

最大応力頻度計

鉄道技術研究所 多田美朝 山本康民

1. はしがき

繰返し荷重を受ける構造物の寿命を判定したり、或いは疲労強度に基く設計を行う場合は、その繰返し応力の状況をはつきり把握する必要がある。構造物に発生する実際応力は、設計の当初に想定したものとは相当違っているのが普通であつて、これは実測によつてのみ知り得るものである。応力の測定は抵抗線歪計とその測定装置の発達により普及して来たが、測定値を設計或いは寿命判定に適用するには応力の大きさのみでなくその発生頻度を基礎としなければならない。かかる統計的取扱いに充分な測定値を得るには、測定は連続長期に亘る必要があり、その結果得られる測定値の数は膨大なものとなる。普通の応力測定法で長期測定を行うことは多大の労力と費用を要する外に、その結果の整理が大変なことになる。

現在の我々の疲労強度に関する知識では、1サイクルの繰返し応力変化で、強度に対し重要な因子となるのは最小応力 (σ_u) と最大応力 (σ_o) の値であつて、その変化速度、波形の如きは二次的因子であることが判つている。又応力のさほど広くない範囲では応力振幅 (σ_a) が最重要な因子であつて平均応力 (σ_m) は比較的重要度の低い因子であることが判つている。従つて設計とか寿命判定に差当つて必要なのは、 σ_u 、 σ_o の組合せの応力変化が何回づつ生じたかと云う事であり、更に簡略化した場合は σ_a が何回づつ生じたかを知れば充分である。鉄道橋梁或いは起重機の桁の如く無負荷時の σ_u が一定の場合は更に簡単になり、 σ_o が何回づつ生じたかを知れば充分である。

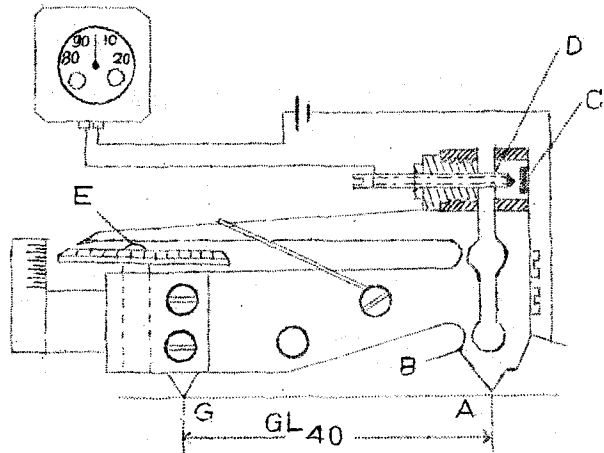
応力頻度計とは応力値を何段階かのレベルに分割し、そのレベル内に入つた応力値の回数を自動的に計数表示するものであり、 σ_u 、 σ_o の組合せで表示されるもの (最小-最大応力頻度計)、 σ_a で表示されるもの (応力振幅頻度計)、 σ_o 或いは σ_o と圧縮領域に入つた σ_u で夫々表示されるもの (最大応力頻度計) の別がある。これらの応力頻度計中後の2種は σ_a 又は σ_o なる一元の量で表示されるもので比較的構造も簡単であるが、前の最小-最大応力頻度計は、 σ_u と σ_o の組合せの二元の量で表示されるもので機構も複雑となつて¹⁾いる。これら頻度計の種類と機能については別途解説するので、こゝには省略することとし、こゝには筆者等の試作した最大応力計について述べることにする。

2. 試作最大応力頻度計の構造と機能

我々が応力頻度を測定せんとする対象は鉄道橋梁であるので、最大応力頻度計にて充分である。構造が簡単で機能が確実であるためには歪測定部は機械的歪計により、計数は電氣的計数器によることとした。歪計の基本型としては接触式歪計を用いた。接触式歪計の構造はオ1図

