

# 76. 昭和10年7月11日静岡地震後に於ける水準測量結果報告

三井地球物理研究所 福 富 孝 治

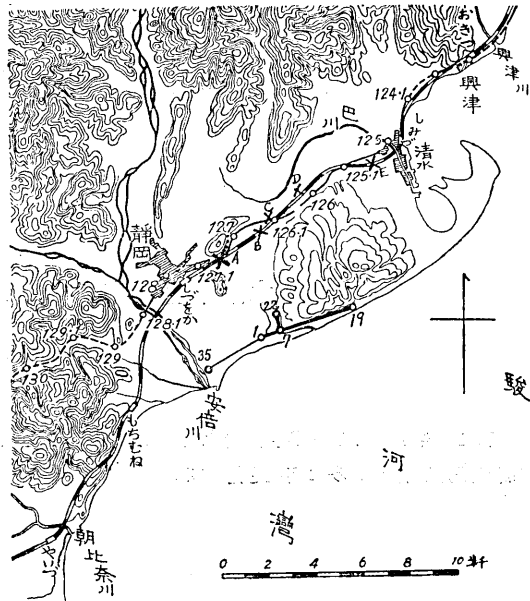
(昭和10年9月17日發表—昭和10年9月20日受理)

昭和10年7月11日静岡地震後震災地に於て今日までに3回的水準測量を施行した。此結果を御報告申上げる次第である。

## 測量器械、方法、並に測量區域

水準測量に使用した器械はバンベルグ製ウイルド精密水準儀、標尺はインパール製のものである。測量方法は陸地測量部に於て施行せられる一等精密水準測量方法<sup>1)</sup>に準據して行つた。但し通常一等精密水準測量に於ては2kmの間の往復測量を行ひ、其閉塞誤差が3mm以下である事が規定せられて居るが、今度の測量に於ては極めて近間隔に次節に述べるが如き臨時水準點を設けた事と、出来るだけ多くの材料を得る爲めに片道の測量に止めた關係上其誤差の大きさの知られなかつたのは残念であつたが、今度の測量の信用度に就いては第4回測量の際に論ずる考である。其點は諒とせられたい。

測量區域は第1圖に示す通り久能山下より阿倍川堤防に到る海岸に沿つた水準線路と、舊東海道に沿ひ静岡市長田手越に在る陸地測量部一等水準點128.1より静岡縣庵原郡袖師村に在る一等水準點124.1に到る16km間の水準線路との二つである。



第1圖 静岡附近水準線路

1) 大前憲三郎氏著 陸地測量學。

## 測 量 結 果

## A) 海岸に沿ふ水準線路

昭和 10 年 7 月 11 日静岡地震の際最も被害の甚大であつた高松，大谷附近の地變を知る爲め高松より少し西方の宮竹，風祭神社より久能山下根古屋に到る間に 19 點の臨時水準點を設置し，又大谷の街より大谷小學校の間に第 20 號より第 22 號の 3 點，合計 22 點を設置した。臨時水準點としては自然岩石の突出部又は土木構造物の中，局部運動を爲さない様なものを選んで其突出部にエナメルにて印を附して用ひた。

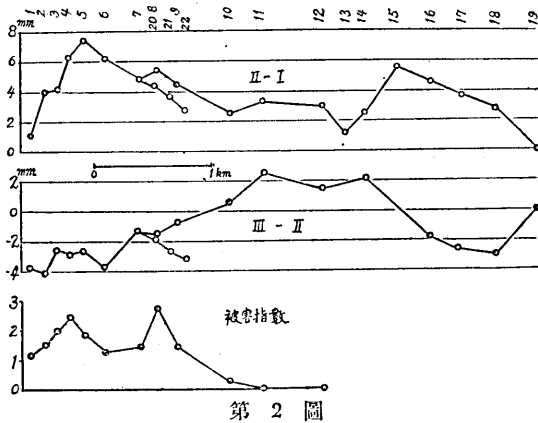
第 1 回測量は 7 月 15, 16, 17 の 3 日間，第 2 回測量は 7 月 25, 26 日の 2 日間，第 3 回は 8 月 31 日，9 月 2 日の 2 日間である。第 3 回測量の際には今村先生の御希望に依つて宮竹，風祭神社臨時水準點第 1 號より西方阿倍川堤防に到る間に 11 點の

