正 今村 仙治 (日大 工)

Senji Imamura, Nihon University

1. はじめに

精密引張試験機として一般的に用いられているものはネジ式 (Instron type) である。試験機および試験方法は試験結果が理論の構築の元になるのである。重要である。

本報では重り式荷重制御をベースとし、これを発展させた荷重制御方法を用いた万能試験機を開発した。特徴としては試験片のひずみにより制御を行うこと、微小荷重区間において変形が静止するまでの時間の測定および引張速度を2段階で行えることである。この試験機の概要と測定結果について述べる。

2. 発展型重り式万能試験機の制御法

Fig.1 に発展型重り式万能試験機のフローチャートを示す。制御はパーソナルコンピュータにより行われる。荷重制御部(S1~S3)とひずみ検出部(S4~S9)で構成されている。小さな荷重を段階的に試験片に負荷する機構となっており、ひずみは試験片に貼付したストレインゲージにより検出され、さらにひずみの変化量がある範囲内に達しなければ(S8)、いつまでも所定荷重が負荷され続ける。荷重が負荷され初めてから、ひずみの安定確認時間(S6)を含め荷重更新指令までの時間を測定し、逐次データを保存する。この操作を破壊近傍まで行う。駆動モーターはパルス制御を行うことにより $0.1 \mu\text{m}$ の精度で引張試験を行った。

Fig.1 Flow chart of the control method

Fig.2 に Fig.1 に示した荷重指令(S1)から荷重更新指令(S10)までの間の荷重 W と時刻 t および引張速度 V との関係を示す。点 $A(n-1)$ から所定の荷重(点 Bn)まで引張速度 V_1 で引張り、所定の荷重(点 Bn)に達したら点 An まで引張速度 V_2 で引張る。荷重一定の状態ではひずみの値が静止状態になったら、次の所定の荷重(点 $Bn+1$)になるまで引張る。時刻 t_e は点 $A(n-1)$ と点 Bn との間の時間、時刻 t_h は点 Bn と点 An との間の時間、時刻 Δt は点 $A(n-1)$ と点 An との間の時間をそれぞれ示す。

Fig.2 The relationship between load W and time t and tension speed V .

3. 発展型重り式万能試験機による試験結果

本試験機の制御のためのパラメータの説明を行う。

1. Start Load (N) -----試験開始時の荷重設定
2. Stop Load (N) -----試験終了時の荷重設定
3. Step Stress σ_s (MPa) -----階段応力の設定
4. Loading Speed V_1 (mm/min) ---荷重負荷速度の設定
5. Load on time(s) -----設定の荷重に達した時からひずみ測定開始までの時間設定
6. Reducing Speed V_2 (mm/min) ---減速速度の設定
7. Load Hold time(s) -----ひずみが所定の値に達したかどうかを計測する時間インターバルの設定
8. Strain Stable rate(μ) -----ひずみが安定したと判断するときのひずみの変化量の設定
9. Load Near (N) ---設定荷重の手前から減速速度開始するときの荷重設定

Table1 に測定された data の一部を示す。No は測定回数、TIME は測定時の時間、time は測定時の時刻、Load は荷重、Position はクロスヘッドの位置、Number はモーター制御時のパルス数、 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ は試験片中央部表面上、90度間隔に貼ったストレインゲージのひずみをそれぞれ示す。測定回数の No の中で奇数番号は図2中の点 A の data で、

Table 1 Experimental data

No	TIME	time	Load	Position	Number	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4
	s	s	N	mm	puls	μ	μ	μ	μ
0	9:12:43	9	932	36	371	7	9	9	5
1	9:12:53	19	961	38	390	3	6	6	1
2	9:13:04	31	1196	54	550	17	26	25	16
3	9:13:15	41	1187	55	560	15	23	24	14
4	9:13:27	52	1432	71	724	24	37	36	23
5	9:13:36	63	1432	72	733	22	34	35	20
6	9:13:48	74	1667	87	892	37	50	51	36
7	9:13:58	84	1657	89	904	35	49	50	34
8	9:14:10	96	1912	105	1072	50	61	63	47
9	9:14:20	106	1912	107	1089	51	61	63	47
10	9:14:31	117	2148	122	1237	61	72	73	58
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

