

温度可変マルチスペシメン型ねじりクリープ試験装置の開発 ー背景と基本方針ー

岡 田 東 一*・宮 本 長**

Development of Multi-specimen Type Torsional Creep Testing System at Variable Temperatures

Toichi Okada, Takeru Miyamoto

This report describes the development of multi-specimen type torsional creep testing system at variable temperatures. Torsional creep data to be obtained from this machine are expected as the time scale of ultra-long recording system installed in the BEST-2001 time capsule [Biological and Environmental Specimens Time Capsule]. In the torsional creep testing total twisted angle is measured as the smooth rotation around sample axis with the lapse of time. To obtain steady state creep condition, much experimental data are necessary.

Four principal goals were established for the apparatus design : torque range, number of specimens (= six at once) , testing temperature and measurement of twisted angle.

1. 緒 言

地球環境データの時間的推移を人間および生物学的視点から記録、保存しておくことは環境保存の観点から将来の人類のために重要なことと思われる。千年後の科学者に現在の地球環境である、大気や土壌そして生物学的データとして細胞、種子などをそのままの姿で保存するためにこれらを冷凍保存しようという計画がある。この『環境・生物タイムカプセル』BEST-2001 [Biological and Environmental Specimens Time Capsule] では千年後に試料を取出しデータ解析を行う際、タイムカプセルが経験した保存環境、即ち **経過時間**、**経験温度**、そしてタイムカプセル内の圧力の記録が残されていることは極めて望ましい事である (1)。

上記の三つの量を記録する超長期自記記録装置の設計要素の中でも、千年を記録するための時間 [t] スケールの基準として何を用いるかは決定的に重要である (2)。本シリーズの研究においては超長期定常ねじりクリープ現象を時間スケールの基準データとして用いることが可能であるという仮定を置いて進めている。本報では上述の目標に向かってその実現性を高め得るより信頼性の高いクリープデータを実験的に得るためのマルチスペシメン型温度可変ねじりクリープ試験装置の開発を行った。

ここでは装置の基本構想⇒設計⇒試作⇒予備実験に至る開発状況の第一段階について報告する。

* 機械工学科 ** 機械工学専攻大学院生

2 装置の基本設計と製作

2-1 装置全体の基本設計

表1は本装置設計のための問題点を整理したものである。特徴的な点を以下にまとめる。前節で述べた目標に沿って設計された本装置の特徴は次の5点である。まず本研究のターゲットが超長期にわたる定常ねじりクリープの起こる条件を見つけることにあるので、ねじりモーメント＝トルクと温度を変えた系統的な多くの測定を行う必要がある。そこで同じ温度で同時にクリープを測定できる試料の数を6個に増やした。夫々の試料に加えるトルクを変えれば応力パラメータを変えたデータが効率よく得られることになる。

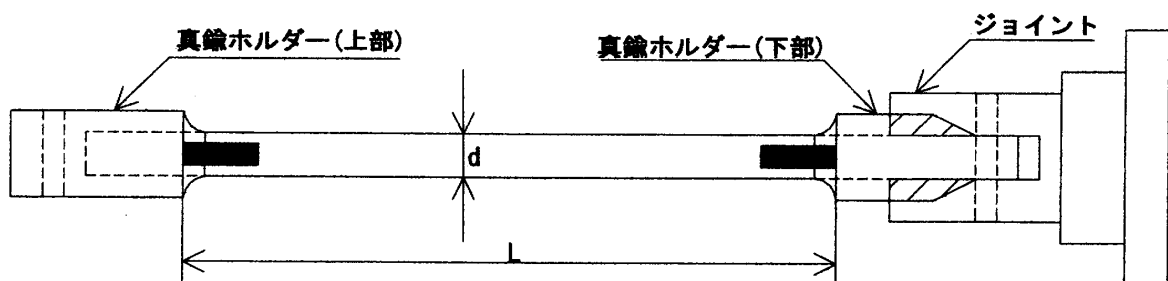
表1 マルチスペシメン型温度可変ねじりクリープ試験装置の設計思想

1. 同時測定試料数	6 個
2. 測定温度	+50～-50 度
3.ねじり応力(トルク)範囲	0～127MPa (0～0.2N・m)
4. ねじれ角(ひずみ)測定	0～3600 度(10 回転)電氣的

2-2 測定試料の数・材質・寸法

同一温度で同時に試験できる試料の数を6個に設定した。クリープや疲労試験は通常データを取るまでの時間が長いという欠点がある。そこで実験の能率を向上させるために試料の数を6個で設計した。

