



054

土 木 研 究 所 資 料

第1002号

多点岩盤歪検出器による

鈴ヶ峰トンネル地山のゆるみの測定

昭和50年3月

建設省土木研究所
地質研究室

目 次

ま え が き	1
1. 調査位置およびトンネルの施工状況	2
2. 地 質	3
3. 多点岩盤歪検出器	4
3.1 歪 計	5
3.2 グラウト剤	6
3.3 設 置	6
4. 測定方法	8
4.1 トンネルの施工状況と歪計設置の関係	8
4.2 測 定	9
5. 測定結果	9
6. 結果の考察	10
6.1 施工に伴う歪の変化	11
6.2 歪の空間的分布	12
7. あ と が き	12
付録一 1 測定原記録	13
付録一 2 歪量計算プログラム	20

ま え が き

本資料は施工中のトンネルで、掘削によって生ずる周辺地山のゆるみを1年余にわたって測定調査した結果をまとめたものである。

地質研究室では過去数年にわたり、坑内弾性波探査法によって、トンネルの掘削に伴うゆるみの調査を行ってきたが、今回さらに新しい試みとして、箔歪ゲージによる小型軽量な歪計を試作し、トンネルの大背掘削、土平返し、覆工、およびその他の施工によって地山内部の応力がどのように変化し、最終的にどこでバランスするかなどについて経時的な調査を行った。

坑内弾性波探査法によるゆるみの調査法は土木技術資料(14-10)等で紹介しているので、ここでは歪計を使用したゆるみの調査法および調査結果について述べる。

地 質 研 究 室

主任研究員 菅 原 捷
武 井 修

1. 調査位置およびトンネルの施工状況

調査は広島県五日市の北東約2.5kmにある鈴ヶ峰の南側屋根をつらぬく新鈴ヶ峰トンネル(国道2号線西広島バイパス上り線)で行った。本トンネルは全長740mで、二車線の山岳トンネルである。掘削は広島側(東側)から片押しで行っており、坑口付近数mをリングカット工法の他はすべて核残しの上部半断面先進掘削工法で行っている。

調査を行ったトンネルは上り線であり、すでに完成している下り線との距離は中心間隔で山側へわずか30m程度のところである。したがって本トンネルの地質は下り線トンネルの掘削状況を参考に計画・設計したが、ほぼ予想通りであった。

調査地点は広島側より254mのところで、岩盤分類はC、全面に掛矢板を施している。また支保はH-200の鋼製支保で建込み間隔は1.2m、覆工巻厚は0.6mである。トンネルの標準断面は図-1の通りである。

標準断面図 縮尺 1/40

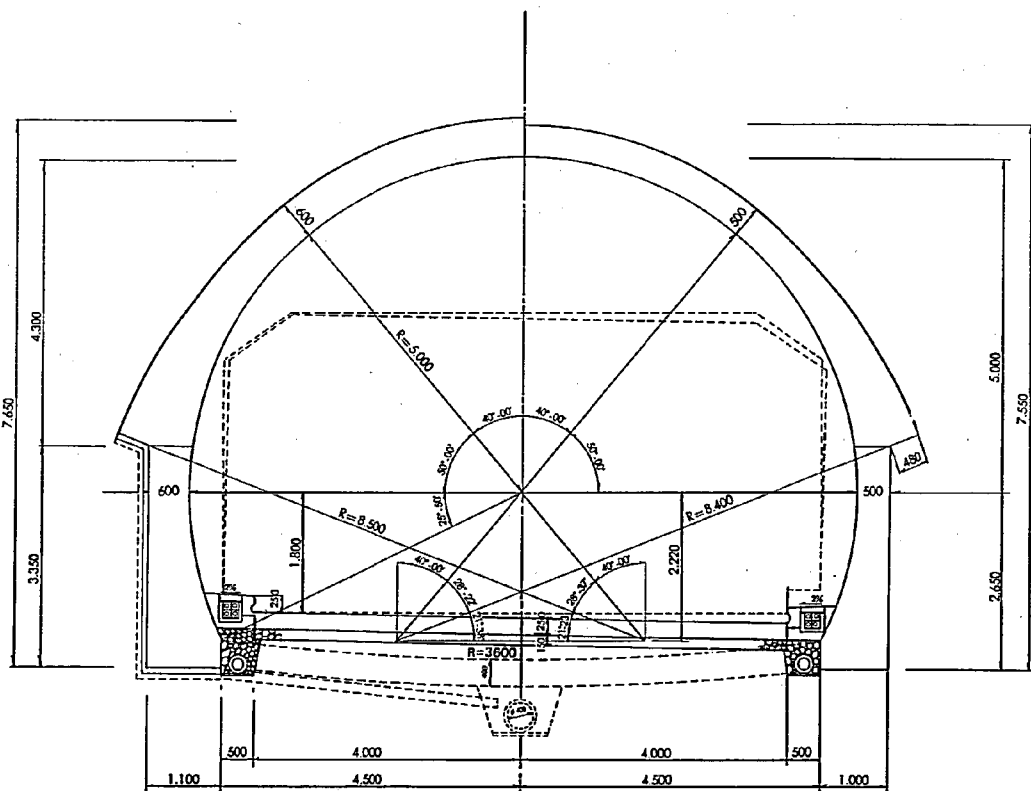


図-1. トンネル標準断面図

歪計を設置した地点は、切端より10m手前であり、アーチコンクリートの打設地点より190m奥になる。

掘削の条件は表-1の通りである。

表-1. 調査地点附近の掘削条件

掘 削 断 面	概略断面積 (m ²)	平均日進 (m)	発破孔数, 深さ	平均火薬量 (新桐)
上 部 半 断 面	41.3	4.8	90 孔 1.3 m	
大 背	27.2	10.8	30 孔 1.8 m	0.527 kg/m ³ 15.49 kg/回
側 壁	10.0			
掘 掘 (巾3m/ヶ所)				0.560 kg/m ³ 5.58kg/回
側 壁 (巾7.5m/ヶ所)			0.543 kg/m ³ 13.16 kg/回	

2. 地 質

新鈴ヶ峰トンネルおよびその周辺にはいわゆる広島型の中～粗粒の花こう岩が発達している。トンネル地域は近陵地帯で風化の影響は深部までおよんでいる。断層は小規模なものが若干みられるだけで変質帯もほとんどないが、連続性の節理の発達が著しい。節理の方向はトンネル軸線と約20度で斜交し、山側へ70～80度で急斜している。節理間隔は5～20cmのところが多く、節理が比較的少ないところでも30～50cm間隔で同方向のものが発達している。節理面には薄い粘土をかんんでいるので肌落ちが多いため全面に掛矢板が敷きつめられている。湧水は滴水程度である。地山を構成する花こう岩の工学的性質は表-2の通りであり、また地山深部の弾性波速度は4.5～5.0km/secである。

表一2. 地山を構成する花こう岩の物理的・力学的性質

供試体	弾性波伝播速度(km/sec)		動ポアソン比	密度 (g/cm^3)	動弾性係数 $\times 10^5 (kg/cm^2)$	静弾性係数 $\times 10^5 (kg/cm^2)$	圧縮強度 (kg/cm^2)
	P 波	S 波					
弱 風 化 (平均)	3.98	1.98	0.34	2.52	2.70	1.96	640
	5.16	2.55	0.33	2.57	4.54	1.08	820
	4.49	2.05	0.37	2.52	3.00	0.84	512
	4.59	2.18	0.35	2.55	3.34	1.01	550
	4.56	2.19	0.35	2.54	3.40	1.22	631
新 鮮 (平均)	5.03	2.46	0.34	2.54	4.20	2.10	1,763
	4.87	2.54	0.31	2.59	4.47	2.50	1,470
	5.52	2.79	0.37	2.62	5.70	3.04	1,800
	5.75	3.09	0.30	2.60	6.59	2.60	1,910
	4.92	2.82	0.25	2.58	5.23	2.66	1,760
	5.54	3.25	0.24	2.58	6.27	2.43	1,670
	5.27	2.83	0.30	2.59	5.41	2.56	1,729