第 I 表 海岸に沿ひたる水準線路

| 所在地     | 水準點<br>番 號 | 昭和 10 年 7 月 15 日<br>標 高 | 昭和 10 年 7 月 15,<br>16, 17 日乃至 7 月 25,<br>26 日間變化 | 昭和 10 年 7 月 25,<br>26 日乃至 8 月 31 日<br>9 月 2 日間の變化 |
|---------|------------|-------------------------|--|---|
| 静岡市 宮 竹 | 1          | m.<br>-2.4087           | mm.<br>+1.1                                      | mm.<br>-4.0                                       |
| " 高 松   | 2          | -5.0897                 | +4.1   | -4.2  |
| " "     | 3          | -4.8497                 | +4.3   | -2.8  |
| " "     | 4          | -5.0426                 | +6.3   | -3.0  |
| " "     | 5          | -4.4984                 | +7.6   | -2.8  |
| " 西大谷   | 6          | -4.0689                 | +6.3   | -3.8  |
| " "     | 7          | -5.9019                 | +5.0   | -1.4  |
| " 西大谷   | 20         | -1.3399                 | +4.4   | -1.6  |
| " 北 原   | 21         | +1.3271                 | +3.8   | -2.7  |
| " "     | 22         | +0.4710                 | +1.9   | -4.8  |
| " 東大谷   | 8          | -6.1950                 | +5.5   | -1.6  |
| " "     | 9          | -6.1865                 | +4.5   | -0.8  |
| 久能村 西平松 | 10         | -5.6858                 | +2.6   | +0.5  |
| " "     | 11         | -4.7821                 | +3.5   | +2.5  |
| " 中平松   | 12         | -5.3241                 | +3.1   | +1.3  |
| " "     | 13         | -3.9100                 | +1.3   | +4.3  |
| " 青 澤   | 14         | -3.1950                 | +2.6   | +2.1  |
| " "     | 15         | -2.8678                 | +5.7   | —   |
| " 古 宿   | 16         | -3.8084                 | +4.7   | -1.9  |
| " 安 居   | 17         | -4.5903                 | +3.9   | -2.7  |
| " "     | 18         | -3.1366                 | +2.9   | -3.1  |
| " 根古屋   | 19         | 0*                      | 0#   | 0   |

\* 標高は 19 號點を 0 と假定す。 # 變化は 19 號點を不動と假定す。

臨時水準點を設けて測量を行つた。久能山下根古屋第 19 號點の標高を 0 及垂直變化量を不動と見做した場合の結果は第 1 表に示す如くであつて、第 1 回と第 2 回の期間中に於ける高低差 (II-I) 並に第 3 回と第 2 回の期間中に於ける高低差 (III-II) を圖示すれば第 2 圖の如くである。



第 2 圖  
 (II-I) は 第 1 回測量 (7 月 15, 16 日, 1935) — 第 2 回測量 (7 月 25, 26 日, 1935) 間約 10 日間の各水準點垂直變化量。  
 (III-II) は 第 2 回測量 (7 月 25, 26 日, 1935) — 第 3 回測量 (8 月 31 日, 9 月 2 日, 1935) 間約 37 日間の各水準點垂直變化量。  
 被害指數 =  $\frac{3 \times (\text{全潰住家數}) + 2 \times (\text{半潰住家數}) + 1 \times (\text{輕損住家數})}{(\text{全住家數})}$

B) 舊東海道に沿つた水準線路

舊東海道に沿つた水準線路については、7 月 27 日、28 日の兩日静岡市院内町 127.1 水準點より、長沼、栗原水準點を経て有度村草薙 126 水準點に到る 6 km の間の水準測量を第 1 回として行つた。然して各水準點間には約 500 m 毎に臨時水準點を設

