

# 天井板崩落は予知できた — 笹子トンネル現地計測を終えて

The Ceiling panel collapse in the Sasago Tunnel could have been predicted:  
Results of onsite measurements

西 山 豊

## Synopsis

On 17 April 2017, the Committee for Discovering the Truth about the Sasago Tunnel (representative: Yuji Miyake) conducted a survey within the Sasago Tunnel. The results suggest that the catastrophic collapse of ceiling panels that occurred on 2 December 2012 was largely attributable to the design and construction of the A-3 emergency parking zone within the L cross section of the Tokyo-bound lane on the Otsuki side. A sequential explanation is given below. This article summarizes reports and materials from the Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport's "Investigation and Examination Committee for the Tunnel Ceiling Panel Collapse" (2013)<sup>[1][2]</sup>, a paper by Mitsue Shusa outlining the design and execution of the tunnel at the time of its construction (1974)<sup>[3][4]</sup>, and my own papers published since the accident occurred (2013–2017)<sup>[5][6][7][8]</sup>.

## 要旨

笹子トンネルの真相を探る会<sup>1)</sup> (代表：三宅勇次) は、2017年4月17日、笹子トンネルの内空調査を実施し、2012年12月2日に起きた天井板崩落の大惨事は、上り線の大月側L断面区間内の非常駐車帯 (A-3) の設計、施工が大きく起因していることを突き止めた。以下、順を追って説明していく。この論考は国土交通省の「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会」(以後「事故調」とよぶ)の報告書と資料集 (2013年)<sup>[1][2]</sup>、建設当時の設計・施工の概要を述べた周佐光衛氏の論文 (1974年)<sup>[3][4]</sup>、崩落事故以降に発表した私の論文 (2013年～2017年)<sup>[5][6][7][8]</sup>を基本にまとめた。

キーワード：笹子トンネル (Sasago Tunnel)、天井板崩落 (ceiling panel collapse)、横流換気方式 (cross-flow ventilation system)、アンカーボルト (anchor bolt)、レーザー距離計 (laser range finder)

## 1. 計測の概要

測定車として8人乗りのワゴン車を用い、後部車窓に垂木を通し、その中央に左方向、右方向の計測器を取り付け、右端に上方向の計測器を取り付けた (図1)。計測器として

---

1) 2012年12月2日、中央自動車高速道路笹子トンネル上り線で発生した天井板崩落の真相を明らかにするために設置された民間の団体で、メンバーは30名 (2017年7月現在)。

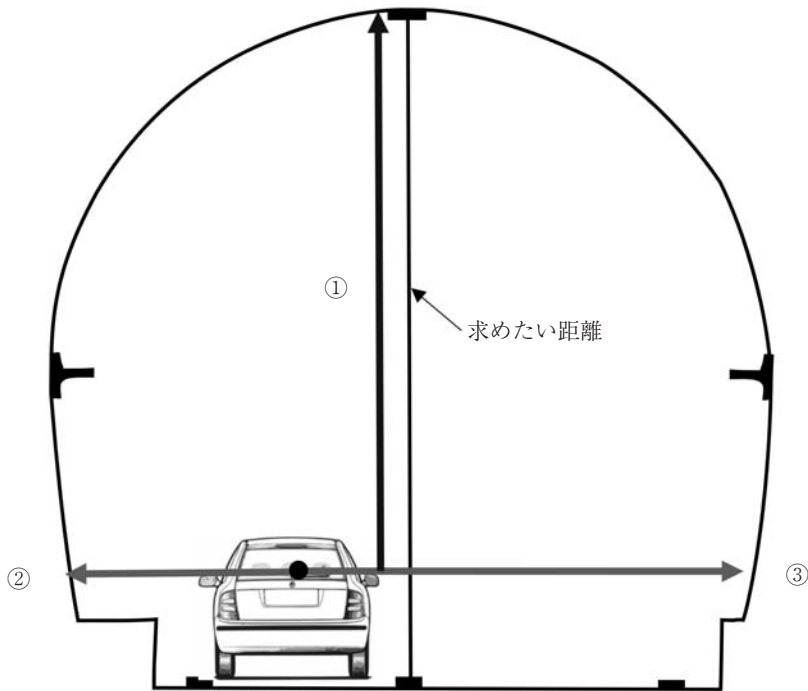


図1. 内空計測の3方向



図2. ライカ社製レーザー距離計 DISTO D2

ライカ社製（ライカジオシステムズ（株））のレーザー距離計 DISTO D2 を用いた（図2）。このレーザー距離計は 10m 先の距離を 1mm の誤差で測定する優れたものである。連続測定が可能で、測定ボタンを 2 秒以上長押しすると連続測定モードになり、距離にもよるが 1 秒間に 2～3 回測定する。時速 60 キロで走行したとき、6m～7m 間隔で測定データが得られる計算になる。

ライカ社はデータ転送ソフト DISTO transfer PC を提供している（図3）。レーザー距離計 DISTO D2 で計測された測定データは Bluetooth<sup>2)</sup> を使って、Windows 10<sup>3)</sup> の PC に転



図3. データ転送ソフト DISTO transfer PC

[http://www.leica-geosystems.co.jp/jp/Leica-DISTO-D2\\_69656.htm](http://www.leica-geosystems.co.jp/jp/Leica-DISTO-D2_69656.htm) (最終閲覧：2017年7月1日)

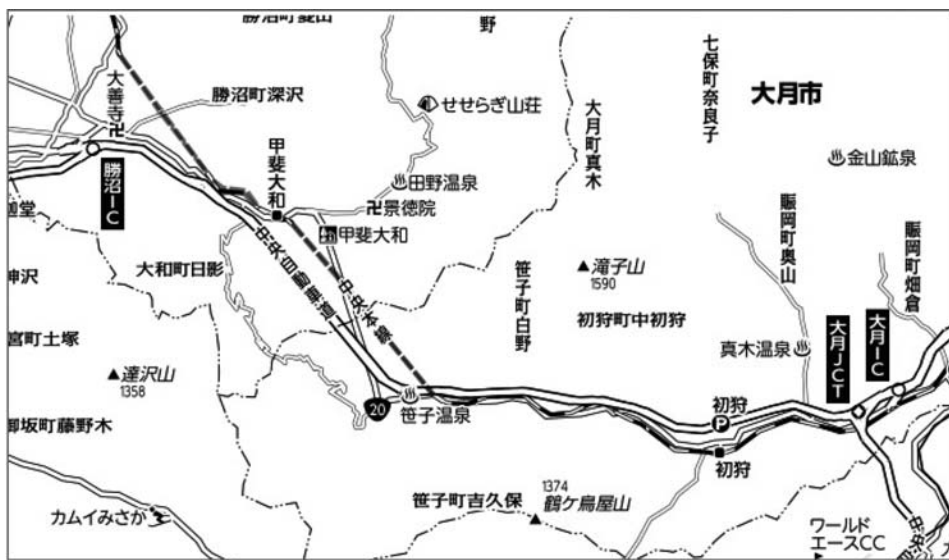


図4. 大月ICと勝沼ICを2往復 (Yahoo 地図より引用)