3. 多点岩盤歪検出器

多点岩盤歪検出器は図一2のように、小型の歪計を50cm間隔に、1組6個を並べてロッド状にしたものである。

各歪計はボーリング孔へ挿入しやすいように、金属棒で連結しているが、お互いに干渉しあわないようにその間にスプリングを組みこんでいる。

設置した検出器と静歪測定器間のケーブルは次のような順序で配線した。すなわち歪計からの4芯ケーブルはバラバラにならないように各検出器ごとにビニールテープでまきつけて、ボーリング孔の近くの鋼製支保に固定した接続箱に中継する。さらにこのケーブルは鋼製支保に固定しながら全検出器分のケーブルを一ヶ所に集めた。

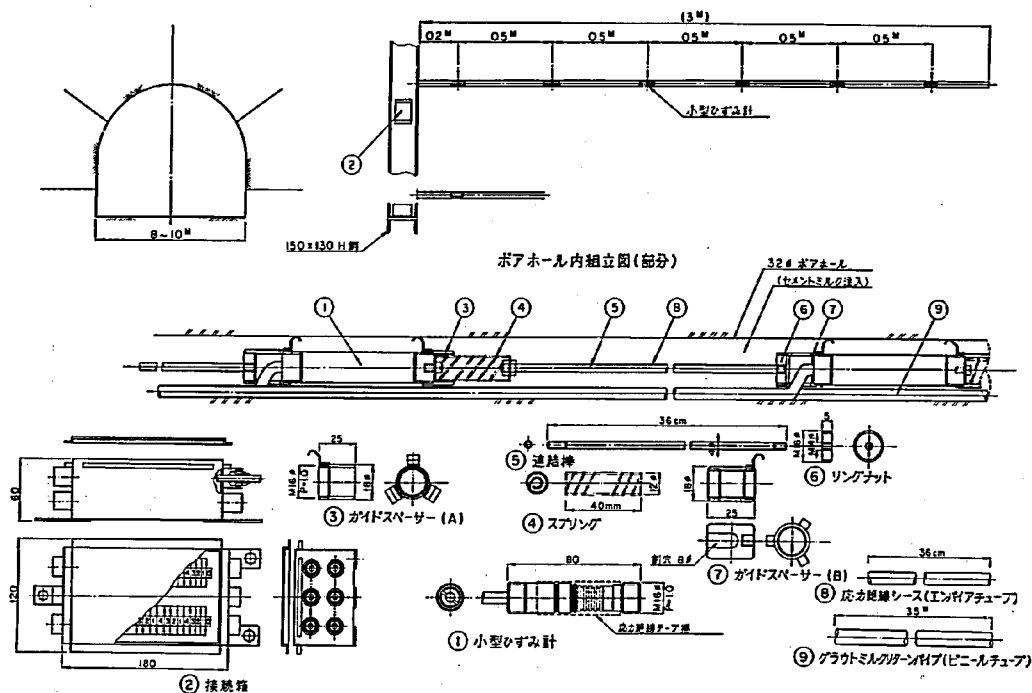


図-2. 多点岩盤歪検出器

3.1 歪 計

歪計は図-3に示すような直径30mm、長さ80mmの円筒形のものを使った（KK共和電業製、型式BS-8A）。歪計の定格容量は-500～+500マイクロであるが、この範囲の150%までは精度的に十分である。すなわち各歪計の校正係数は平均的な値で0.25程度であるから、 $500/0.25=2000$ マイクロとなる。従って検出器は測定時の読取値が $2000 \times 150\% = 3000$ マイクロ以内に納まるように設置する必要がある。

歪計の両端には、岩盤（孔壁）によく接着するように爪をつけており、その間は、グラウトによって岩盤と歪計とが癒着するのを防ぐためにビニールで被覆をしている。

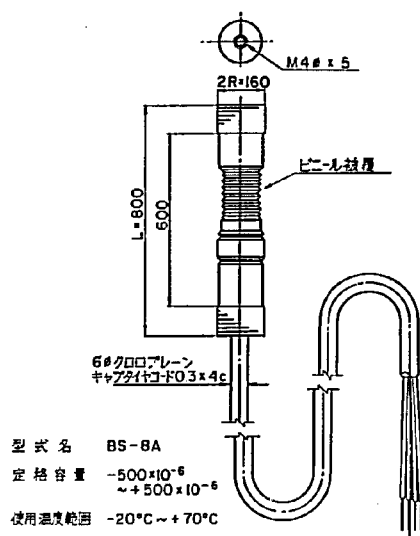


図-3. 歪 計

3.2 グラウト剤

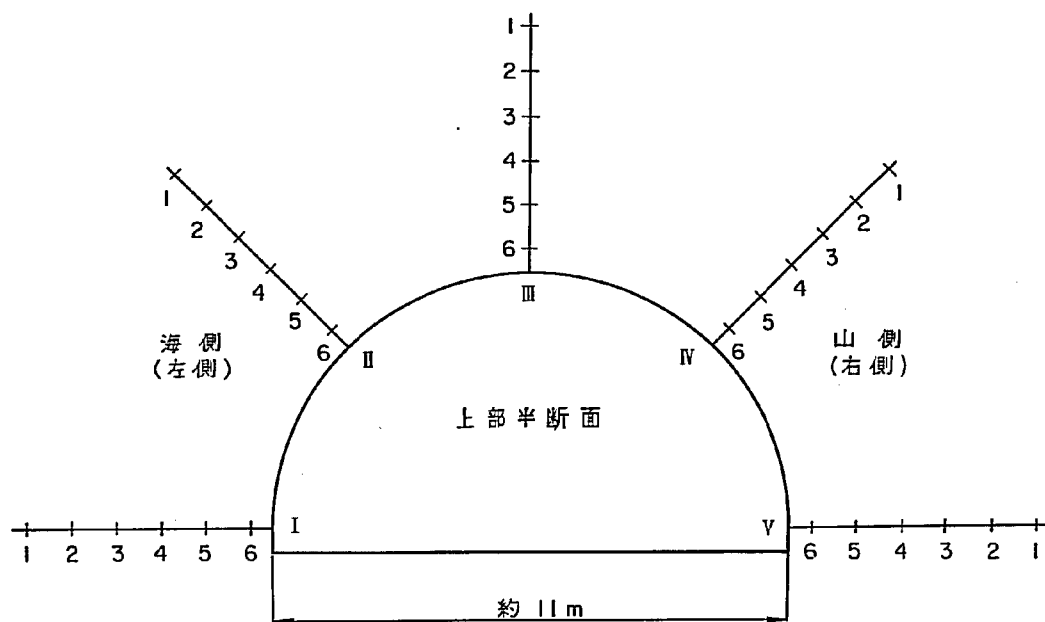
ロッド状に組み立てた検出器をボーリング孔に挿入し、各歪計を岩盤に接着させるためにグラウトを行う。

岩盤の挙動を正確に歪計に伝えるためには、グラウト剤は固結後周囲の岩盤と同じか、やや小さめの静弾性係数のものが望ましい。今回の調査では石膏に珪砂土を加えたゾーンストーンを使用し、静弾性係数は 3000 kg/cm^2 程度であった。

