

軟弱地盤地帯における小構造物の不同沈下に関する研究

柴田英明*・田村昌仁**

Differential Settlements of Small Structures on Soft Ground

By Hideaki Shibata* and Masahito Tamura**

Synopsis: This paper deals with the differential settlements of small structures on soft ground. Through the measurements of differential settlements of more than three hundred small structures on the settlements are investigated. The main conclusions are summarized as follows: 1) If the N-value of ground is smaller than three, the rate of structures, of which differential settlement is larger than 60 mm, reaches to 37%, in the case of ordinary continuous footing. And the rate is 12% in the case of pile foundation. On the other hand, the rate is 3%, if the N-value of ground is larger than three. 2) The inhabitants are hardly conscious of the differential settlement as long as the settlement does not exceed 60 mm.

要旨：近年の人口の都市集中化に伴い、かつては湖沼などであった軟弱地盤に住宅が建てられるケースが増加している。これらの地域では、長期的な圧密沈下や不同沈下が生じやすく、実際の被害もでてい

る。本報告では、長野県諏訪湖畔を軟弱地盤の一例とし、軟弱地盤上の住宅沈下に関する調査結果を整理したものであり、不同沈下量と地盤、基礎の関係などを明らかにしている。また、簡単な室内模型実験により、基礎の違いによる沈下抑制効果について調べている。

1. はじめに

建築物の不同沈下については、これまで数多くの調査研究^{1)~5)}が行われている。そして、これらの研究では、比較的規模の大きい鉄筋コンクリート造建築物を主たる対象としてきた。しかし、最近では、建築敷地不足から、かつては湖沼などであった超軟弱地盤地帯に、一戸建て住宅が建てられるケースが増加しており、当該地域における小規模建築物の不同沈下が問題となっている。小規模建築物の沈下対策を確立するうえで最も重要なのは、建物規模と地盤性状に適合した基礎工法の確立と思われるが、これまで小規模建築物の沈下に関する広範囲な実態調査はほとんど行われていない。

小規模建築物の沈下対策工法に関する組織的な調査研究としては、佐賀県の例⁶⁾⁷⁾があげられる。有明海沿岸に位置する佐賀平野や白石平野では、上層部の地盤の

N値が0~3と極めて小さいため、地盤沈下や不同沈下が大きく、木造住宅などでもかなりの被害が生じている。このため、佐賀県では特定軟弱地盤対策住宅建設基準を定めて、軟弱地盤対策としての基礎工法をいくつか推奨することで対処している。

軟弱地盤地帯において宅地化が進行している現状では、今後上記のような問題が多く地域で生じると考えられ、小規模住宅の軟弱地盤における沈下対策基礎工法を合理的に検討することが必要となる。これには、まず軟弱地盤での小規模建築物の不同沈下と地盤性状や基礎工法の種類との関係を明らかにしなければならない。

本報告では、長野県諏訪湖周辺の超軟弱地盤地帯^{8)~12)}を例にとり、個人住宅の不同沈下に関する実態調査と沈下対策工法に関する模型実験を行い、その結果をまとめたものである。不同沈下に関する実態調査においては、平成元年3月、7月及び平成2年1月の3度におたり、300戸以上の住宅を対象としてアンケート調査や不同沈下に関する実測調査を行った。一方、沈下対策工法に関する模型実験では、不同沈下と基礎の種類との関係を明らかにするため、4種類の基礎を対象とした実験を行い、対策工法の効果について検討した。

*木土工学科 助教授

Associate Professor, Civil Engineering Division, Faculty of Engineering.

**建設省建築研究所

Researcher, the Ministry of Construction, Dr. of Engineering.