<https://map.yahoo.co.jp/address?ac=19206&az=1> (最終閲覧：2017年7月1日)

送される。転送されたデータは計測時刻を付加して表計算ソフト Excel のシートに保存される。

大月ICと勝沼ICの間を下り線から始めて2往復し(図4), 上下線それぞれ2回の測定を試みた。計測器またはデータ転送ソフトの不調により, 確実にデータが得られたのは次の通りである。

上方向 ①: 上り線 (1回目と2回目), 下り線 (2回目)

左方向 ②: 上り線 (1回目)

- 2) デジタル機器用の近距離無線通信規格のひとつ。数mから数十m程度の距離の情報機器間で、電波を使い情報のやりとりを行うのに使用される。
- 3) マイクロソフト社のオペレーティングシステム (OS)

右方向 ③：上り線（2回目）

## 2. 測定データの補正について

測定したいのは舗装道路面からトンネル天頂部までの距離である（図1）。これはセンターライン上にあり、交通を規制しなければ測定できない。それで、便宜的にセンターから左側に少しずらした場所から上方向の距離を計測した（図1の①）。この測定データに、レーザー距離計から舗装道路面までの距離

1455 mm

を加えた。この数値はあらかじめ計測しておいた値である。

天頂部の距離に補正する方法を述べる。

走行車線の道路幅は3500 mm、ワゴン車の車幅は1695 mm、走行車線の中央を走っていたとすると、車の右端とセンターラインの距離は約900 mmである。そこで、100 mm から900 mm までの補正值を三平方の定理で計算した。センターから900 mm 離れているときは77 mm を加える必要がある。

センターとの距離 (mm)	100	200	300	400	500	600	700	800	900
補正值 (mm)	1	4	8	15	24	34	46	61	77

私たちは当初、左方向と右方向の測定データから走行の左右のブレを計算し、上方向の距離を補正する予定であったが、前述のように測定データがそろわず実現できなかった。一方、後続車から測定車を確認したところ、測定車はかなりセンター寄りに走行していて、その距離は100 mm 程度であったというので、この補正はしなくてもよいとも考えられる。

また、計測器が道路と垂直な方向にセットされていればよいが、ポイントが少しでもずれていれば長く計測してしまうことになり、これはマイナス方向に補正しなければならない。

いろいろ検討した結果、上方向の測定データに道路までの距離1455 mm を加えることだけにし、それ以外の補正は行わず、計測の概略を見ることにした。

## 3. 下り線のL断面は同一規格でなかった

上方向の距離を図5に示す。上り線は甲府側からL断面、M断面、L断面、S断面に変化するが、その平均の高さは10.2 m, 8.4 m, 10.2 m, 7.2 mである。下り線は大月側からS断面、L断面、M断面、L断面に変化し、その平均の高さは7 m, 9 m, 8 m, 9 mである。

上り線のM断面とS断面は、下り線のそれらに比べて20 cm~40 cm 高くなっている。さらに上り線のL断面は、下り線に比べて平均が1.2 m も高くなっている。このことは後述する。

上り線で4箇所、下り線で5箇所、40 cm~50 cm 高く計測されている箇所がある。これらは非常駐車帯と関係するので後で詳しく述べたい。

国土交通省の事故調の資料で随所にみられる、道路から天井板までの距離を4.7 m とす

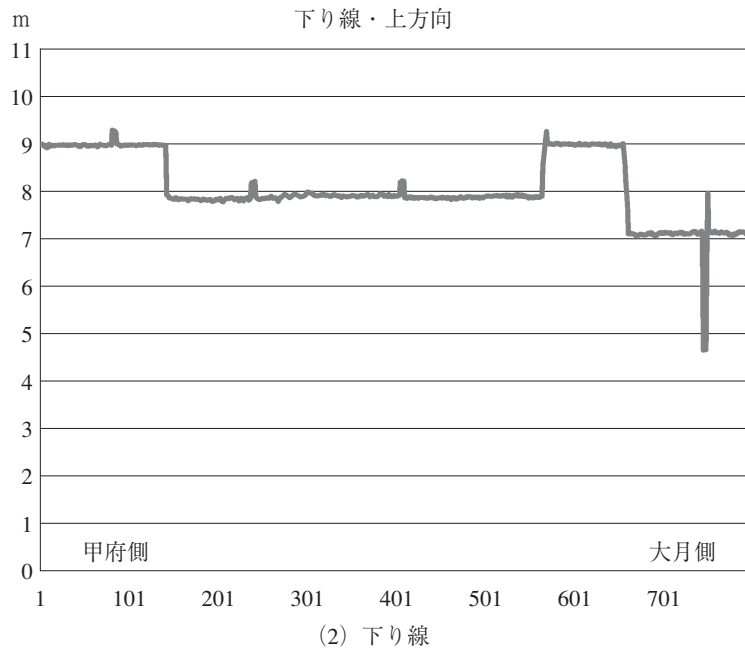
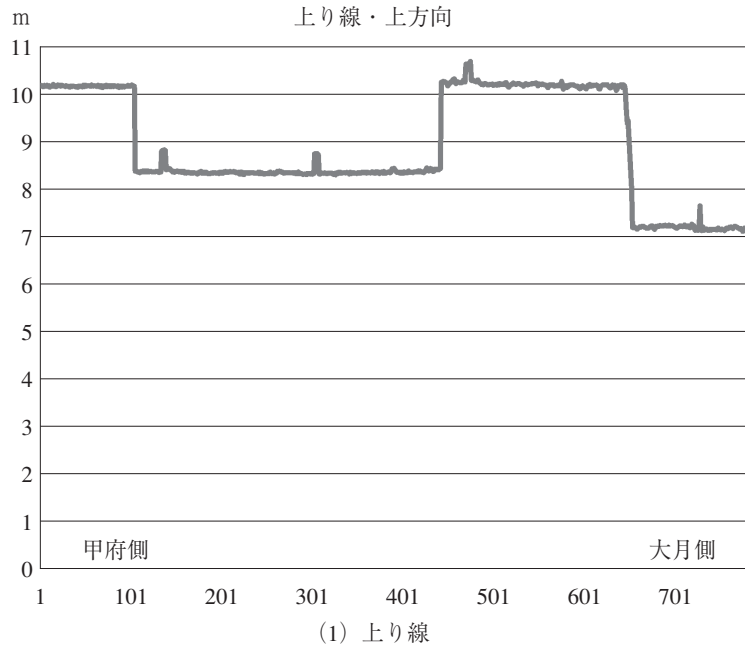


