

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：その1)

平成16年12月
原子力発電安全審査課

目 次

1. 岩石クリープ試験のクリープ係数 α が岩盤クリープ試験に比べて大きい理由について

1. 岩石クリープ試験のクリープ係数 α が岩盤クリープ試験に比べて大きい理由について

1) 淡灰色火山礫凝灰岩のクリープ係数 α について，岩石クリープ試験結果が岩盤クリープ試験結果に比べて大きい理由を説明すること。（岩盤クリープ試験位置の岩盤状況と岩石クリープ試験の試料採取位置及び供試体の状況を比較し，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、試験坑E坑の図-1.1に示す位置において、8日間の岩盤クリープ試験を実施している。試験は、直径60cmの載荷板に原子炉建屋の常時荷重 0.61 N/mm^2 を上回る荷重 0.7 N/mm^2 を一定載荷させて実施し、載荷板上に設置した精度 $1/1000\text{ mm}$ の4個の変位計の計測平均値から変位量を求めている。表-1.1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 $\alpha = 0.08$ となる。試験結果と近似曲線の比較を図-1.2に示す。図によれば、最終のクリープ沈下速度は $1 \times 10^{-3}\text{ mm/日}$ 以下となり、5要素モデルで試験結果を良く近似できているとしている。

この岩盤クリープ試験前の試験面の写真及びスケッチを図-1.3に示す。図-1.3によれば岩盤クリープ試験の試験面は、明瞭な割れ目、筋状組織及び硬質で大きな礫を含まず地質的に均質な岩盤であるとしている。

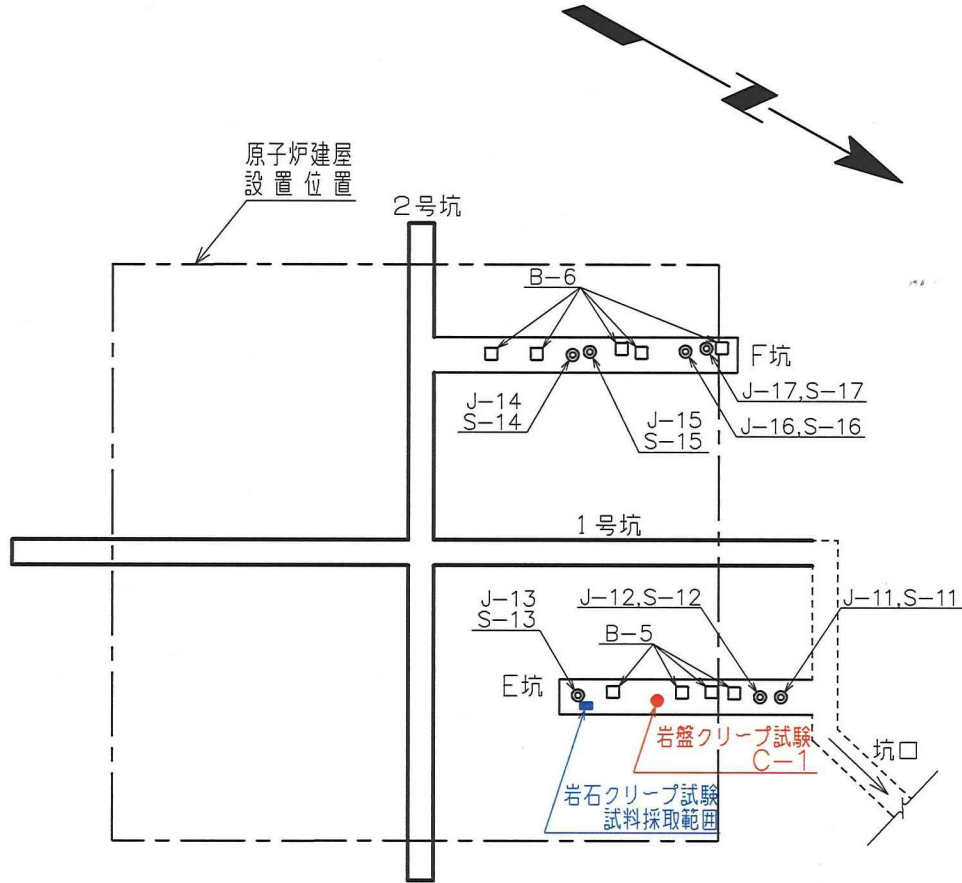
また、試験坑E坑より図-1.1に示す位置で採取した試料を用いて淡灰色火山礫凝灰岩を対象に60日間の三軸クリープ試験（岩石クリープ試験）を実施している。試験は、圧密排水条件（CD条件）及び 0.7 N/mm^2 の軸差応力を載荷する方法で行っている。

図-1.1に示すように岩石クリープ試験の試料は、岩盤クリープ試験の近傍で採取しており、図-1.4に示す岩石クリープ試験の供試体側面を観察すると明瞭な割れ目、筋状組織及び硬質で大きな礫を含まず、岩盤試験面と同質であるとしている。表-1.2に示すように、試験結果

を岩盤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、 $\alpha = 0.11 \sim 0.18$ (平均値 0.14) となる。試験結果と近似曲線の比較を図-1.5に示す。図によれば、最終のクリープひずみ速度は $1 \times 10^{-4} \%$ /日以下となり、5要素モデルで試験結果を良く近似できているとしている。