第 II 表 舊東海道に沿ひたる水準線路

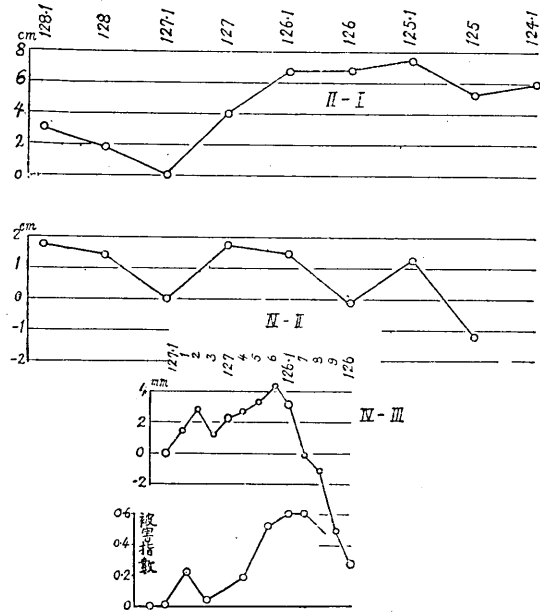
| 所 在 地             | 標 石<br>番 號 | 昭和 6 年 9 月 | 明治 33 年乃至   | 昭和 6 年 9 月乃                    | 昭和 10 年 7 月                                  |
|-------------------|------------|------------|-------------|--------------------------------|--|
|                   |            | 改 正 標 高    | 昭 和 6 年 變 化 | 至 昭 和 10 年 9 月<br>5, 8 日 間 變 化 | 27, 28 日 乃 至 昭<br>和 10 年 9 月 5,<br>8 日 間 變 化 |
| 靜 岡 市 長 手 越       | 128.1      | 17.6174    | +30.4       | +17.7                          | —  |
| “ 梅 屋 町           | 128        | 21.3237    | +18.6       | +14.0                          | —  |
| “ 院 内 町           | 127.1      | 16.8713    | 0#          | 0#                             | 0#   |
| “ 曲 金             | 1          |            |             |                                | +1.5   |
| “ 柚ノ木             | 2          |            |             |                                | +2.9   |
| “ 長 沼             | 3          |            |             |                                | +1.1 (?)                                     |
| “ 長 沼             | 127        | 11.8026*   | +38.8       | +17.3                          | +2.3   |
| “ 長 沼             | 4          |            |             |                                | +2.6   |
| “ 古 庄             | 5          |            |             |                                | +3.3   |
| “ ”               | 6          |            |             |                                | +4.5   |
| “ 栗 原             | 126.1      | 13.4536*   | +66.3       | +14.4                          | +3.1   |
| 安 部 郡 有 度 村 國 吉 田 | 7          |            |             |                                | -0.2   |
| “ 中 之 郷           | 8          |            |             |                                | -1.2   |
| “ 草 薙             | 9          |            |             |                                | -5.1   |
| “ 草 薙             | 126        | 23.7911    | +66.9       | - 1.3                          | -7.1   |
| “ 平 川 地           | 125.1      | 14.8774    | +73.1       | +12.4                          | —  |
| 清 水 市 江 尻 町       | 125        | 3.8410     | +51.7       | -12.3                          | —  |

\* は昭和 6 年 9 月水準點改埋測。 # 院内町水準點を不動とす。

置した。次いで凡そ 41 日の後 9 月 5 日より 8 日迄の間に於て静岡市長田手越 128.1 水準點より清水市 125 水準點に到る間の第 2 回水準測量を行つた。其結果は第 II 表及第 3 圖に示す通りである。

論 議

A) 海岸に沿つた水準線路  
 静岡地震後に於ける沿線の變動は第 2 圖に示す如く極めて複雑である。先づ (II-I) の地震直後 10 日間に於ける變化を見るに高松、東大谷附近並に青澤、古宿附近が數耗の相對的隆起を行つて居る。今道路に沿つて見られた家の被害を全潰、半潰、輕損、無被害の 4 階級に區分してその各々の



