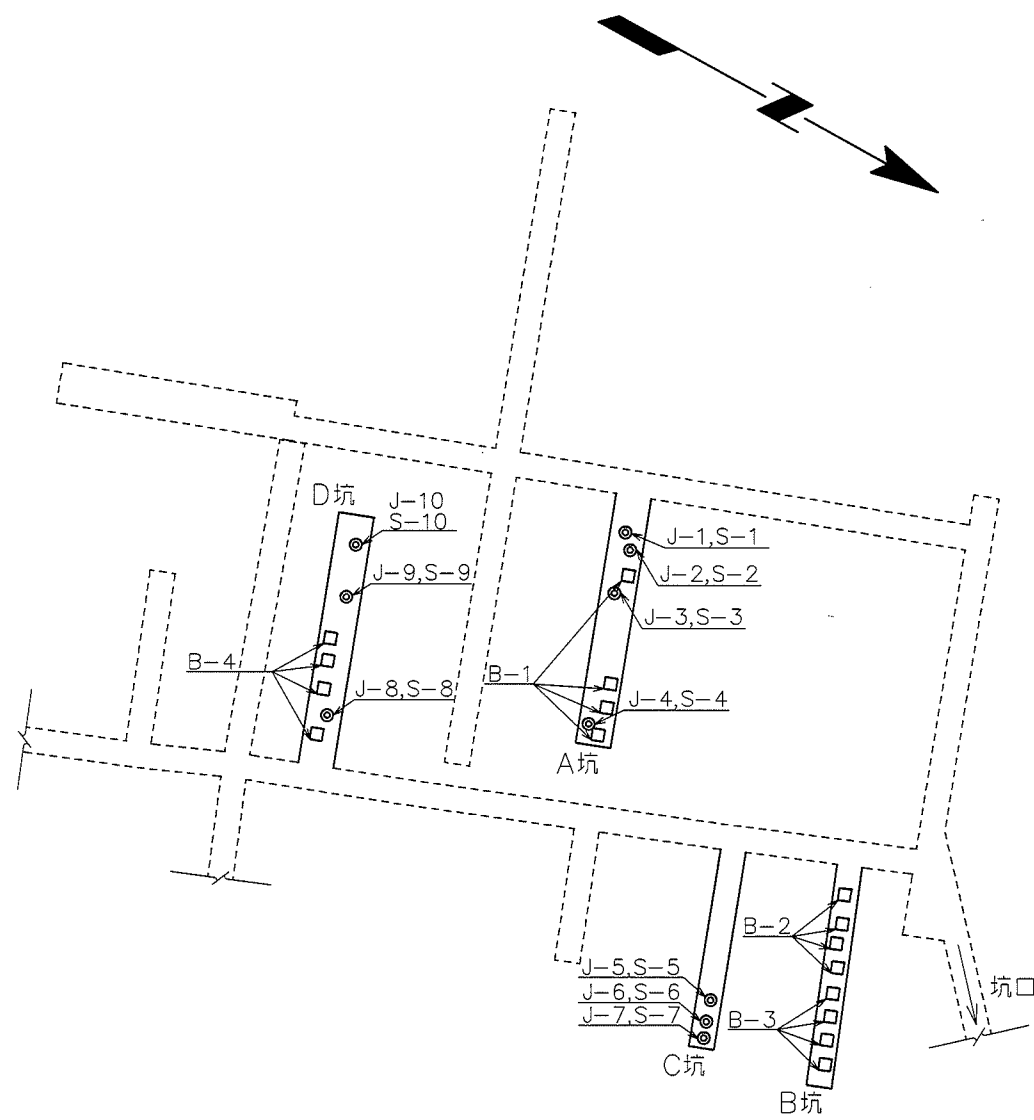
- ・ 安山岩溶岩（角礫状）は， $1.83 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-8）～ $3.02 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ （J-10），平均値 $2.47 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ ，変動係数 24.3%である。

したがって，淡灰色火山礫凝灰岩の最大値である J-11 の試験結果と最小値 J-14 や平均値との差は，他の岩盤区分の最大値と最小値または最大値と平均値との差と変わりなく，値それ自体も特に大きいわけではないので，淡灰色火山礫凝灰岩の J-11 の試験値は，各岩盤区分の試験結果のバラツキと同等の範囲内であるとしている。

なお，仮に J-11 を除いた場合の 6 箇所淡灰色火山礫凝灰岩の割線弾性係数（荷重範囲 $0 \sim 1.5 \text{N/mm}^2$ ）の平均値は， $1.48 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ となり，7 箇所の平均値 $1.62 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ との差は小さいとしている。

また，岩石試験である一軸圧縮試験により求めた淡灰色火山礫凝灰岩の静弾性係数の平均値は $1.02 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ ，その変動係数は 27.5% であることから，J-11 を含めた淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤変形試験結果のバラツキの範囲は岩石試験の結果と同等であるとしている。

以上のことから，J-11 の試験結果は，岩盤変形試験のバラツキの範囲内であるとしている。



岩盤変形試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
J-1	A坑	安山岩溶岩(塊状・不規則性節理部)
J-2		
J-3		
J-4		
J-5	C坑	安山岩溶岩(塊状・規則性節理部)
J-6		
J-7		
J-8	D坑	安山岩溶岩(角礫状)
J-9		
J-10		

支持力試験

試験位置	試験箇所	岩盤区分
S-1	A坑	安山岩溶岩(塊状・不規則性節理部)
S-2		
S-3		
S-4		
S-5	C坑	安山岩溶岩(塊状・規則性節理部)
S-6		
S-7		
S-8	D坑	安山岩溶岩(角礫状)
S-9		
S-10		

ブロックせん断試験

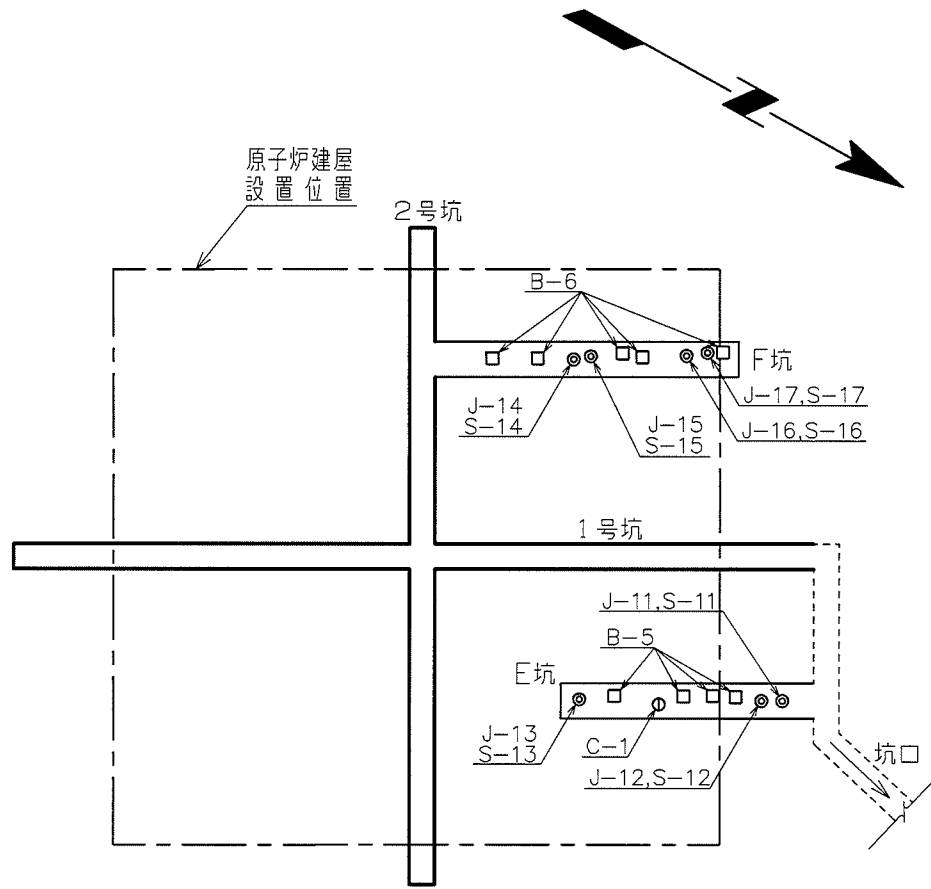
試験位置	試験箇所	岩盤区分
B-1	A坑	安山岩溶岩(塊状・不規則性節理部)
B-2	B坑	安山岩溶岩(塊状・規則性節理部)
B-3		
B-4	D坑	安山岩溶岩(角礫状)

凡例

◎	岩盤変形・支持力試験
□	ブロックせん断試験
▭	試験坑
[]	補足調査坑



図-2.1(1) 岩盤試験位置図



岩盤変形試験		
試験位置	試験箇所	岩盤区分
J-11	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
J-12		
J-13		
J-14	F坑	
J-15		
J-16		
J-17		

支持力試験		
試験位置	試験箇所	岩盤区分
S-11	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
S-12		
S-13		
S-14	F坑	
S-15		
S-16		
S-17		

ブロックせん断試験		
試験位置	試験箇所	岩盤区分
B-5	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩
B-6	F坑	