岩盤クリープ試験のクリープ係数は、一般的に割れ目を含む影響で岩石クリープ試験のクリープ係数に比べて大きくなるが、今回の試験結果では、岩盤クリープ試験のクリープ係数は岩石クリープ試験に比べてわずかに小さくなっている。これは、前述のように岩盤クリープ試験も岩石クリープ試験も割れ目を含まない均質な岩盤や供試体を用いて行っているためであり、その試験結果の差は地盤物性のバラツキによるものと判断している。

また、慣用法を用いた原子炉建屋築造による沈下量は、原子炉建屋中心で岩盤クリープ試験のクリープ係数 $\alpha = 0.08$ を用いると約 2.2 cm、岩石クリープ試験のクリープ係数 $\alpha = 0.14$ を用いると約 2.3 cm となり、その差は問題とならないとしている。しかしながら、クリープ係数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、沈下に対する安全性の検討では、岩盤クリープ試験に比べて値が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。



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

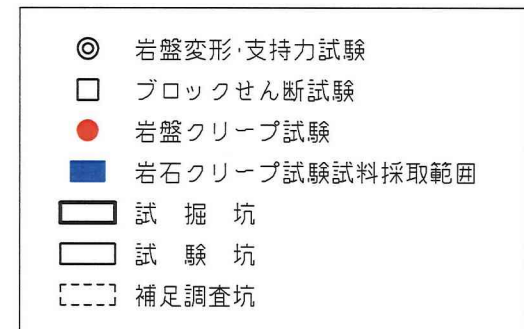
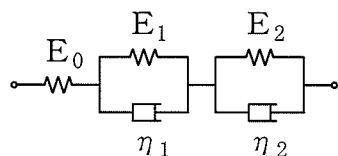