2. 諏訪湖周辺の地盤状況⁸⁾¹⁰⁾

2.1 位置

諏訪湖は本州のほぼ中央に位置し、標高は760~800 mである。盆地一帯は図1に示すように本州を横断する糸魚川—静岡構造線の一部にあたっており、この構造帯によって落ちこんだのが諏訪湖である。

2.2 地盤区分

諏訪湖周辺の地盤状況を図2に示す。地盤は、腐植質地盤、泥質地盤、砂泥地盤、礫質地盤、段丘、基盤岩の6つに大別され、表1に記号、土質構成を示している。腐植質地盤(P)：腐植質地盤は、軟弱な腐植土を主体とする地盤である。腐植土は、黒褐色~茶褐色を呈し、未分解の腐植物を多量に含んでいる。腐植物の含有量によって、腐植土、シルトあるいは砂混じり腐植土・シルト質腐植土などとなり、無機物土粒子との配合比率は多様である。標準貫入試験N値は小さく4以下のところが多い。とくに、地表から深度7 mまでの範囲はN値2以下である。粘土、シルト、砂、一部砂礫を挟んでいるが、いずれもN値は小さい。この軟弱層は低地帯の上川流域に広く分布しており、軟弱層が5 m以上分布する範囲を軟弱地盤とすれば、諏訪盆地の軟弱地盤の面積はほぼ諏訪湖の面積(14.2 km²)に相当し、軟弱層の厚さが1.5 m以上に達する箇所も少なくない。

泥質地盤(M)：泥質地盤は、主として粘土・シルトからなる。一部ゆるい砂が介在することがあり、腐植物を含むことが多い。地層全般にやわらかく、深度7 mま

ではN値4以下のところが多い。湖岸に沿った湖底では厚さ数メートルのヘドロ状堆積物となっている。

砂泥地盤(M_s)：砂泥地盤は、主としてゆるい砂およびやわらかい粘土・シルトからなり、部分的に腐植土を挟むことがある。地表から深度10 mまでは、粘土・シルト、腐植土を介在する中粒~細粒の砂が堆積しており、深度10 mより下では、砂を介在する粘土・シルト層である。

礫質地盤(G)：礫質地盤は、主として締った砂礫よりなる。諏訪地区では、茅野市新井地区以南で上川、宮川沿いに分布する。山地に近づくと玉石を多く含む。

2.3 地形区分

諏訪地区は、図3に示すように谷底・氾濫平野、自然堤方等に分類される。地区の中央を上川・宮川が流れ、その沖積作用によって形成された谷底・氾濫平野が諏訪市小川、文出、高島一丁目付近にまで広がっている。この谷底・氾濫平野は「すくも」と呼ばれる腐植土層が卓越することで特徴づけられる。本図では、腐植土層が特に卓越する地域を「特に低湿な地域」として表現した。谷底・氾濫のうち特に低湿な地域は、諏訪市中州の諏訪インターチェンジ付近、諏訪市湖南の鴨池川と山麓堆積地形にはさまれた水田の部分、それに諏訪市清水から普門寺にかけて中門川と山麓堆積地形にはさまれた部分に分布している。

湖岸平野は、低地においては谷底・氾濫平野より諏訪湖側に沿って広がっている。谷底・氾濫平野のない諏訪市大手町付近より北の地域では、湖岸平野は山麓堆積地形と湖面に挟まれた地区に細長く分布している。

自然堤防は、上川・宮川の河川沿いに広がっている。また、福島や小川の集落及び高島域をのせている微高地は、形や位置などから諏訪湖の沿岸流により形成された砂州・砂堆と思われる。諏訪市金子、福島、飯島、文出、小川など古い集落の多くは、この自然堤防、砂州、砂堆に立地している。

埋立地は、湖岸平野、三角州のさらに湖岸により分布している。

2.4 腐植土の特徴⁹⁾

諏訪地区の腐植土層は、上川、宮川の氾濫によって形成された自然堤防と山地とにはさまれた後背湿地に形成されたものであり、一般の泥質炭層と比較してかなり厚く堆積している。表2に日本の各地の泥炭層の厚さを示しているが、一般的な泥炭層は厚さ4.5 m以内、厚くても石狩泥炭地の7 mで、通常は2~3 mである。表3に諏訪地区の腐植土層の厚さを示しており、この地区の腐植土層はかなり厚いといえる。腐植土とは、一般に有機

