

V-6 佐賀市の地盤沈下について

佐賀大学理工学部

正員

樋渡正美

／

／

○

原 裕

1. まとがき

佐賀県で地盤沈下が住民の関心をひくようになったのは、白石平野の背後山麓をきつて侵襲をまじえた昭和35年ごろからである。しかし国土地理院の水準測量によれば昭和32年とはすでに年間2cm以上の沈下が発生していたといわれ、県は九州農政局と協力して昭和36年から白石平野の地盤沈下と揚水量との関係を大体的に調査している。一方佐賀市付近については昭和39年ごろから科学技術庁が調査を始め、昭和45年に通産省の調査結果が発表されるにおよぶようぐく注目されるようになった。表-1は佐賀市内における一等水準点の沈下量を国土地理院の資料から採集したものであるが、これから昭和40年の沈下量が最も大きく累計では中心部の八幡神社で66cmにも達していることがわかる。佐賀市の標高が約3mで有明海の干満差が最大6.5mであることとを考えると、この地盤沈下という現象は大きな災害をもたらす危険性ははらんでいゐる。更に100mm/日程度の大雨が降れば市内致るところで内水氾濫をおこし、排水路の改修が急務となつていゐる。昭和45年佐賀県と公害課が発足すると同時に県および市は協力して地盤沈下と揚水量の実態調査に着手し、水準点の増設と観測井の設置を決定した。図-1はこれらの水準測量による年別沈下量曲線を示し、また図-2に通産省が行つた地下水調査などの資料

表-1 一等水準点の沈下量(cm)

年代	場所	高橋町	八戸	八幡神社	坊屋橋	江上	光造
昭和31~昭和32	—	5.8	12.4	5.0	+0.3	36.9	
昭和32~38	—	5.6	12.0	—	3.4	3.1	
昭和38~40	4.5	5.1	7.8	11.8	6.2	3.7	
昭和40~41	3.2	4.1	9.6	5.6	3.6	2.6	
昭和41~45	8.8	6.8	12.2	13.3	11.2	8.2	
昭和45~48	6.2	7.4	12.5	8.5	6.2	12.9	
合計	22.7	34.8	66.5	44.2	30.3	67.4	

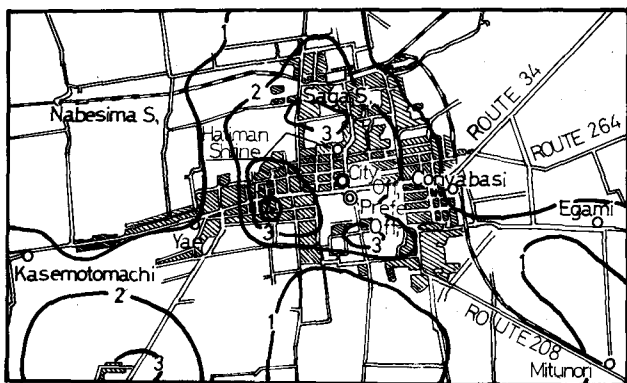


図-1 年別沈下量曲線(昭和47年)

と差すく等水位曲線が重ねられている。またこれらの図とはそれぞれ一等水準点と観測井の位置が記入してある。筆者らは昭和47年度に観測井の観測を依頼されたのをごの培養をここに報告する。

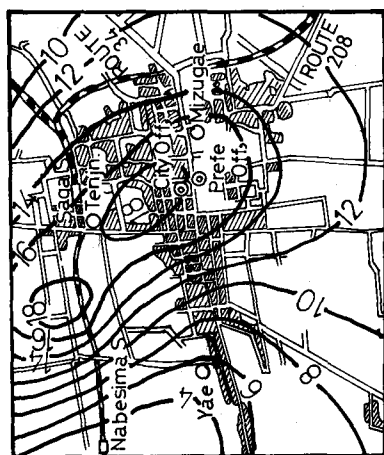


図-2 等水位曲線(昭和47年8月)

2. 天神観測所

ここには深度197m(A-1)と58m(A-2)の観測井が設置されている。ボーリングと際し名簿の土質試験を行つていゝがその一部を図3として示す。また図4は地下水位と地盤の収縮量を1年間観測して月別にまと

Figure 1 is a line graph showing the relationship between groundwater level (A-1) and soil water content (A-2) over time. The x-axis represents months from March 1947 to March 1948. The left y-axis represents groundwater level (A-1) in meters below the ground surface, ranging from 11 to 15. The right y-axis represents soil water content (A-2) in percent, ranging from 305 to 310. A-1 is shown as a solid line with open circles, and A-2 is shown as a dashed line with solid circles. Both curves show a significant peak in April 1947, followed by a decline and then a secondary peak in August 1947.