図-1.1 クリープ試験位置図

表-1.1 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、

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

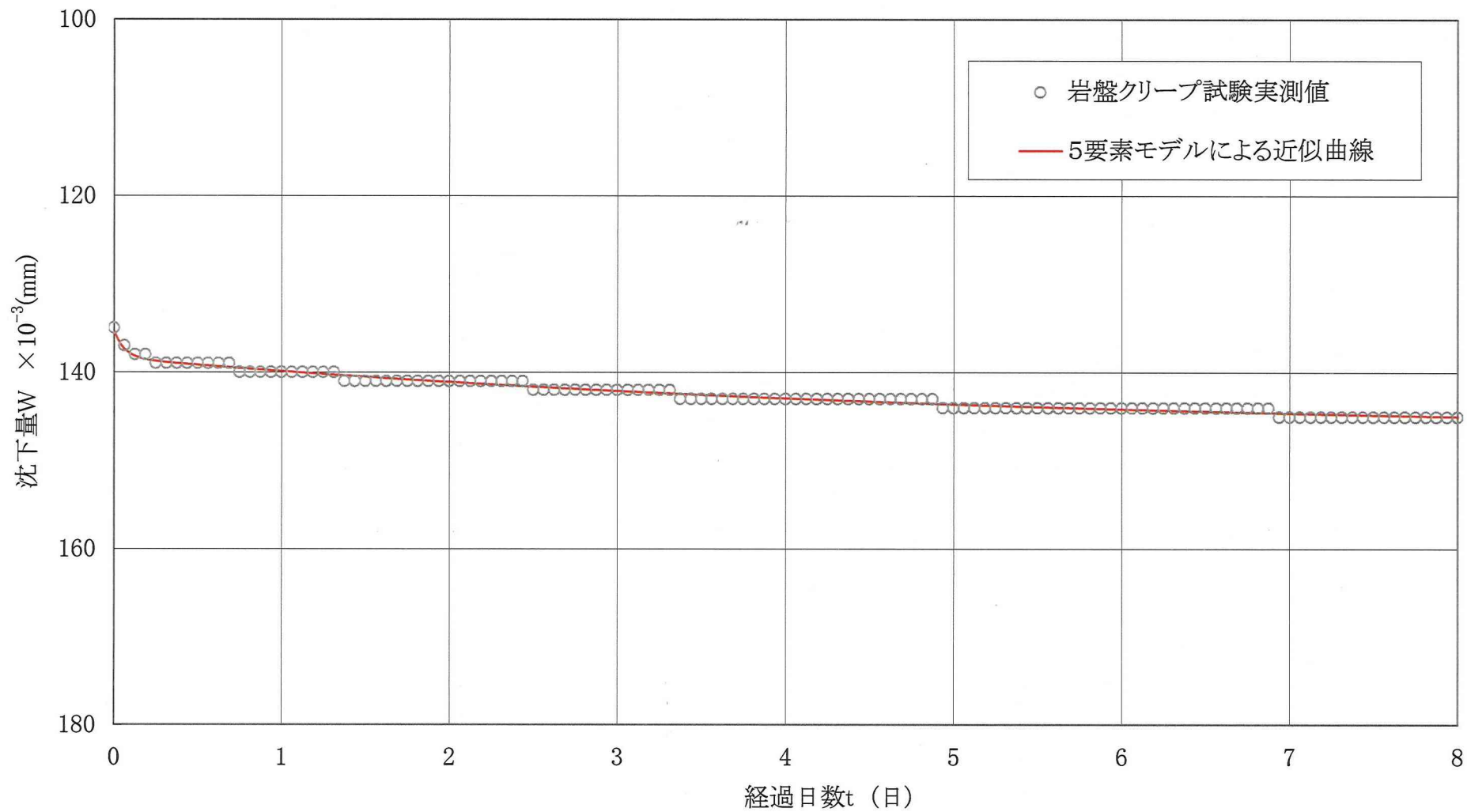
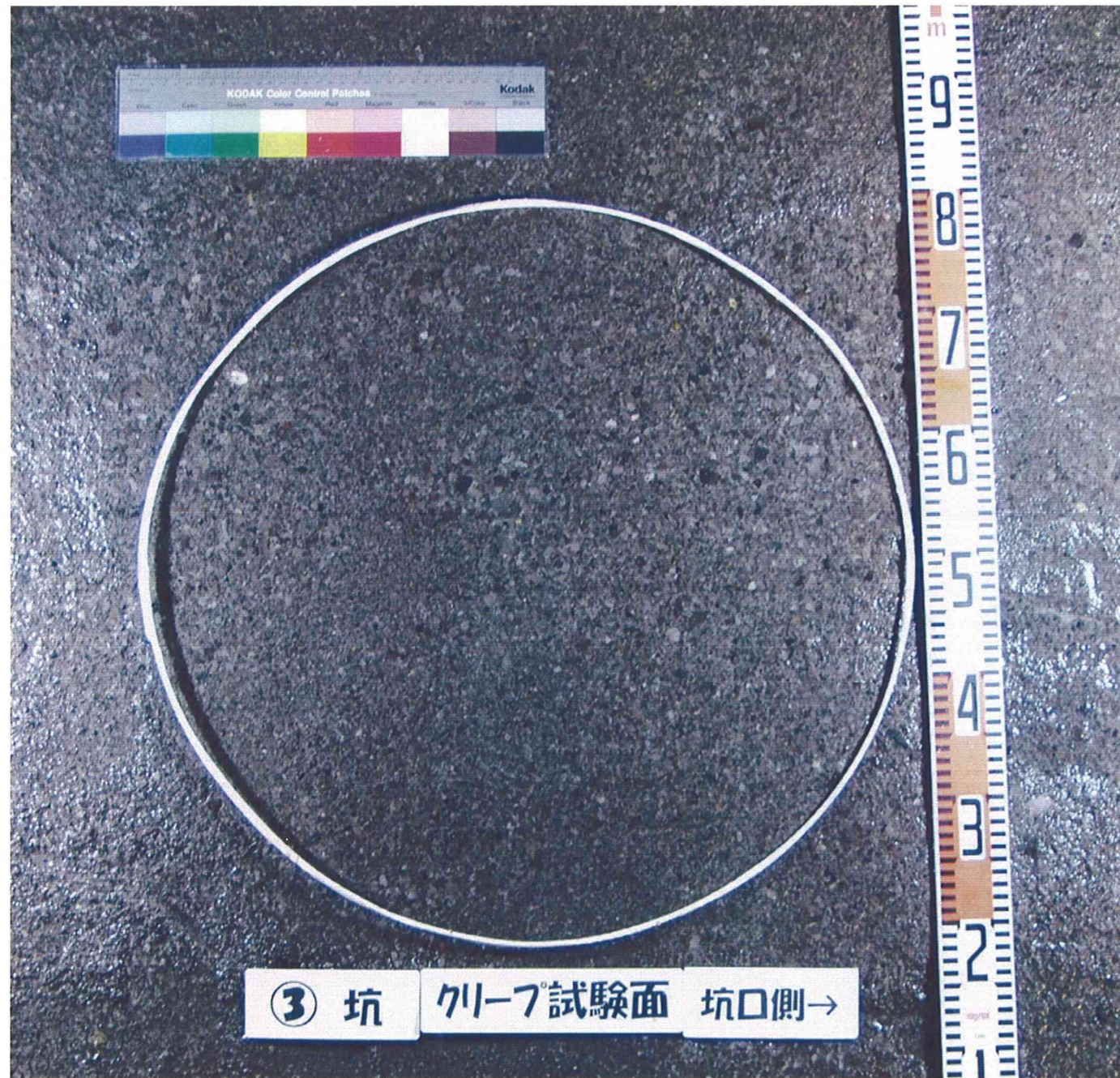
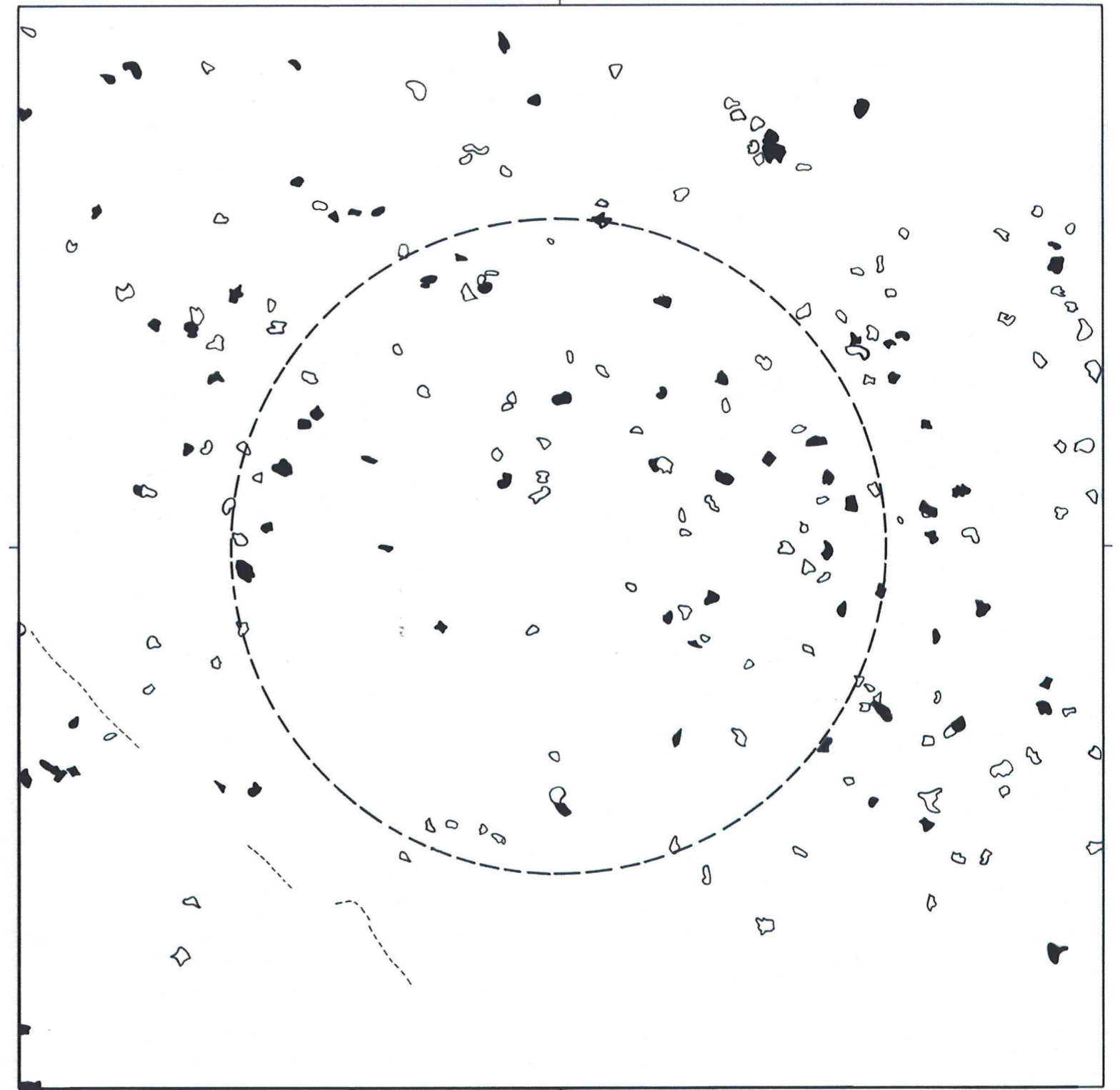