岩盤クリープ試験		
試験位置	試験箇所	岩盤区分
C-1	E坑	淡灰色火山礫凝灰岩

凡 例

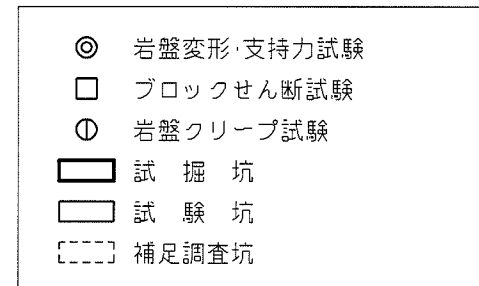


図-2.1(2) 岩盤試験位置図


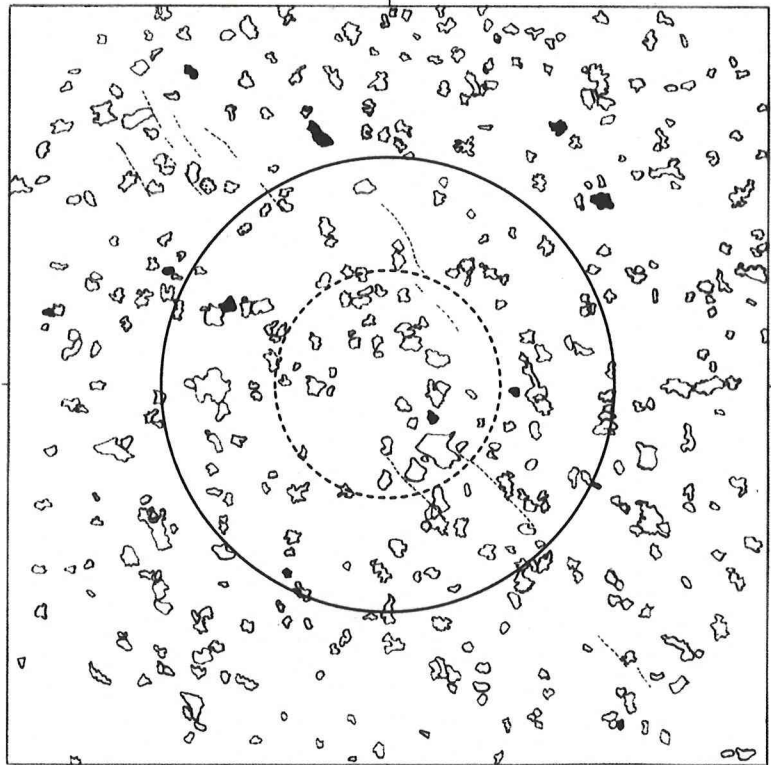
試験位置	J-11, S-11			
写真	 <p>A photograph of a dark, circular rock sample. A white circular ring is placed around the sample. To the right, a vertical ruler shows measurements from 2 to 9 cm. At the top, there is a color calibration strip. At the bottom, a white label contains the text: ③ 坑 変形試験面 E-1 坑口側→</p>			
スケッチ	 <p>A schematic sketch of the rock sample. It shows a large circle representing the sample, with a smaller dashed circle inside. The sketch is filled with irregular shapes representing pores and cracks. A 10cm scale bar is shown at the bottom right.</p> <table border="1" data-bbox="351 1691 1412 1960"> <tr> <td data-bbox="351 1691 494 1960">凡例</td> <td data-bbox="494 1691 973 1960"> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p> </td> <td data-bbox="973 1691 1412 1960"> <p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p> </td> </tr> </table>	凡例	<p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p>	<p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p>
凡例	<p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (明瞭)</p> <p>S 筋状組織 (不明瞭)</p>	<p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p>		
備考	均質			

図-2.2(1) 均質の岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況

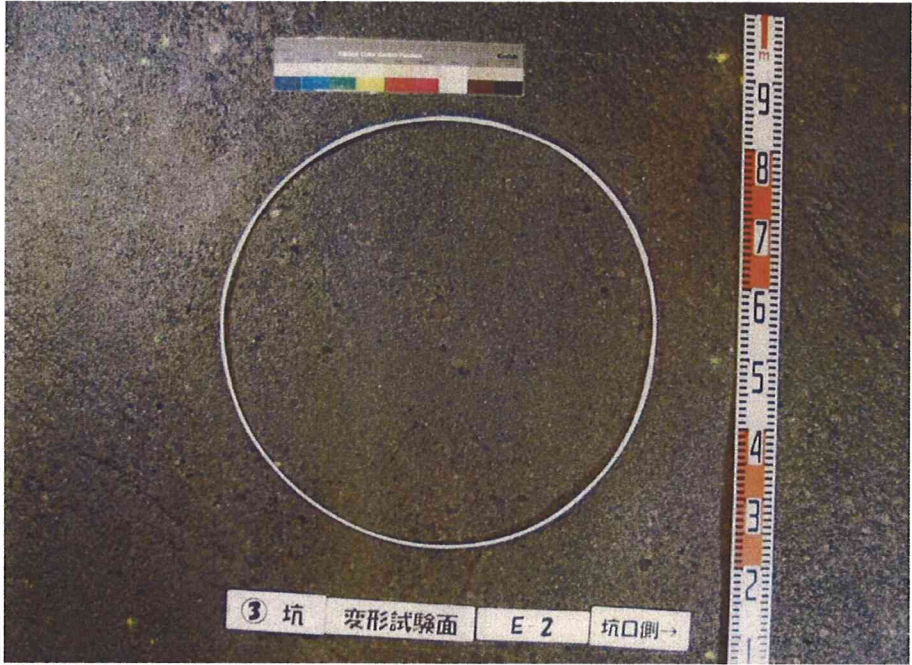
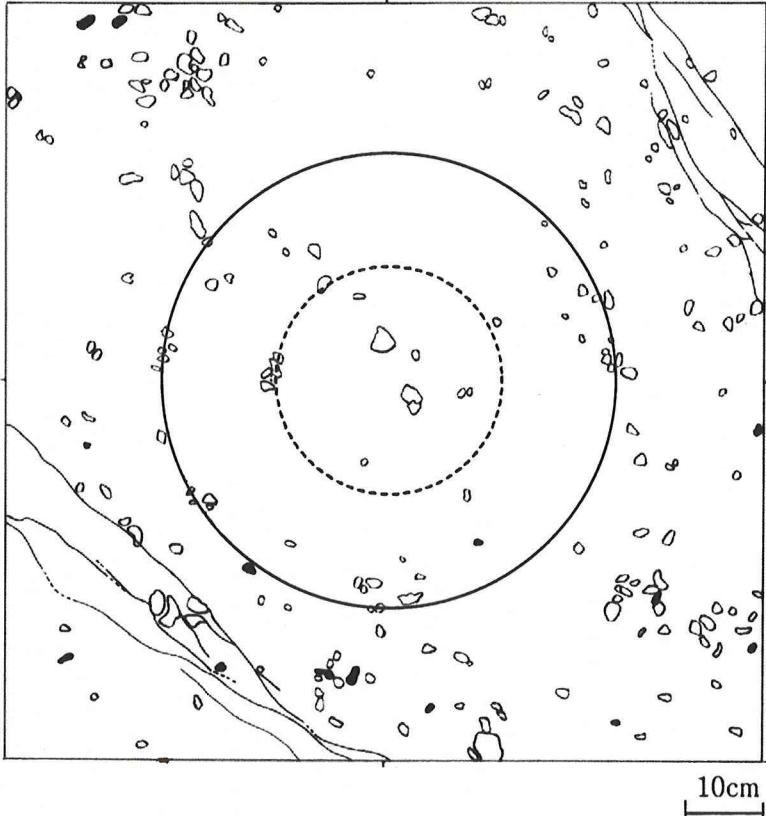
試験位置	J-12, S-12		
写真			
スケッチ	 <div data-bbox="352 1715 1414 1984" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>凡例</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (不明瞭)</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p> </td> </tr> </table> </div>	<p>凡例</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (不明瞭)</p>	<p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p>
<p>凡例</p> <p>— 割れ目 (明瞭)</p> <p>- - - 割れ目 (不明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (明瞭)</p> <p><u>S</u> 筋状組織 (不明瞭)</p>	<p>■ 緻密で硬質な礫</p> <p>○ 多孔質な礫</p> <p>○ 変形試験面</p> <p>○ 支持力試験面</p>		
備考	均質		

図-2.2(2) 均質の岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況
2-6


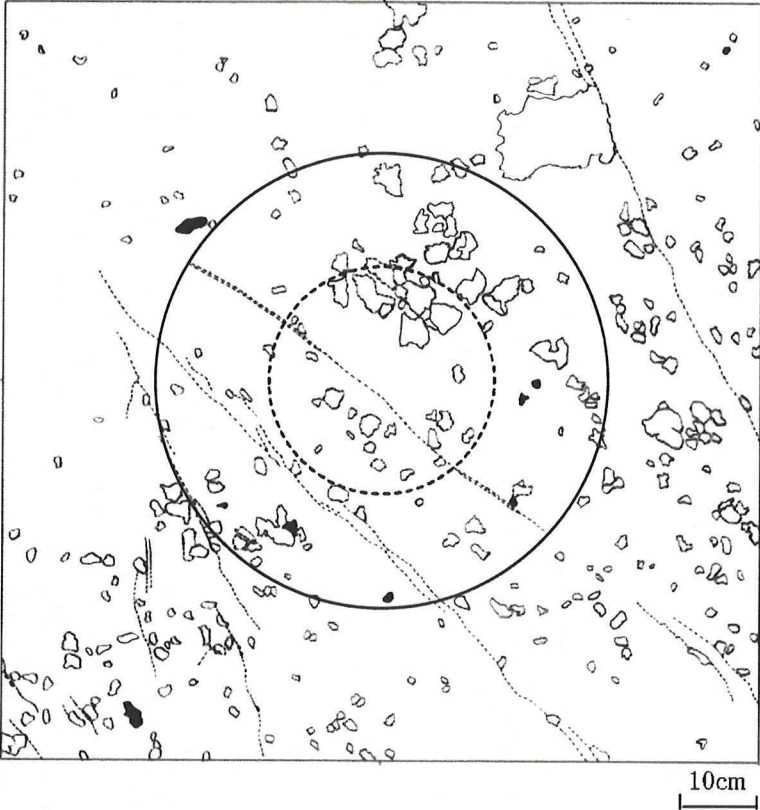





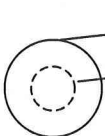






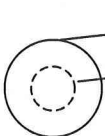






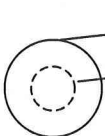

試験位置	J-13, S-13										
写真											
スケッチ	 <div data-bbox="354 1697 1414 1966" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 35%;"> 割れ目 (明瞭)</td> <td style="width: 35%;"> 緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td> 割れ目 (不明瞭)</td> <td> 多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">凡 例</td> <td> 筋状組織 (明瞭)</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">  変形試験面 支持力試験面 </td> </tr> <tr> <td> 筋状組織 (不明瞭)</td> </tr> </table> </div>		 割れ目 (明瞭)	 緻密で硬質な礫		 割れ目 (不明瞭)	 多孔質な礫	凡 例	 筋状組織 (明瞭)	 変形試験面 支持力試験面	 筋状組織 (不明瞭)
	 割れ目 (明瞭)	 緻密で硬質な礫									
	 割れ目 (不明瞭)	 多孔質な礫									
凡 例	 筋状組織 (明瞭)	 変形試験面 支持力試験面									
	 筋状組織 (不明瞭)										
備考	均 質										