第 3 圖

(II-I) は明治 33 年 6 月及至 10 月—昭和 6 年 9 月間垂直變化量。

(IV-II) は昭和 6 年 9 月—昭和 10 年 9 月 5~8 日間垂直變化量。

(IV-III) は昭和 10 年 7 月 27, 28 日—昭和 10 年 9 月 5~8 日間垂直變化量。

$$\text{被害指數} = \frac{2 \times (\text{全潰住家數}) + 1 \times (\text{半潰住家數})}{(\text{全住家數})}$$

數を a, b, c, d とすれば  $\frac{3a+2b+c}{a+b+c+d}$  は其被害の程度を表す一指數と見る事が出来る故に、これを作ると第 2 圖を得た。これを上述の測量結果と比較して見るに高松、大谷附近の垂直變化の變異點附近に於て被害が著しく大であつた事は興味ある事である。次に (III-II) 37 日間の變動を見るにこれは略々 (II-I) と逆向の運動を示して居る。特に高松第 5 號水準點より中平松第 14 號點に到る間は略々剛體的運動をなし、(II-I) に於ては N 7° E の方向へ  $5.4 \times 10^{-6}$  C.G.S. の傾斜運動を行つたに反し、(III-II) に於ては N 46° W の方向へ  $5.3 \times 10^{-6}$  C.G.S. の傾斜運動をなした。即ちこの部分は一邊の長さ約 2 km の小地塊をなす事が解つた。又全體としての垂直變動は (II-I) 即地震直後の 10 日間の變動の範圍は、最大約 7 mm であつたのに、其後 37 日間に於ける垂直變動は最大約 7 mm であつて即 10 日間に對しては約 2 mm に衰へたのであつて、地震後變動が漸次静止の狀態に近づきつゝあるを示すのであらう。

## B) 舊東海道に沿つた水準線路

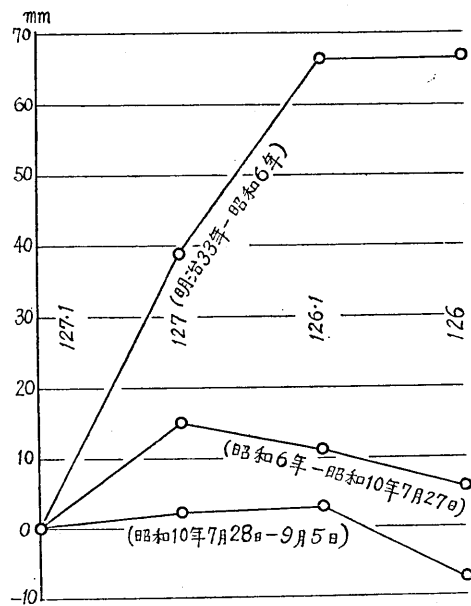
静岡地震前後即昭和6年9月より昭和10年9月6日の約4年間に於ける變化(IV—II)は大部分今度の地震に依る變動と見做す事が出来るであらうが、之を地震前明治33年—昭和6年間變化(II—I)と比較すると、全體としては後者が東上りの變動を爲したるに反し東下りの變動をなし、水準點127—125.1即長沼、栗原、草薙、平川地の今度の地震にて比較的被害の甚大なりし土地の4水準點を除く外は略々後者と同じ傾向の變動をなして居る。これは甚だ興味ある事と思はれる。今院内町、長沼、栗原、草薙の4水準點に就いて詳しく其變化を見るならば第4圖(院内町水準點の變動を0とす)に示す如き様子を示したのであつて、地震に依つては127、126.1、126の3水準點は相對的隆起を示し、地震後草薙126水準點は漸次沈降したるものゝ様である。萩原理學士の研究<sup>2)</sup>に依れば静岡地震の餘震の震央は何れも草薙附近であつた事も此の地變と何等かの關係があるのかも知れない。尙此部分の地震後に於ける臨時水準點の垂直變動は第3圖に示される通りであるが、圖中臨時水準點第2號附近は谷津山龜裂、静岡電氣鐵道線路の被害、静岡國道、國鐵東海道線等に約200mの間に涉つて損傷のあつた所であり、又臨時水準點6—7號附近に於ては鐵道線路の異狀、静岡電