に示す如くであつて、

可動標点Aの動きが、
剣形支点Bで支えられ
たレバーの動きとなり、
レバーの端に設けられ
た電気接点Cの拡大さ
れた動きとなる。Cに
対応する他の電気接点
Dはマイクロメータ・
ネジで微動調節される
レバー端に設けてあり、



第 1 図

これによつて、予め調定された応力に達すると、電気接点は閉じる。電池とサイクル・カウンタとこの電気接点を接続すると、この電気接点が閉ぢ次に開くとカウンタは1回を計数する。無負荷の状態では電気回路は常に開いているので電池の消耗することはない。従つて取付けて長期間放置することが可能である。サイクル・カウンタ等の電磁的計数器は毎秒数10サイクルまでの計数が可能であるが、応力変化の山の附近で電気接点が開閉する場合はカウンタの作動時間は応力変化の週期より遙かに短くなるので、計数し得る応力変化の振動数は毎秒10数サイクルまでであらう。

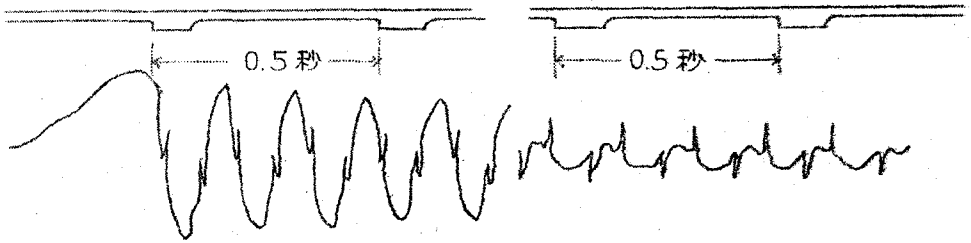
実験室で片持梁の試験片にこの歪計を取付け振動せしめた場合のカウンタ回路の開閉を、抵抗線歪計の応力用オツシログラフの上に上向き及び下向きのパルスとして入るようにして見ると、オ2図に示すように開閉は極めて正確に同一応力で生じていることが分る。

3. 試作最大応力頻度計による鉄道はん桁応力の測定

上記試作応力頻度計の最大応力レベルは1段であつて完全なものではない。しかしこれは基本形であるからその機能を充分検討して置くことは次の進展のため必要である。

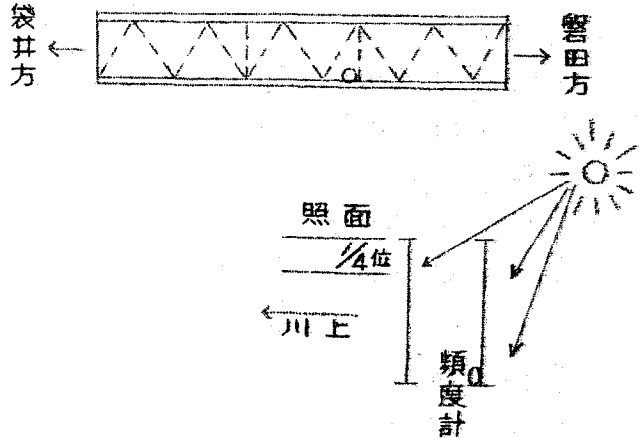
この目的のため昭和30年12月東海道本線120Km試験を行つた機会を利用して實際橋梁で測定を行つた。測定橋梁は袋井-磐田間下り本線今の浦川橋梁オ1連で支間40'8"の上

路はん桁である。



第 2 図

測定位置はオ 3 図に示す通りであつて、この位置に抵抗線歪計を貼り、それを跨いで頻度計を取付けた。抵抗線歪計による応力測定は電磁オツシログラフに記録せしめ、同時に頻度計のカウンタ回路の開閉もオツシログラフ上に記録せしめた。カウンタは 1 列車通過



第 3 図

毎に読みこれを記録して置いて、後日オツシログラフ記録と対照してその作動状況を調べた。応力レベルは 150 Kg/cm^2 としたが、これは各車輛が通過毎に作動せしめるには比較的低くせざるを得なかつたのである。