図-2.2(3) 均質の岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況
2-7

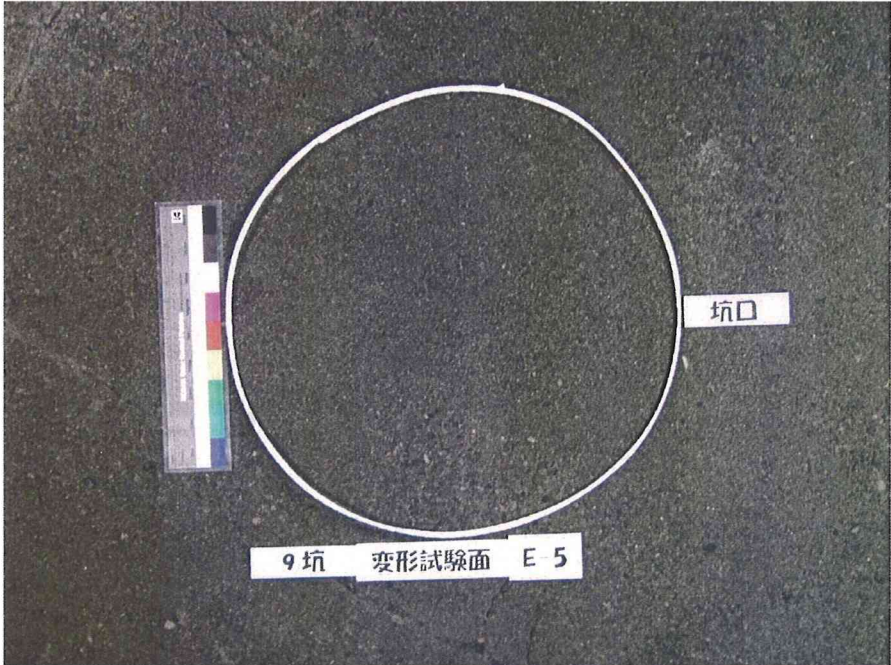
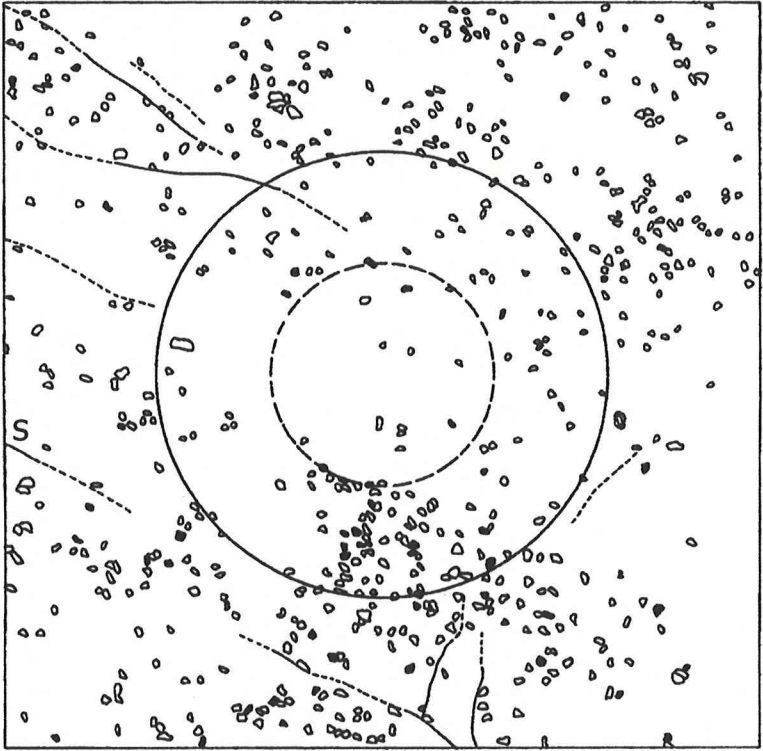





















試験位置	J-15, S-15																	
写真																		
スケッチ	 <div data-bbox="352 1700 1410 1966"> <table border="0"> <tr> <td rowspan="4">凡 例</td> <td></td> <td>割れ目 (明瞭)</td> <td></td> <td>緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (不明瞭)</td> <td></td> <td>多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (明瞭)</td> <td></td> <td>変形試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (不明瞭)</td> <td></td> <td>支持力試験面</td> </tr> </table> </div>	凡 例		割れ目 (明瞭)		緻密で硬質な礫		割れ目 (不明瞭)		多孔質な礫		筋状組織 (明瞭)		変形試験面		筋状組織 (不明瞭)		支持力試験面
凡 例			割れ目 (明瞭)		緻密で硬質な礫													
			割れ目 (不明瞭)		多孔質な礫													
			筋状組織 (明瞭)		変形試験面													
		筋状組織 (不明瞭)		支持力試験面														
備考	均 質																	

図-2.2(4) 均質の岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況

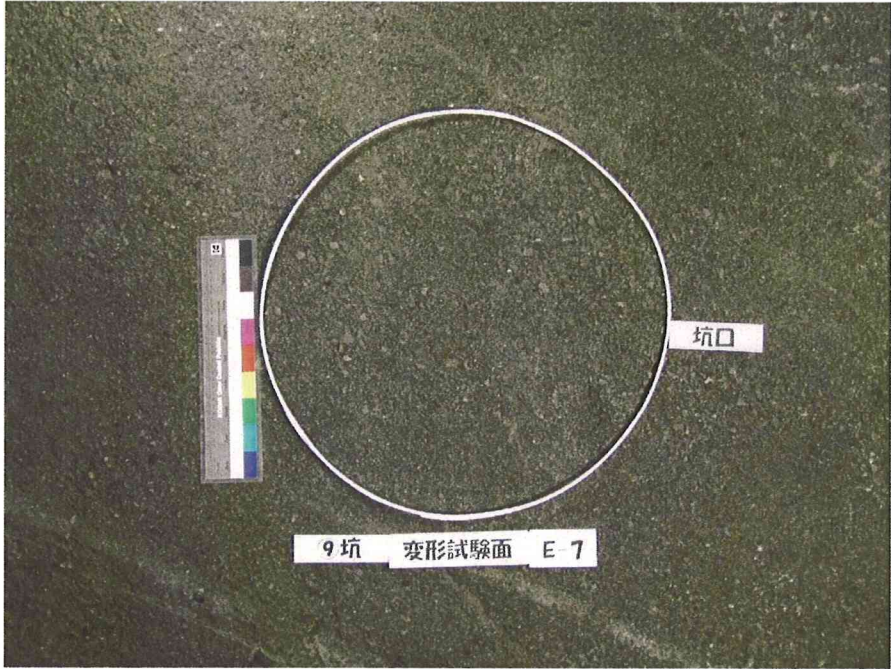
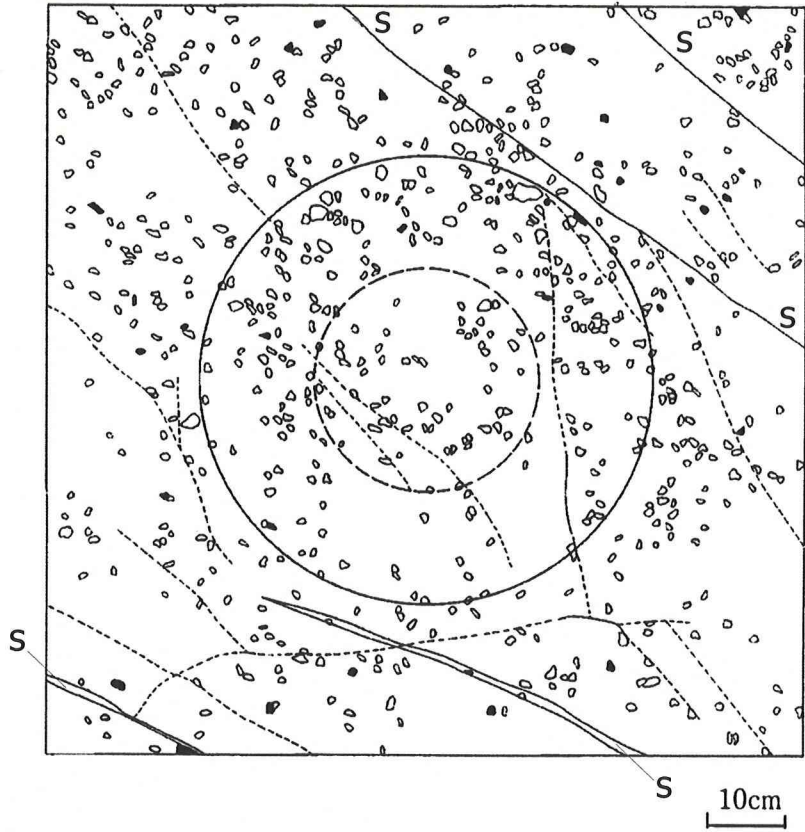





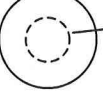






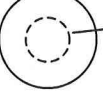






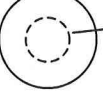

試験位置	J-17, S-17																	
写真																		
スケッチ	 <p style="text-align: right;">10cm</p> <table border="1" data-bbox="352 1697 1410 1966"> <tr> <td rowspan="4">凡 例</td> <td></td> <td>割れ目 (明瞭)</td> <td></td> <td>緻密で硬質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>割れ目 (不明瞭)</td> <td></td> <td>多孔質な礫</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (明瞭)</td> <td></td> <td>変形試験面</td> </tr> <tr> <td></td> <td>筋状組織 (不明瞭)</td> <td></td> <td>支持力試験面</td> </tr> </table>	凡 例		割れ目 (明瞭)		緻密で硬質な礫		割れ目 (不明瞭)		多孔質な礫		筋状組織 (明瞭)		変形試験面		筋状組織 (不明瞭)		支持力試験面
凡 例			割れ目 (明瞭)		緻密で硬質な礫													
			割れ目 (不明瞭)		多孔質な礫													
			筋状組織 (明瞭)		変形試験面													
		筋状組織 (不明瞭)		支持力試験面														
備考	均 質																	