氣鐵道高架道に半米の沈下等あり、國道にも可成りの損傷ある所があつて、垂直變化量が之等の附近にて急な變異をなして居る事も、又今村博士<sup>3)</sup>が第1線、第2線として引かれた構造線と略々一致した場所である事も興味ある事である。第3圖最下は静岡市役所の調査に依る住家被害表から被害を示す一方法として

$$\frac{2 \times (\text{全潰住家數}) + 1 \times (\text{半潰住家數})}{(\text{全住家數})}$$

2) 萩原尊禮 地震研究所彙報 13 (1935), 951.

3) 今村明恒 地震 7 (1935), 951.



第4圖 院内町、長沼、栗原、草薙水準點の地震前後に於ける變動。

を水準線路に沿つて求め圖示したものであつて水準變化の變異點附近に於て被害の大なる事を示して居る。

終りに臨み此調査、研究に當り、御助言、御援助を賜つた寺田先生、今村先生、坪井忠二先生、宮部技師、陸地測量部の守屋技師、武藤技師に厚く御禮申上げる。又測量に關しては標尺の借用を許され、又種々御援助を賜つた陸地測量部に對して深謝の意を表する次第である。

## 追 加

昭和 10 年 10 月 15 日～10 月 21 日の間に於て、第 4 回目の静岡地方の水準測量を行つた。其結果を此處に追加補足する次第である。

第 5 圖及第 III 表は海岸に沿つた水準線路の昭和 10 年 8 月 31 日、9 月 2 日より 10 月 15～17 日に至る約 46 日間に於る垂直變動量 (IV～III) を示し、第 6 圖及第 IV 表は舊東海道に沿つた水準線路の昭和 10 年 9 月 5～8 日より 10 月 18～21 日に至る約 43 日間に於る垂直變動量 (V～IV) を示して居る。

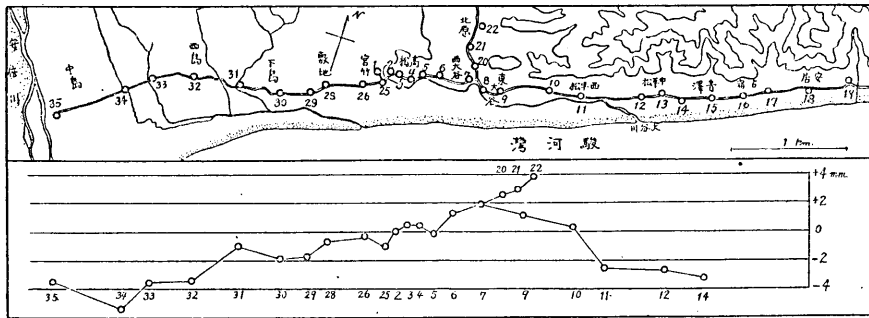
第 III 表 海岸に沿ひたる水準線路に於る垂直變動 (IV～III)

| 所在地     | 水準點號 | 昭和 10 年 10 月 15 日<br>標 高 | 昭和 10 年 8 月 31 日 9 月 2 日乃至<br>10 月 15, 16, 17 日間の變化 |
|---------|------|--------------------------|---|
| 久能村 青 澤 | 14   | m.<br>+1.7634            | mm.<br>-3.3   |
| " 中平松   | 12   | -0.3652                  | -2.8  |
| " 西平松   | 11   | +0.1785                  | -2.6  |
| " "     | 10   | -0.7252                  | +0.2  |
| 静岡市 東大谷 | 9    | -1.2243                  | +1.2  |
| " 北 原   | 22   | +5.5618                  | +3.9  |
| " "     | 21   | +6.4211                  | +3.0  |
| " 西大谷   | 20   | +3.7554                  | +2.7  |
| " "     | 7    | -0.8067                  | +1.9  |
| " "     | 6    | +1.0247                  | +1.3  |
| " 高 松   | 5    | +0.5960                  | -0.2  |
| " "     | 4    | +0.0510                  | +0.4  |
| " "     | 3    | +0.2420                  | +0.4  |
| " "     | 2    | 0*                       | 0#  |
| " 宮 竹   | 25   | +1.4834                  | -1.1  |
| " "     | 26   | +2.2854                  | -0.4  |
| " 敷 地   | 28   | +2.8595                  | -0.8  |