Month	Groundwater Level (A-1) [m]	Soil Water Content (A-2) [%]
Mar 47	11.5	308.5
Apr 47	11.2	309.5
May 47	11.8	309.0
Jun 47	12.5	308.5
Jul 47	13.5	307.5
Aug 47	12.5	308.5
Sep 47	13.0	307.5
Oct 47	13.2	307.0
Nov 47	13.5	307.0
Dec 47	13.5	307.0
Jan 48	13.5	307.0
Feb 48	13.5	307.0
Mar 48	13.5	307.0

6, 7, 8月とその低下が激しく、最高と最低の水位差はA-1で232cm, A-2で352cmにも達している。これはもちろん降雨による天候と水の需要が大きいのは問題である。この観測所は市街地と日変化(25cm)も夏季と現れ水10月以降の変化量などところにある紡績工場の排水量(13200 m³/日)が記録されている。なお観測井強削剤の土質試験によりから推算すると最初の地下水面は1.6 mぐらいに達していることとなる。

つぎに地盤高は水位の低下が始まる5月から急激に降下して8月ないし9月に最低となるが、水位が急上昇する10月とは若干(3~4mm)隆起する。その後水位は平行線なをどるにもがかわらず地盤高は少しづつ下降してゆく。この現象は圧密理論で明瞭に説明できると思う。すなわち地下水面から考えてこの場合地盤の収縮は深度12.00~18.60 mの軟積層が主役を演じていると考えられるが、この層の $e_0 = 2.266$, $C_c = 0.92$, $C_v = 0.97 \text{ cm}^2/\text{min}$ から水位低下3.22m(4月~7月)に対する最終沈下量と、圧密度90%に達する所要日数を計算すると9.0dおよび83日となる。したがって地下水位の降下を少しおくらせて地盤沈下をゆるやかにすると、10月以降の方は間隙水压から考えて沖積層(深度10.35mまで)の圧密が主役を演じているものと推定される。図4からわかる通りこの1年間の最終沈下はA-1で43mm, A-2で39mmであつた。また地盤の日々の変動を観測記録から調査すると、降雨量の多い日に隆起(1~2mm)するのは表土の膨張現象として当然であらうが、坊嶺工場が休みで深井戸の水位が上がったとき両方の地盤とも膨張(1~2mm)するのは注目すべき。このことは深層においても収縮が起つていることを意味し、実際A-1とA-2との地盤高の差(4~8mm)は深度58~199m間に地盤の収縮があつたことを証明している。

このとき深度 62M(B-1)と 31M(B-2)の 2本の観測井が設置されている。ボーリングの際と土質試験は行われておらず粒状土と泥炭地層の結果を図 5 と示す。また地下水位と地盤高を 1 年毎に観測して月別にまとめたものが図 6 である。これらの図や観測記録などからつぎのようなことがわかった。まず地下水位とついではこの 1 年毎に B-1 で 37cm, B-2 で 40cm 上昇し下降したことになる。これは天神観測所が A-1 で 108cm, A-2 で 31cm 上昇したのと全く逆で、恐らく市街地における地下水低下の影響が郊外におよんでこの水位も降々と下つているのであろう。このことは図 2 からもう推定できるし、また水位曲線のモード深度のほぼ等しい A-2 と非常に似

