

III—2 軟岩ずりを利用した盛土の動的載荷試験について

日本鉄道建設公団札幌支社 工事部工事オニ課長 正会員 田原鑑二
日本鉄道建設公団札幌支社 知内鉄道建設所副所長 小原 潔

1. まえがき

最近、鉄道構造物における土構造物の占める割合は、スラブ軌道の急速な普及と保守の問題から大きく減少している。在来線では約90%、東海道新幹線で54%を占めていた土構造物の割合は、上越、東北新幹線では1%程度となっており、コンクリート構造物の増加は、鉄道建設費の増大を招いている。今後建設が予定されている整備新幹線においては、トンネルから発生する岩ずりを、有効的に活用し、建設費の低減をはかることがひとつの課題とされている。

こうした中で現在建設中の津軽海峡線北海道取付部においてトンネルより発生する軟岩ずりを活用して、厳しい材料管理試験及び施工管理基準の下に約30万m³の大規模盛土を施工中である。盛土現場は将来信号所となる箇所、盛土延長約540m、高さは最大14mの高盛土となっている。この内、昭和58年度に施工した盛土高さ約9mの軟岩ずりの天端に大型起振機と据え、列車の繰返し荷重を想定した動的載荷に伴う沈下量等を把握し、盛土の安定性を確認するとともに軟岩ずり盛土上でのスラブ軌道の可能性を検討するため、動的繰返し載荷試験を行なった。本報告は、試験の結果とそれに付随する資料をとりまとめたものである。

2. 盛土材料

盛土に使用した材料は、トンネル工事より発生した泥岩ずりである。トンネル工事8工区の岩ずり試験結果は、表-1に示すとおりである。

表-1 盛土材料試験結果

工 区	地山 含水比 (%)	土砂の 比重	コンシステンシー			締固め	粒 度 試 験					土の分類 (日本統一)		
			WL	WP	IP		レキ分(%) (2.0mm以上)	砂分(%) (75~2.0mm)	シルト分(%) (75~0.075mm)	粘土分(%) (0.075mm以下)	均等係数 (U _c)		曲率係数 (U _u)	
オ1清の里丁	14.8	2.69	55.6	22.5	33.1	15.0	1,790	74.0	10.0	15.3	0.7	350	20	シルト質レキ
オ2清の里丁(西)	16.8	2.69	48.1	21.3	26.8	15.5	1,794	80.6	10.7	8.2	0.5	178	9	シルト質レキ
———(東)	15.8	2.71	55.0	19.7	35.3	16.5	1,770	60.6	14.1	23.8	1.5	62	1.5	シルト質レキ
オ2重内丁	15.9	2.69	40.9	22.3	18.6	15.5	1,804	68.0	18.6	12.7	0.7	376	10.9	シルト質レキ
オ3重内丁	15.4	2.66	61.0	20.3	40.7	18.0	1,730	68.6	18.9	11.5	1.0	200	12.5	——
オ1森越丁(西)	16.4	2.70	41.4	24.0	17.4	16.5	1,772	77.3	13.5	8.4	0.8	113	11.2	——
———(東)	22.1	2.68	55.2	22.5	32.7	19.2	1,700	83.1	18.5	17.8	0.6	424	1.3	(G M)シルト質レキ
オ3森越丁	28.7	2.64	53.1	31.0	22.1	30.0	1,434	41.6	27.4	23.0	8.0	349	0.44	シルト質砂

3. 載荷試験事前調査

動的載荷試験に先立って、盛土完了後約6箇月経過の盛土天端面で、平板載荷試験(K30値)を行うと共に天端面の岩ずりを採取して粒度の分布測定を行なった。また、盛土天端よりボーリングを行い、N値を測定した。

試験結果は、K30値60前後、N値については20~40の間に分布しており十分な締固めが行なわれたことが確認されている。また、盛土の沈下量については、昭和58年12月と、昭和59年4月の2度の測量の結果、最大2cmの沈下が認められたにすぎず、沈下に関しても問題はないものと思われた。なお、粒度試験の結果は、表-2に示すとおりである。