第 III 表

| 所在地    | 水準點號 | 昭和 10 年 10 月 15 日<br>標 高 | 昭和 10 年 8 月 31 日 9 月 2 日 及 至<br>10 月 15, 16, 17 日間の變化 |
|--------|------|--------------------------|---|
| 静岡市 敷地 | 29   | m.<br>+2.2278            | mm.<br>-1.8   |
| " 下島   | 30   | -0.4776                  | -1.9  |
| " "    | 31   | -2.5547                  | -1.0  |
| " 西島   | 32   | -2.5284                  | -3.5  |
| " "    | 33   | -2.1520                  | -3.6  |
| " 中島   | 34   | -1.4332                  | -5.5  |
| " "    | 35   | -1.0408                  | -3.5  |

\* 標高は 2 號點を 0 と假定す。 # 變化は 2 號點を不動と假定す。



第 5 圖 海岸に沿つた水準點と其垂直變動 (IV~III) (但し 2 號點を不動と假定す。)

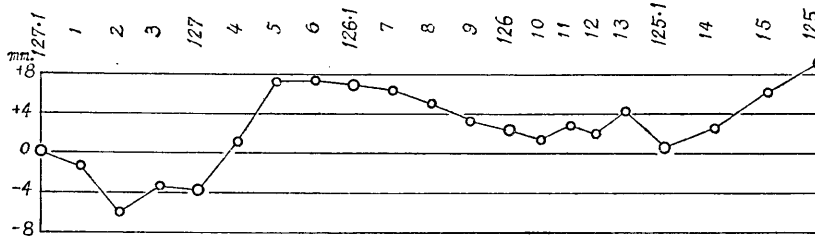
第 IV 表 舊東海道に沿ひたる水準線路に於る垂直變動 (V~IV)

| 所在地     | 標石番號  | 昭和 10 年 10 月標高 | 昭和 10 年 9 月 5, 8 日乃至<br>10 月 18, 21 日間變化 |
|---------|-------|----------------|--|
| 静岡市 院内町 | 127-1 | m.<br>0*       | mm.<br>0#                                |
| 曲金      | 1     | - 1.7023       | -1.4                                     |
| 柚木      | 2     | - 3.1307       | -6.0                                     |
| 長沼      | 3     | - 4.7838       | -3.4                                     |
| 長沼      | 127   | - 5.0551       | -3.7                                     |
| 長沼      | 4     | - 7.7075       | +1.0                                     |
| 古庄      | 5     | - 7.2901       | +7.2                                     |
| 古庄      | 6     | - 7.3988       | +7.7                                     |
| 栗原      | 126-1 | - 3.3965       | +6.8                                     |
| 有度村 國吉田 | 7     | + 8.3088       | +6.4                                     |
| 中之郷     | 8     | +14.8474       | +4.9                                     |
| 草薙      | 9     | + 6.3549       | +3.3                                     |
| 草薙      | 126   | + 6.9208       | +2.3                                     |
| 草薙      | 10    | + 7.3367       | +1.5                                     |

## 第 IV 表

| 所在地 | 標石番號 | 昭和 10 年 10 月標高 | 昭和 10 年 9 月 5, 8 日及至<br>10 月 18, 21 日間變化 |
|-----|------|----------------|--|
| 有度村 | 草 薙  | 11             | + 9.0933                                 |
|     | 草 薙  | 12             | + 8.3465                                 |
|     | 上 原  | 13             | + 1.7721                                 |
|     | 平川地  | 125.1          | - 1.9809                                 |
| 清水市 | 元迫分  | 14             | -11.3815                                 |
|     | 入江町  | 15             | -10.6294                                 |
|     | 江尻町  | 125            | -13.0333                                 |

\* 標高は 127.1 水準點を 0 と假定す. # 變化は 127.1 水準點を不動と假定す.