偶数番号は Fig.2 中の点 B の data である。

3.1 荷重履歴の検出

Fig.3 に同一試験片に対して3度引張試験を行ったときの応力とひずみの関係を示す。初回は 65MPa まで荷重を加えた後除荷。2回目は 160MPa まで荷重を加えた後除荷。3回目は破壊まで荷重を加えた。応力-ひずみ曲線上では荷重履歴の様子はみられない。

Fig.3 The relationship between stress σ and strain ϵ

Table 2 に応力と時刻の関係の解析の一例を示す。No は測定回数、time は測定時の時刻、te と th 及び Δt は Fig.2 で示した時刻をそれぞれ示す。Load 及び σ は測定時の荷重と応力を示す。

Fig.4 に2回目と3回目の荷重を加えたときの応力 σ と時刻 t の関係を同時に示す。曲線(I)は応力 σ と時刻 t の関係であり、65MPa で別の曲線となり変化が顕著に見られる。

曲線(II)は Table 2 で示した応力 σ と時刻 te との関係を表す。65MPa の位置と 160MPa の位置が明瞭に見られ、過去にこれらの応力が付与されたことが検出できる。

Table 2 Analysis sample of stress σ and time t

NO	tA	tB	te	th	Δt	Load	σ
	s	s	s	s	s	N	MPa
1	19	31	12	10	22	961	10.1
3	41	52	12	10	22	1187	12.5
5	63	74	11	11	22	1432	15.1
7	84	96	11	10	21	1657	17.4
9	106	117	12	10	22	1912	20.1
11	127	138	11	10	21	2138	22.5
13	148	159	11	10	21	2373	25.0
15	180	190	11	21	32	2618	27.5
17	200	211	10	10	20	2864	30.1
19	221	231	11	10	21	3099	32.6
21	252	261	10	21	31	3334	35.1
23	271	281	9	10	19	3570	37.6
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

Fig.4 The relationship between stress σ and time t

3.2 復元ひずみの検出

Table 3 に応力とひずみの解析結果の一部を示す。 ϵ は測定時のひずみ、 ϵ_e 、 ϵ_h 、及び $\Delta \epsilon$ は Fig.2 おいて te、th、及び Δt に相当する位置におけるひずみの値を示す。

Fig.5 に応力 σ とひずみ ϵ の関係を示す。応力 σ - ひずみ ϵ_h 曲線においてひずみ ϵ_h を復元ひずみと呼ぶ。650 MPa 付近で復元ひずみの値が最大値を示している。このグラフは縦弾性係数を求めるために用いられる。

Table 3 Analysis sample of stress σ and strain ϵ

NO	ϵ_A	ϵ_B	ϵ_e	ϵ_h	$\Delta \epsilon$	Load	σ
	μ	μ	μ	μ	μ	N	MPa
101	663	677	16	-5	10	12768	134.4
103	676	691	15	-1	14	12994	136.7
105	690	707	15	-1	14	13239	139.3
107	702	720	17	-5	12	13474	141.8
109	715	729	19	-5	14	13710	144.3
111	724	737	14	-5	9	13945	146.7
113	737	752	13	0	13	14180	149.2
115	746	768	15	-5	10	14426	151.8
117	763	776	22	-5	16	14661	154.3
119	774	792	13	-2	11	14886	156.6
121	789	804	19	-3	16	15132	159.2
123	798	818	14	-6	9	15367	161.7
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

fig.5 The relationship between stress σ and strain ϵ

4. まとめ

新しく開発した発展型重り式万能試験機の概要と試験結果の一部の説明を行った。本機の特徴は引張試験に時間のファクターを取り入れることにより、材料の荷重履歴等が測定可能となったことである。降伏点や縦弾性係数の測定法についても報告を行う予定である。