図-1.2 岩盤クリープ試験結果と5要素モデルによる近似曲線

写真



スケッチ



- | | | | | |
|-----|--|------------|--|-----------|
| 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) | | 岩盤クリープ試験面 |
| | | 筋状組織 (不明瞭) | | |
| | | | | |
| | | | | |

10cm

図-1.3 岩盤クリープ試験の試験面状況

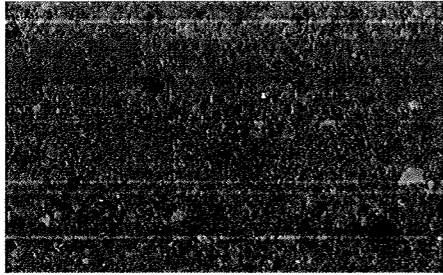
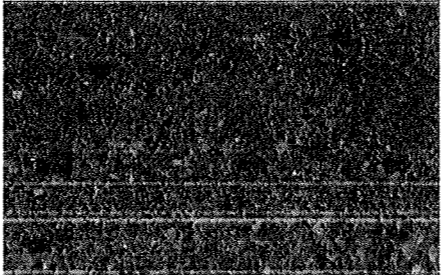
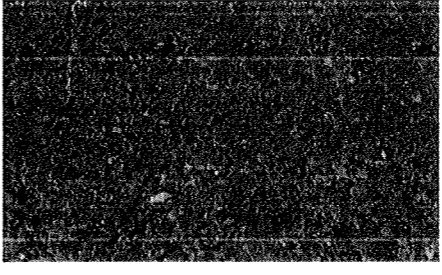
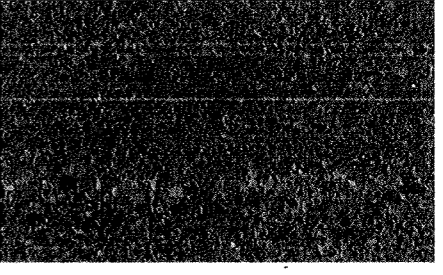