第 6 圖 舊東海道に沿つた水準點の垂直變動 (V~IV) (但し 127.1 水準點を不動と假定す)

前の測量と比較する爲め、今海岸に沿つた水準線路中 2-7-14 の水準點に就て見るに、此期間に於る垂直變動 (IV~III) の範圍は約 46 日間に約 55 mm であつて即ち 10 日間には約 1.2 mm となり、地震直後の 10 日間即ち (II~I) の値約 7 mm、其後 8 月頃の 10 日間 (III~II) の値約 2 mm に對して小さく、變動が漸次靜止しつつある事を示して居る。

又海岸線 25 號水準點より 35 號水準點に至る延長線に就て見るに此間には阿倍川寄りの水準點は漸次沈降を行つたものの如く、5-2-25-35 の水準點を含む地盤は略々一つの地塊をなし、西方へ傾動をなした様に見える。この地塊と本文に述べた 5~14 の水準點を含む地塊との境界附近に於て地震の被害が最も激烈であつた事は注目し得る。

最後に上記水準測量の精度に就て一言し度い。今度は單なる片道の測量を行つたに過ぎないので、その精度に就て論ずる事は出來ないが、筆者が昭和 9 年 8 月南伊豆、柿崎半島に於て同じ器械、同じ方法で行つた往復測量結果に就いて述べる。其際に於ける往復測量に依る閉塞誤差は略々 2 km の水準點間に就て

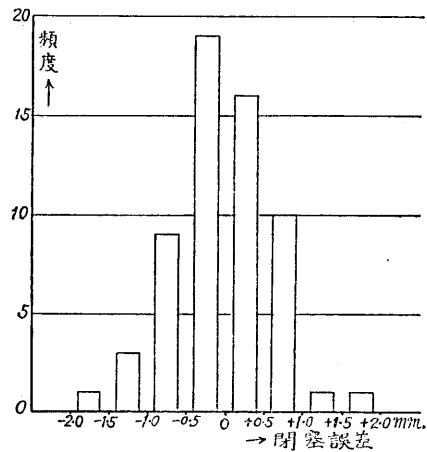
(嵐留一道路分岐點) 間往復 +0.8 mm,

(柿崎一道路分岐點) 間往復 -3.3 mm,



であつたが、今度の測量に於ても略々同程度の誤差と考へて差支へあるまいと思ふ。又短距離の臨時水準點間に於る測量の誤差に就ての大體を知る爲に凡そ 100 m 間隔の多くの 2 水準點間の往復測量の閉塞誤差の値の頻度曲線を作つたのに第 7 圖を得た。

即ち 100 m 位の間隔にて作られた臨時水準點間の測定誤差は多くは  $\pm 1$  mm 以下である事が解る。従て上記の垂直變動の圖に於ては短距離にて小凹凸を示す部分は怪しいとしても大勢は信用し得るものと思はれる。



第 7 圖 凡そ 100 米間隔の 2 水準點群の往復測量に依る閉塞誤差の値の頻度分布

76. *On the Result of Precise Levellings in the Strongly Shaken Area of the Siduoka Earthquake of July 11th, 1935.*

By Takaharu FUKUTOMI,

Mitsui Geophysical Observatory.

After the destructive Siduoka earthquake of July 11th, 1935, in strongly shaken area a precise levelling along a route of old Tōkaidō extending from Tegosi, Siduoka, to Sodesi near Ōkitu, and that along a route extending from Kunōsan-sita to the eastern bank of the river Abe along Suruga Bay were carried out in four times.

The relative vertical displacements of the bench marks along these level lines obtained by comparing the results of the recent measurements with those of earlier ones are shown in Table I—IV and in Figs. 2~6. The writer made some discussions for the results.