3.3 設 置

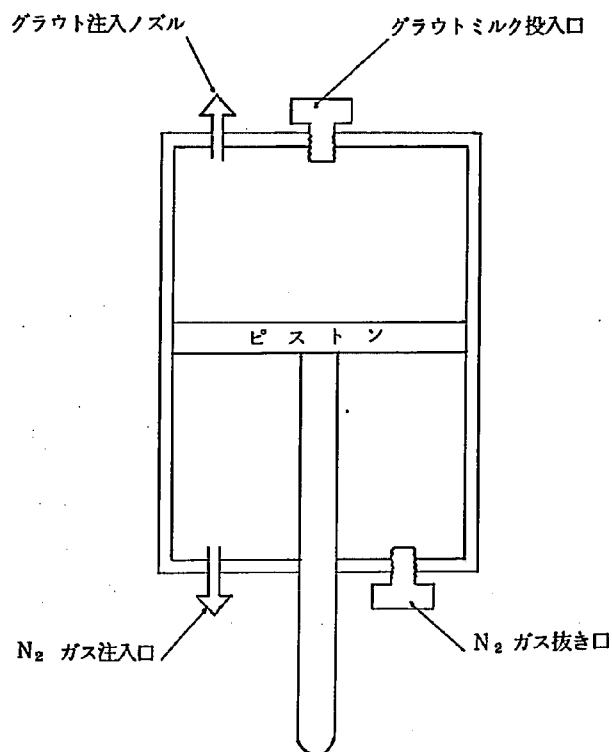
多点岩盤歪検出器はトンネルの切端より10m手前に設置した。検出器は図-4に示すように放射状に配置し、切端に向かって左（海側）よりⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ，Ⅴとした。また各歪計はボーリング孔の奥の方より1, 2, 3, 4, 5, 6とした。

歪検出器は設置前に屋内で、ボーリング孔へ挿入するだけに組み立てる。まず、連結棒にスプリングを介して歪計を取り付けながら、1本のロッド状にする。各歪計には直径6mm（約0.5cm）のケーブルが付いており、それが孔口では6本になる。また、グラウト剤を注入するためのナイロンパイプが2本必要であるので、ケーブルはコンパクトにまとめないとボーリング孔への挿入が困難である。次に6本のケーブルを接続箱の一方にハンダ付けし（入力）、他方へ測定器までのケーブルをハンダ付け（出力）して屋内の作業が終る。



図一4. 多点岩盤検出器配置図

検出器設置用のボーリング孔は $\phi 32\text{mm}$ の削岩機で長さ約 3.5m くり抜いた後、エアで孔内に残るく
り粉を除去する。屋内作業で組み立てた検出器をボーリング孔に挿入（目安としてNo 6の歪計が鋼製
支保の外側から 20cm 程度のところまで）する。この際、No 6の歪計付近までグラウト注入パイプを、
またNo 1の歪計のところまでエア抜きパイプをいっしょに挿入する。挿入後、固練りの石膏でグラウ
ト剤が抜けないように孔口のカバーをし、完全に固まるのをまってグラウト剤を注入する。注入に用い
た器具は図一5の通りで、グラウト剤は孔口から徐々に充填させてゆき、エア抜きパイプよりグラウ
ト剤があふれてきたところで注入を完了する。



図一5. 注入(グラウト)器具概念図

4. 測定方法

多点岩盤歪検出器の設置および測定を開始した時点でのトンネル工事および測定方法は次の通りである。

4.1 トンネルの施工状況と歪計設置の関係

多点岩盤歪検出器の設置個所はトンネル坑口（広島側）からの延長距離で254 m（測点番号No.35 + 94 m）であり、この地点の上半掘削は1月26日に完了している。検出器の設置を行ったのは1月28日で、この日の上半掘削は延長距離で264 mまで完了している。すなわち、検出器の設置はトンネル切端より10 m手前で行ったことになる。

4.2 測 定

測定は多点岩盤歪検出器の設置が完了した時から開始したが、グラウト剤が固結するまではその影響を受け安定したデータが得られない。今回の調査では、グラウト剤が固結したと考えられる日すなわち2月9日に測定したものを基準値とした。

測定回数は通常の場合1週に1回としたが、検出器の設置箇所付近で施工が行われる場合には施工の影響を調べるためその前日、当日、1日後、2日後、3日後、4日後、1週間後というように密な測定を行った。

5. 測 定 結 果

測定は48年1月28日から49年2月23日まで約1年間続けたが、48年12月に路面の舗装が施工された時点で、事実上のトンネル工事は完了している。上述の期間に測定した結果は付録-1（読取原記録）の通りである。また真の歪量はこの測定値から次の式によって計算した。

$$\epsilon_n = (D_n - D_0) \cdot f$$

ϵ_n : 基準日から n 日後の歪量

D_n : " " 読取值

D_0 : 基準日の読取值（48年2月9日）

f : 校正係数

表-3. 各歪計の校正係数($\times 10^{-3}$)

歪計 \ 歪検出器	I	II	III	IV	V
1	273	455	272	272	272
2	262	256	281	259	286
3	269	276	270	254	272
4	282	296	278	294	272
5	301	265	266	256	283
6	281	278	287	442	292

また、各歪計の校正係数は表-3の通りである。歪量の計算はデータ量の増大による計算ミスを防ぐために、電子計算機によった。計算のプログラムは付録-2に示す。また、これで得た真の歪量は表-4の通りである。

6. 結果の考察

計算によって求めた歪量は各歪計ごとにプロットし、それによって異状値やスケールアウトしたものなどを除いて各多点岩盤歪検出器ごとに平均値を算出し、トンネルの施工との関係を求めたものが