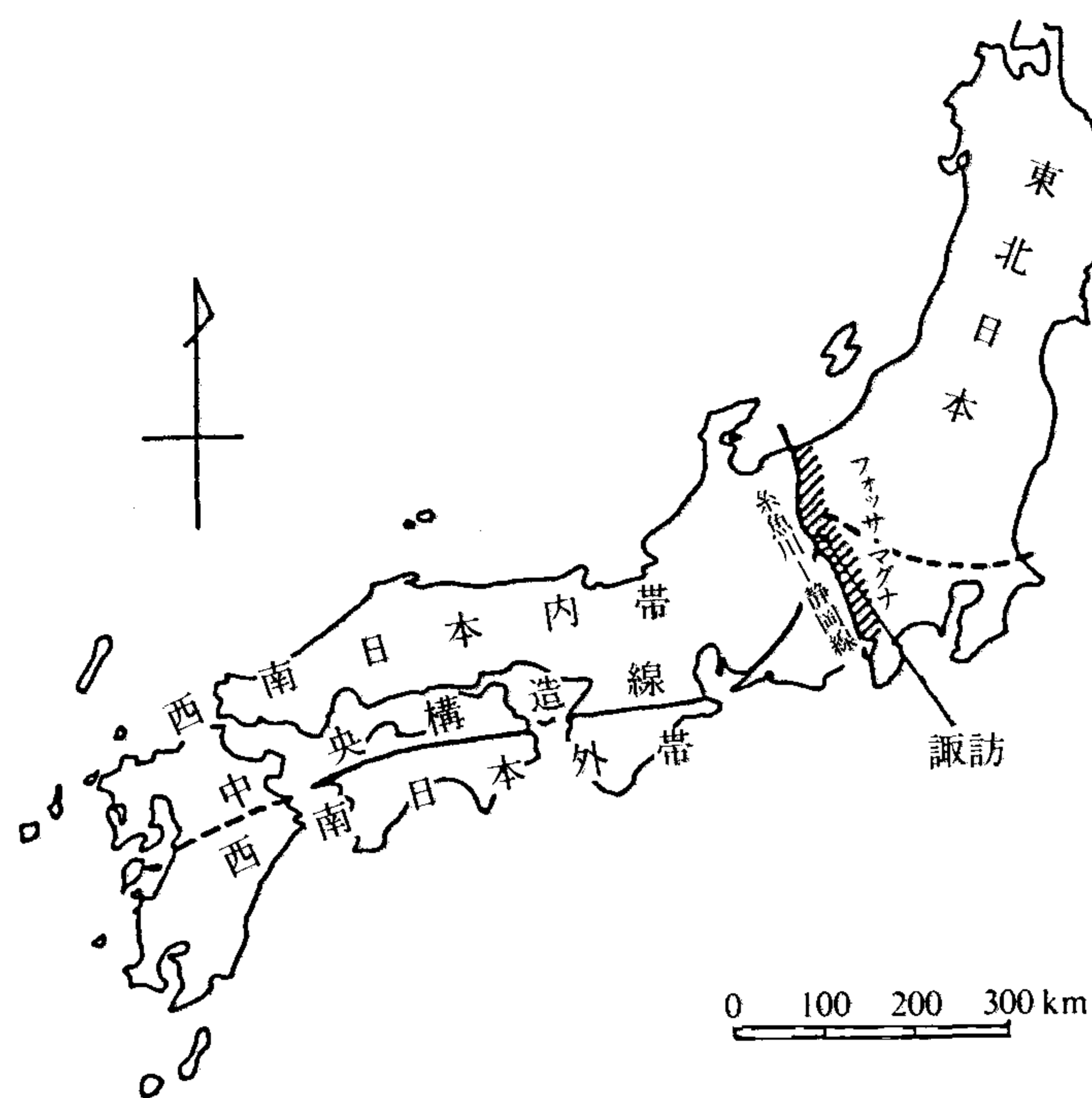


図1 諏訪の位置

表1 地盤状況

地形区分	記号	地盤区分	土質構成
低地	P	腐植質地盤	主として腐植土からなる
	M	泥質地盤	主として粘土・シルトからなる
	Ms	砂泥地盤	主として砂, 粘土・シルトからなる
	G	礫質地盤	主として砂礫からなる
台地	T	段丘	主として砂礫からなる
山地	B	基盤岩	風化土及び岩盤