図5. 上方向の距離

ると、上り線のL断面は隔壁の長さが5.3mであるから、道路から天頂部までの距離は10mということになる。

道路から天井板までの距離は上り線も下り線も4.7mで統一されているとする(図6)。



測定データは上り線が 10.2 m, 下り線が 9 m であった。隔壁が 5.3 m と 4.1 m, 天井板までの高さは 4.7 m で同じで, これらをもとに計算式を立てると次のようになる。

$$\text{上り線： } 5.3 \text{ m} + 4.7 \text{ m} + \alpha = 10.2 \text{ m}$$

$$\text{下り線： } 4.1 \text{ m} + 4.7 \text{ m} + \alpha = 9 \text{ m}$$

これらの式は  $\alpha = 0.2 \text{ m}$  で成り立つ。天井板の厚みが約 0.1 m あるので, 上部 CT 鋼, 下部 CT 鋼, 吊り金具の調整などを加えると 0.2 m になる。

L 断面, M 断面, S 断面は上り線, 下り線ともに統一規格と思っていただけに, この事実には驚く。特に L 断面は高さが 1.2 m の差がある。この変更は設計の段階か, 施工の段階か明らかにする必要がある。(周佐光衛の論文<sup>[4]</sup>の 18 ページ～19 ページには, 上り線と下り線では換気量が異なるため, 同一タイプでも若干の違いがあるとして上下線別, L, M, S タイプ別の掘削断面表がある。)

天井板崩落が下り線 (4414 m) ではなく上り線 (4417 m) で起こった理由が, これでわかったような気がした。10 m という大断面は上り線にしか存在しないのだ。

#### 4. 左右方向の測定データ

左方向は 1 回目の上り線, 右方向は 2 回目の上り線で, 測定データが得られた。計測時刻が一致しないので上方向の補正に使えないが, なんらかの参考にといい, 図 8 に示しておく。

左方向の平均は約 4 m で, 7 m が 4 回計測されているが, これは非常駐車帯 (A-1, A-2, A-3, A-4) の測定値である。7 m を除くと左方向の最大と最小の差は 66 cm である。走行の左方向のブレが 66 cm ともとれるが, 左側壁のデコボコが影響しているのかもしれない。

右方向の平均は約 6 m で, 2～3 m の距離が 12 回ほどカウントされているが, これは追越車線に車が通過したとき, その車との距離を測っているのである。これらを除くと最大と最小の差は 88 cm である。走行の右方向のブレが 88 cm ともとれるが, こちらも右側壁のデコボコが影響しているのかもしれない。

ワゴン車の車幅が 1695 mm を加えて計算すると, センターから 50 mm～100 mm 左側で測定していたことになる。かなりセンター寄りなので, 上方向の補正をする必要がないともいえる。

#### 5. なぜ大月側で接触したか

L 断面の規格が上り線と下り線で 1.2 m も違うこと, 天頂部までの高さが 10 m もあるのは上り線だけであること, 崩落事故が起こるなら下り線より上り線の方が, 確率が高いことを示した。

さて, 上り線には甲府側 (802 m) と大月側 (1235 m) に L 断面区間がある。大型トラックの天井板接触事故 (1976 年～2005 年 9 月) や天井板崩落 (2012 年 12 月 2 日) が起こったのは大月側であり, どうして大月側の L 断面であったかを考えてみよう。

上り線, 上方向のグラフを図 5 (1) に示したが, この図からは何も読み取ることができ



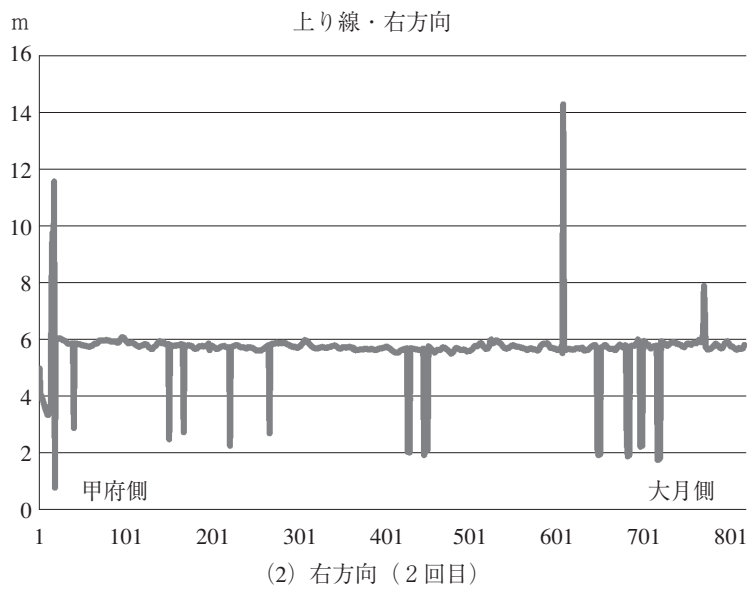
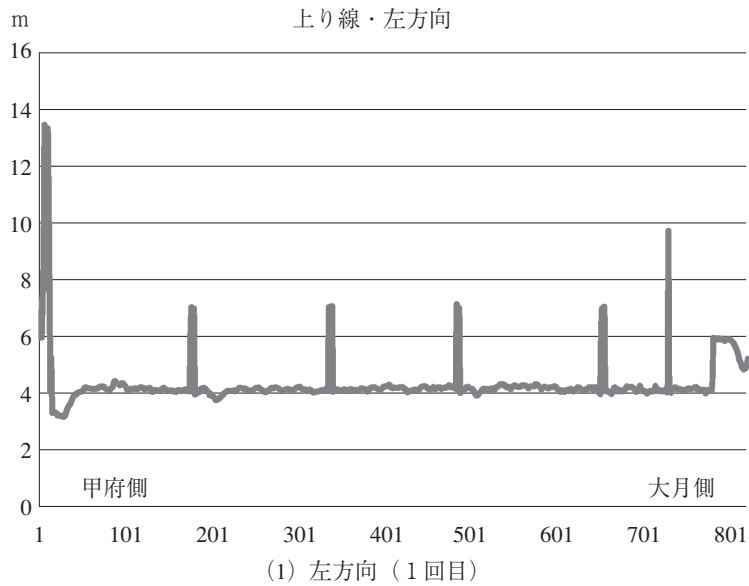