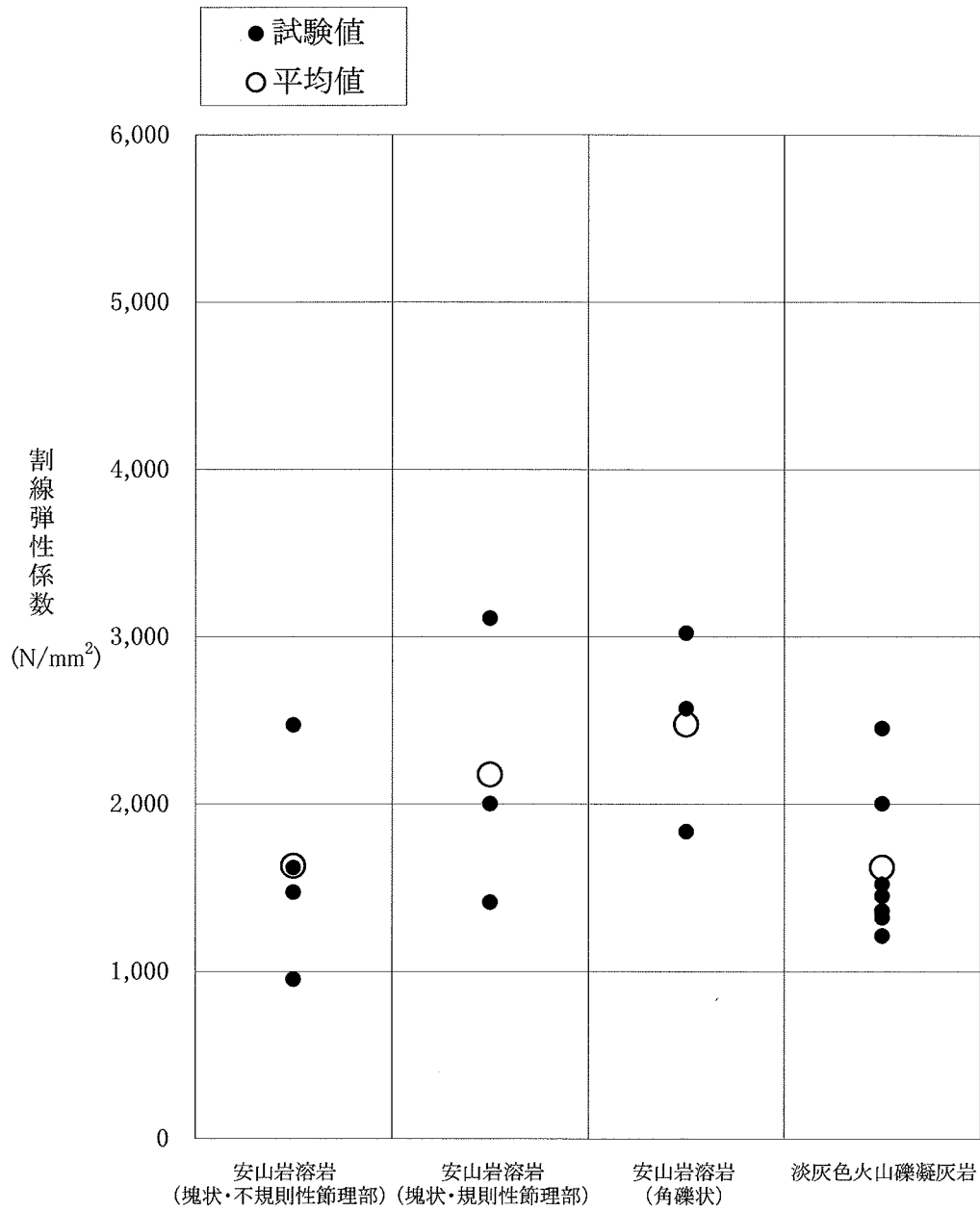
図-2.2(5) 均質の岩盤を対象とした岩盤変形・支持力試験の試験面状況
2-9

表-2.1(1) 岩盤變形試驗結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	変形係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		割線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		接線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)	
			荷重範囲 (N/mm ²)		荷重範囲(N/mm ²)		荷重範囲(N/mm ²)	
			0.49~1.47	1.96~2.94	0~1.47	0~2.94	0.49~1.47	1.96~2.94
安山岩溶岩 (塊状・不規則性節理部) mlv (I) 4箇所	A坑	J-1	0.78	1.08	0.95	1.02	0.98	1.48
		J-2	0.92	1.31	1.47	1.64	1.51	2.27
		J-3	1.46	1.96	1.62	1.83	1.77	2.66
		J-4	1.84	2.39	2.47	2.63	2.69	3.63
		平均	1.26	1.69	1.63	1.78	1.74	2.51
		標準偏差	0.49	0.60	0.63	0.67	0.72	0.89
		変動係数(%)	38.9	35.5	38.7	37.6	41.4	35.5
安山岩溶岩 (塊状・規則性節理部) mlv (R) 3箇所	C坑	J-5	1.11	2.05	1.41	1.67	1.51	3.07
		J-6	2.54	3.02	3.11	3.45	3.45	5.53
		J-7	1.60	2.31	2.00	2.46	2.47	4.10
		平均	1.75	2.46	2.18	2.53	2.48	4.24
		標準偏差	0.73	0.50	0.86	0.89	0.97	1.24
		変動係数(%)	41.7	20.3	39.4	35.2	39.1	29.2
安山岩溶岩 (角礫状) blv 3箇所	D坑	J-8	1.71	1.83	1.83	1.87	1.89	2.31
		J-9	2.23	2.39	2.57	2.57	2.42	3.11
		J-10	2.47	2.63	3.02	2.83	2.88	3.33
		平均	2.14	2.28	2.47	2.42	2.40	2.92
		標準偏差	0.39	0.41	0.60	0.50	0.50	0.54
		変動係数(%)	18.2	18.0	24.3	20.7	20.8	18.5

表-2.1(2) 岩盤変形試験結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	変形係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		割線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)		接線弾性係数 ($\times 10^3 \text{N/mm}^2$)	
			荷重範囲 (N/mm^2)		荷重範囲(N/mm^2)		荷重範囲(N/mm^2)	
			0.30~1.50	2.00~3.00	0~1.50	0~3.00	0.30~1.50	2.00~3.00
淡灰色 火山礫 凝灰岩 lltf 7箇所	E坑	J-11	2.11	2.01	2.45	2.16	2.19	2.26
		J-12	1.32	1.00	1.36	1.14	1.35	1.44
		J-13	1.19	1.28	1.45	1.41	1.51	1.80
	F坑	J-14	1.12	1.23	1.21	1.22	1.24	1.61
		J-15	1.60	1.95	2.00	1.98	1.81	2.21
		J-16	1.21	1.22	1.32	1.28	1.30	1.60
		J-17	1.31	1.33	1.52	1.46	1.42	1.64
		平均	1.41	1.43	1.62	1.52	1.55	1.79
		標準偏差	0.35	0.39	0.45	0.39	0.34	0.32
		変動係数(%)	24.8	27.3	27.8	25.7	21.9	17.9



(荷重範囲) 安山岩溶岩 0~1.47N/mm²
淡灰色火山礫凝灰岩 0~1.50N/mm²

図-2.3 岩盤変形試験結果

3. 淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤試験結果と岩石試験結果の比較について

- 1) 淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤せん断試験結果と岩石試験結果について、同じ場所での試験結果を比較して説明すること。

軟岩であり試掘坑内（炉心内）に分布する淡灰色火山礫凝灰岩については、岩盤試験と岩石試験を実施している。このうち、E坑の岩盤せん断試験（ブロックせん断試験）とE坑から採取した試料を用いた岩石試験が同じ場所での試験となることから、これらの結果の比較を行っている。

E坑での淡灰色火山礫凝灰岩のブロックせん断試験と岩石試験（圧裂試験，一軸圧縮試験，三軸圧縮試験）の強度特性の比較を図-3.1に示す。

同図によれば、ブロックせん断試験の荷重範囲では、破壊時におけるブロックせん断試験と岩石試験とのせん断応力の差は小さいものの、ブロックせん断試験の破壊時のせん断応力は岩石試験に比べてやや小さい値となっている。