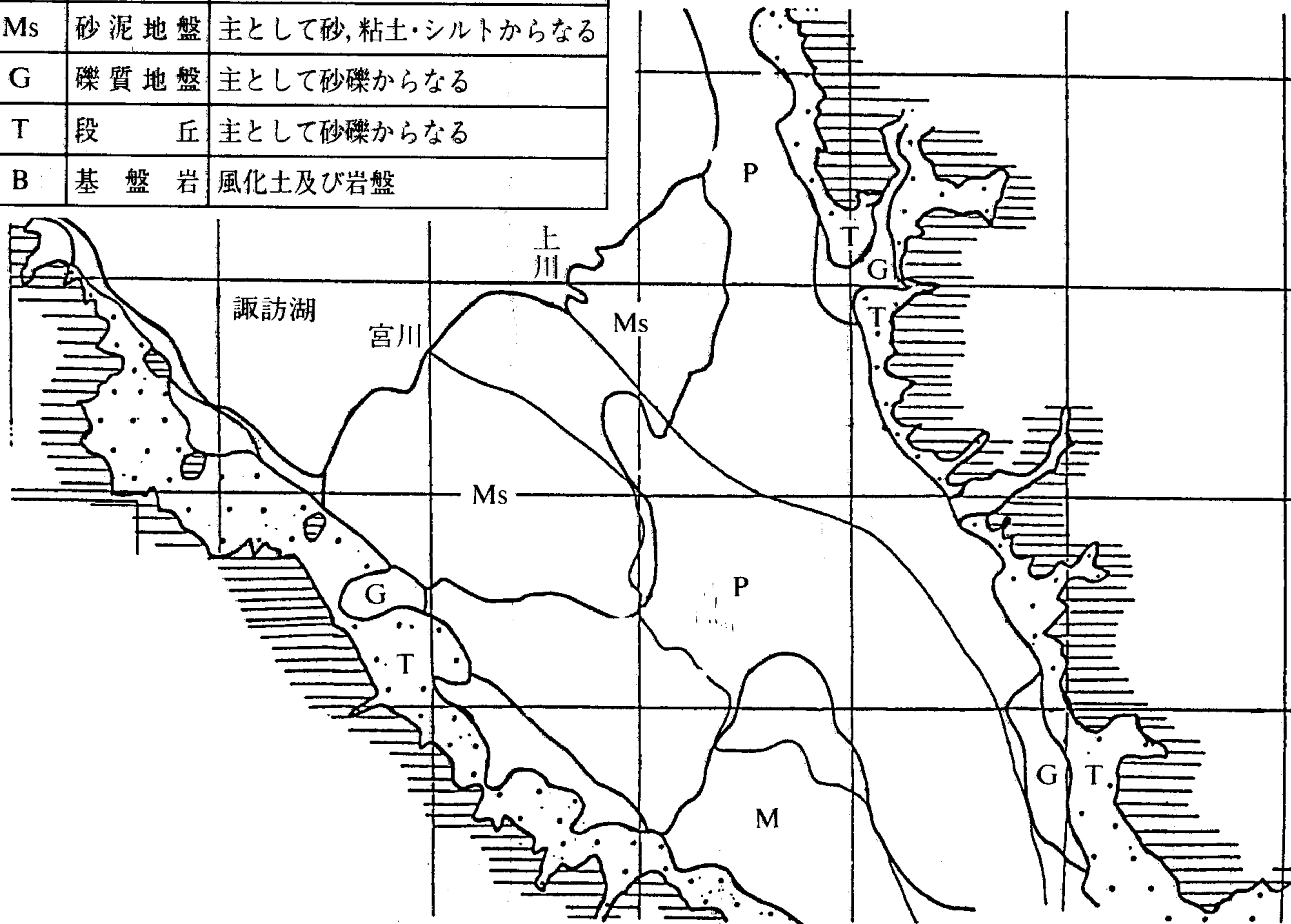


図2 諏訪湖周辺の地盤状況

表2 各地の泥炭層の厚さ

場	所	厚さ
北海道	サロベツ泥炭地	3~5 m
	釧路泥炭地	最大4.4 m
	石狩泥炭地	5 m, 最大7 m
中部	尾瀬ヶ原湿原	4~5 m
	関東平野	2~6 m 最大10 m

泥炭の地学 (1974阪口豊) による。

物含有量が50%以上の土のことをいうが、日本の腐植土は無機物を相当量含んでいるので有機物含有量20%以上を腐植土に入れる傾向にある。この地区の自然含水比は50~250%位である。

3. 小構造物の不同沈下の実態

3.1 調査範囲及び調査方法

諏訪地方は前項に示した「すくも」と呼ばれる軟弱な

腐植土が厚く堆積しており、この地域では、地盤自体の沈下が大きく、沈下量の大きさでは毎年全国10¹¹⁾位以内で、昭和62年度には年間4 cm 全国第4位、昭和63年には年間3.9 cm 全国第5位を記録している。このような軟弱地盤では、住宅の不同沈下などの障害¹²⁾¹³⁾がかなり生じており、その実態をアンケート調査や沈下測定により調査した。

実態調査は、平成元年から2年にかけて行ったものであり、調査した戸数は全部で300戸位である。調査は諏訪市全域にわたり、市街地や農地を問わず対象とした。地盤が軟弱な地域だけでなく地盤が比較的良好な地域も比較のために調査を行っている。

不同沈下の測定は、図4のように水管を用いて行った。約3 m 間隔で基礎天端目地等の立ち上げ部分に水を満たしたゴムホースをあてて、その間の水位差を測定し、これを不同沈下量とした。この場合、諏訪地区の10戸の新築住宅(竣工は昭和63年~平成元年度)を対象として同様な方法で不同沈下を測定したところ、傾斜角と