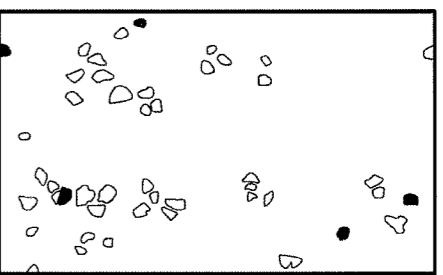






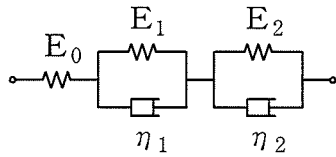
	$\sigma_3 = 0.1\text{N/mm}^2$	$\sigma_3 = 0.2\text{N/mm}^2$	$\sigma_3 = 0.5\text{N/mm}^2$	$\sigma_3 = 0.8\text{N/mm}^2$
展開写真 (供試体側面)				
展開図 礫のスケッチ (供試体側面)				
	<p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none">  割れ目(明瞭)  割れ目(不明瞭)  筋状組織(明瞭)  筋状組織(不明瞭)  緻密で硬質な礫  多孔質な礫 			

図-1.4 岩石クリープ試験の供試体状況

表-1.2 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、

$$\alpha_1 = E_0 / E_1, \quad \alpha_2 = E_0 / E_2$$

$$\beta_1 = E_1 / \eta_1, \quad \beta_2 = E_2 / \eta_2$$

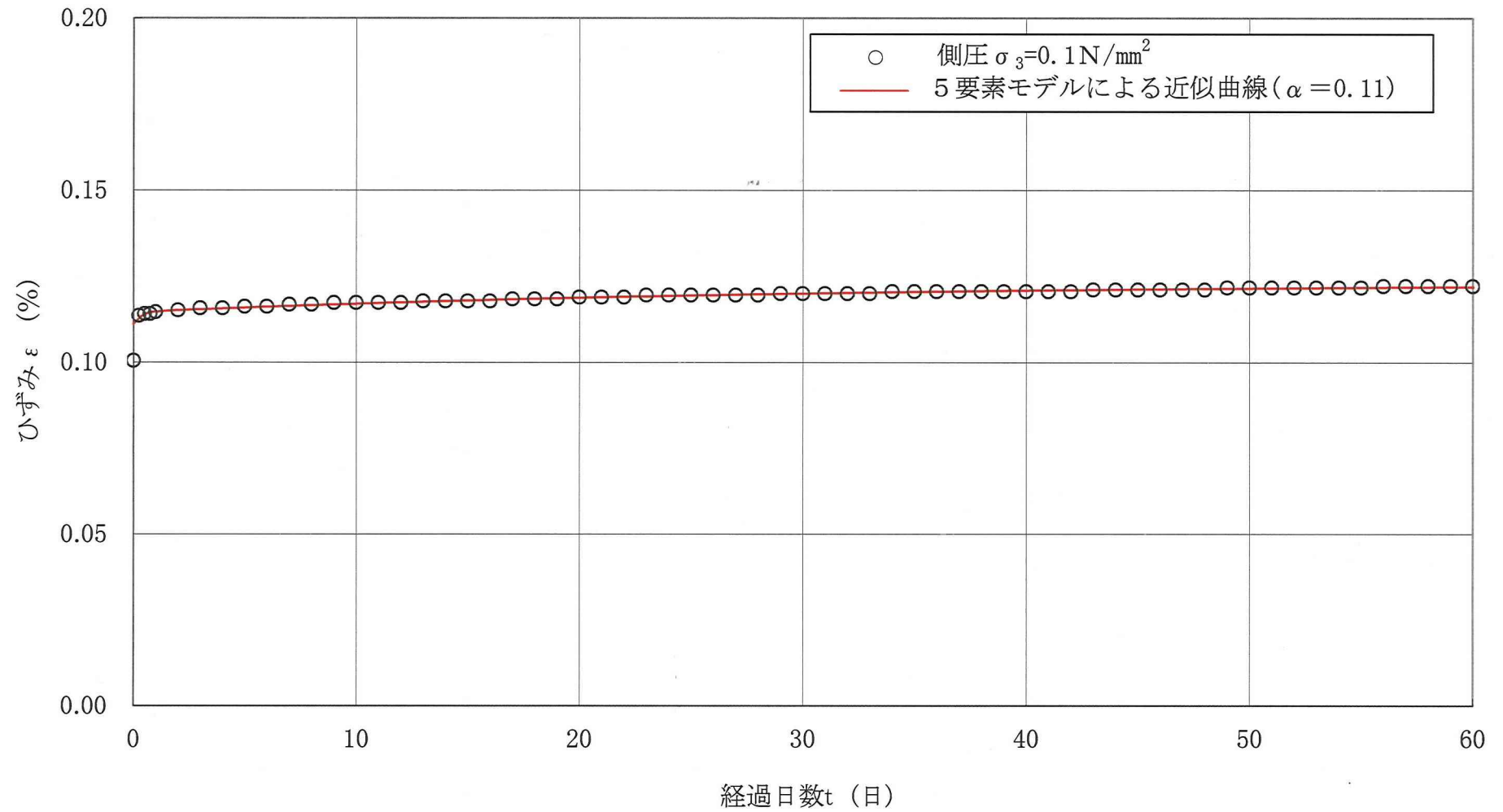


図-1.5(1) 岩石クリープ試験結果(60日間)と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3=0.1\text{N/mm}^2$)