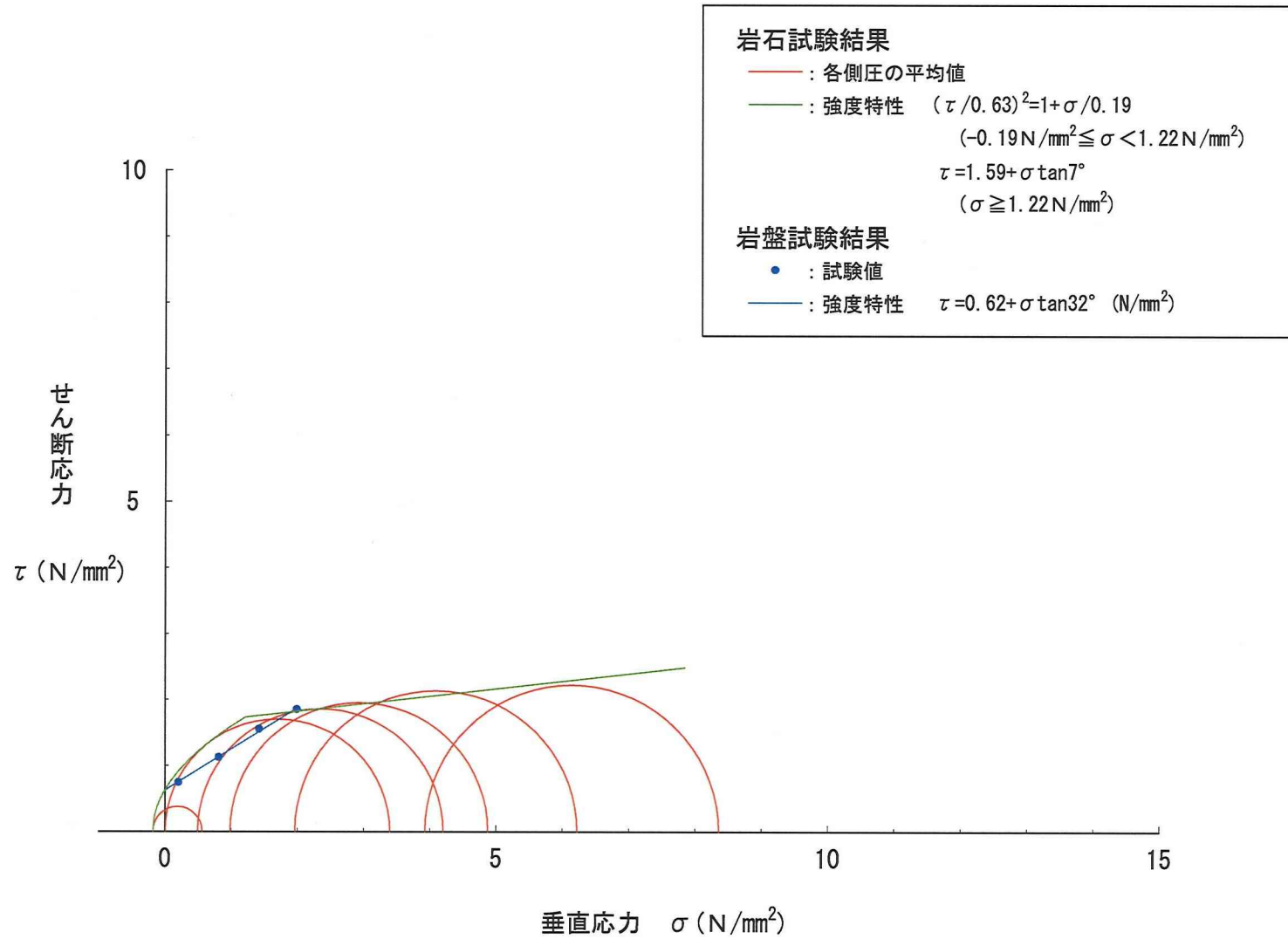


図-3.1 ブロックせん断試験と岩石試験の強度特性の比較 (E坑)

4. 淡灰色火山礫凝灰岩の解析用物性値について

- 1) 淡灰色火山礫凝灰岩の解析用物性値の設定方法について説明すること。

申請者は、淡灰色火山礫凝灰岩等の解析用物性値について以下のように設定している。

本地点の岩盤は、社団法人日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) (以下「JEAG」という。)によると、工学的には硬岩、軟岩及び風化岩に分類される。

JEAG では、硬岩は節理が発達している場合が多いので原位置岩盤試験を主体とした評価を行い、軟岩は節理が少なく一般に岩石試験の結果と岩盤試験の結果との一致度が高いため調査試験は主として室内試験によるとされている。また、風化岩は、硬岩で行われる各種試験法や土質試験法を岩の硬軟により使い分けるとされている。

これらのことから、本地点では、JEAG の考え方を参考に各岩盤区分について風化、硬さ、割れ目の状況によって硬岩、軟岩等に分類し、それぞれに応じた試験結果により解析用物性値(強度・静的変形特性)を設定している。解析用物性値設定のフローを、図-4.1 に示す。

同図によると、火山砕屑岩(風化部)と堆積岩(風化部)の風化岩は、土質試験により評価している。安山岩溶岩(塊状・規則性節理部)、安山岩溶岩(塊状・不規則性節理部)については、節理の発達している硬岩であることから岩盤試験により評価している。試掘坑内に分布する淡灰色火山礫凝灰岩は全体的に塊状な軟岩であるが、局所的に開口性の割れ目等が存在することから割れ目を対象とした試験も含む岩盤試験により評価している。開口性の割れ目の存在しない細粒凝灰岩、粗粒凝灰岩、暗灰色火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、

酸性凝灰岩，軽石凝灰岩，火山砕屑岩（クリンカー質部），シルト岩，シルト岩（硬質部），安山岩溶岩（角礫状）及び玄武岩（角礫状）の11種類の軟岩は，岩石試験により評価している。

また，デイサイトについては，節理の発達した硬岩に区分されるが，試掘坑内に分布しないことから，表-4.1 に示すボーリングコアのRQDの値の類似性から安山岩溶岩（塊状・不規則性節理部）の岩盤試験結果を解析用物性値として用いている。

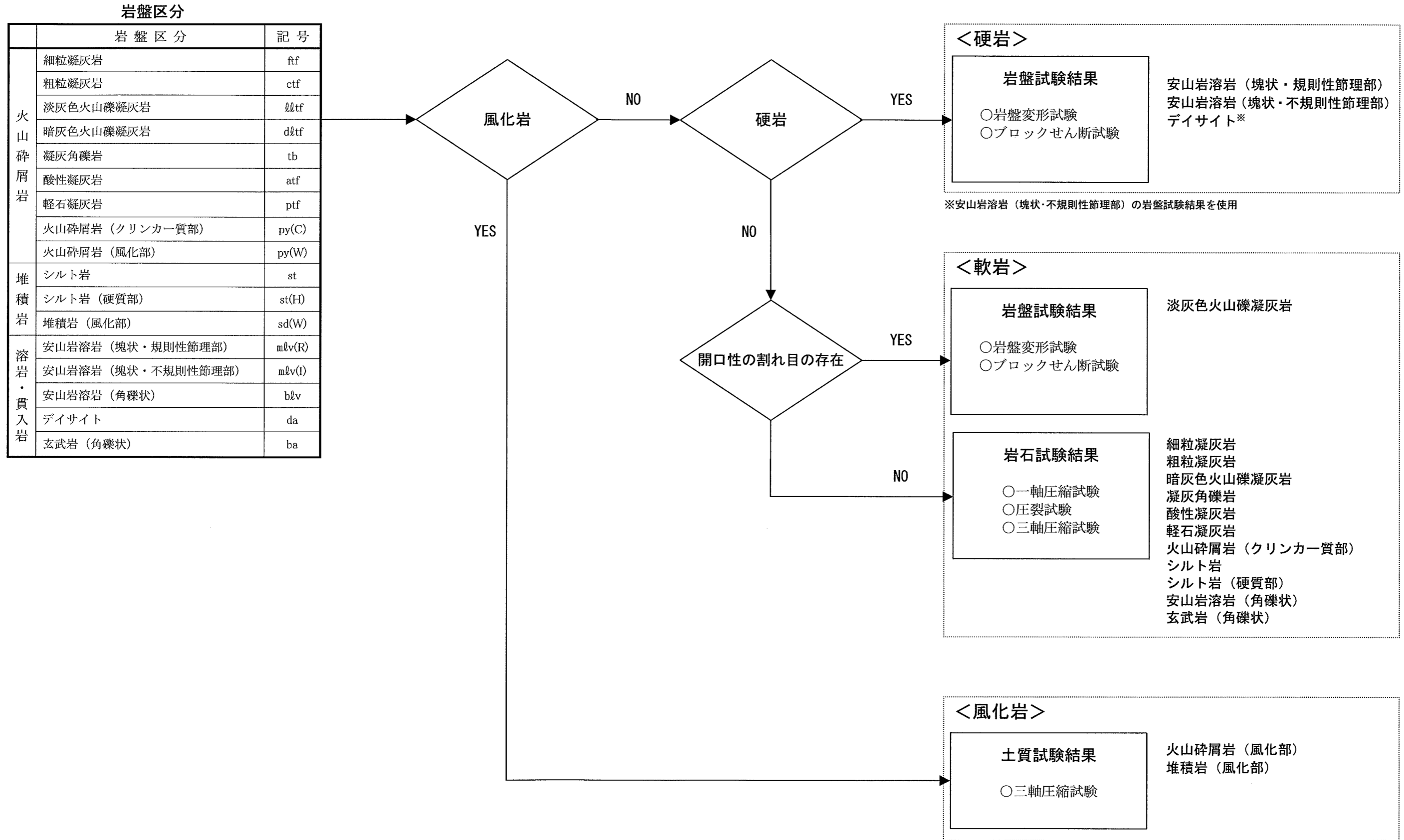


図-4.1 解析用物性値のフロー図

表-4.1 試験結果の比較

		硬 岩			軟 岩
		デイサイト	安山岩溶岩 (塊状・規則性節理部)	安山岩溶岩 (塊状・不規則性節理部)	淡灰色火山礫凝灰岩
岩 石 試 験	密度(自然) (g/cm ³)	2.37	2.38	2.34	1.81
	密度(湿潤) (g/cm ³)	2.39	2.40	2.36	1.83
	吸水率 (%)	5.7	5.8	7.4	28.0
	有効間隙率 (%)	12.8	13.1	16.2	39.8
	P波速度 (km/s)	3.86	3.76	3.80	1.76
	S波速度 (km/s)	2.02	2.01	2.04	0.84
	動弾性係数 ($\times 10^3$ N/mm ²)	25.50	24.91	25.20	3.46
	動ポアソン比	0.31	0.29	0.29	0.35
	引張強度 (N/mm ²)	6.20	5.49	3.27	0.21
	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	78.36	44.33	20.40	3.02
	静弾性係数 ($\times 10^3$ N/mm ²)	13.24	7.98	5.68	1.02
静ポアソン比	0.27	0.24	0.30	0.45	
P S 検 層	P波速度 (km/s)	3.77	2.63	2.63	1.91
	S波速度 (km/s)	1.63	1.12	1.12	0.83
	動ポアソン比	0.39	0.39	0.39	0.38
RQD		59	81	52	92

5. 淡灰色火山礫凝灰岩のクリープ係数について

- 1) 淡灰色火山礫凝灰岩のクリープ試験において、クリープ係数を
実測値と比較して説明すること。

原子炉建屋の沈下に対する安全性を検討する目的から、原子炉建屋基礎底面地盤である淡灰色火山礫凝灰岩を対象に、60日間の三軸クリープ試験（岩石クリープ試験）を実施している。試験は、圧密排水条件（CD条件）及び原子炉建屋の常時荷重 0.61N/mm^2 を上回る 0.7N/mm^2 の軸差応力を載荷する方法で行っている。表-5.1 に示すように、試験結果を5要素のレオロジーモデル（5要素モデル）で近似しクリープ係数を求めると、 $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 0.14$ ($\alpha_1 = 0.05$, $\alpha_2 = 0.09$), $\beta_1 = 3.8/\text{day}$, $\beta_2 = 0.062/\text{day}$ となる。試験結果と近似曲線の比較を図-5.1 に示す。