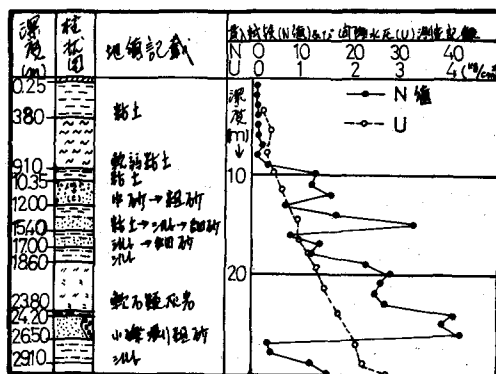


図-3 ボーリングの結果

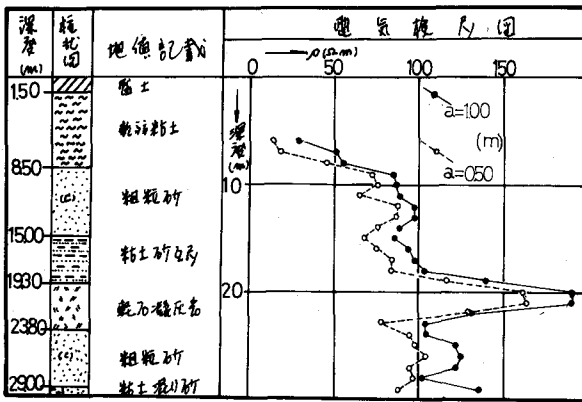


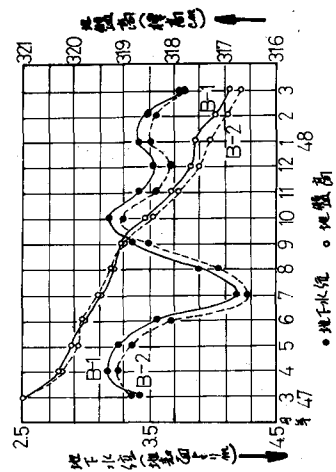
図5 ボーリングの結果

ており、かつ最高と最低の水値差が103cmと小さくつてゐるなど上述の推察を裏付けるものがある。ただ3月の水値がかなり低下してゐるのは何故と大きな工場も有りその理由が不明である。なお観測記録を植材しても深井戸の水値が1年間を通じて約10cm高いだけで、浅井戸との差異はほとんど認められる。また日変化量は通常5cm以下であるが、よくと200mm/日の大雨が降つたとき最高18cmの水値上昇をきたしてゐる。

つぎに地盤高の変化は天神観測所の場合と大いに異なる。すなわち観測装置の基礎がまだ十分安定してゐるかたつたとみられる4月までの急激な沈下を降けばほぼ直線斜に収縮しており、水値が上昇しても僅かにその傾斜が緩くなるだけで沈下は水値と全く対応しない。その理由として二つの相異点が挙げられる。第一は天神観測所の場合地下水面が有明粘土層(沖積層)から15m以下にあつて、その収縮は主として砂層に由来すると考えられるのに、ここでは地下水面が沖積層の上層にあるといふことである。単層ならこの層から軟粘土を採取し土質試験を行つたところ、 $G=2.600$, $w=67.2\%$, $e_0=2.03$, $C_c=0.365$, $C_v=0.0132 \text{ cm}^2/\text{min}$ の結果をえた。層厚を7mとし水値低下1.02m(4月〜7月)に対する最終沈下量と、圧密度90%に達する時間を計算すると水値10cmおよび15年となる。このように沖積層の圧密沈下は長い期間経過するので、月別の水値の影響よりも過去における全体的な水値低下の影響の方が卓越するものと思ふ。第二はこの観測所がクリークを約15m埋立てたところに建設されてゐることである。盛土15mによる最終圧密沈下量を求めると約13cmとなるが、この埋立ては昭和45年に行われこの1年間では11mm沈下を計算する。図6から地盤の収縮量はB-1で41mm, B-2で43mmであるが、地下水低下による圧密沈下は盛土と基礎の沈下によるもの計15mmを差し引いた約27mm前後となる。なお浅井戸の抜け上りが深井戸よりも2mmだけ大きいのは一見不可解であるが、今葉原にも同じような事例があつて観測装置基礎の沈下、管の沈下、管底地盤の支持力不足による沈下などがその原因と考へられる。

4. 水ヶ江観測所

ここには佐賀市が設置した深度80mの観測井がある。地盤柱状図などは市が1年間観測してまとめた地下水値と地盤高の月別変化だけを図7に示す。この図や観測記録などからつぎのようなことがわかつた。まず地下水面についてはこの1年間に118cm低下したとなり、最高水値(4月)と最低水値(8月)の差は380cmであつた。これを同じく市街地にある天神観測所の浅井戸(深度58m)と比較すると、水値曲線のモードは割合似てゐるが最低月と1ヶ月の差があり、また10月の水面回復が少なうようである。この観測所はすぐ近く