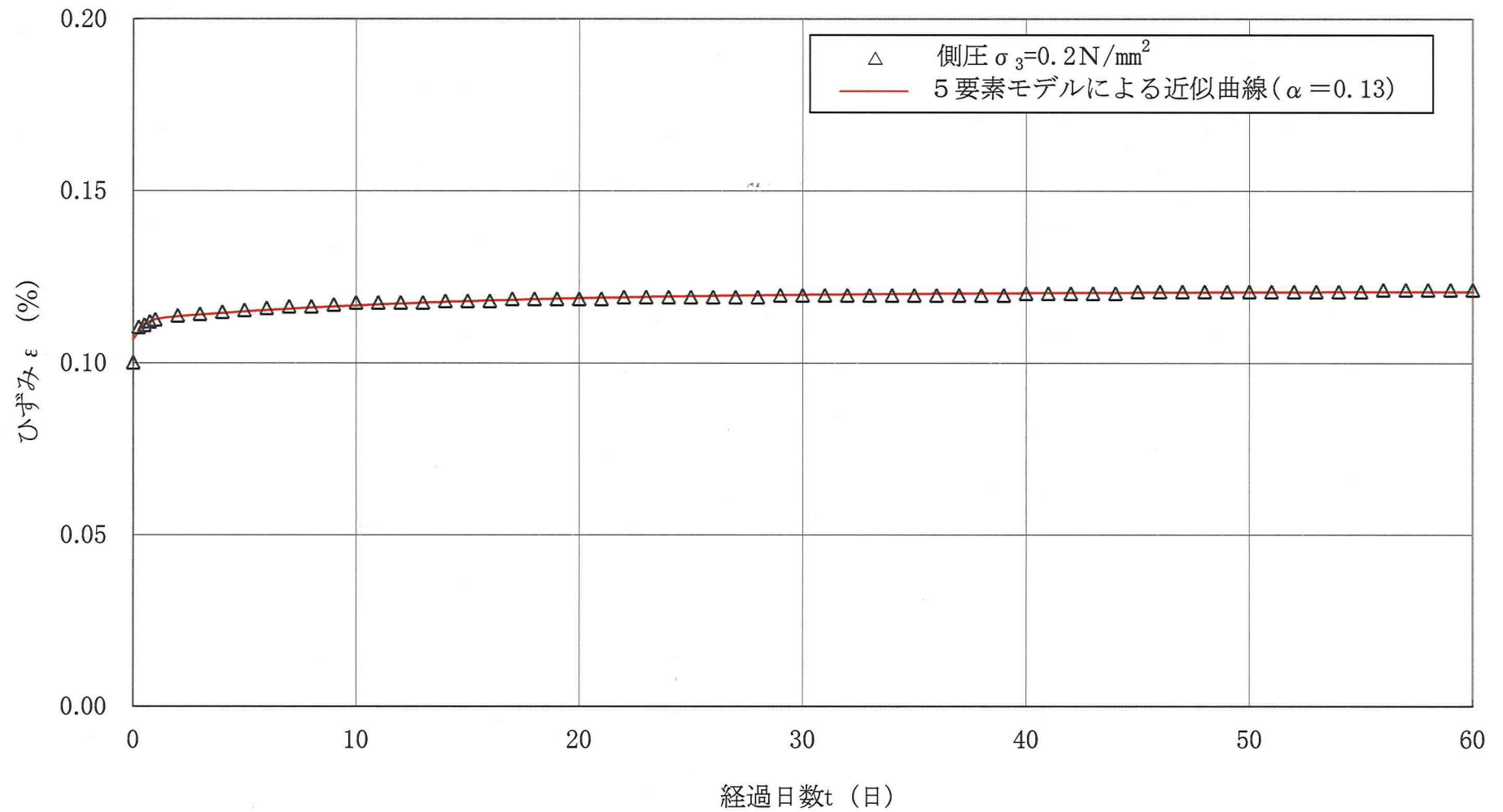


図-1.5(2) 岩石クリープ試験結果(60日間)と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3 = 0.2 \text{ N/mm}^2$)