また、E坑において淡灰色火山礫凝灰岩を対象に、8日間の岩盤クリープ試験を実施している。試験は、載荷板直径 60cm 、載荷荷重 0.7N/mm^2 の条件で行っている。表-5.2 に示すように、試験結果を岩石クリープ試験と同様に5要素モデルで近似し、クリープ係数を求めると $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 0.08$ ($\alpha_1 = 0.02$, $\alpha_2 = 0.06$), $\beta_1 = 16/\text{day}$, $\beta_2 = 0.20/\text{day}$ となる。試験結果と近似曲線の比較を図-5.2 に示す。

これらの図によれば、5要素モデルは試験結果を良く近似できているとしている。

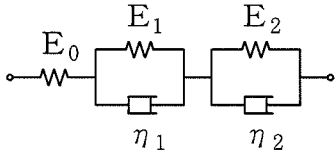
また、沈下に対する安全性の検討では、図-5.3 に示すように、クリープ係数 α が大きいほど沈下量は大きくなり、安全側の評価となることから、岩盤クリープ試験に比べてクリープ係数 α の大きい岩石クリープ試験のクリープ係数 $\alpha = 0.14$ を用いるとしている。

表-5.1 岩石クリープ試験結果

岩盤区分	軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ (N/mm ²)	側圧 σ_3 (N/mm ²)	弾性ひずみ ϵ_e (%)	最終ひずみ ϵ (%)	クリープ係数				
					α ($\alpha_1 + \alpha_2$)	α_1	α_2	β_1 (1/day)	β_2 (1/day)
淡灰色火山礫凝灰岩 lltf	0.7	0.1	0.111	0.123	0.11	0.03	0.08	3.1	0.034
	0.7	0.2	0.107	0.121	0.13	0.05	0.08	2.9	0.072
	0.7	0.5	0.107	0.120	0.12	0.04	0.08	5.4	0.083
	0.7	0.8	0.096	0.113	0.18	0.06	0.12	3.9	0.058
	平均			0.105	0.120	0.14	0.05	0.09	3.8

5-2

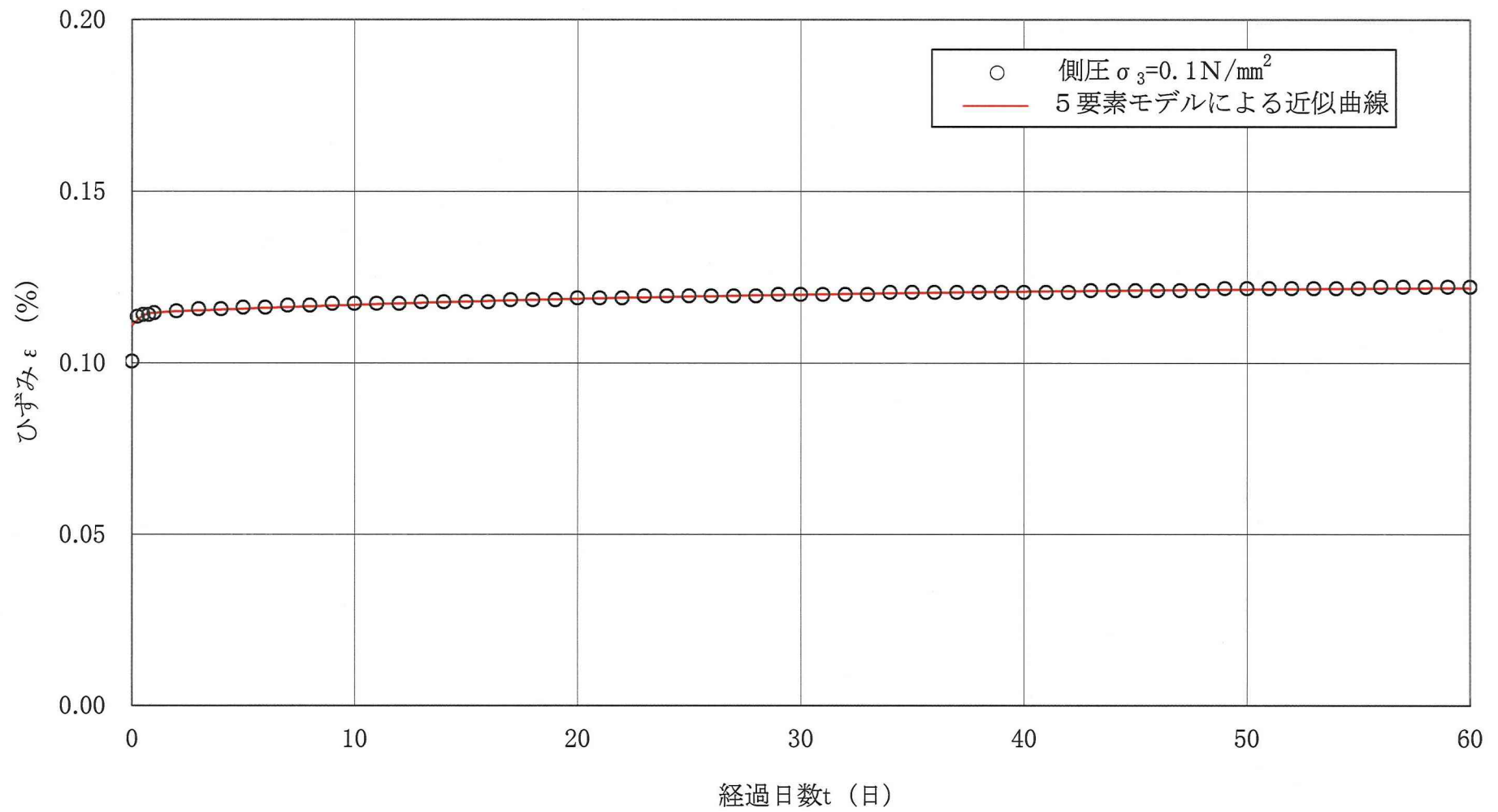
5要素モデル



$$\begin{aligned} \epsilon &= \epsilon_e + \epsilon_c \\ &= \epsilon_e \{1 + \alpha_1(1 - e^{-\beta_1 t}) + \alpha_2(1 - e^{-\beta_2 t})\} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= E_0 / E_1, & \alpha_2 &= E_0 / E_2 \\ \beta_1 &= E_1 / \eta_1, & \beta_2 &= E_2 / \eta_2 \end{aligned}$$

図-5.1(1) 岩石クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3=0.1 \text{ N/mm}^2$)