表-2 粒度試験結果

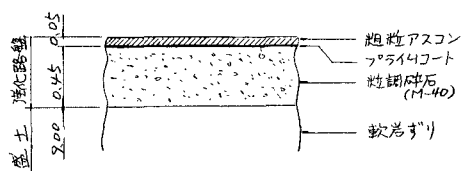
	レキ分(%) (2.0mm以上)	砂分(%) (75~2.0mm)	シルト分(%) (5~75μ)	粘土分(%) (5μ以下)	均等係数 (U _c)	曲率係数 (U _u)	土の分類 (日本統一)
試料-1	61.3	15.4	22.1	1.2	457	0.64	(G M)シルト質レキ
試料-2	70.3	12.4	16.0	1.3	800	8.8	(G M)シルト質レキ

4. 試験設備

(1) 強化路盤

軟岩すり盛土の天端に、国鉄土構造物設計標準による強化路盤を想定した。図-1に示す構造の路盤(8m×8m)と新幹線のレール基礎を考慮したコンクリートスラブの設備を施工。

図-1 強化路盤詳細図



(2) 測定機器

i 沈下計

岩すり盛土天端面にT型沈下計を設置し、盛土表面の沈下量を計測し、スクリーマー沈下計で、盛土内の深度2.5m、4.5m、6.5m盛土支持地盤(約9m)の各位置における沈下量測定を行なった。

ii 水準標

コンクリートスラブ、強化路盤に、36ポイントの水準標を設け、レベルによる沈下量の測定を行なった。

iii 傾斜計

繰り返し荷重を受ける、トンネル発生岩すり盛土内の側方流動を傾斜計により測定を行なった。

iv 加速度計、土圧計

加速度計は、盛土、スラブ及び起振機の加速度、動変位を測定、土圧計は盛土に作用する土圧を測定した。

5. 試験内容

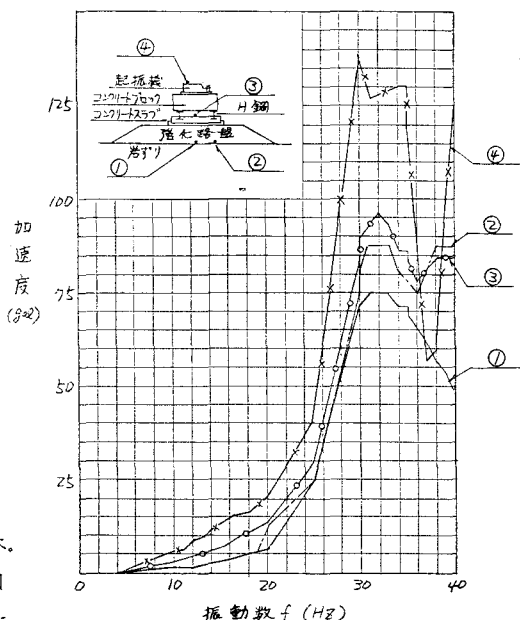
(1) 共振試験

コンクリートスラブの上に大型起振機を据え、繰り返し载荷試験に影響のない程度の起振力(1t)で鉛直方向に振動数を4~12Hzまでを2Hz間隔とし、12~35Hzを1Hz間隔に増加させて加振し、盛土天端及びスラブ上に設置した加速度計によって、応答加速度を計り、盛土の共振特性を調べた。

(2) 繰り返し载荷試験

共振試験終了後、新幹線の列車走行速度を考慮して繰り返し荷重を15t、振動数を20Hzとして繰り返し試験を行なった。また、载荷回数は、新幹線16両編成の年間通トン3000万トンの载荷に相当する200万回とした。

図-2 共振曲線



6. 試験結果

(1) 共振試験

繰り返し载荷試験に先立って、岩すり盛土の固有振動数を求めるため、共振試験を行なったが、共振曲線のピークが見られなかった。繰り返し载荷試験後、再度共振試験を行ない固有振動数を求めた。

第1回目の振動数4~35Hz間の試験では、共振曲線のこう配が35Hzに向って急になっている事から、35Hz~40Hz間に固有振動数がある様にも思われた。

繰り返し载荷試験後4~40Hz間で行なった第2回目の共振試験では、明らかに共振曲線のピークが見られた。

図-2 から判断すると、固有振動数は
32 Hzである。

第1回目の試験では、35～40 Hzの
間に固有振動数があると考えられたが
第2回目の試験結果では、32 Hzに移行
している。また、測定値の変化も生じて
いる。表-3に加速度と土圧の測定値の
変化を示した。