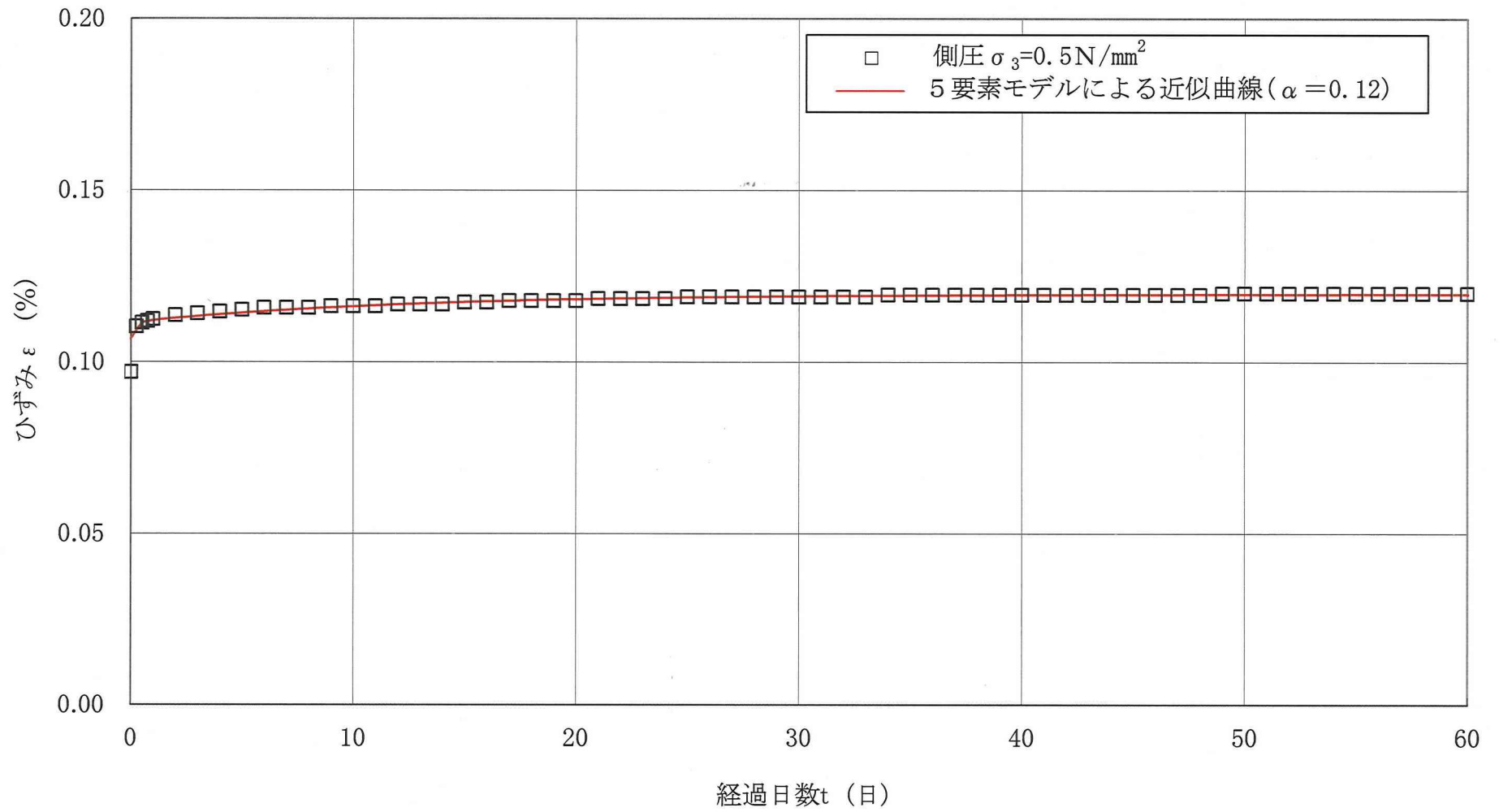


図-1.5(3) 岩石クリープ試験結果(60日間)と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3=0.5\text{N/mm}^2$)