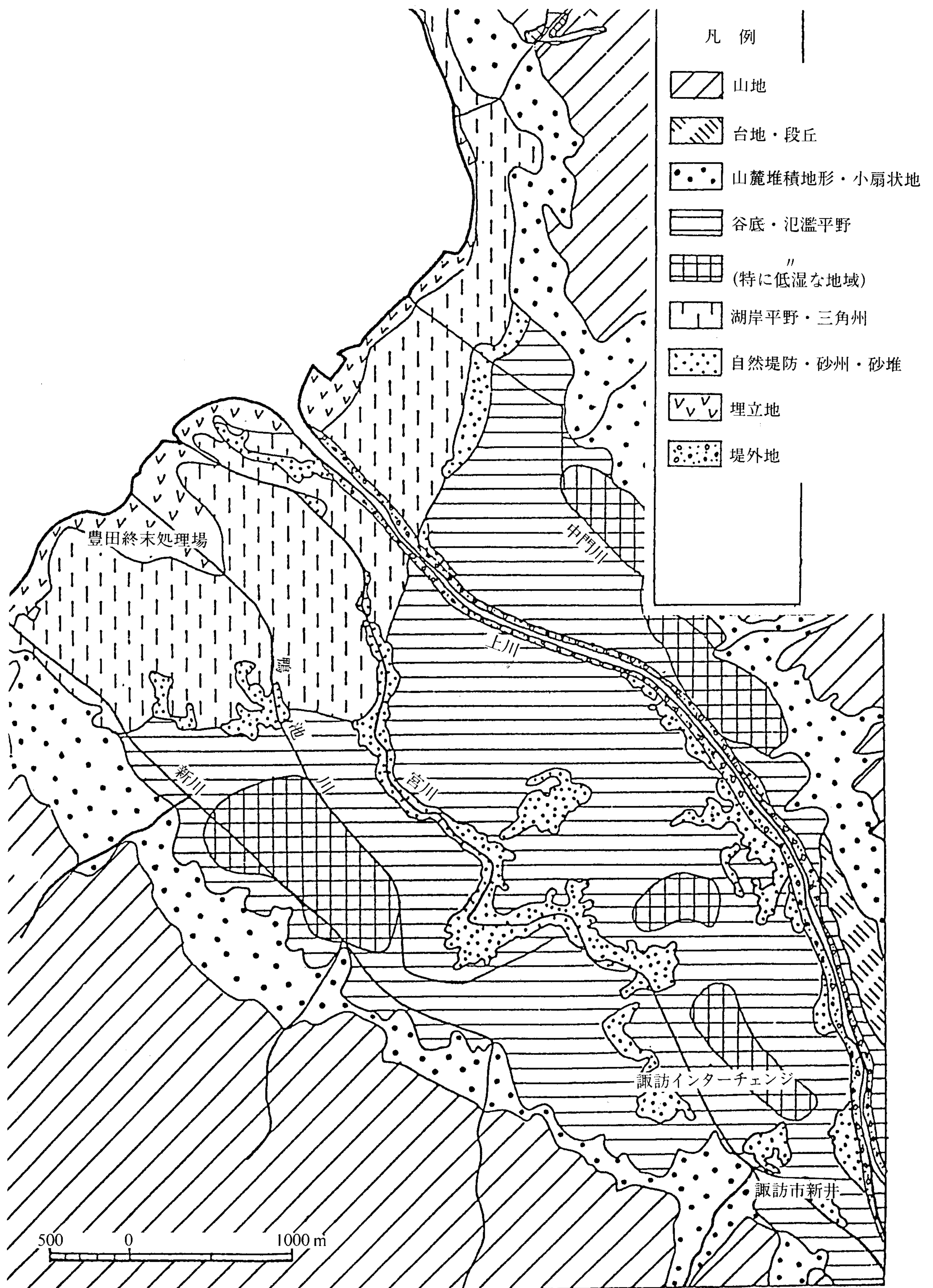


図3 諏訪地区の地形区分

表3 諏訪地区の腐植土層の厚さ

場 所	代 表 柱状図	単層の 厚 さ	累積の 厚 さ
城南小学校	G5-56	5.85 m	12.7 m
勤労者総合福祉センター	G5-127	9.9 m	11.5 m
諏訪実業高校	G5-135	14.7 m	14.7 m
福島第2団地	G6-5	8.0 m	8.0 m
諏訪警察署	H6-16	9.7 m	9.7 m