図8. 上り線・左右方向の距離

ない。そこで、甲府側L断面のデータと大月側L断面のデータを抽出し、便宜的にそれらを並べてみる。縦軸を9.8m~10.8mにして、グラフを見やすくしたのが図9である。甲府側の高さの平均は10.17m、最高と最低の差は65mmで、バラツキもなく丁寧に施工されている。大月側の高さの平均は10.21mである。平均より50cm突出した高さ（これは非常駐車帯と関係している）があるが、これを除外すると平均は10.2mになる。最高と最低の差は242mmになる。



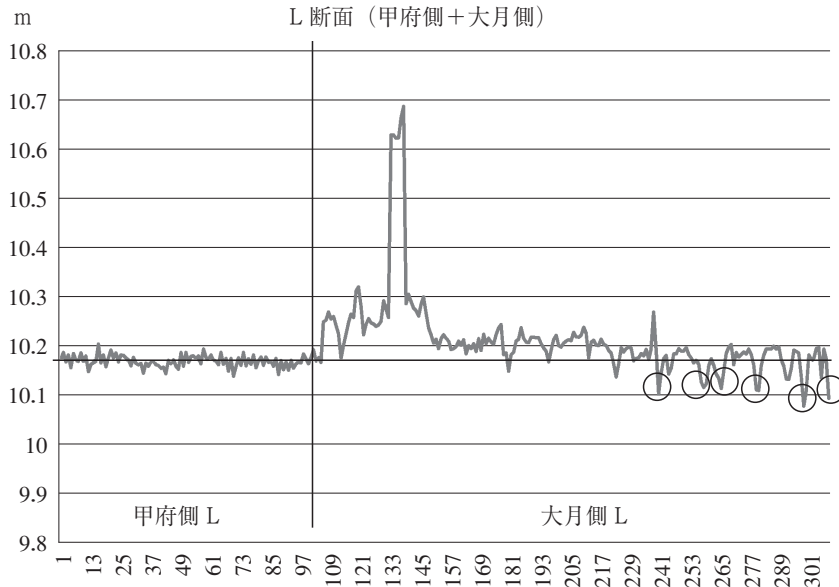


図9. 大月側と甲府側のL断面比較

	工事名	工期	発注者	受注者	施工区分	一次下請
上り線	笹子トンネル 東内装天井板 工事（以下、 東工事）	1976（昭和51）年 8月～1977（昭和 52）年9月	日本道路公団 東京第二建設 局	大成建設(株)・ (株)大林組共同 企業体	大成建設(株)	建設ファスナー(株)
下り線					(株)大林組	(株)マンテン
上り線	笹子トンネル 西内装天井板 工事（以下、 西工事）	1976（昭和51）年 8月～1977（昭和 52）年9月	日本道路公団 東京第二建設 局	前田建設工業 (株)・飛鳥建設 (株)共同企業体	飛鳥建設(株)	建設ファスナー(株)
下り線					前田建設工 業(株)	(株)マンテン

図10. 天井板建設時の施工体制（資料集，38ページ）<sup>[2]</sup>

図9からも明らかなように、大月側のL断面は凸凹して施工が雑である。天頂部のデコボコは天井板の設置の上下に関係する。天頂部が下がっていたなら、隔壁板を短く切断して、天井板の高さを一定にする工夫も考えられるが、隔壁板の寸法調整もなく、そのまま天井板が取り付けられていたとするなら、天頂部が沈下した区間では天井板が下がっていたと考えられる。

甲府側を通過した大型トラックが、大月側のL断面に入ると、天井板が下がった個所（丸印）で天井板と接触し、擦過痕を残し、天井板を吊り上げているアンカーボルトに損傷を与えたであろうことは想像できる。

では、どうしてこのような施工の良し悪しが生まれたのだろうか。それを考える一つの資料として、笹子トンネルの天井板建設当時の施工体制がある（図10）。施工は上り線と下り線、東工事と西工事で4分割され、それぞれの担当が異なっていたのである。上り線

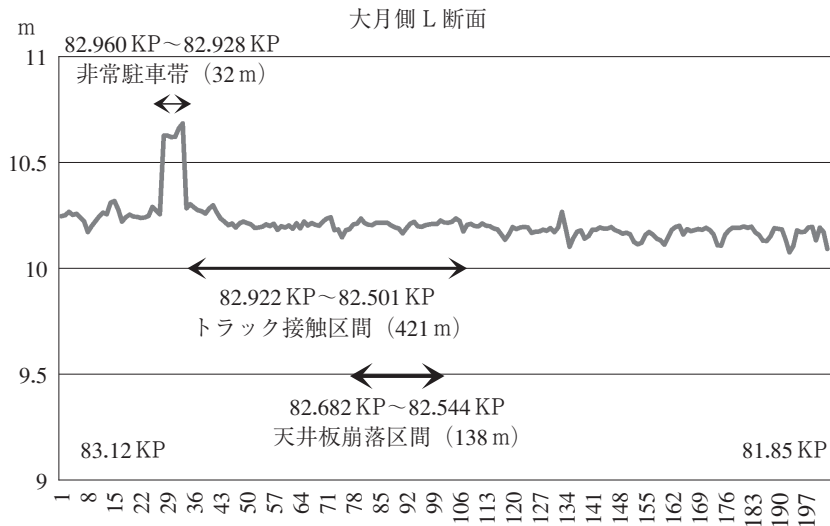


図11. 非常駐車帯 (A-3) と崩落区間の位置関係

の一次下請は建設ファスナーであるが、西工事の施工は飛鳥建設が、東工事の施工は大成建設が元請けで、建設ファスナーに指示していた。東工事つまり大月側の区間で天井板崩落事故が起こった。

## 6. 非常駐車帯が崩落に起因か

私たち「笹子トンネルの真相を探る会」が笹子トンネルの内空を調査しようと思いついたのは、大型トラックの天井板接触事故（～2005年9月）は、覆工コンクリートの沈下が原因ではという仮説を検証するためであった。その仮説が今回の測定で見事に検証された。

それでは、大月側 L 断面（1235 m）では、どこでも接触の可能性があり、崩落の可能性があったのだろうか。そうではない、大月側 L 断面の中でも最も危険な区間があったのだ。