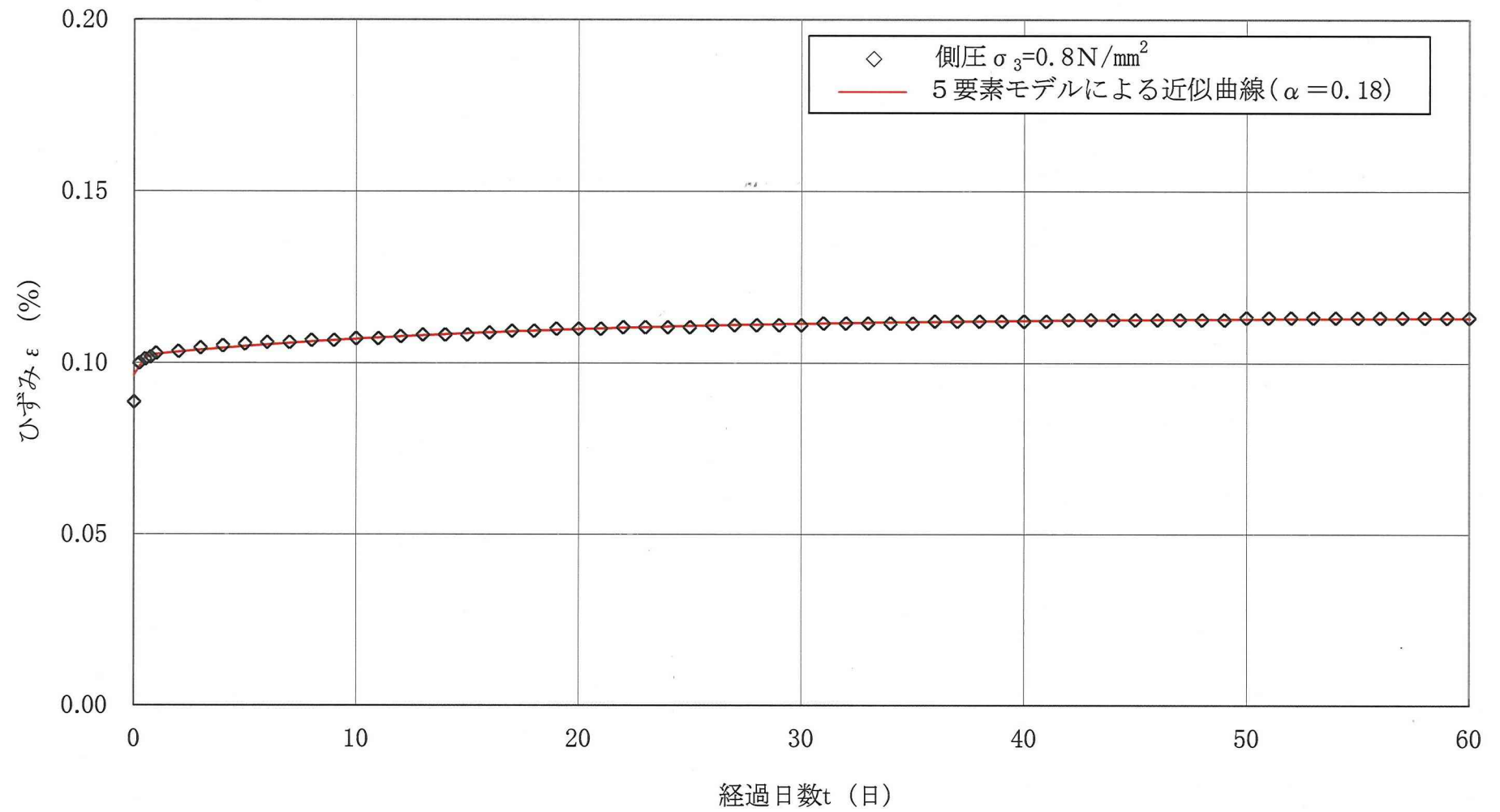


図-1.5(4) 岩石クリープ試験結果(60日間)と5要素モデルによる近似曲線 ($\sigma_3=0.8\text{N/mm}^2$)

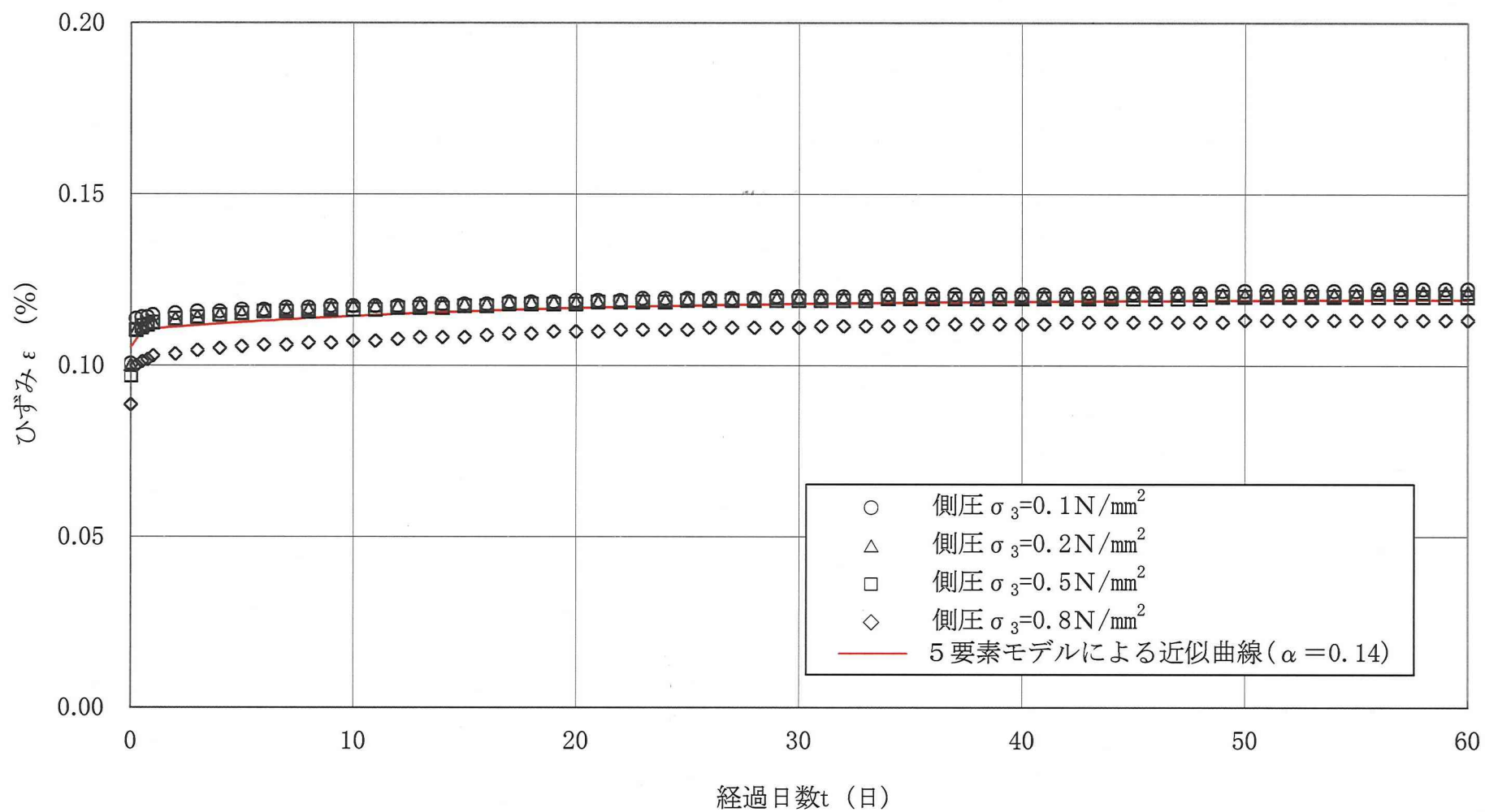


図-1.5(5) 岩石クリープ試験結果(60日間)と5要素モデルによる近似曲線(平均)