最初は朝試験前調定してそのまま放置して計数せしめたが、正午前に電気接点が自然に閉ち

放しとなるに到つた。これはオ3図に示すように日照を受け、桁が熱膨脹を生じたためである。桁が熱膨脹を生ずる場合は頻度計の零点は変化することになるので、これから以後の測定は1回毎に零点を測定しそれより150 Kg/cm²の応力増加した点で頻度計が作動するよう調定した。この場合温度計の準備をしていなかったため桁及び頻度計の温度は測っていないが、零点の変化状況はオ4図に示す通りであつて、之が全く日照に依る温度差に基くものであることが分る。正午附近から夕刻までの変化量は応力で示すと、この状況下では270 Kg/cm²に達している。

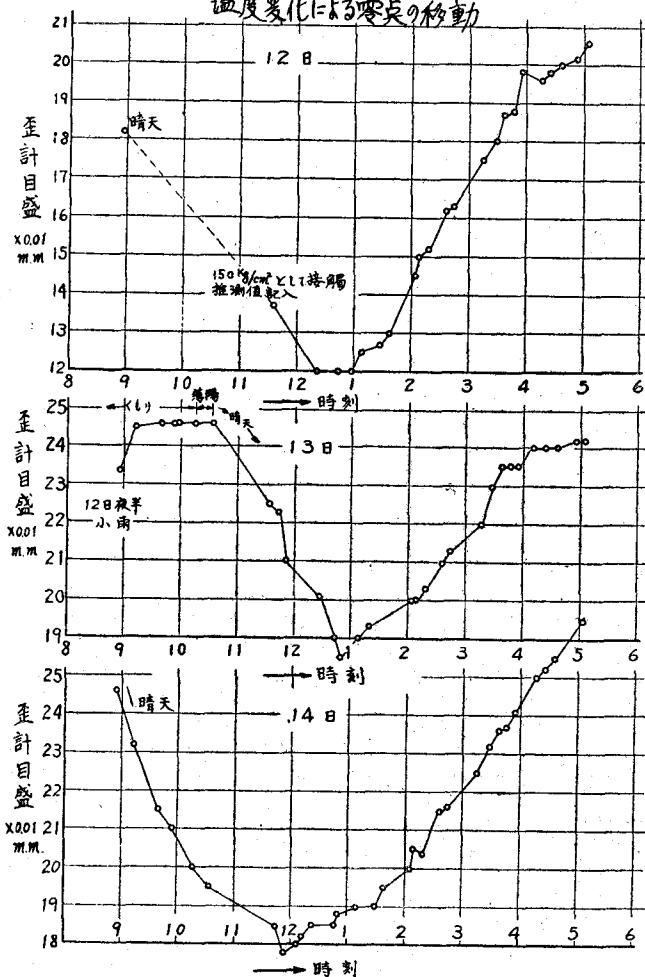
オツシログラフ記録の代

表的なものをオ5図からオ12図に示す。又表に全測定記録を整理したものを示す。表には測定の日時、天候、列車番号、速度、列車通過前後の頻度計の零点、列車通過後の零点を基点とした接触応力、カウンターの計数した数、オツシログラフより求めた接点の接触数を接触完全と思われるものと不完全と思われるものとに分けて掲げてある。

調定は尽く応力150 Kg/cm²としたが、列車通過後検した場合に或る程度変化している。しかし測定数の約 $\frac{2}{3}$ は150 ± 20 Kg/cm²の範囲内に収つている。場合によつては±50 Kg/cm²に及ぶものがある。オツシログラフ記録によると調定応力の小差により接点の接触が完全であ