上方向の測定データ（図5）を分析する中で、平均より40 cm～50 cmより高い区間が上り線に4箇所、下り線に5箇所、ほぼ等間隔に確認できていることが気がかりだった。この突出した高さ、凹みはいったい何を意味するのだろうか。凹みは約30 mの区間で続いている。覆工コンクリートが剥がれ落ちたのだろうか、換気装置の取り付け跡なのだろうか、道路勾配の変化と関係するのだろうか、いろいろ調査し議論する中で、50 cmの凹みは非常駐車帯と関係することがわかった。

大月側 L 断面（1235 m）のグラフに天井板崩落区間（138 m, 82.682 KP～82.544 KP）、トラック接触事故区間（421 m, 82.922 KP～82.501 KP）、非常駐車帯（A-3, 32 m, 82.960 KP～82.928 KP）を重ねた（図11）。この3つの区間の位置関係に注目されたい。大月側のL断面に入るとトンネル頂上（82.991 KP）があり、しばらくすると非常駐車帯（A-3, 32 m）がある。非常駐車帯を通過した直後に、トラック接触による天井板損傷が42箇所

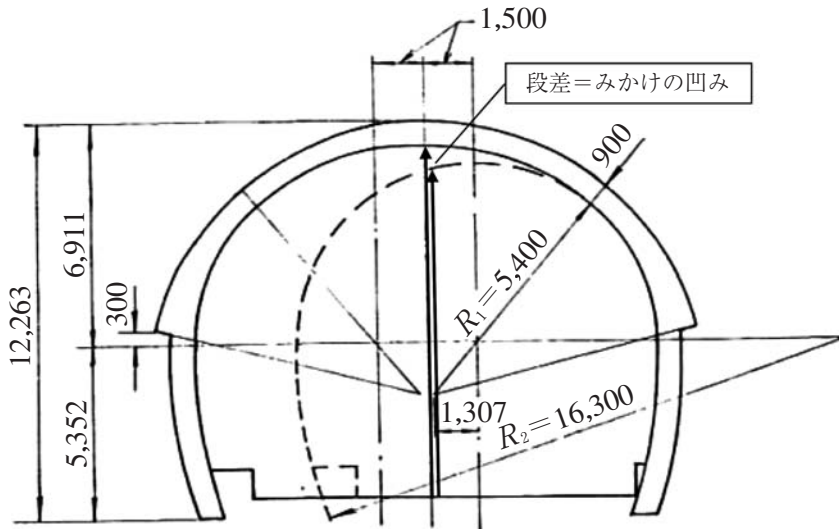


図12. 非常駐車帯の断面図 (周佐らの論文<sup>[3]</sup>の28ページ, 図4に加筆)

確認された区間 (421 m) がある。この接触区間の中に天井板崩落区間 (138 m) がすっぽり含まれているのである。

## 7. 断面の段差

50 cm の凹みを理解するには、非常駐車帯の断面図が参考になる (図12)。

L断面を走行していた車が、非常駐車帯に入るとL断面より一回り大きな断面になる。L断面と非常駐車帯の断面は右側で接しているので、L断面をセンターラインから左側を計測していても、非常駐車帯に入ると天頂部までの計測となり、結果として入るときと出るときに段差を測定し、50 cmの凹みとなる。段差 (見かけ上の凹み) は図13の写真でも確認できる。

L断面内の非常駐車帯 (A-3) は、非常駐車帯 (下部斜線パターン) を確保するために、L断面よりさらに大きな覆工アーチが必要になる (図14)。L断面の覆工の厚みは550 mmであるが、非常駐車帯の厚みは900 mmもあり、相当な重さになる。この厚み900 mmはトンネル総延長の中で最大であり、この非常駐車帯だけである。また、掘削断面積はL断面が123.1 m<sup>2</sup>に対して、非常駐車帯は171.5 m<sup>2</sup>になる。

上部斜線パターンで示したところは換気ダクトにとっては不要なスペースと思われるが、トンネル専門家によれば、このような構造は避けられないと言う。実に不経済な設計である。

非常駐車帯が天井板の損傷に関係することは、つぎの表を精査することで明らかになる。

NEXCO 中日本が提出した資料によると、2005年9月の点検で、天井板損傷が確認されたのは図15の4区間である。82.922 KP~82.501 KPの区間では42箇所の損傷があり、前述のように非常駐車帯 (A-3, 82.960 KP~82.928 KP) に隣接している。他の区間を調べてみ



図13. 非常駐車帯 (A-3) (Youtube より画像を引用)

<https://www.youtube.com/watch?v=DxPh5J1eum0> (最終閲覧：2017年7月1日)

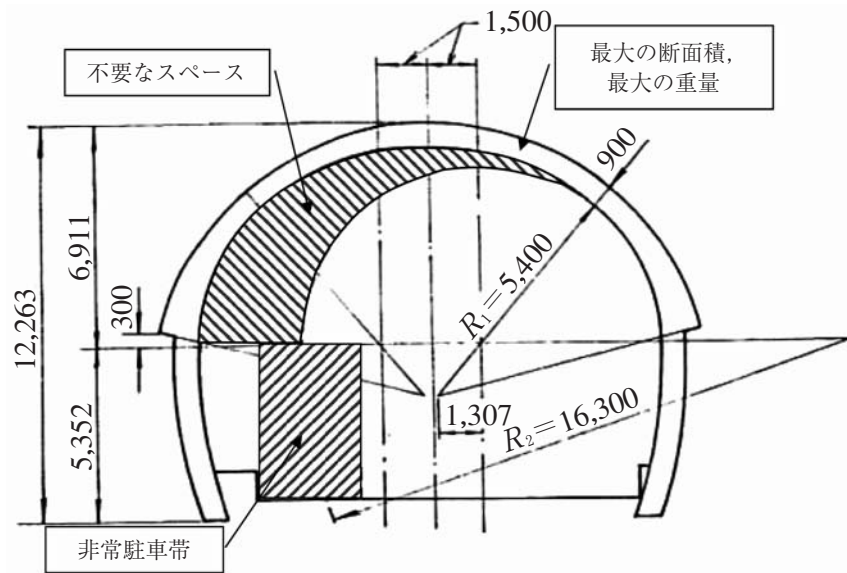


図14. 覆工の厚みが900mmも (周佐らの論文<sup>[3]</sup>の図4に加筆)

①点検による天井板損傷の確認 (点検日時：2005 (平成17) 年9月26日～28日)

	KP	箇所数	概要
駐車帯 A-3 に隣接	82.922～82.501	42箇所	走行車線天井板に車両の接触による擦傷痕または剥落 (一部剥離片が残存)
駐車帯 A-4 内	81.972～81.851	5箇所	
駐車帯 A-2 内	83.868	1箇所	
甲府側入口付近	85.261	1箇所	