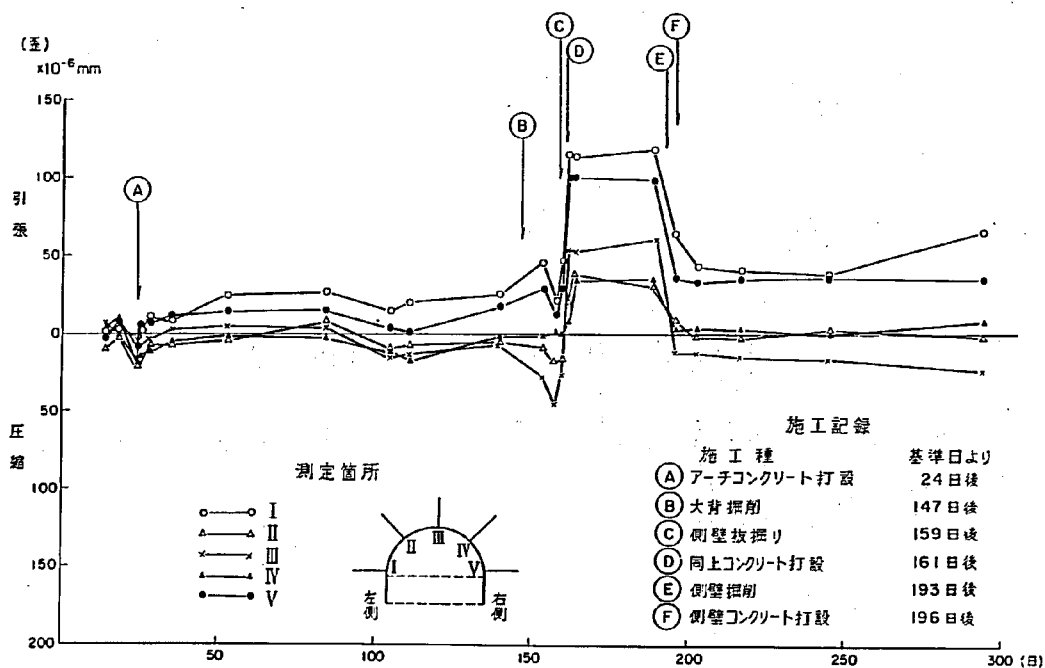


図-6. 検出器毎の平均歪(半径方向)と経時変化および施工との関係

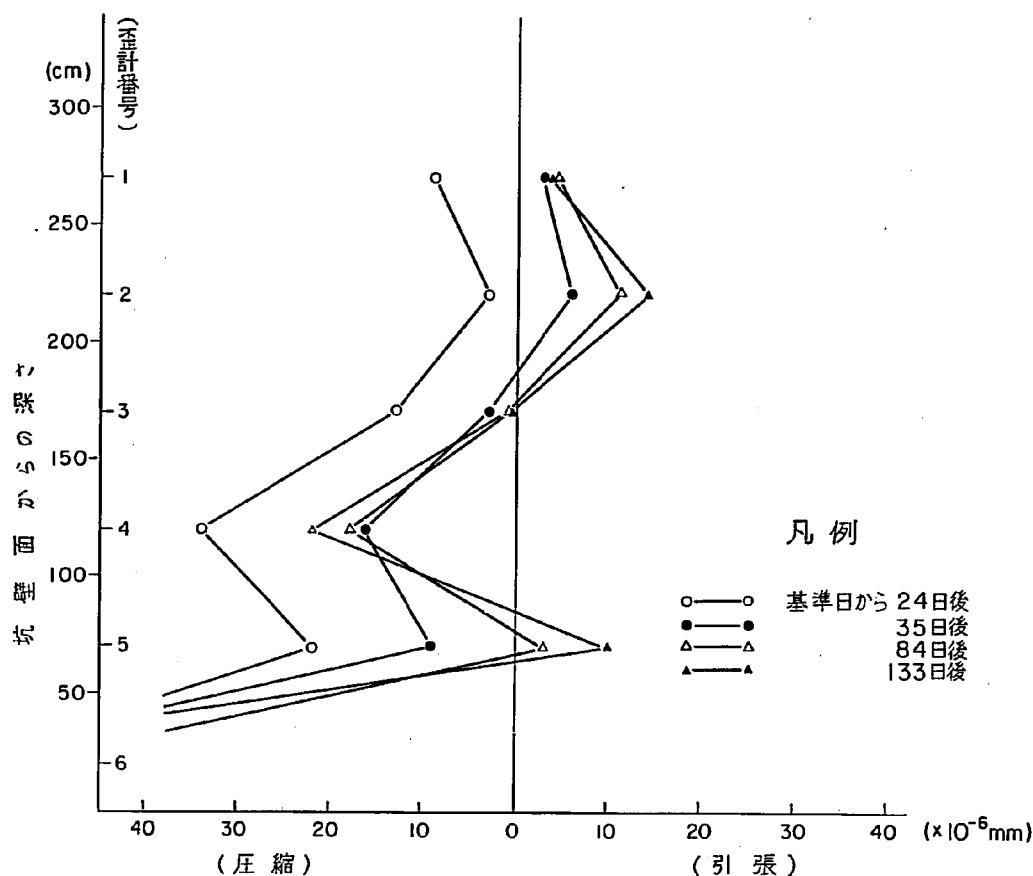


図-7. 歪量の空間的分布の例(検出器Ⅳ)

図-6である。また検出器の設地点付近でトンネルの施工が行われなかった期間(図-6における延日数24日目から133日目の区間)について各歪計の埋設深度と歪量変化の関係を求めた。その1例(検出器NoⅣ)を図-7に示す。

6.1 施工に伴う歪の変化

- 1) 全歪計において、全体的な傾向として引張り方向への変位が生ずる。しかし、この傾向は側壁コクリート打設が完了した時点で止まる。
- 2) 大背掘削時点での変位の状態は多点岩盤歪検出器のNoⅠとNoⅤ、NoⅡとNoⅣで異っている。前者は引張り側で、後者はあまり変化しないか圧縮側で変動する(引張り側へ変位する傾向はかわらない)。また、NoⅢは圧縮側へ変位する。

- 3) 側壁の抜掘で大きな引張り(図-6参照)が生じる。No.1とNo.5は特に大きく、No.2とNo.4は小さい。No.3は前者と同程度の変位を生じるが、基準日に対しては両者の中間に位置する。また、この変位は側壁コンクリートの打設によって回復するが、(1)で示した長期の傾向的な線上にくる。

6.2 歪の空間的分布

- 1) トンネル壁面から一定の深さの位置に相対的に圧縮ゾーンの生じるところが存在する。図-7は多点岩盤歪検出器No.4の例であるが、他の検出器についても同じ傾向がみられる。すなわち、このゾーンの深度は検出器のNo.1は1.7m、No.2は2.2m、No.3は2.2m、No.4は1.2m、No.5で1.7mである。この深度は、坑内弾性波探査(側壁部にて調査)によるゆるみ厚0.7~1.5mという結果とも合っている。
- 2) 歪計のNo.6は値が一定しない。これは掘削による岩盤の破砕が著しく、重機の歩行等による影響が大きいためと考えられる。

7. あ と が き

今回の調査ではデータとしてスケールアウトや断線が比較的少く、良い結果が得られたのではないと思われる。しかし、グラウト剤の影響や施工記録の収集が難しく、歪変動との関係で不明瞭な点があるなど、今後に残された問題も多い。

使用した歪計は1方向だけの歪しか調査できないが、地山内部の細かな変動や、全体的な傾向などが把握でき、十分な結果を得ることができたと考えられる。今後、歪計本体の改善はもちろん、調査方法や解析方法等について追究するつもりである。

調査にあたり、広島国道工事々務所、KK共和電業、大林組、その他の関係諸氏に多大なる協力を得たことに感謝の意を表します。

付録-1 測定原記録

測定月日	2月2日	2月9日	2月17日	2月23日	2月27日	3月5日	3月6日	3月9日	3月16日	3月23日	4月3日
時間	12:00	13:30	10:30	11:30	12:00	16:10	10:30	12:00	11:30	11:00	14:00
11	-3338	-3318	-3301	-3340	-3312	-3348	-3324	-3349	-3302	-3296	-3247
12	-2381	-1878	-2376	-2357	-2374	-1949	-2142	-2250	-2361	-2374	-2288
13	-1937	-1957	-1949	-1945	-1938	-1970	-1944	-1940	-1895	-1882	-1833
14	-2375	-1000	-2288	-2290	-2279	-2245	-2179	-2212	-2078	-2116	-1947
15	-1880	-1688	-1601	-1574	-1556	-1622	-1566	-1599	-1581	-1532	-1476
16	-1793	-2273	-2030	-1702	-3684	-5662	-5136	-7270	-4713	-4160	-3820
21	+ 40	+ 36	+ 31	- 23	- 33	- 89	- 62	- 44	- 41	- 31	- 44
22	-1130	-1156	-1150	-1143	-1122	-1185	-1169	-1154	-1131	-1160	-1136
23	-2935	-2905	-2901	-2927	-2870	-2918	-2899	-2899	-2868	-2900	-2868
24	+ 558	+ 605	+ 801	+ 640	+ 613	+ 568	+ 582	+ 590	+ 624	+ 680	+ 670
25	-1515	-1510	-1518	-1527	-1514	-1552	-1533	-1512	-1475	-1490	-1472
26	- 578	- 524	- 426	- 474	- 509	- 600	- 645	- 684	- 595	- 600	- 609
31	-3130	-3160	-3170	-3158	-3651	-3215	-3176	-3172	-3140	-3160	-3134
32	-3026	-3020	-3040	-2961	-3048	-3108	-3071	-3070	-3056	-3072	-3065
33	-1580	-1550	-1530	-1507	-1509	-1586	-1567	-1538	-1497	-1486	-1460
34	-2286	-2202	-2210	-2206	-2206	-2252	-2237	-2212	-2198	-2208	-2200
35	-2394	-2276	-2337	-2384	-2408	-2408	-2378	-2412	-2459	-2500	-2527
36	+ 5625	+ 4550	+ 3444	+ 2795	+ 2228	-1395	-4691	- 224	- 725	- 978	-1760
41	-1695	-1925	-1923	-1941	-1926	-1959	-1932	-1937	-1915	-1940	-1910
42	-1443	-1292	-1279	-1318	-1304	-1304	-1283	-1282	-1269	-1243	-1254
43	- 585	- 700	- 700	- 677	- 694	- 750	- 734	- 750	- 712	- 678	- 706
44	-1558	-1602	-1615	-1579	-1635	-1719	-1688	-1678	-1658	-1665	-1660
45	- 528	- 465	- 482	- 427	- 356	- 550	- 527	- 513	- 499	- 470	- 471
46	-1060	- 920	- 882	- 900	- 885	-1107	-1082	-1106	-1044	-1025	-1025
51	-1036	-1045	-1034	-1018	-1028	-1128	-1049	-1042	-1026	-1022	- 985
52	- 940	- 728	- 789	- 719	- 756	- 779	- 759	- 764	- 763	- 759	- 756
53	- 26	- 20	+ 28	(-2871)	-2854	- 29	(-250)	- 137	- 407	-2806	-2766
54	-1010	- 931	- 916	- 910	- 910	- 944	- 922	- 916	- 898	- 884	- 871
55	-3438	-3304	-3291	-3321	-3306	-3314	-3288	-3286	-3267	-3302	-3269
56	-2890	-2745	-2723	-2770	-2712	-2747	-2709	-2700	-2696	-2683	-2693