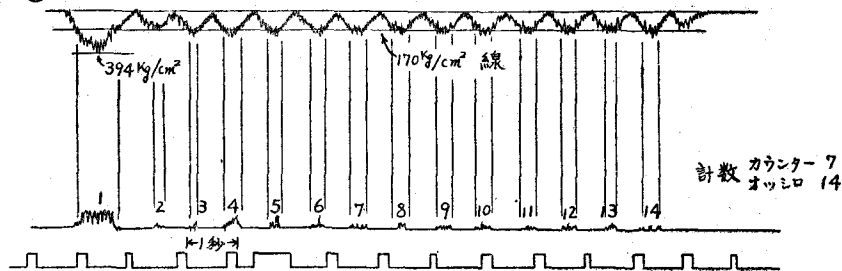
第4図

温度変化による零点の移動



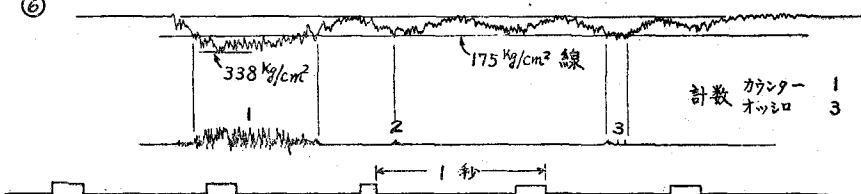
12月12日
⑮

第5図



12月13日
⑥

第6図



つたり不完全であることがよく認められる。例えば同型式の列車に対し、オ8図では接触は完全であつて、計数も完全であるに対し、オ5図では接触の不完全のものが入つて居り、計数もオッシログラフ記録の約半数に止つて居る。又オ11図では接触は不完全で計数も殆ど行われていない。これによると、調定応力すれすれの応力は数えたり数えなかつたりするが、充分越すならば数え落すことはないと言う事を示している。このことは表からも明らかであつて、完全な接触のオッシログラフの記録とカウンターの計数とはよく一致している。

4. む す び

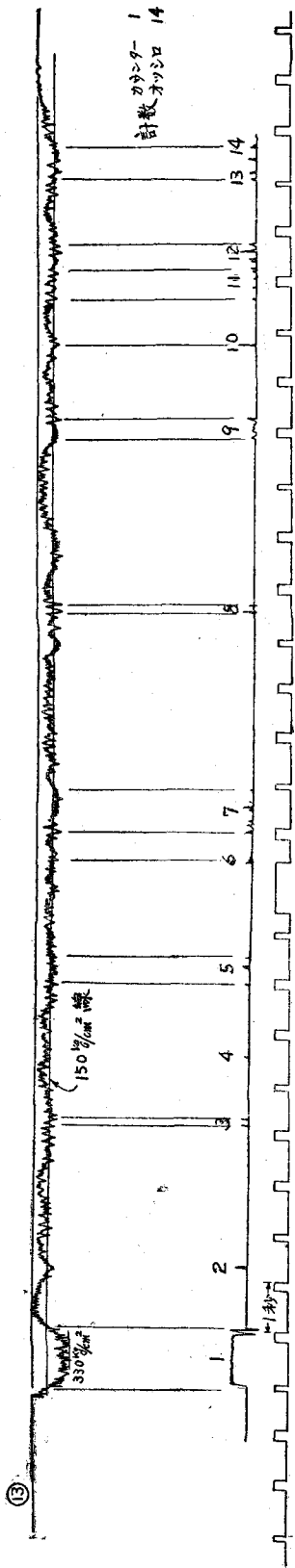
以上述べた実験より応力頻度計として接触式歪計の有用性につき見込みが立つたので、5応力レベルの応力頻度計を試作して実験中である。その構造をオ13図に示す。その結果については何れ報告し得る日も近いことと考えている。

しかしこの型の最大応力頻度計に根本的の難点が存在している。それは試験体に温度変化又は温度応力を生じた場合に零点の変動することである。零点が変動すると調定した応力のレベルが変動するので、正確な測定は行われなくなる、場合によつては接点が閉ち放しとなり計数不可能となる。