図15. 天井板損傷と非常駐車帯 (資料集<sup>[2]</sup>, 194ページの左側に加筆)

た。81.972 KP～81.851 KP の区間では5箇所の損傷があるが、非常駐車帯（A-4, 81.879 KP～81.847 KP）の内部にある。83.868 KP で1箇所の損傷があるが、非常駐車帯（A-2, 83.884 KP～83.852 KP）の内部にある。天井板損傷の4区間のうち3区間が非常駐車帯と関係していたことになる。

なぜ、非常駐車帯の内部、周辺で天井板の損傷が多発したのか。これは今後の調査、議論に委ねたい。

周佐光衛氏は、1974年当時、日本道路公団東京第二建設局で笹子トンネル工事長であったが、氏の論文「中央自動車道西宮線笹子トンネル施工概要」<sup>[3]</sup>のおわりに興味ある記述があるのでそれを引用しよう。

「笹子トンネルは換気のための補助坑を設けず、トンネル本体上部にエアダクトを抱き込んでいる関係上大断面となり、おのずと側壁高が普通の道路トンネルに対して非常に高くなっており、実際の下半掘削に困難を来している。岩質的には非常に堅硬かつ新鮮なもので大塊状を呈し、割れ目がほとんどなく、連続して安定した山であれば若干いくつかの問題はあるが可能であると思う。しかし、わが国の山は地質的に非常にもまれていたため、今後このような大断面の施工は問題があると思う。また、非常駐車帯（掘削断面積 180 m<sup>2</sup>）および国道20号線（笹子トンネル）と交差する関係上、工法および若干の問題点があったので機会があればあらためて後日報告したい」

氏は、大断面の施工は問題があったとした上で、①非常駐車帯（掘削断面積 180 m<sup>2</sup>）および②国道20号線との交差が若干の問題点があった、としている。事故調の報告書や資料集を隅々まで読んだが、非常駐車帯（A-3）に関する記述がない。これは重大な見落としではないだろうか。国道20号線との交差は「特殊区間」としてロックボルトを使用するなど慎重な施工がなされていたという記述はあるが、非常駐車帯のことは一言もない。笹子トンネルの工事長（当時）が大変気にしていた非常駐車帯についてどうして調査しなかったのだろうか。

崩落の原因を知るには笹子トンネルの設計者、施工者に聞くのが一番早い。NEXCO 中日本、国土交通省、その他関連組織は、この貴重な論文を丁寧に読んでいたのか疑わしい。

## 8. 責任の所在

遺族の起こした民事裁判では NEXCO 中日本の保守・点検ミスが問われているが、以上見てきたように崩落の責任を中日本だけに負わせるには無理がある。天井板の連結というフェールセーフを無視して設計したパシフィックコンサルタンツ、実績のないケミカルアンカーの採用を認可した旧道路公団第二建設局、覆工コンクリートの杜撰な施工をした大成建設、リフレッシュ計画を延期した NEXCO 中日本など、設計ミスから施工ミス、監督ミス、保守点検ミス、経営ミスのすべてが問われなければならない（図16）。

天井板から天頂部までの距離が 5.3 m もあり点検に向かない構造は設計ミスであり、天

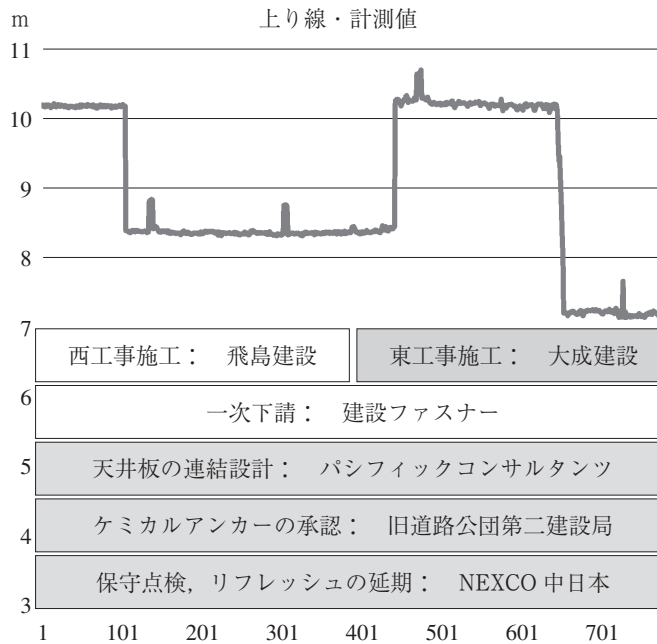


図16. 責任の所在

井板が連結されていたため 138 m の区間にわたって天井板が崩落したのは NEXCO 中日本の責任ではない。しかし、2002年から10年間も天井裏の点検をしなかったこと、2005年9月の点検では大型トラックが天井板接触事故を起こしたことを知りながら無視したこと、2009年リフレッシュ計画を延期したことは NEXCO 中日本の責任である。

刑事裁判は遺族が告訴し、山梨県警に捜査本部が設立され強制捜査をしながら、なぜ刑事裁判が開始されないのか疑問である。また、私たち（三宅勇次、西田稔、西山豊）は、2016年10月3日、甲府地検に刑事告発している<sup>[8]</sup>。

### 9. 国土交通省、NEXCO 中日本は本格調査を

私たちが今回、笹子トンネルの現地調査を行ったのは、予備調査である。予算もなく、人もいない個人でできる調査には限界がある。しかし、レーザー距離計（図2）を使って、ここまで崩落の真相を解明することができた。

事故調の資料集424ページには「トンネル内空の状態観察」があり、本格的な測定車の写真が掲載されている（図17）。残念ながらこの調査は崩落区間だけであり、なぜこの区間で崩落したかを知るにはトンネル上下線の総延長について調べる必要がある。

国土交通省や NEXCO 中日本には本格調査を期待したい。

写真の測定車は NEXCO 中日本が保有しているのであろうか。また、天頂部までの距離を測るにはアイサンテクノロジー社の MMS（モバイル・マッピング・システム）というものがある（図18）。これらを活用すれば、本格的な調査が可能はずだ。





図17. 計測状況写真（トンネル内空の状態観測，資料集<sup>[2]</sup> 424ページより）



図18. アイサンテクノロジー社のMMS（モバイル・マッピング・システム）

<http://www.whatmms.com/>（最終閲覧：2017年7月1日）

#### [付記1]

笹子トンネルの工事は上り線と下り線，西工事と東工事で4分割され，4社が施工を担当している（図10）。施工が困難だった大断面のL断面について，道路からトンネル天頂部までの距離を比較したところ，元請けの違いで施工のばらつきがあることがわかった（図19）。