測定月日	4月6日	4月14日	4月20日	5月4日	5月11日	5月18日	5月25日	5月31日	6月8日	6月15日	6月22日
時 間	17:00	8:00	17:30	10:00	8:00	8:00	13:00	8:00	9:00	13:00	9:00
11	-3250	-3255	-3253	-3215	-3226	-3229	-3261	-3250	-3248	-3225	-3215
12	-2359	-2355	-2358	-2337	-2350	-2353	-2382	-2372	-2374	-2355	-2351
13	-1844	-1840	-1841	-1810	-1837	-2764	-1850	-1841	-1837	-1868	-1805
14	-1470	-1893	-1820	-1944	-1958	-1933	-1958	-1955	-1921	-1900	-1793
15	-1454	-1463	-1460	-1398	-1426	-1426	-1441	-1432	-1408	-1376	-1371
16	-1892	-982	-965	-1774	-866	-904	-895	-1059	-1021	-1003	-979
21	-16	-48	-49	-15	-46	-30	-32	-30	-29	-26	-25
22	-1111	-1154	-1145	-1098	-1132	-1126	-1141	-1137	-1138	-1126	-1121
23	-2818	-2885	-2875	-2795	-2880	-2881	-2905	-2900	-2900	-2876	-2870
24	+698	+655	+542	+578	+482	+460	+460	+469	+481	+483	+476
25	-1444	-1491	-1500	-1456	-1521	-1525	-1541	-1536	-1534	-1523	-1525
26	-611	-451	-419	-510	-595	-640	-668	-680	-659	-666	-683
31	-3144	-3163	-3146	-3148	-3150	-3165	-3200	-3194	-3196	-3175	-3168
32	-3700	-3089	-3088	-3057	-3085	-3096	-3117	-3110	-3105	-3084	-3080
33	-1463	-1468	-1466	-1440	-1440	-1371	-1523	-1509	-1530	-1517	-1516
34	-2196	-2228	-2245	-2223	-2275	-2258	-2301	-2295	-2295	-2272	-2259
35	-2535	-2591	-2621	-2636	-2736	-2950	-3088	-3070	-3062	-3048	-3045
36	-1455	-1780	-1796	-1971	-1986	-2500	-2572	-2661	-2771	-3370	-3681
41	-1910	-1929	-1930	-1909	-1924	-1924	-1950	-1934	-1945	-1926	-1911
42	-1256	-1269	-1264	-1250	-1258	-1250	-1267	-1258	-1256	-1245	-1239
43	-703	-721	-713	-704	-999	-709	-722	-716	-709	-710	-704
44	-1662	-1680	-1679	-1663	-1681	-1682	-1703	-1693	-1698	-1681	-1676
45	-458	-479	-475	-454	-475	-458	-466	-458	-453	-438	-426
46	-1008	-1048	-1070	-1111	-1182	-1250	-1216	-1218	-1245	-1250	-1276
51	-985	-989	-984	-966	-966	-957	-955	-964	-957	-944	-936
52		-770	-773		-750	-2050	-895		-615	-755	-746
53		-2857	-2861		-2840	-2839	-2881	-2846	-2845	-2820	-2819
54	-869	-876	-871	-850	-860	-845	-879	-850	-849	-835	-829
55	-3274	-3290	-3294	-3270	-3286	-3284	-3264	-3306	-3305	-3279	-3273
56	-2698	-2710	-2712	-2694	-2697	-2700	-2820	-2808	-2794	-2697	-2693

測定月日	6月29日	7月6日	7月13日	7月14日	7月15日	7月16日	7月17日	7月18日	7月19日	7月20日	7月21日
時 間	14:00	9:00	13:00	9:00	13:00	8:00	13:00	13:00	8:00		
11	-3208	-3217	-3026	-3026	-3129	-3101	-3136	-1058	-3034	-2705	-2703
12	-2359	-2360	-2365	-2360	-2435	-2438	-2440	-2381	-2360	-2118	-2115
13	-1798	-1761	-1758	-1750	-1805	-1832	-1850	-1791	-1740	-1563	-1554
14	-510	-1795	-2037	-2038	-2091	-2092	-2059	-1983	-1010	-1803	-1790
15	-1360	-1431	-820	-714	-820	-811	-804	-794	-36	-673	-665
16	-950	-876	-222	-213	-219	-220	-220	-203	-209	-193	-190
21	-30	-25	-14	-14	-10	-12	-10	-11	-10	-10	-10
22	-1125	-1116	-1105	-1106	-1137	-1135	-1134	-1128	-1103	-1009	-980
23	-2869	-2893	-2916	-2916	-3006	-3000	-2989	-2963	-2915	-2795	-2794
24	+459	+398	+255	+256	+272	+273	+269	+263	+270	+251	+244
25	-1518	-1525	-1599	-1596	-1641	-1638	-1631	-1598	-1590	-1409	-1407
26	-695	-703	-829	-822	-846	-839	-834	-823	-811	-751	-731
31	-3176	-3169	-3229	-3230	-3310	-3315	-3306	-3231	-3225	-2891	-2870
32	-3076	-3080	-3120	-3126	-1600	-3121	-3208	-3142	-3130	-2795	-2780
33	-1540	-1558	-1623	-1621	-1654	-1660	-1662	-1639	-1607	-1441	-1431
34	-2215	-2283	-2368	-2357	-2415	-2411	-2404	-2395	-2343	-2103	-2070
35	-3065	-3091	-3149	-3160	-3247	-3250	-3249	-3183	-3160	-2822	-2821
36	-4200	-4513	-5181	不	不	不	不	不	不	-4813	-4859
41	-1915	-1908	-1740	-1946	-2010	-1981	-1940	-1942	-1944	-1890	-1890
42	-1245	断線	断線	断線							
43	-706	-697	-651	-656	-668	-650	-649	-646	-647	-631	-629
44	-1676	-1663	-1655	-1655	-1706	-1660	-1649	-1643	-1651	-1612	-1609
45	-431	-438	-450	-442	-441	-440	-438	-429	-443	-433	-429
46	-1306	-1345	-1429	-1430	-1486	-1451	-1436	-1431	-1471	-1431	-1422
51	-945	-893	-889	-882	-451	-811	-816	-831	-885	-790	-789
52	-764	-621	-528	-534	-268	-499	-539	-521	-519	-471	-460
53	-2830	-2811	-2604	-2634	-1345	-2699	-2717	-2631	-2620	-2345	-2338
54	-844	-830	-834	-826	-419	-831	-856	-813	-820	-741	-732
55	-3275	-3268	-3240	-3245	-1663	-3146	-3372	-3168	-3240	-2891	-2885
56	-2685	-2668	-2654	-2660	-1364	-2698	-2770	-2631	-2656	-2371	-2363