この点は応力振巾頻度計では問題にならないから、応力振巾頻度計の方が実用的には有用の如く思われる。

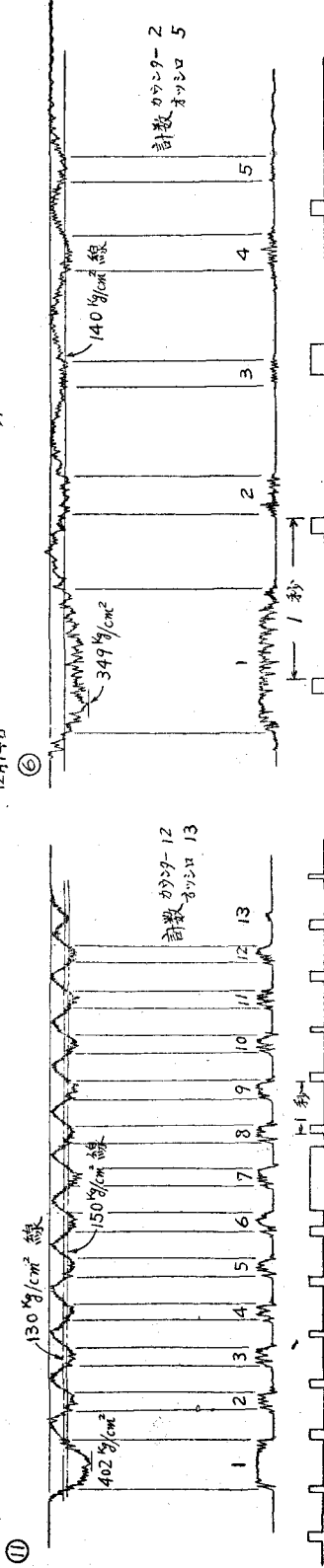
第7図

12月12日



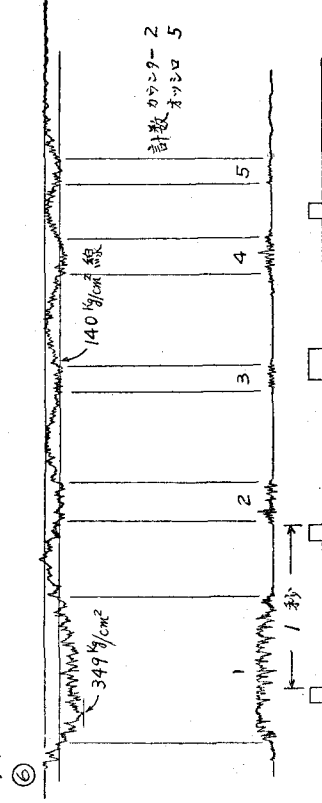
第8図

12月13日



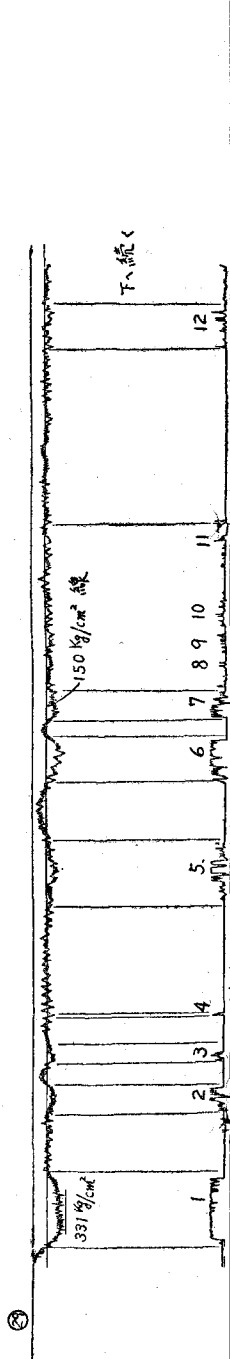
第9図

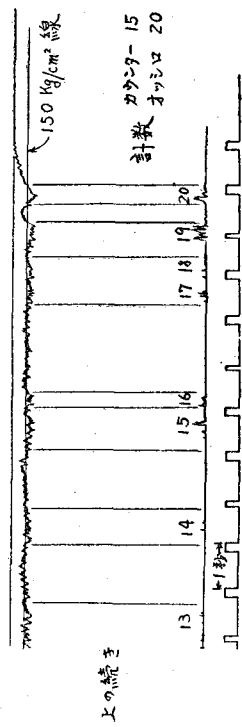
12月14日



第10図

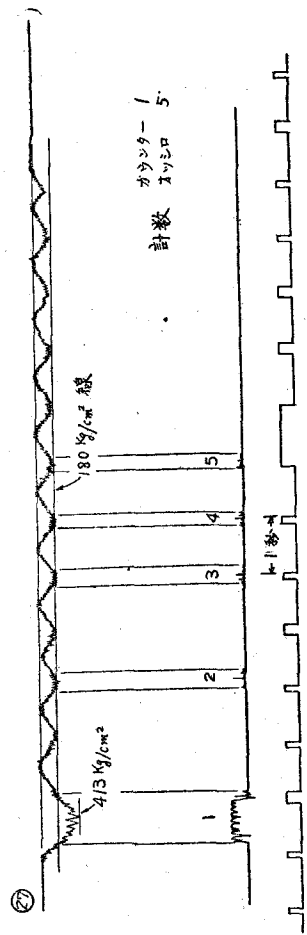