制御されたクリープ材料として面心立方晶系の金属, アルミニウム、銅、金、銀などを候補材料と想定し、最適なものを選ぶ。この内アルミニウムは表面に酸化物を形成しやすくこれによってねじりクリープ挙動が複雑に影響される恐れがあること、また金、銀は高価であることなどの理由から銅が有力候補となる。図1は本装置で試験する標準試料の寸法、並びに試料上下端のつかみ部を示している。



d : 試料の直径 (mm) $d = 2 \text{ mm}$
 L : 試料の長さ (mm) $L = 200 \text{ mm}$

図1 試料の形状・寸法および両端のつかみ部

2-3 測定温度

BEST=2001 タイムカプセルに必要な純銅のねじりクリープデータに集中するとすれば、測定温度範囲はマイナス80～プラス50℃の範囲となる。図2は本装置の全体図である。

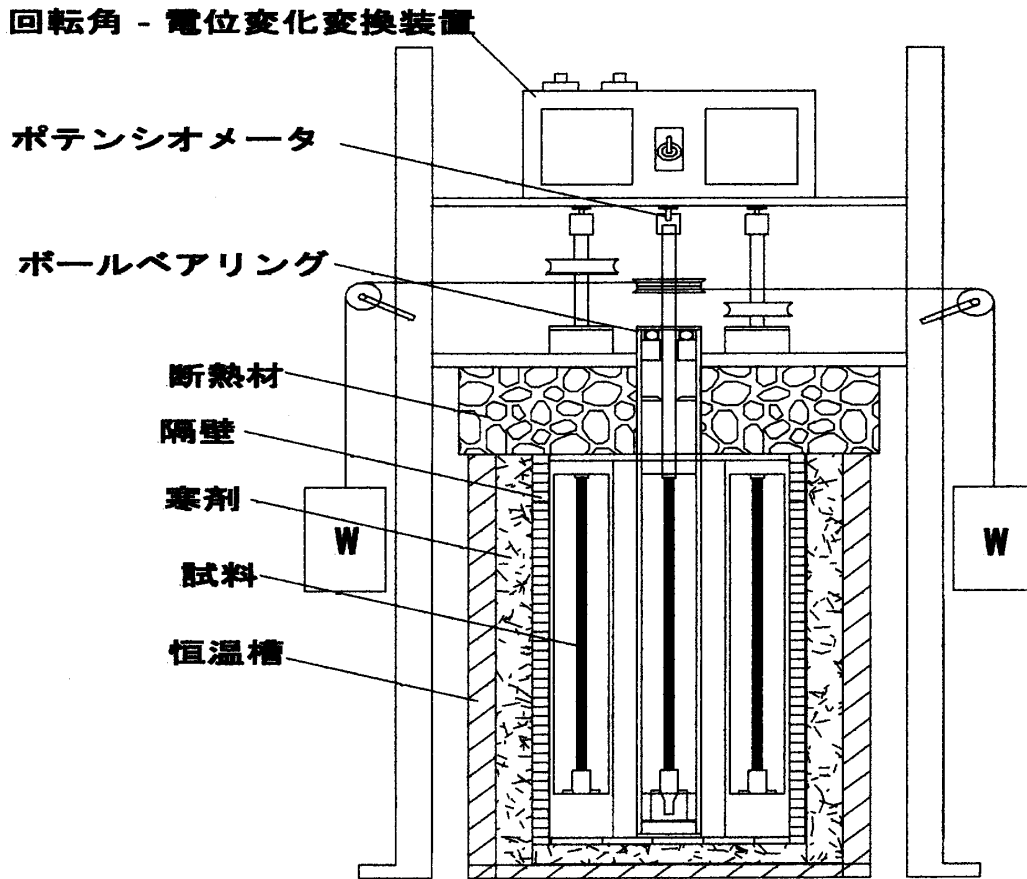


図2 温度可変マルチスペシメン型ねじりクリープ試験装置

この図の中の恒温槽は汎用のフリーザーであり熱負荷がない場合はマイナス50度までの低温が得られる。試料を試料台と共に恒温槽にセットした後の冷却挙動を見ると冷却開始後ほぼ3時間で試料が最終到達温度まで冷却されることが分った。このとき試料の上下端間の最大温度差は4℃あり、恒温槽内の温度の揺らぎは±2℃であった。現状では恒温槽の温度制御はON-OFFなので測定温度の精度を上げるにはもうひと工夫必要である。