測定月日	7月23日	7月24日	7月25日	7月26日	7月27日	7月28日	7月30日	7月31日	8月1日	8月2日	8月3日
時間											
11	-2709	-2705	-2706	-2710	-2713	-2771	-2708	-2710	-2712	-2711	-2712
12	-2120	-2118	-2115	-2121	-2124	-2120	-2116	-2121	-2122	-2123	-2125
13	-1556	-1558	-1554	-1556	-1558	-1554	-1555	-1553	-1555	-1553	-1556
14	-1791	-1790	-1788	-1789	-1795	-1783	-1788	-1779	-1784	-1780	-1729
15	-651	-653	-655	-643	-656	-640	-639	-639	-636	-635	-630
16	-186	-185	-185	-187	-185	-187	-185	-187	-189	-185	-189
21	-10	-11	-13	-12	-13	-8	-10	-9	-9	-7	-6
22	-983	-984	-982	-986	-989	-986	-985	-986	-985	-987	-989
23	-2587	-2598	-2585	-2590	-2591	-2593	-2594	-2595	-2593	-2595	-2596
24	+240	+243	+244	+239	+245	+249	+251	+252	+251	+252	+253
25	-1345	-1397	-1410	-1407	-1411	-1410	-1409	-1410	-1406	-1411	-1410
26	-736	-735	-736	-734	-735	-738	-737	-739	-740	-737	-740
31	-2874	-2873	-2870	-2870	-2874	-2830	-2825	-2839	-2872	-2875	-2876
32	-2782	-2781	-2725	-2779	-2781	-2783	-2786	-2789	-2784	-2783	-2788
33	-1430	-1428	-1426	-1423	-1428	-1426	-1420	-1417	-1420	-1419	-1418
34	-2078	-2071	-2056	-2021	-2031	-2011	-2001	-1996	-2000	-2003	-1989
35	-2825	-2831	-2825	-2839	-2834	-2839	-2841	-2843	-2841	-2843	-2844
36	-4545	-4539	-4446	-4497	-4527	-4411	-4370	-4351	-4406	-4349	-4348
41	-1717	-1728	-1730	-1728	-1730	-1721	-1725	-1731	-1728	-1729	-1735
42	断線										
43	-579	-573	-577	-573	-575	-571	-572	-576	-575	-573	-575
44	-1470	-1463	-1456	-1448	-1433	-1473	-1470	-1472	-1471	-1473	-1481
45	-392	-387	-388	-385	-389	-376	-378	-379	-378	-379	-380
46	-1304	-1311	-1305	-1321	-1311	-1331	-1330	-1331	-1329	-1331	-1340
51	-791	-789	-790	-785	-790	-785	-786	-787	-785	-787	-789
52	-415	-439	-452	-443	-449	-441	-442	-441	-440	-439	-440
53	-2339	-2335	-2335	-2338	-2340	-2340	-2338	-2341	-2344	-2343	-2345
54	-784	-785	-730	-721	-731	-723	-721	-725	-728	-728	-729
55	-2886	-2886	-2884	-2885	-2879	-2880	-2885	-2891	-2888	-2891	-2895
56	-2365	-2369	-2365	-2367	-2369	-2370	-2369	-2374	-2370	-2373	-2375

測定月日	8月4日	8月6日	8月7日	8月8日	8月9日	8月10日	8月17日	8月24日	8月31日	9月7日	9月14日
時 間											
11	-2709	-2670	-2663	-2691	-2660	-2659	-2649	-232	-513	-289	断 線
12	-2126	-2130	-2130	-2130	-2128	-2129	-2135	-2128	-2293	-2360	-1851
13	-1558	-1565	-1562	-1569	-1562	-1563	-1563	-1730	-1718	-1721	-1803
14	-1781	-1785	-1775	-1788	-1775	-3174	-1771	断 線			
15	-611	-605	-607	-605	-607	-610	-600	-551	-537	-545	-329
16	-163	-141	-153	-164	-165	-151	-163	-83	-113	-51	
21	-6	-5	-8	-11	-10	-9	-10	-3	+11	+15	+10
22	-988	-985	-986	-992	-990	-990	-995	-939	-1100	-1096	-1099
23	-2593	-2599	-2583	-1086	-2581	-2606	-2615	-2891	-2879	-2883	-2869
24	+239	+209	+208	+219	+210	+200	+311	+295	+191	+214	+195
25	-1409	-1419	-1415	-1410	-1416	-1424	-1419	-1542	-1563	-1556	-1570
26	-738	-735	-739	-740	-738	-754	-749	-711	-709	-706	-715
31	-2880	-2885	-2886	-2884	-2885	-2885	-2881	-3205	-3199	-3205	-3211
32	-2793	-2802	-2800	-2795	-2797	-2798	-2795	-3139	-3141	-3136	-3143
33	-1420	-1451	-1447	-1442	-1448	-1456	-1451	-1501	-1509	-1517	-1529
34	-1953	-1928	-1939	-1944	-1940	-1940	-1940	-31	-21	-5	-1931
35	-2851	-2868	-2861	-2895	-2860	-2861	-2858			断 線	
36	-3998	-3825	-3834	-3797	-3791	-3589	-3602	-321	-308	-331	-321
41	-1740	-1739	-1737	-1736	-1735	-1736	-1741	-1952	-1938	-1941	-1954
42	断 線										
43	-561	-560	-563	-569	-561	-565	-562	-619	-631	-623	-624
44	-1479	-1474	-1471	-1473	-1472	-1475	-1479	-1653	-1641	-1649	-1652
45	-381	-383	-384	-385	-386	-387	-389	-398	-397	-400	-401
46	-1351	-1381	-1376	-1370	-1375	-1379	-1381	-1695	-1693	-1726	-1699
51	-789	-794	-793	-790	-791	-790	-795	-843	-860	-858	-843
52	-459	-470	-465	-355	-461	-463	-462	-593	-431	-623	-399
53	-2334	-2331	-2333	-2335	-2334	-2335	-2333	-2511	-2498	-2506	-2513
54	-721	-723	-721	-739	-731	-720	-735	-879	-884	-881	-879
55	-2887	-2881	-2885	-2886	-2881	-2880	-2883	-3219	-3346	-3689	-3189
56	-2377	-2379	-2376	-2376	-2374	-2375	-2371	-2643	-2689	-2659	-2681

測定月日	9月21日	9月28日	10月5日	10月12日	10月19日	10月26日	11月2日	11月9日	11月16日	11月23日	11月30日
時 間											
11	断 線				-5116						
12			-1972			断 線					-3592
13	-1931	-1839	-1900	-1811	-1714	-1631	-1835	-1710	-1695	-1700	- 860
14	断 線										
15	- 401	- 389	- 819	- 432	- 436	- 419	- 395	- 384	- 298	- 413	- 100
16					断 線						
21	+ 11	+ 19	+ 25	+ 23	+ 26	+ 29	+ 29	+ 36	+ 25	+ 19	+ 24
22	-1076	-1081	-1081	-1083	-1090	-1081	-1073	-1074	-1039	-1077	- 539
23	-2795	-2835	-2850	-2861	-2879	-2879	-2886	-2889	-2881	-2859	-1446
24	- 103	- 111	+ 160	- 58	+ 37	- 95	- 83	- 240	- 131	- 152	- 189
25	-1572	-1581	-1556	-1562	-1574	-1591	-1583	-1605	-1591	-1611	-1621
26	- 703	- 695	- 689	- 691	- 715	- 702	- 693	- 768	- 715	- 723	不
31	-3211	-3205	-3219	-3210	-3200	-3215	-3211	-3200	-3208	-3210	-3210
32	-3139	-3142	-3155	-3141	-3133	-3135	-3139	-3136	-3150	-3129	-3150
33	-1539	-1566	-1535	-1541	-1539	-1539	-1562	-1540	-1572	-1568	-1609
34	-1921	- 32	-1934	- 31	+ 40	- 8	- 7	- 6	- 9	- 8	- 9
35	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線	断 線
36	- 311	- 325	- 301	- 325	- 330	- 341	- 353	- 388	- 369	- 341	- 320
41	-1953	-1951	-1952	-1942	-1955	-1950	-1943	-1950	-1955	-1943	-1935
42			断 線		断 線						
43	- 662	- 673	- 660	- 665	- 672	- 663	- 673	+ 683	- 681	- 665	- 685
44	-1629	-1634	-1641	-1651	-1640	-1639	-1622	-1294	-1618	-1611	-1561
45	- 385	- 391	- 400	- 392	- 394	- 391	- 389	- 384	- 386	- 382	- 380
46	-1694	-1721	-1770	-1754	-1814	-1821	-1799	-1870	-1866	-1903	-1910
51	- 859	- 862	- 860	- 843	- 844	- 844	- 829	- 835	- 831	- 832	- 859
52	- 382	- 395	-3535	- 298	- 300	断 線					
53	-2391	-2408	-2534	-2521	-2498	-2395	-2421	-2445	-2431	-2430	-2432
54	- 861	- 859	- 873	- 839	- 889	- 872	- 880	- 884	- 849	- 865	- 859
55	-3195	-3188	-3204	-3159	-3164	-3163	-3172	-3157	-3145	-3152	-3149
56	-2699	-2679	-2690	- 631	-1551	-2632	-2695	-2692	-2689	-2695	-2704