12月12日





第11図

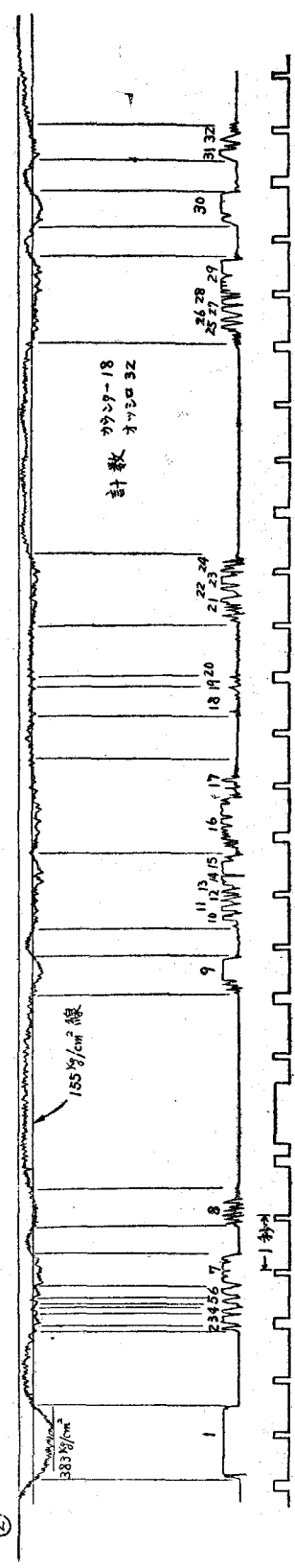
12月14日

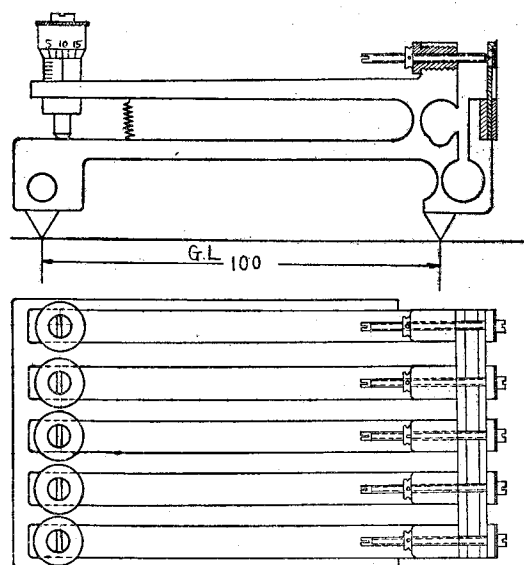


第12図

12月14日

②





第13図

- 1) 材料試験に発表予定
- 2) A. Thum u. O. Svenson; Kontakt-Dehnungs-messer zum Messen von Betriebsbeanspruchungen;
VDI. 88(1944) s. 153/154.