2.4 トルクーねじり応力

図2に示すように上下方向に支えた銅の丸棒にプーリーとワイヤーで偶力をかけてトルクを与える。ねじりのせん断応力 τ (MPa) は 試料表面で最大となり、次式で与えられる。

$$\tau = 16 T / \pi d^3$$

ここで T はトルク ($N \cdot m$) , d は試料の外径 (m) である。図 3 は純銅 (JIS C-1220B、 $d = 2mm$) に常温でトルクを与えねじり角との相関を見たものであり、降伏応力 τ_y は図の実験データより弾性変形から塑性変形へ移行する折れ曲がり点 (123MPa) として求めた。

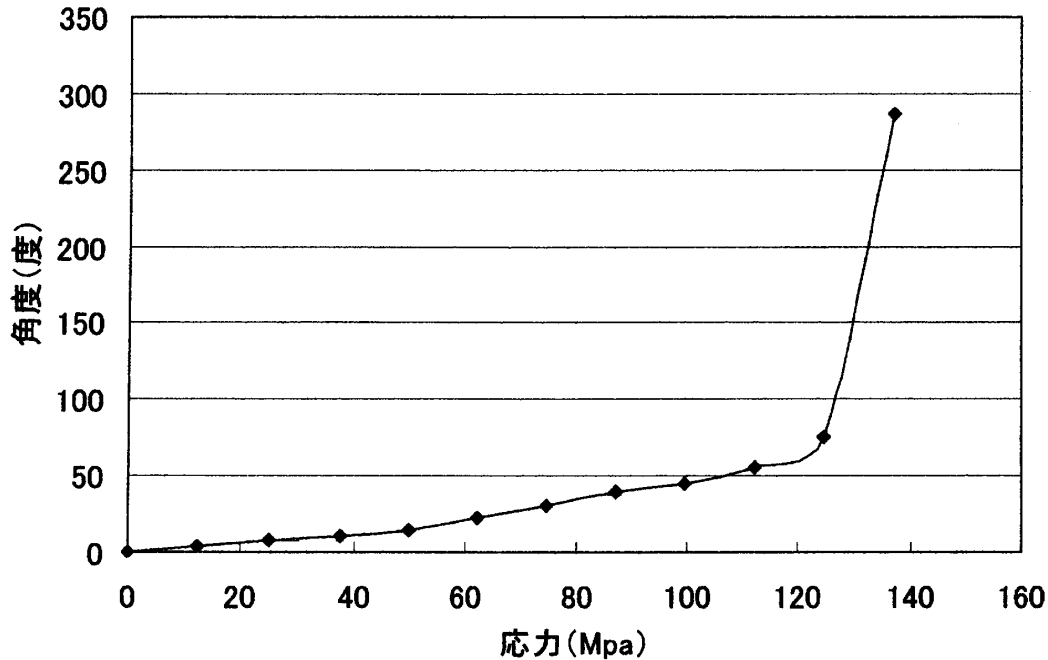


図 3 降伏応力 τ_y の決定

また常温で応力パラメータを、0.4, 0.8 と変化した場合のクリープ挙動を図 4 に示す。

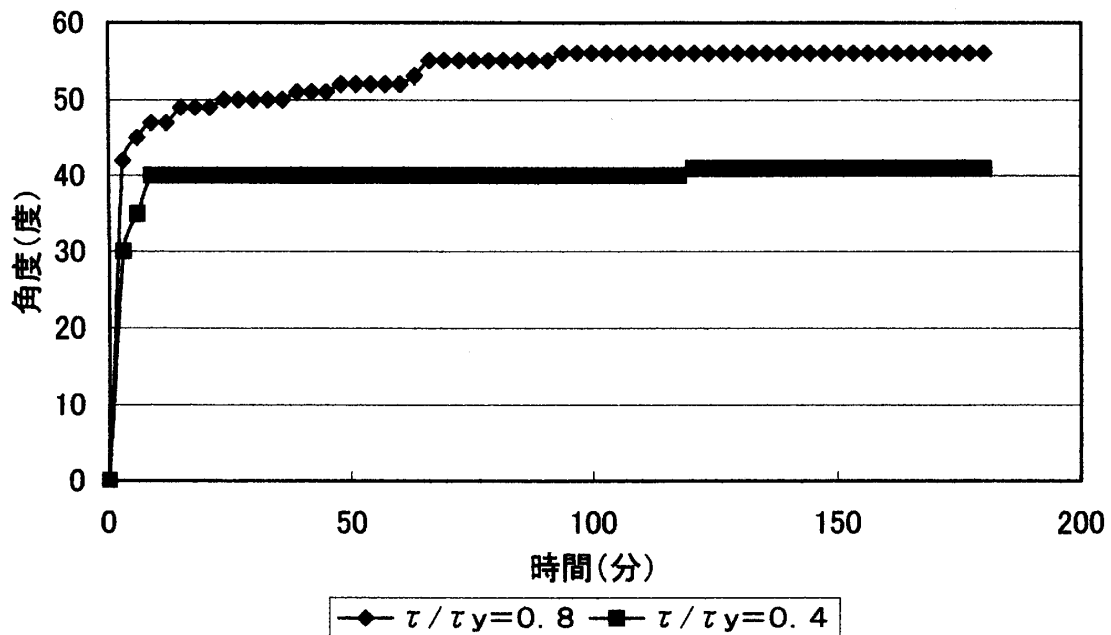


図 4 常温における純銅のクリープ挙動：荷重依存性

2. 5 ねじれ角（ねじり角）の測定

ねじり角の測定は試料端部のホルダーに直結した回転型可変抵抗器 VR(B 型)からの電圧変化読み取ることにより行う予定である。図 5 はその回路図であり、6 個の VR からの信号を時々刻々 NR-2000 により記録し解析を行う予定である。

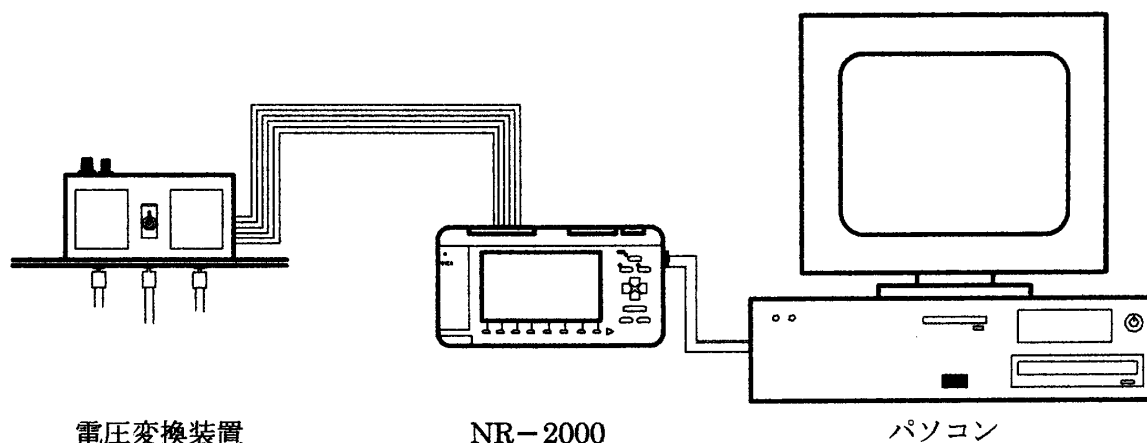


図 5 ねじれ角—電圧変換計測装置の回路図