この事は、繰り返し載荷試験(載荷荷
重0～15tf)により盛土天端面が締
固められ、盛土地盤の伝達係数が変化し
たものと思われる。

(2) 繰り返し載荷試験

i 加速度

図-3に示すとおり、No.1
加速度計の測定結果を見ると
載荷回数10万回まで測定値
が急増しているがそれ以後こ
う配が緩やかになり、50万
回以後では、ほぼ1000
gal付近で一定値となってい
る。No.2～No.4加速度測定結
果では、載荷回数10万回で最
大値を示し、それ以後降下し
て、100万回からは、ほぼ
一定値(1200 gal)を繰
り返している。

ii 動変位

載荷回数10万回付近を境に
以前では測定値が大きく上昇、
下降を示しているが、以後では
加速度と同様に、ほぼ一定値を
繰り返している。図-4に動変
位の略図を示す。

iii 土圧

載荷回数1000回で最大値
0.463 kg/cm^2 を示したが、10
万回以後は一定値(0.4 kg/cm^2)
を繰り返している。

表-3 測定値の対比

計器 No	30 Hz			35 Hz			記 事
	第1回 gal	第2回 gal	率 %	第1回 gal	第2回 gal	率 %	
1	20.6	72.0	350	46.0	72.0	157	加速度計 盛土天端
2	22.1	75.0	339	50.0	78.0	156	— " — " —
3	31.0	84.0	271	69.0	87.0	126	— " — スタブ天端
4	52.0	138.0	265	129.0	130.0	101	— " — 起振機上
5	kg/cm^2 0.032	kg/cm^2 0.100	313	kg/cm^2 0.054	kg/cm^2 0.062	115	土圧計 盛土天端

注、率はオ1回を100%としたオ2回目の率

図-3 加速度～載荷回数曲線

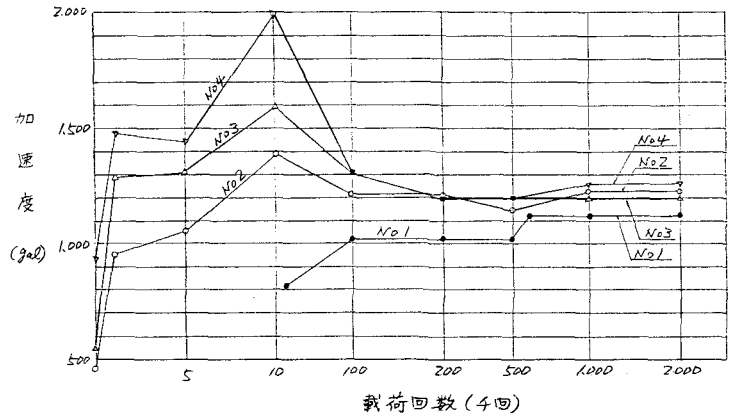
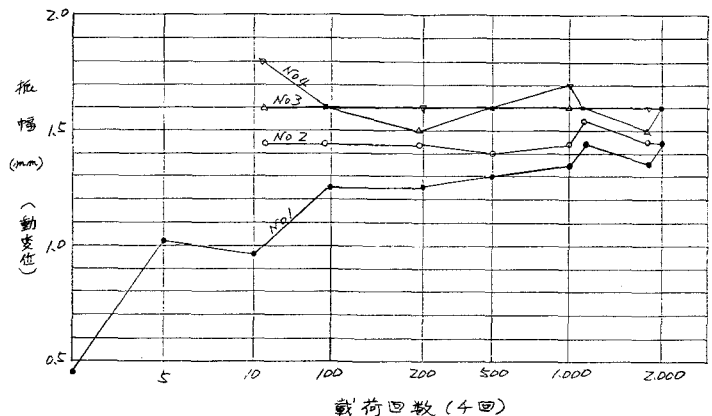


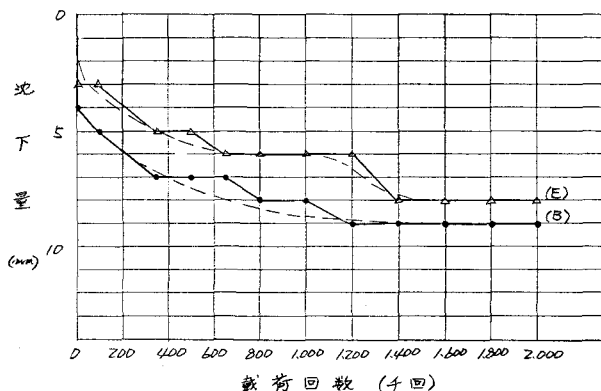
図-4 動変位～載荷回数曲線



IV 沈下計

図-5に測定結果を沈下量～載荷回数曲線で表した。これによると、載荷回数0～35万回まで急速な沈下をしているが、それ以後140万回まで緩やかな沈下が進行し、載荷回数140万回から沈下が終了している。全沈下量は、No B沈下計で9^{mm}、No E沈下計で8^{mm}となっている。