30年2月12日成績

表 - 1

計測 時間	天候	回数	列車 No.	速度 km/h	計器零点目盛		再検 接触 応力	計数 器作 動数	電磁オツシロ 記録数		備 考
					通過 前	通過 直后			大なる 記 録	小なる 記 録	
H. M.											
8-57	晴	1	57		182	調整せず		1	1	8	予1回測定時調定 したまゝ放置
9-14	"	2	761		"			10	10	2	
9-41	"	3	323		"			20	11		
9-54	"	4	463		"			19	?		
9-58	"	5	EH10 165	49.3	"			7	"		
10-15	"	6	EH1015 6501	581	"			10	6?		
10-34	"	7	123		"			4	10	1	
11-35	"	8	65		"		1	接のまゝとなる			
11-44	"	9	4961		"		0	"	"		
11-52	"	10	125		"		0	"	"		
12-22	"	11	1	839	120	120	150	12	1	12	計測毎に零点調整 を行い 応力 150Kg/cm ² と する。 実際には列車通過 后 zero 点調整を行 う、これは再検接 触応力として記載
12-45	"	12	961		120	120	150	3	1		
12-49	"	13	151	620	120	120	150	3	1	14	
13-09	"	14	試 6503		120	125	167	1	1		
13-28	"	臨時貨物			125	127	157	3	2		
13-38	"	15	31	751	127	130	160	7	1	14	
14-05	"	16	33		130	145	200	2	1	8	
14-09	"	17	51	653	150	150	150	1	1		
14-19	"	18	127		150	152	157	1	1	2	
14-36	"	19	1001	851	152	162	184	2	1	8	
14-44	"	20	153		162	163	154	8	4	13	
15-15	"	21	129		163	175	190	1	1		
15-28	"	22	試		175	180	167	1	1	3	
15-38	"	23	41	1010	180	187	174	1	1	3	
15-47	"	24	763		187	188	154	1	1	2	
15-55	"	25	3	867	188	198	184	2	1	12	
16-16	"	26	365		198	196	144	5	6	7~8	
16-25	"	27	327	800	196	198	157	2	1	8	
16-35	"	28	35	787	198	200	157	4	1	12	
16-54	"	29	EH10 167	480	202	202	150	15	12	8	
17-04	"	30	37	927	202	206	164	2	1	18	翌日まで放置



12日夜中より13日朝5時頃まで小雨

30年2月13日

表 - 2

計測時間	天候	回数	列車No.	速力 Km/h	計測器零目盛		再検接 触応力 Kg/cm ²	計数 器作 動数	電磁式 記録数		備考
					通過前	通過直后			大なる 記録	小なる 記録	
H M 8-57	曇	1	57	51.6	23.7	24.5	177	1	1		
9-14	〃	2	761		24.5	24.5	150	6	3	5	
9-41	〃	3	323		24.5	24.6	154	2	1	9	
9-54	〃	4	363		24.6	24.6	150	15	9	8	
9-58	〃	5	EH10 156		24.6	24.6	150	4	3	6	
10-16	薄日	6	EH1015 6507	57.5	24.6	24.6	150	1	1	2	
10-34	晴天	7	123	109.2	24.6	24.5	147	3	1	9	
11-35	〃	8	65		23.4	22.5	154	60↑	14	40	
11-44	〃	9	4961		22.5	22.3	144	2	1		
11-52	〃	10	125		22.3	21.0	107	8	12	1	
12-27	〃	11	1	82.9	21.0	20.1	120	12	12	1	
12-45	〃	12	961		19.0	19.0	150	3	3		
12-49	〃	13	151	55.8	19.0	18.5	134	8	5	8	
13-09	〃	14	試	109.0	19.0	19.0	150	5	1	7	
不明	〃	臨	臨時					1	1	13	
13-40	〃	15	31	85.3	19.0	19.3	160	2	2		
14-05	〃	16	33	84.2	19.3	20.0	174	1	1	13	
14-09	〃	17		62.9	20.0	20.0	150	1	1		
14-19	〃	18	127	45.1	20.0	20.3	160	1	1	7	
14-36	〃	19	1001	79.9	20.3	21.0	174	2	1	9	
14-44	〃	20	153		21.0	21.3	160	12	7	4	
15-15	〃	21	129		21.3	22.0	174	1-2	1	8	
15-28	〃	22	試 6511		22.0	23.0	184	1-2	1	5	
15-38	〃	23	41		23.0	23.5	167	2	1		
15-47	〃	24	763		23.5	23.5	150	11	7	1	
15-55	〃	25	3	83.4	23.5	23.5	150	6	3		
16-10	〃	臨	臨時	71.7	23.5	24.0	167	1	1	6	
16-25?	〃	26	365		24.0	24.0	150	15	9	8	
16-25	〃	27	323	77.1	24.0	23.7	140	2	1	10	
16-35	〃	28	35	78.3	23.7	24.0	160	4	1	12	
16-54	〃	29	167	54.6	24.0	24.2	157	20	15	3	
17-05	〃	30	37	79.1	24.2	24.2	150	2-3	1	12	翌日まで放置