測定月日	12月28日	1月26日	2月23日								
時 間											
11	断 線										
12	-4620	-4595	-4590								
13	-1748	-1751	-1775								
14	断 線										
15	- 118	- 110	± 0								
16	断 線										
21	+ 148	+ 139	+ 150								
22	-1110	-1082	-1115								
23	-1494	-2908	-3001								
24	- 754	- 632	- 550								
25	-1700	-1705	-1711								
26	-1032	- 984	-1039								
31	-3194	-3195	-3190								
32	-3188	-3195	-3201								
33	-1790	-1693	-1658								
34	± 0	- 3	- 6								
35	断 線										
36	- 298	- 331	- 294								
41	-1940	-1939	-1955								
42	断 線										
43	- 662	- 671	- 675								
44	-1578	-1593	-1609								
45	- 370	- 389	- 400								
46	-2162	-2003	-2211								
51	- 860	- 868	- 875								
52	断 線										
53	-2340	-2356	-2336								
54	- 794	- 800	- 828								
55	-3088	-3102	-3094								
56	-2710	-2711	-2715								

付録-2 歪量計算プログラム

TOSRAC-3400 TOPS-14 TMS VERSION B644 09/12/74 *** TOPS-14 TMS ***
ALGOL SOURCE PROGRAM LIST

```

begin
integer I,J,M,N,D,H,T;
READ(M,N);
begin
array K,F[1:M],A,DA[1:M,1:N];
READ ARRAY(K,1,M);
READ ARRAY(F,1,M);
READ ARRAY(A,1,M,1,N);
D=0; H=10;
NEWPAGE;
for I= 1 step 1 until M do
begin
D=D+1;
T=D+D;
PRINTS('NO' || I); PRINTI(3,T); CRLF(1);
PRINTS('====='); CRLF(1); SPACE(10);
for J= 1 step 1 until N do
begin if A[I,J]=10=1 then begin SPACE(2); PRINTS('====='); SPACE(3); go to L1;
end;
DA[I,J]=(K[I]-A[I,J])*F[I]*(-1); PRINTI(5,DA[I,J]); SPACE(2);
L1: if J=J+10=10 then begin CRLF(1); SPACE(10); end;
end;
CRLF(3);
I:=I+6=6 then begin NEWPAGE;
N=0; H=H+10; end;
end;
end;
end;

```

NO 11
=====

5	-6	2	-8	-2	-6	4	6	19	19
17	18	28	25	-3	16	19	19	25	28
30	28	80	80	52	59	50	617	78	167
148	166	167	167	166	165	166	167	166	165
166	165	166	177	179	171	180	180	183	842
844	827	*****	*****	*****	*****	*****	-491	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****			

NO 12
=====

1	6	2	113	63	34	5	2	24	6
7	6	12	8	7	0	2	2	7	8
6	6	4	6	-14	-15	-15	0	6	69
70	68	69	70	68	67	68	69	68	68
66	67	67	66	65	66	66	66	64	66
73	6	139	*****	*****	107	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	-317	-587	-580	-579			

NO 13
=====

2	3	5	-3	3	5	17	20	33	30
31	31	40	32	-217	29	31	32	24	41
43	43	54	56	41	34	29	45	58	106
108	108	107	108	108	107	108	108	109	108
109	108	107	105	106	104	106	106	106	61
64	63	41	7	32	15	39	65	88	33
66	70	69	295	56	55	49			

NO 14
=====

25	24	27	37	55	46	84	73	121	255
146	157	122	118	125	118	118	128	144	164
526	164	95	99	80	80	79	111	385	161
165	165	165	166	165	164	167	166	168	167
168	182	168	166	169	166	169	-225	170	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO 15
=====

26	34	40	20	37	27	32	47	64	70
68	69	87	79	79	74	77	84	94	95
99	77	261	293	261	264	266	269	407	306
308	312	312	311	315	311	315	316	316	317
317	315	324	326	325	326	325	324	327	342
346	346	409	387	391	262	378	377	382	389
393	418	384	478	473	475	508			

NO 16
=====

70	162	167	-951	-803	-1403	-684	-529	-433	108
344	369	142	397	386	389	343	353	358	365
373	886	578	580	579	578	578	583	581	586
587	588	588	588	588	588	588	588	588	587
588	587	594	600	597	594	594	598	594	617
608	626	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO H1

-2	-27	-31	-57	-45	-36	-35	-30	-36	-24
-18	-39	-23	-37	-30	-31	-30	-30	-28	-28
-10	-28	-23	-23	-21	-22	-21	-21	-21	-21
-21	-21	-21	-22	-22	-22	-20	-21	-20	-20
-20	-19	-19	-19	-20	-21	-21	-20	-21	-18
-11	-10	-12	-11	-8	-5	-6	-5	-3	-3
0	-5	-8	-5	51	47	52			

NO H2

2	3	9	-7	-3	1	6	-1	5	12
1	3	15	6	8	4	5	5	8	9
8	10	13	13	5	5	6	7	14	38
45	44	44	45	44	43	44	44	44	44
43	43	43	44	44	42	42	42	41	56
14	15	15	20	19	19	19	17	19	21
21	32	20	158	12	19	10			

NO H3

1	-6	10	-4	2	2	10	1	10	24
6	6	30	7	7	0	1	1	8	10
10	3	-3	-3	-28	-26	-23	-16	-3	30
31	88	87	87	87	87	86	86	86	86
86	85	86	84	89	502	89	83	80	4
7	6	10	30	19	15	12	7	7	5
4	7	13	403	389	-1	-26			

NO H4

58	10	2	-11	-7	-4	6	22	19	28
15	-19	-8	-36	-43	-43	-40	-37	-36	-38
-43	-61	-104	-103	-99	-98	-99	-101	-99	-105
-107	-108	-107	-107	-108	-107	-105	-105	-104	-105
-104	-104	-108	-117	-118	-114	-117	-120	-87	-92
-123	-116	-121	-210	-212	-148	-196	-168	-207	-204
-250	-218	-224	-235	-402	-366	-342			

NO H5

-2	-5	-1	-11	-6	-1	9	5	10	17
5	3	14	-3	-4	-8	-7	-6	-3	-4
-2	-4	-24	-23	-35	-34	-32	-23	-21	27
27	44	30	27	27	26	27	27	27	28
26	27	27	24	25	27	25	23	24	-8
-14	-12	-16	-16	-19	-12	-14	-17	-21	-19
-25	-19	-27	-29	-50	-52	-53			

NO H6

28	15	5	-20	-33	-43	-19	-20	-23	-23
21	30	5	-19	-31	-39	-42	-36	-38	-43
-46	-49	-84	-82	-88	-86	-85	-82	-79	-62
-56	-58	-58	-58	-57	-58	-58	-58	-59	-59
-58	-59	-58	-58	-59	-59	-58	-63	-61	-51
-50	-49	-52	-49	-46	-45	-45	-52	-48	-46
-67	-52	-54	*****	-140	-127	-142			

NO Ⅲ1

-3	1	-134	-15	-4	-3	5	0	7	4
-1	-1	3	3	-1	-11	-9	-10	-4	-2
-4	-2	-19	-19	-41	-42	-40	-19	-18	73
79	78	78	79	79	78	90	91	87	76
78	77	76	75	75	75	75	75	76	-12
-11	-12	-14	-14	-12	-16	-14	-11	-15	-14
-11	-13	-14	-14	-9	-10	-8			