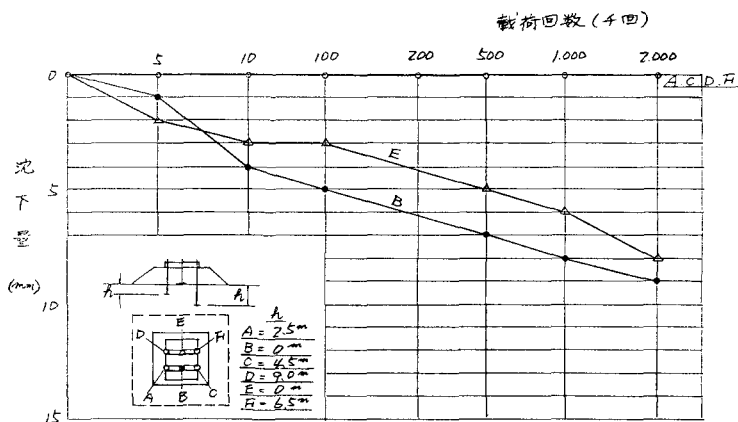
図-5 沈下量～載荷回数曲線



沈下計測定結果の概略沈下状況を、図-6に 沈下～log 載荷回数曲線として示した。

これによると、0～15%の載荷による沈下は、盛土表面の沈下計で沈下量最大9^{mm}測定されたが、他の地中層別沈下計での沈下は認められず、盛土にあたる影響範囲は、比較的浅いものと考えられる。

図-6 沈下～log 載荷回数曲線



V 水準標

起振機を設置したスラブで、最大10^{mm}程度の沈下が測定されているが、沈下計測定結果と同様に、載荷回数140万回で、ほぼ沈下が終了している。図-7、図-8に載荷回数200万回時の沈下範囲を示した。

これによると、横断方向で、センターから、L、R共2^mまで沈下しているが、3^m地点で沈下が見られない。このことから、0～15%の載荷による強化路盤にあたる影響範囲は、2～2.5^m程度と推定される。

図-7 盛土横断方向沈下範囲

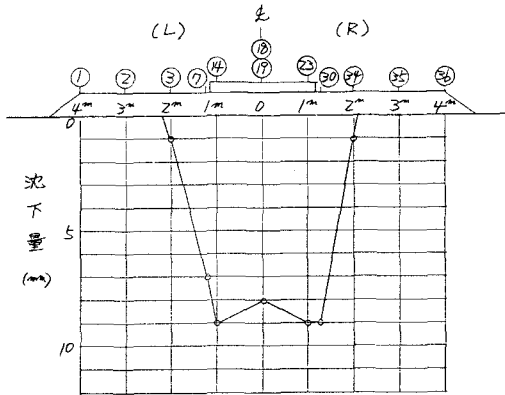


図-8 盛土縦断方向沈下範囲

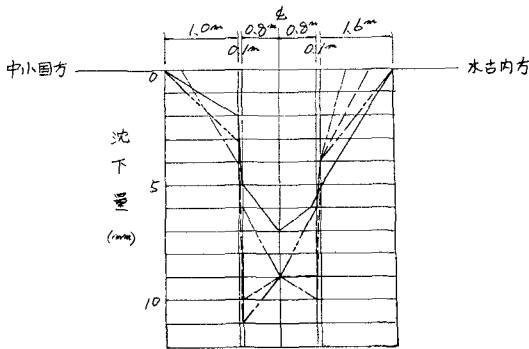
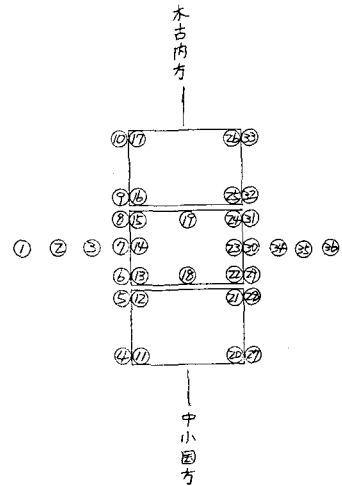