31年12月14日

表 - 3

計測 時間	天候	回数	列車 No.	速力 Km/h	計測器零点目盛		再検接 触応力 Kg/cm ²	計数 器作 動数	電磁オツシロ 記録数		備考
					通過前	通過 直后			大なる 記録	小なる 記録	
H ₂ -M-57	晴天	1	57	59.3	24.6	24.0	130	1	8	5	
9-14	"	2	761	74.0	24.0	23.2	124	18	14	18	
9-41	"	3	323		23.2	21.5	97	12	10	1	
9-54	"	4	363		21.5	21.0	134	45	44	4	
9-58	"	5	156	48.7	21.5	21.0	134	22	20	4	
10-17	"	6	試 6513	100	21.0	20.0	117	2	3	2?	
10-34	"	7	123		20.0	19.5	134	8	記録せず		
11-44	"	8	4961	63.0	19.0	18.5	134	1	1		
11-52	"	9	125	56.9	18.5	17.8	127	10	6	5	
12-07	"	10	65		17.8	18.0	157	3	3	1	
12-10	"	臨時	臨時		18.0	18.2	157	3	3		
12-22	"	11	1	84.7	18.2	18.5	160	6	4	8	
12-45	"	12	961		18.5	18.5	150	8	8		
12-49	"	13	151	62.6	18.6	18.8	157	8	5	1	
13-09	"	14	試	109.6	18.8	19.0	157	3	1		
13-30	"	臨時	臨時		19.0	19.0	150	1	1	11	
13-38	"	15	31	84.0	19.0	19.5	167	3	3		
14-05	"	16	33		19.5	20.0	167	7	6	7	
14-09	"	17	51	58.3	20.0	20.5	167	1	1		
14-19	"	18	127	67.4	20.5	20.4	147	1	1	7	
14-36	"	19	1001	84.6	20.6	21.5	180	1	1	4	
14-44	"	20	153		21.5	21.6	154	8	8	8	
15-15	"	21	129	87.1	21.6	22.5	180	1	1		
15-28	"	22	試 6517	119.0	22.5	23.2	177	1	1		
15-38	"	23	41		23.2	23.6	164	4	4	4	
15-47	"	24	763		23.6	23.7	154	3	3	2	
15-55	"	25	3	83.5	23.7	24.1	164	3	4	8	
16-16	"	26	365		24.1	25.0	180	2-3	3	2	
16-25	"	27	327	71.5	25.0	25.2	157	1	1	4	
16-35	"	28	35	80.1	25.2	25.5	160	3	3	10	
16-54	"	29	167	45.4	25.5	25.5	150	4	4	5	
17-04	"	30	37	80.0	25.5	26.0	167	1	1	12	