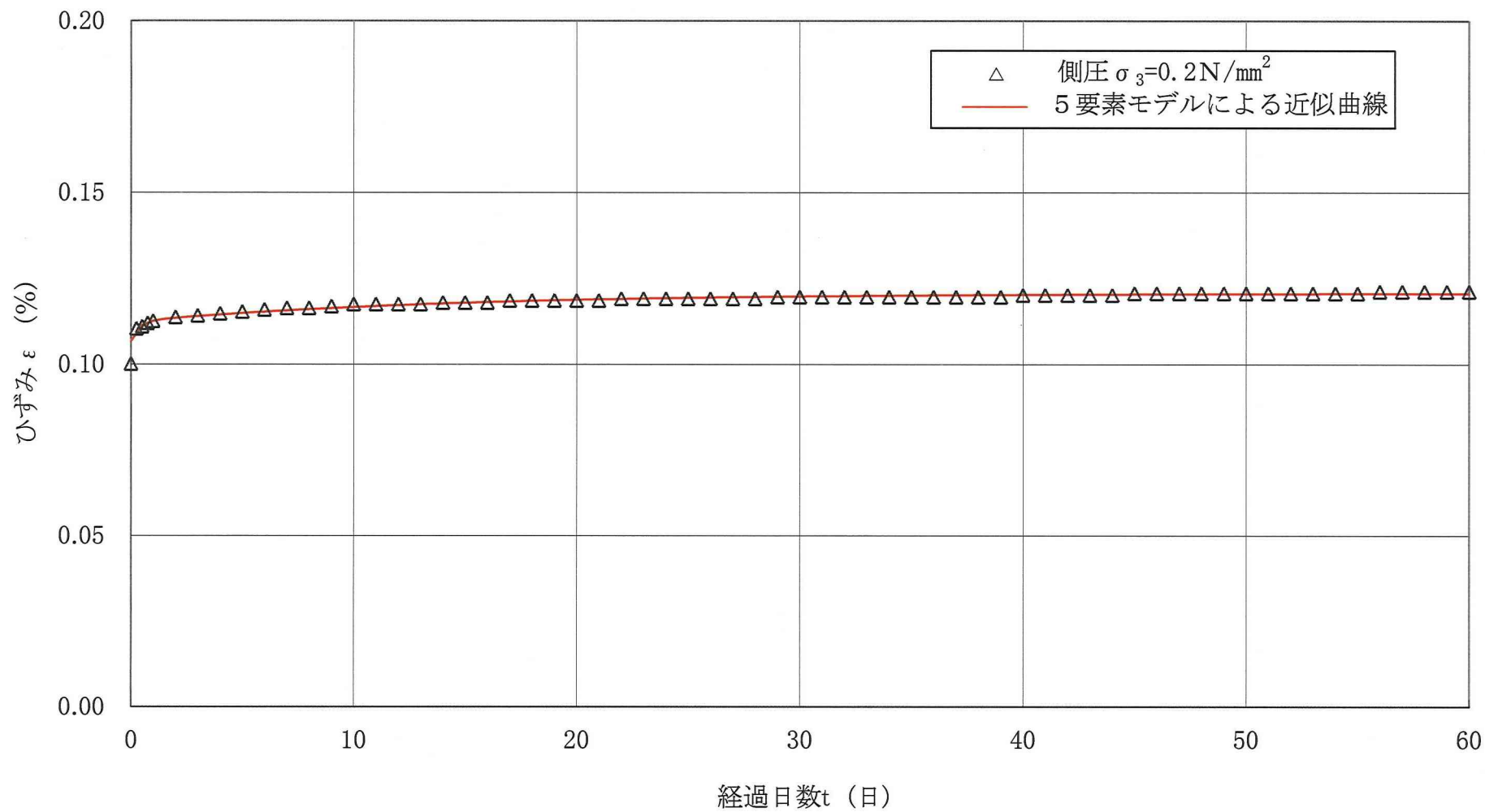
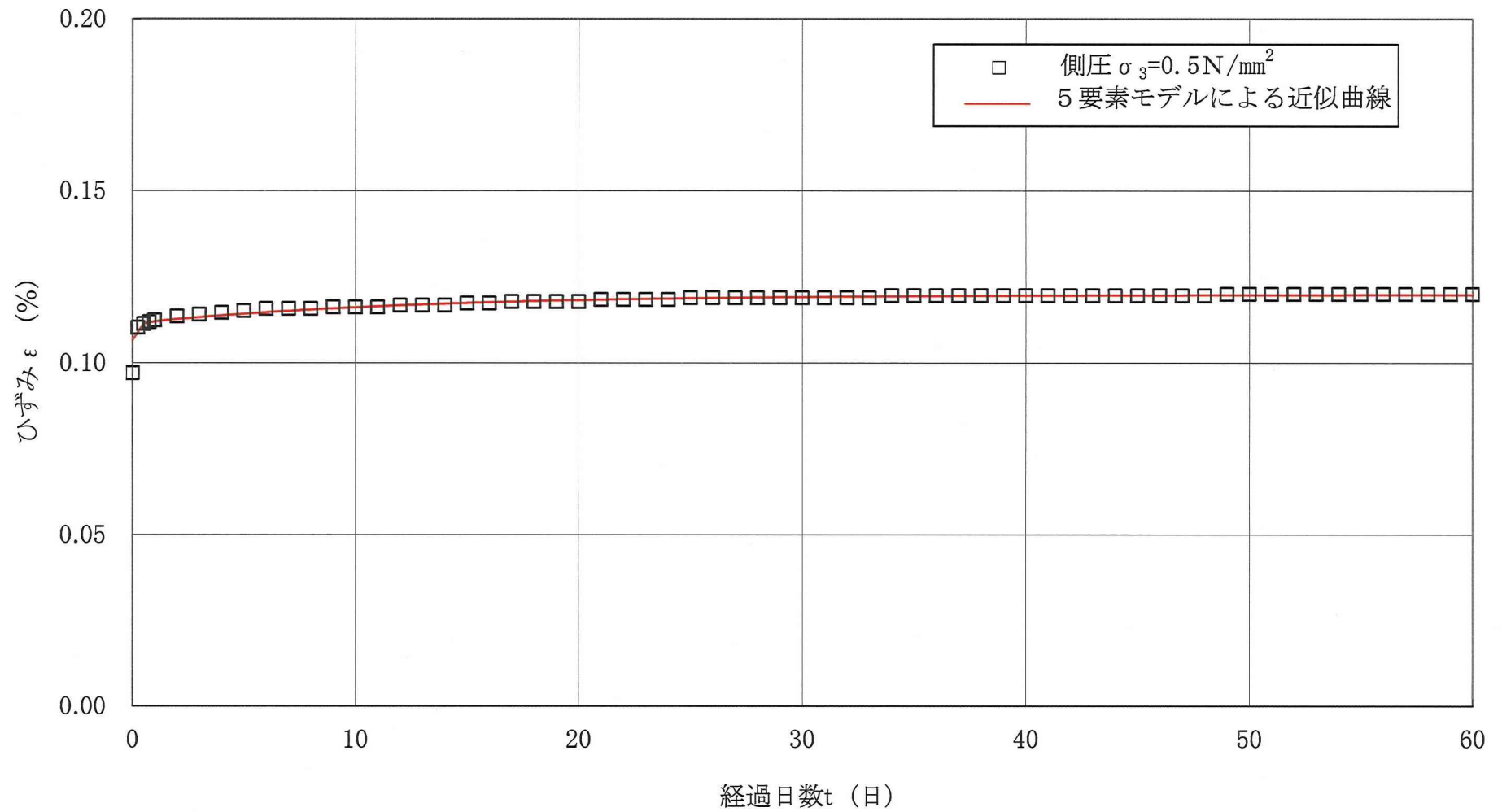
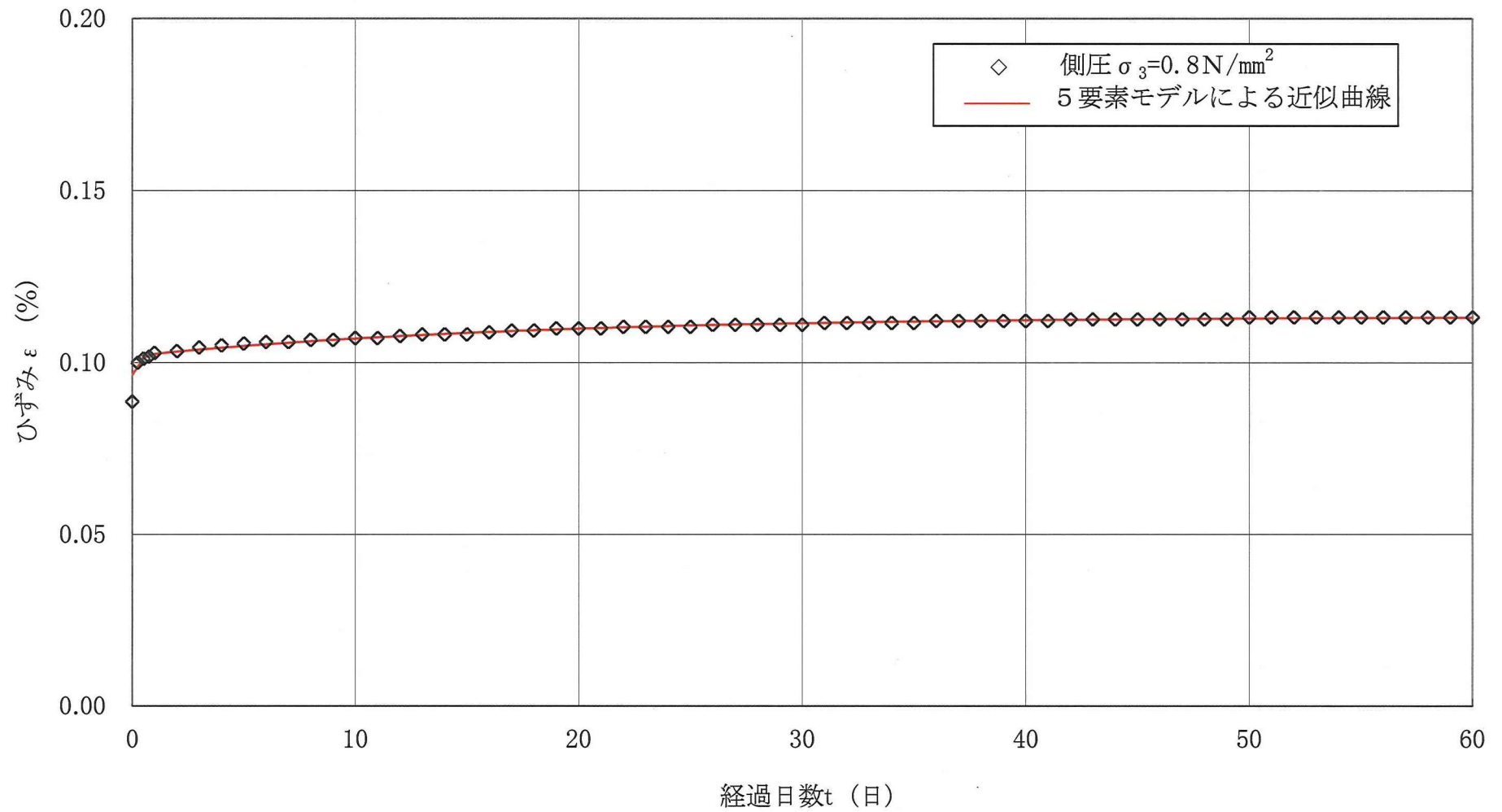


図-5.1(2) 岩石クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3=0.2\text{N/mm}^2$)

図-5.1(3) 岩石クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3 = 0.5 \text{ N/mm}^2$)

図-5.1(4) 岩石クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3 = 0.8 \text{ N/mm}^2$)

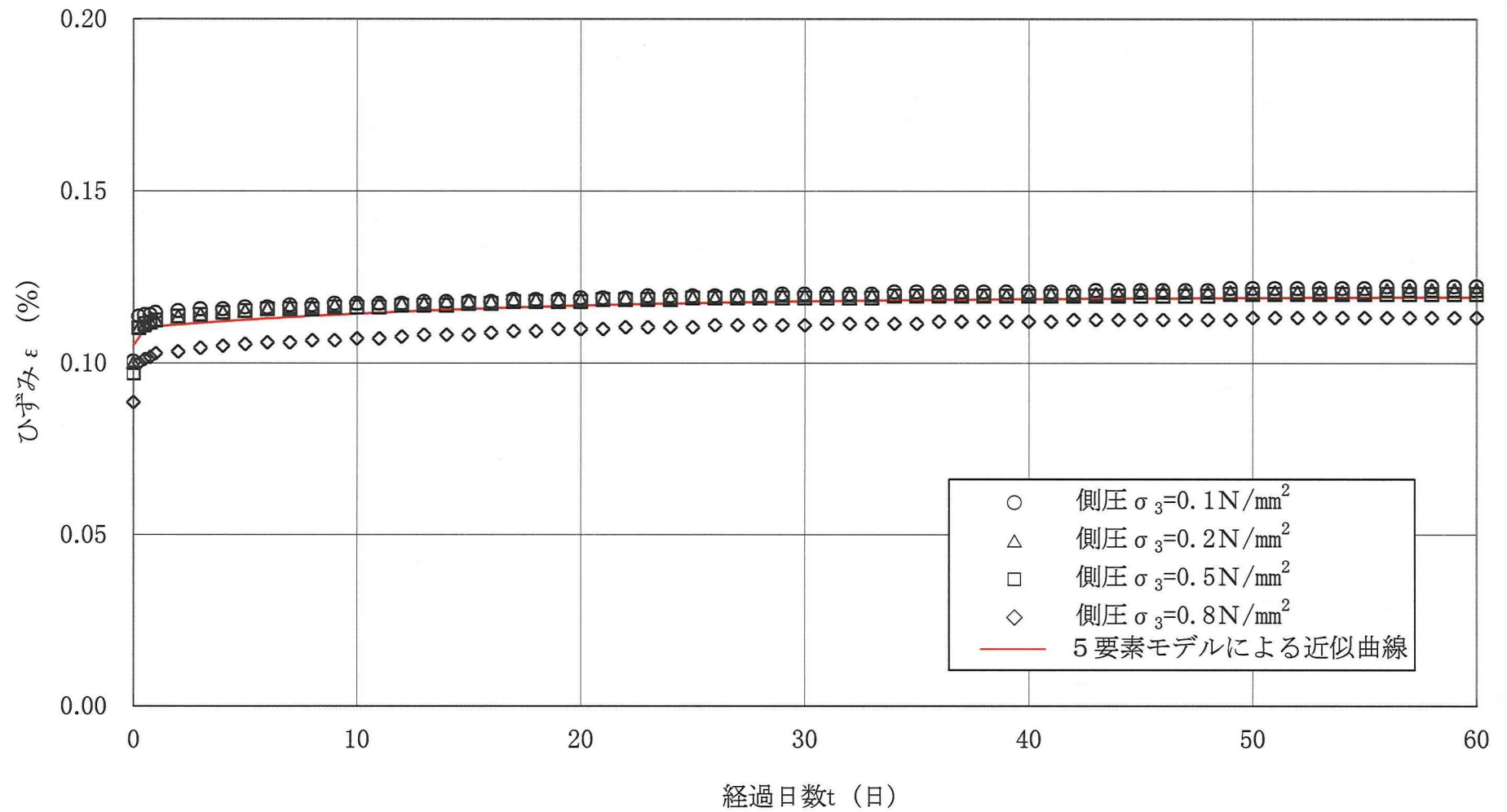
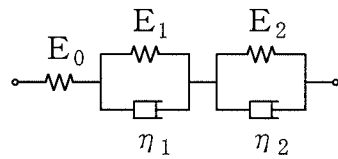