距離の最高と最低の差を取ってみると，いちばん小さく滑らかだったのは飛鳥建設の6.5cm，つぎに大林組の7.5cm，前田建設工業の8.3cmと続き，飛び離れて大成建設の24.2cmとなる。（計算にはとんがった非常駐車帯のところは除いた。）

大成建設が施工した上り線・東工事のL断面で崩落事故が起こった。この個所は事故以前にトラック接触事故が起こっており，施工の杜撰さが事故を誘発したとみられる。国土交通省，山梨県警捜査本部，NEXCO中日本はトンネル内空の本格測定を行ない，真偽を確かめることを望む。

#### [付記2]

図9と図11で示した甲府側と大月側のL断面の比較について，測定車の上下振動や測



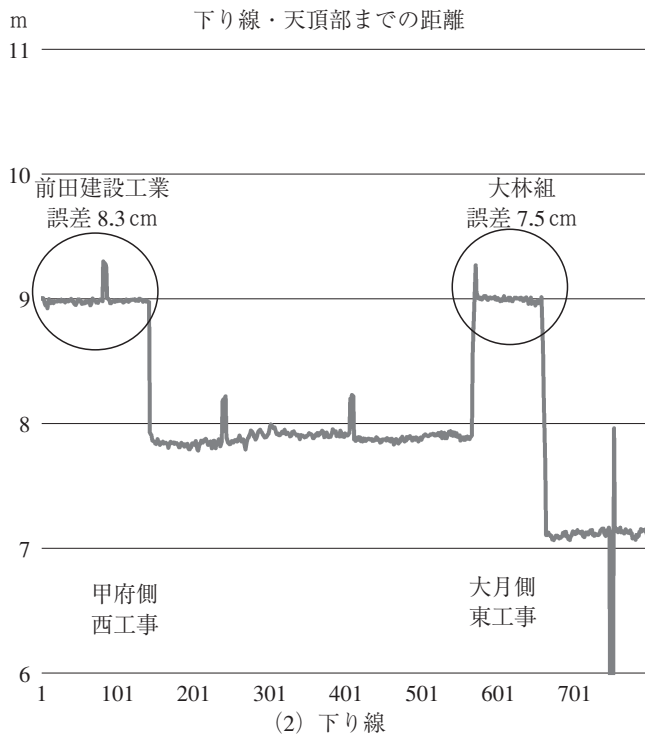
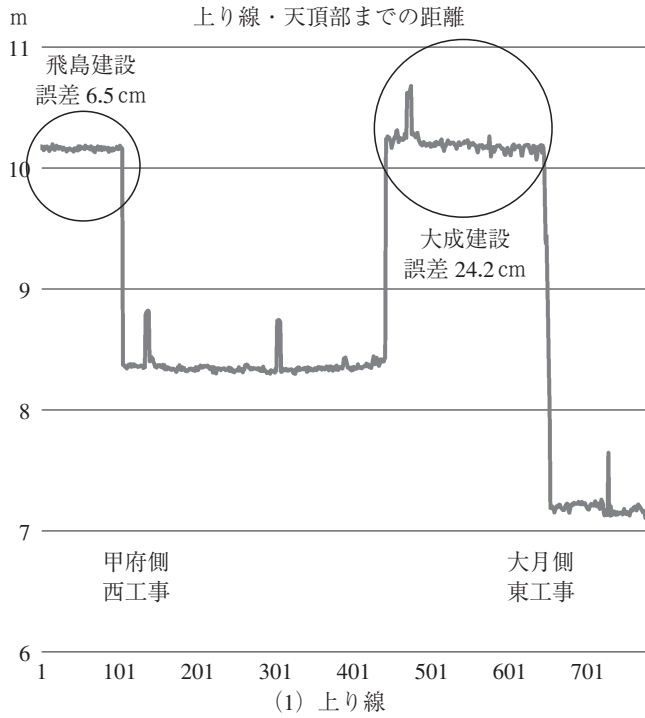


図19. L断面の施工のばらつき（施工を担当した4社の比較）

定ポイントのずれによるものではないかと問い合わせがあったので、そうではないことを説明しよう。

私たちの測定では、上方向について2回の測定に成功している。大月側L断面について1回目と2回目の計測データを図20に示す。測定車の走行経路、走行速度、測定ポイントが異なっているにもかかわらず、1回目と2回目の折れ線のパターンが酷似していることがわかる。つまり、折れ線グラフは測定車の上下振動によるものでなく、道路からトンネル天頂部までの距離をほぼ正確に捉えていたことになる。

測定車の上下振動はほぼ無視できることは、現場での測定以前に栗子トンネルなどで実験済みであった。高速道路の路面は一般道路に比べて管理が行き届いていて、意外とスムーズで測定環境には適していた。

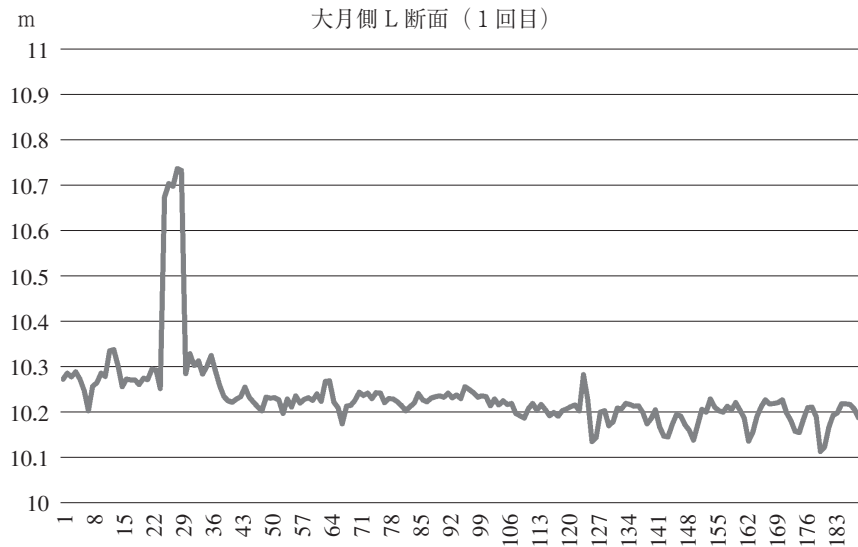
大月側L断面の誤差は24.2cmであり、甲府側L断面の誤差は6.5cmである。甲府側L断面について1回目と2回目の計測データを図21に示す。2つのパターンの類似性はほとんどみられない。図20と図21の関係から、誤差が5cm以下の場合には折れ線パターンの相違を認識できないが、10cm以上の場合には意味のあるパターンとして扱えることができる。