NO Ⅲ2

-6	17	-8	-25	-14	-14	-10	-15	-13	-191
-19	-19	-10	-18	-21	-27	-25	-24	-18	-17
-16	-17	-28	-30	399	-28	-53	-34	-41	63
67	67	67	83	68	67	67	66	65	66
67	65	64	61	62	63	63	62	63	-33
-34	-33	-35	-33	-34	-38	-34	-32	-32	-33
-33	-37	-31	-37	-47	-49	-51			

NO Ⅲ3

5	12	11	-10	-5	3	14	17	24	23
22	73	30	30	48	7	11	5	9	9
3	-2	-20	-19	-28	-30	-30	-24	-15	29
32	32	33	33	34	33	33	35	36	35
35	36	35	27	28	29	28	25	27	13
11	9	6	3	-4	4	2	3	3	-3
3	-6	-5	-16	-65	-39	-29			

NO Ⅲ4

-2	-1	-1	-14	-10	-3	1	-2	1	2
-7	-12	-6	-20	-16	-28	-26	-26	-19	-16
-4	-23	-46	-43	-59	-58	-56	-54	-39	28
37	34	36	41	50	48	53	56	57	56
55	59	69	76	73	72	73	73	73	604
606	611	75	78	603	75	604	601	610	610
610	610	610	610	612	612	610			

NO Ⅲ5

-16	-29	-34	-35	-27	-36	-49	-60	-67	-69
-84	-92	-96	-122	-179	-216	-211	-209	-205	-205
-210	-217	-232	-235	-258	-259	-259	-241	-235	-145
-145	-146	-148	-146	-150	-148	-150	-150	-151	-150
-151	-151	-153	-157	-156	-155	-155	-156	-155	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO Ⅲ6

-317	-504	-666	-1706	-2652	-1370	-1514	-1587	-1811	-1723
-1817	-1821	-1872	-1876	-2023	-2044	-2070	-2101	-2273	-2352
-2511	-2601	-2793	*****	*****	*****	*****	*****	*****	-2716
-2700	-2610	-2609	-2582	-2596	-2605	-2572	-2560	-2555	-2570
-2554	-2554	-2453	-2404	-2406	-2396	-2394	-2336	-2340	-1398
-1394	-1401	-1398	-1395	-1399	-1392	-1399	-1401	-1404	-1407
-1417	-1412	-1404	-1398	-1391	-1395	-1390			

NO IV1
=====

1	-4	0	-9	-2	-3	3	-4	4	4
-1	-1	4	0	0	-7	-2	-5	0	4
3	5	50	-6	-23	-15	-4	-5	-5	10
10	57	54	53	54	53	55	54	53	54
53	52	50	51	51	51	52	51	50	-7
-4	-4	-8	-8	-7	-7	-5	-8	-7	-5
-7	-8	-5	-3	-4	-4	-8			

NO IV2
=====

3	-7	-3	-3	2	3	6	13	10	9
6	7	11	9	11	6	9	9	12	14
12	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

NO IV3
=====

0	6	2	-13	-9	-13	-3	-17	-2	-1
-5	-3	-1	-76	-2	-6	-4	-2	-3	-1
-2	1	12	11	8	13	13	14	13	18
18	31	32	31	32	32	33	33	31	32
32	32	35	36	35	33	35	34	35	21
18	20	19	10	7	10	9	7	9	7
4	5	9	4	10	7	6			

NO IV4
=====

-4	7	-10	-34	-25	-22	-16	-19	-17	-18
-23	-23	-18	-23	-24	-30	-27	-29	-23	-22
-22	-18	-16	-16	-31	-17	-14	-12	-14	-3
-2	39	41	43	45	50	38	39	38	39
38	36	36	38	39	38	38	37	36	-15
-11	-14	-15	-8	-9	-11	-14	-11	-11	-6
91	-5	-3	12	7	3	-2			

NO IV5
=====

-4	10	28	-22	-16	-12	-9	-1	-2	2
-4	-3	3	-3	2	0	2	3	7	10
9	7	4	6	6	6	7	9	6	8
9	19	20	20	20	19	23	22	22	22
22	22	22	21	21	20	20	20	19	17
17	17	16	20	19	17	19	18	19	19
21	20	21	22	24	19	17			

NO IV6
=====

17	9	15	-83	-72	-82	-55	-46	-46	-39
-57	-66	-84	-116	-146	-131	-132	-144	-146	-157
-171	-188	-225	-225	-250	-235	-228	-226	-244	-226
-222	-170	-173	-170	-177	-173	-182	-181	-182	-181
-182	-186	-191	-204	-202	-199	-201	-203	-204	-343
-342	-356	-342	-342	-354	-376	-369	-395	-398	-389
-420	-418	-434	-438	-549	-479	-571			

NO V1

=====

3	7	5	-23	-1	1	5	6	16	16
15	17	21	21	24	24	22	24	27	30
27	41	42	44	162	64	62	58	59	49
70	69	70	69	71	69	71	70	70	71
70	70	70	68	69	69	69	69	68	55
50	51	55	51	50	50	55	55	55	59
57	58	58	51	50	48	46			

NO V2

=====

-17	3	-8	-15	-9	-10	-10	-9	-8	*****
-12	-13	*****	-6	-378	-48	*****	32	-8	-5
-10	31	57	55	132	65	54	59	60	74
77	90	83	79	82	80	82	82	82	82
83	82	77	74	75	107	76	76	76	39
85	80	94	99	95	-803	123	122	*****	*****
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****			

NO V3

=====

13	-775	-771	-2	-63	-32	-105	-758	-747	*****
-772	-773	*****	-767	-767	-778	-769	-768	-762	-761
-764	-759	-703	-711	-360	-729	-734	-710	-707	-632
-630	-631	-630	-630	-630	-631	-631	-630	-631	-632
-632	-632	-629	-629	-629	-630	-629	-630	-629	-678
-674	-676	-678	-645	-650	-684	-680	-674	-646	-653
-660	-656	-656	-656	-631	-635	-680			

NO V4

=====

-50	-49	-49	-58	-52	-50	-45	-42	-38	-38
-39	-38	-32	-35	-31	-40	-32	-32	-28	-27
-31	-27	-28	-26	85	-27	-34	-22	-24	-3
0	-14	-15	0	3	0	2	3	2	1
1	1	3	2	3	-2	0	3	-1	-40
-42	-41	-40	-35	-35	-39	-29	-43	-38	-41
-42	-32	-36	-35	-12	-19	-26			

NO V5

=====

4	-5	-1	-3	5	5	10	1	10	8
4	3	10	5	6	11	-1	0	7	9
8	10	18	17	464	45	-19	38	18	117
119	118	118	119	119	120	120	119	117	118
117	116	118	120	119	118	120	120	119	24
-12	-109	33	31	33	28	41	40	40	37
42	45	43	44	61	57	59			

NO V6

=====

6	-7	10	-1	11	13	14	18	15	14
10	10	15	14	13	-22	-18	-14	14	15
18	22	27	25	403	14	-7	33	26	109
112	111	110	111	110	110	110	110	108	110
109	108	107	107	108	108	108	108	109	30
16	25	19	13	19	16	617	349	33	15
15	16	15	12	10	10	9			

多点岩盤歪検出器による鈴ヶ峰
トンネル地山のゆるみの測定

土研資料第1002号
昭 50. 3 (1975)

建設省土木研究所地質研究室

要 旨

掘削中の鈴ヶ峰トンネル坑内において箔歪ゲージによる多点岩盤歪検出器を設置し、施工に伴って生ずるトンネル周辺地山のゆるみを約1年間測定した結果である。

郵便はがき

十四切手を
はって下手を

1 1 3 - □ □

建設省土木研究所
地質研究室 御中
東京都文京区本駒込
二丁目二十八番三十二号

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1002号

多点岩盤歪検出器による鈴ヶ峰
トンネル地山のゆるみの測定

部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印