図-9 水準標配置図



vi 地中変位

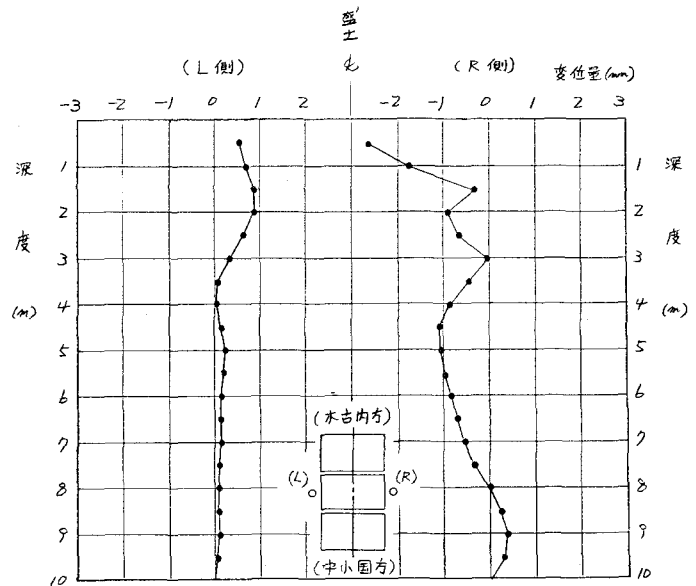
地中変位状況を傾斜計により測定したが、変位量としては、最大3mm程度と小さいが、載荷回数により計測値にバラツキがあった。

図-10に載荷回数200万回時点での盛土横断方向の地中変位を示す。

この図を見ると、地中変位が盛土中央に向っている形状になっている。

このことは、載荷荷重による沈下が盛土外側への流動によるものでなく、圧密による安定した沈下であることが想定される。

図-10 盛土横断方向地中変位



7. まとめ

加速度、動変位、土圧の測定値が、載荷回数100万回からほぼ一定値を繰り返しているのは、盛土が0～1.5mの繰り返し載荷により、一定の締固め状態となり安定したものと思われる。

沈下計の測定結果を見ると、100万回にかけて沈下が終了している。この沈下の状態をみても今回の岩ずり盛土は締固め効果が十分得られており、沈下に関しては、ほとんど問題はなく、盛土の安定がうかがえる。

なお、共振振動数は、3.2Hzであり、これは、列車走行時の振動数(20Hz)とは掛け離れており、共振振動を起す心配はないものと思われる。

写真-1 載荷試験設備全景

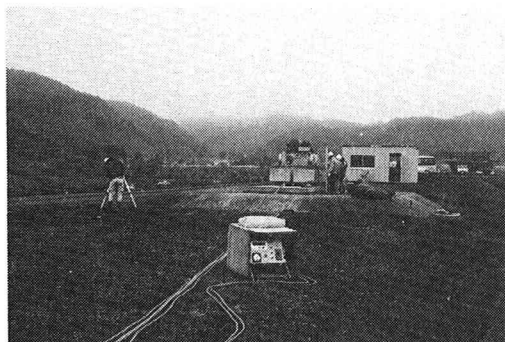
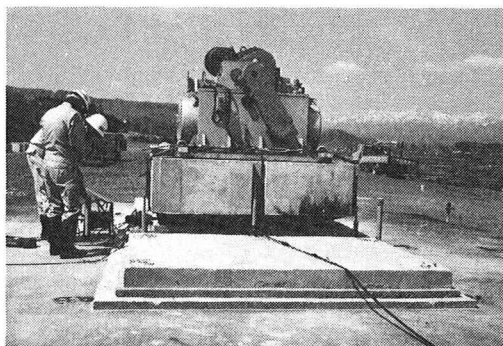


写真-2 起振設備



8. あとがき

盛土構造物は、今後ますますその重要性を増すものと考えられるが、今後、粒度分布、締固め程度、応答加速度等の解析を行ない、沈下量の定量的な把握ができるようにしていきたいと考えている。今回の試験データが今後の参考になれば幸いである。

最後に、本試験の実施にあたり、御指導、御協力を頂いた、国鉄技術研究所土質研究室の皆様をはじめ、関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

〔参考文献〕

- 1) 高薄、宮林、小島、小原：軟岩ずりを活用した大規模盛土の設計施工、土質工学会 土と基礎 1984、7
- 2) 日本鉄道建設公団札幌支社：津軽(北)、新湯の里St(信)路盤地1、動的載荷試験報告書 1984、8