## お わ り に

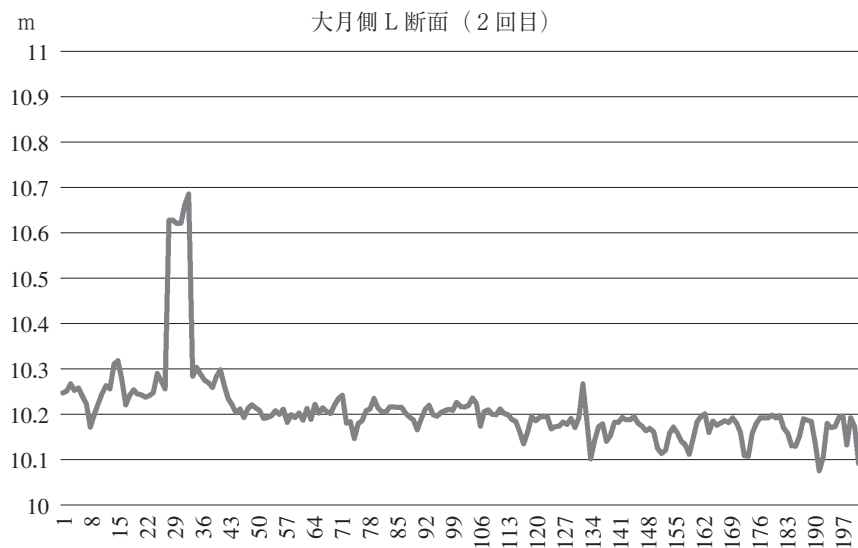
2012年12月2日、笹子トンネル上り線で数トンもある重い天井板が突然崩落し9名の方が亡くなられた。崩落から5年目になるとこの事故は人々の意識から遠ざかる。しかし、忘れてならないのは全国8000万ドライバーすべてに崩落に遭遇する危険性があったことだ。このような悲惨な事故を再発させないためには、事故原因の徹底した究明と責任の所在を明らかにすることが必要である。

### 参考文献 URL (最終閲覧：2017年7月1日)

- [1] 国土交通省「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会報告書」2013年6月18日  
[http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/pdf/130618\\_houkoku.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/pdf/130618_houkoku.pdf)
- [2] 国土交通省「トンネル天井板の落下事故に関する調査・検討委員会資料集」2013年7月31日  
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/siryo/>
- [3] 周佐光衛・岸寛「中央自動車道西宮線笹子トンネル施工概要」『建設の機械化』1974年10月, No. 296, 26-31
- [4] 周佐光衛・山本治雄「上半崩落の復旧工 中央道笹子トンネル」『トンネルと地下』1974年11月, Vo. 5, No. 11, 18-26
- [5] 西山豊「笹子トンネル事故を考える—科学者の社会的責任から」『日本の科学者』48(7), 34-40, (2013)
- [6] 西山豊「天井板の連結構造が大惨事をまねいた—笹子トンネル事故再考」日本科学者会議第21回総合学術研究集会(龍谷大), 災害問題分科会にて研究発表, 2016年9月3日
- [7] 西山豊「笹子トンネル崩落の新事実(2)—車両の接触事故が引き金か」2016年12月25日



(1) 1 回目計測



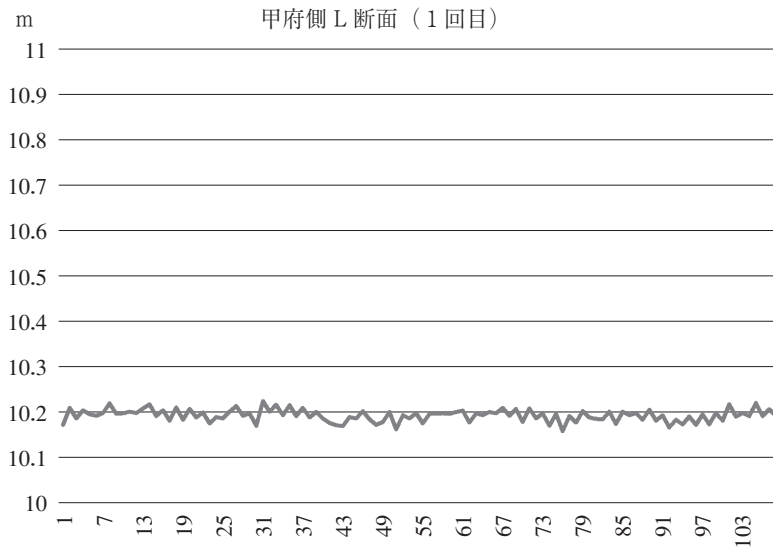
(2) 2 回目計測

図20. 大月側 L 断面の計測比較

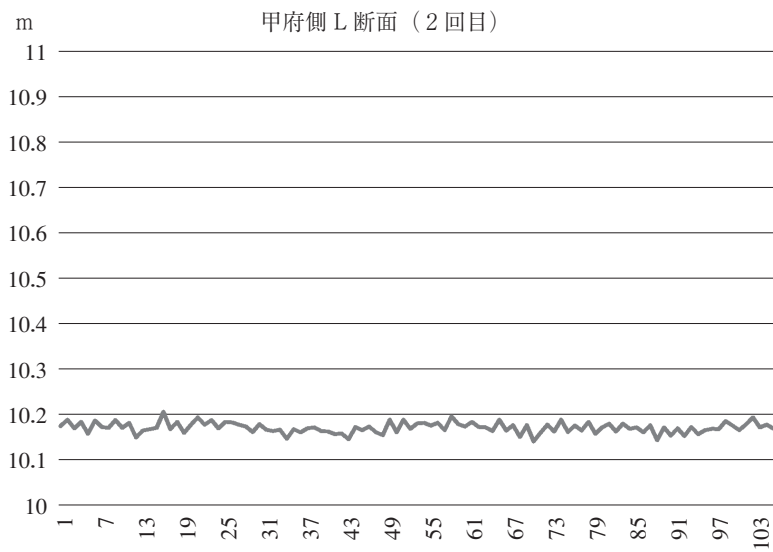
<http://www.geocities.jp/ma85003/index11a.html>

[8] 西山豊「全国8000万ドライバー安全のために 笹子トンネル天井板崩落 (記事, 資料)」

<http://www.osaka-ue.ac.jp/zemi/nishiyama/sasago.html>



(1) 1 回目計測



(2) 2 回目計測

図21. 甲府側 L 断面の計測比較