3. 温度可変マルチスペシメン型ねじりクリープ試験装置の現状と将来の問題

緒言に述べた研究に必要なクリープ試験のデータとしては、低温（ -60°C ）で、低応力下における定常クリープの実験データである。そのため多くの系統的なデータを効率的に測定するために、同一温度で応力パラメター、 τ/τ_y をかえて 6 個の試料を測定できる装置の開発を目指した。システム全体が完成の暁には、各試料のねじれ角を 6 チャンネルで電氣的に計測、記録しパソコン上でクリープデータからクリープ速度を求めることが出来ることになる。この特徴ある装置はほぼ完成に近づいたが、尚以下のような幾つかの問題点がある。

- 1) 試料が 20 センチと長いために試料全体の温度を同じにするためにもう少し工夫が要る。
- 2) 試料に加える応力レベルの最低値を現状よりもさらに下げる必要がある。
- 3) ねじり角が現状では 320 度までしか測定できないので 10 回転ポテンシオメーターに変えて 3600 度までの測定を目指す。

本研究を実施するにあたり平成 14, 15 年度福井工業大学特別研究費のご支援をいただいた事を付記いたします。

〔参考文献〕

- (1) 研究代表者：江藤剛治、人間《生物》・地球環境に関する超長期保存資料選定の基本概念に関する総合的研究、平成 7 年度科学研究費成果報告書（1955）
- (2) 岡田東一、鈴木健太郎、柴田俊一、萩原武士、兼田利勝： 材料のねじりクリープ特性を活用した超長期自記録装置の開発、福井工業大学研究紀要、第 32 号（2002）p123-130

（平成 15 年 12 月 3 日受理）