図-5.1(5) 岩石クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線(平均)

表-5.2 岩盤クリープ試験結果

岩盤区分	試験箇所	試験位置	荷重 (N/mm ²)	弾性沈下量 W _e (×10 ⁻³ mm)	最終沈下量 W (×10 ⁻³ mm)	クリープ係数				
						α (α ₁ +α ₂)	α ₁	α ₂	β ₁ (1/day)	β ₂ (1/day)
淡灰色火山礫凝灰岩 lltf	E坑	C-1	0.7	135	146	0.08	0.02	0.06	16	0.20

5要素モデル



$$\begin{aligned}
 W &= W_e + W_c \\
 &= W_e \{1 + \alpha_1(1 - e^{-\beta_1 t}) + \alpha_2(1 - e^{-\beta_2 t})\}
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= E_0 / E_1, & \alpha_2 &= E_0 / E_2 \\
 \beta_1 &= E_1 / \eta_1, & \beta_2 &= E_2 / \eta_2
 \end{aligned}$$

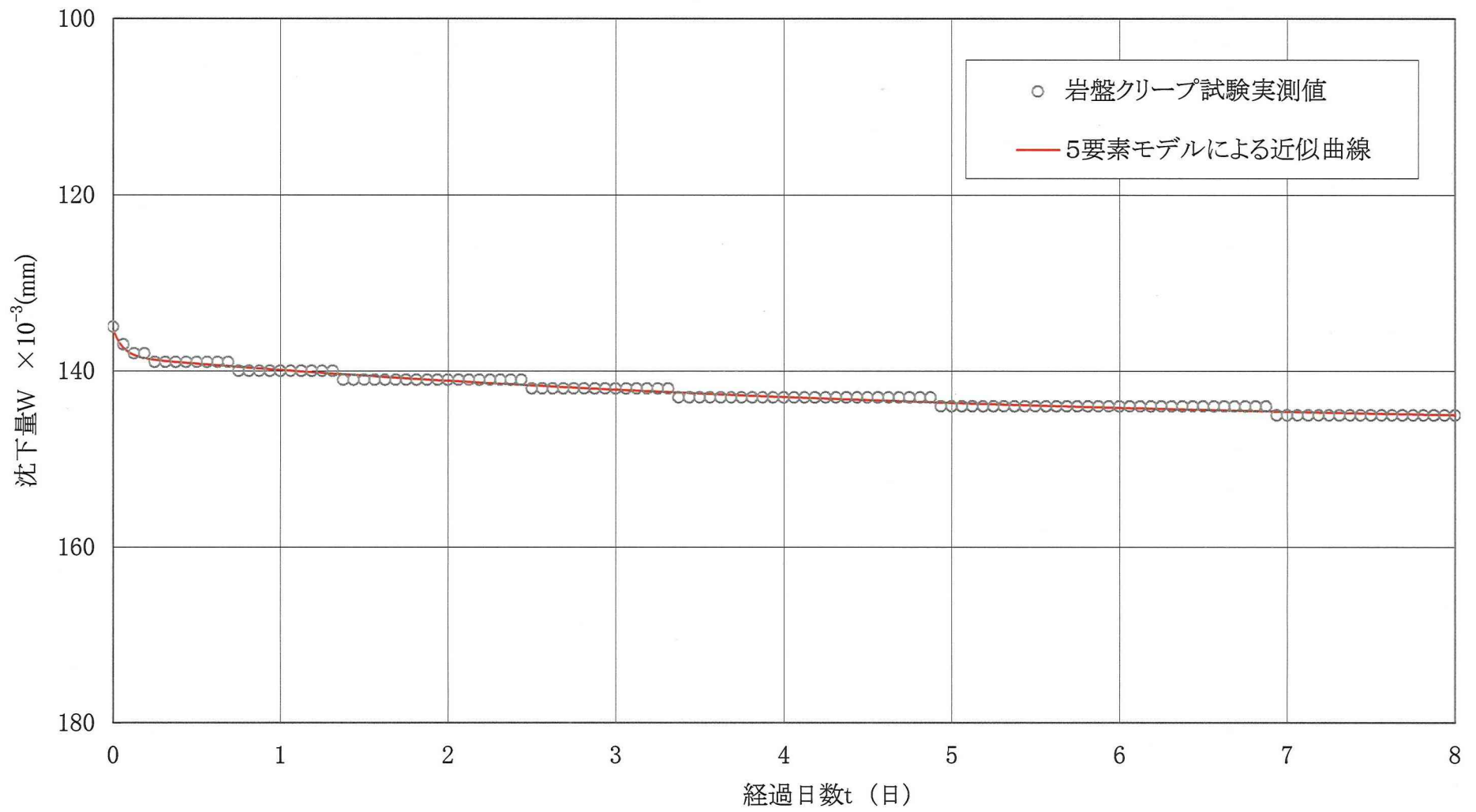


図-5.2 岩盤クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線

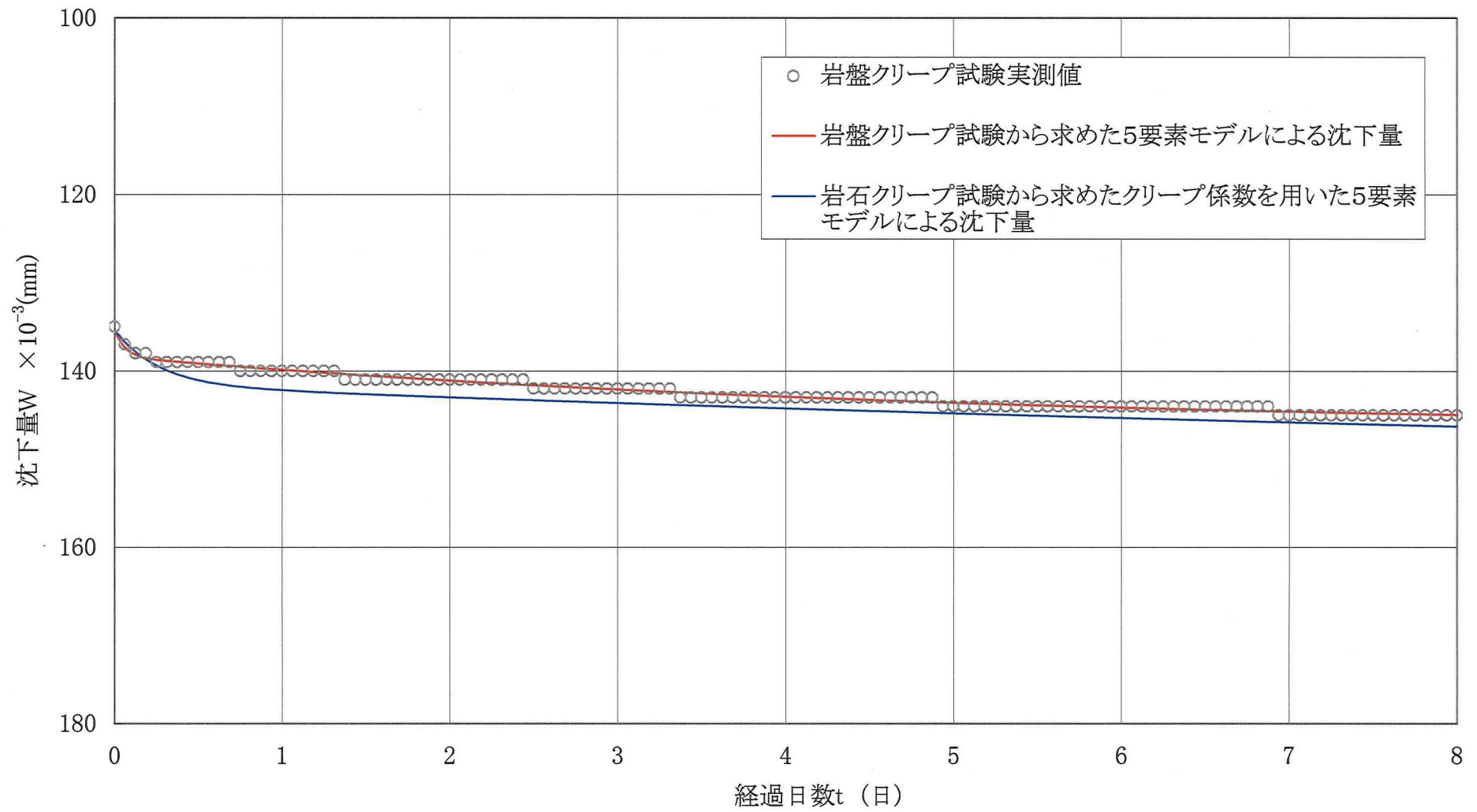


図-5.3 岩盤クリープ試験結果と岩石クリープ試験から求めたクリープ係数を用いた5要素モデルによる沈下量