ホテルや飲食店など繁華街を挟み、また300m離れたところと厚さ約10cm(580mm/日)、500mのところと厚さ約160mm(160mm/日)などがある。それらの影響を大きく受けているものと思われる。すなわち6月中旬から下旬にかけて平均気温が25℃前後、湿度が90%前後に上つたと最大81mm/日の水位低下を示しており、逆に9月下旬気温が20℃を割り湿度が70%程度に下つたと最大44mm/日の上昇を示している。これらの期間以外は日変化量も10mm以下で降雨量との関係は認められない。なおこの地下水は地盤下を流れても天都観測所の残井より、最高月で93mm、最低月で151mmいずれも帯水層となり地下水の浸透過程を示唆している。

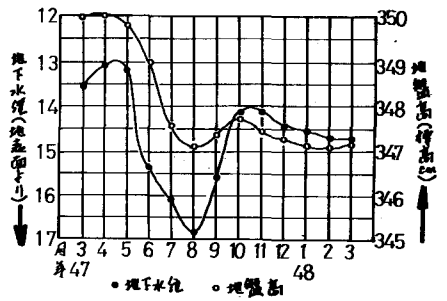


図7 地下水水位と地盤高の月別変化

つぎに地盤高も上記のA-2と同じような傾向を示しており、夏季の6、7、8月に低下が激しいのは掘削用水規制の必要性を物語っている。またこの観測所では水位低下(370mm)と対する膨張量(271mm)の割合がA-2(254mm:282mm)よりも小さく、逆に水位上昇(271mm)による膨張量(64mm)の割合はA-2(305mm:28mm)よりも大きくなっていることが注目される。これは明らかに地層の相異や過去における水位上下の履歴などによる原因があると思われる。また観測結果を詳細に検討すると50mm/日程度の雨で0.5mm、200mm/日の大雨で最大3.4mmの膨張を示しているが、水位との直接的な関係は明らかでない。また6月中旬以降の連続的な降雨(約7mm/日)と9月下旬以降の0.5mm/日程度の膨張は地下水面との関係が裏付けられているようである。

5. あとがき

僅か1年という短期間の観測ではあるが、地下水面の昇降と地盤高の変化についてその相関性がある程度明らかになったと思う。すなわち地下水面から市街地では深層層、郊外地では浅層層が地盤下の主役を演じていると推定される。佐賀市が昭和44年度に行つた揚水量実態調査の結果は表2の通りであった。市街地における業種別、年度別揚水量(mm/日)。括弧内は井戸の本数。

年度	業種	工業	商業	サービス業	その他	官公庁	学校	上水道	農林業	合計
	30mm以下	2855(58)	4168(113)	2453(91)	623(40)	2(1)	90(8)	—	6749(44)	16920(912)
	30~100mm	13269(54)	3236(53)	2784(67)	636(22)	1233(8)	329(10)	1253(4)	3883(25)	21623(43)
	小計	16124(112)	7404(226)	5237(258)	1259(62)	1235(9)	419(18)	1253(4)	10632(46)	43563(115)
	100~150mm	5107(9)	—	20(1)	30(1)	1510(3)	685(10)	3209(4)	15335(6)	25896(32)
	150~200mm	7450(9)	—	236(3)	—	—	422(1)	—(2)	3160(10)	39708(25)
	200mm以上	1912(2)	—	—	—	600(1)	503(2)	1051(3)	—	4116(8)
	小計	14519(18)	—	256(4)	30(1)	2110(4)	1610(13)	4260(9)	46935(16)	69720(16)
	不明	225(16)	1858(11)	2187(66)	287(22)	—	20(3)	—	—	4577(184)

さらにこの表から100mm以下で43563mm/日、100mm以上で69720mm/日が揚水されていることになる。一方通産省が昭和44年度に行つた地下水利用の適正化調査によると、継続して地下水を汲み上げても水位低下を生じない安全揚水量はそれぞれ795mm/日および17418mm/日となっている。またかつて環境とはその4~6倍の揚水が行われており、これを規制しなれば限りなく水面低下と地盤低下は続くものと思われる。佐賀県では東京、神奈川、千葉など地盤下の先進地を参考として、地下水の揚水規制に乗りだそうとしているが既に適切な処置といわねばならない。さらにこの観測は古賀勝彦、林謙蔵の両氏が行ったことを付記してその際感謝するとともに、諸種の貴重な資料を利用させてもらった通産省、国土院、佐賀県および佐賀市に對し深甚なる謝意を表す。