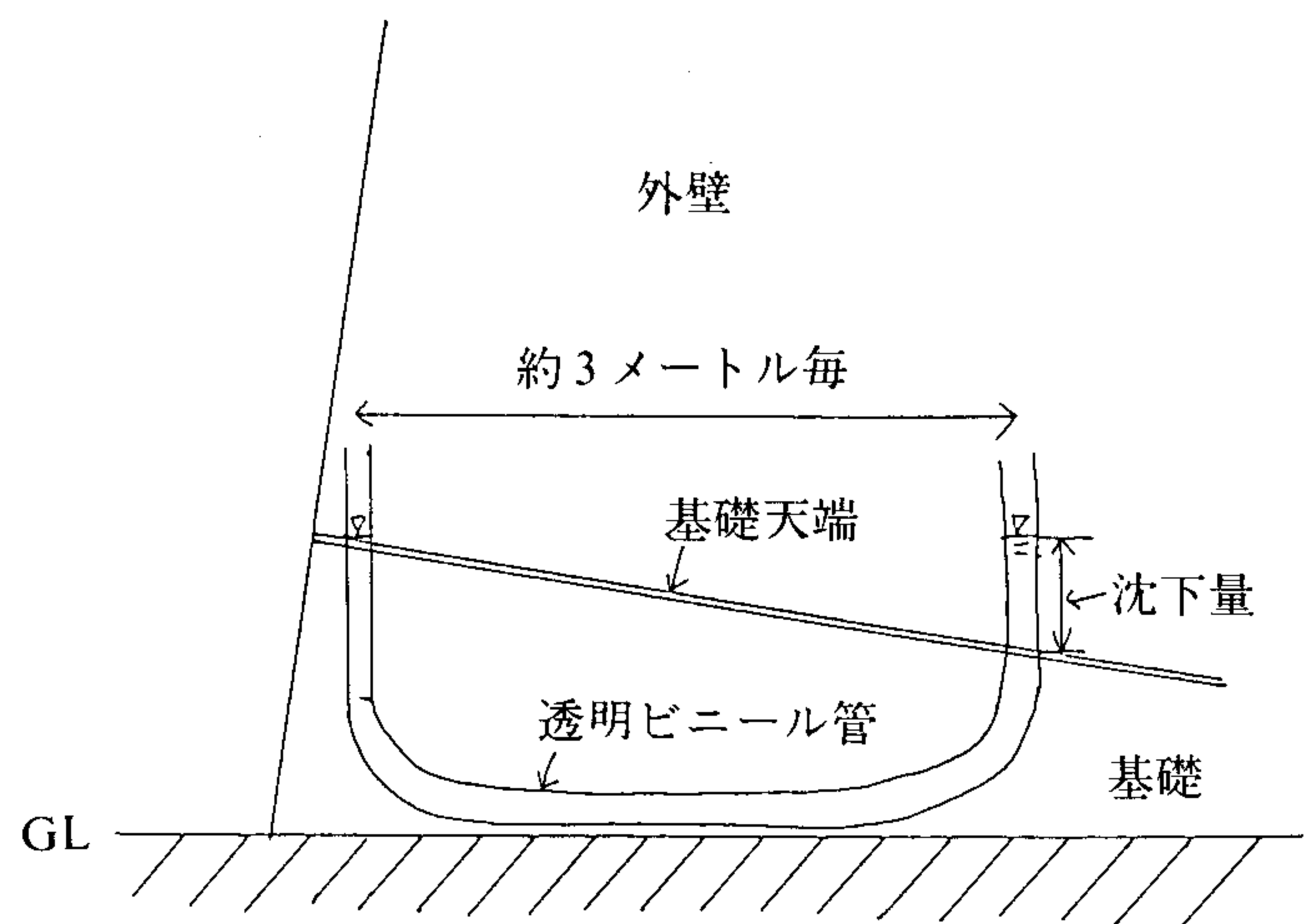


図4 不同沈下の測定方法

しては1/1000以下の場合が8例で残り2例も2/1000未満である。このため、1/1000前後の傾斜角では建築後に生じた不同沈下とみなすことができないが、これを越える部分については一応建築後の不同沈下と考えることができる。また、この調査に先立ち、水管のかわりにレベルを用いて不同沈下を測定したが、レベルを用いた場合と水管の場合でほとんど変わらない。レベルによる調査は、住宅が密集した市街地では困難であり調査に要する時間も長くなるので、後述の不同沈下の測定結果は、すべて水管による値を用いている。なお、不同沈下は、図4に示した住宅の傾斜と最大不同沈下量の二つで表すことにした。沈下の測定は、住宅の長辺及び短辺の両者で行っており、それらのうちの最大値を傾斜角及び最大不同沈下量とした。この他、住民を対象とした沈下や周辺の状況などに関するアンケート調査を行っている。

3.2 調査結果

(1) 基礎の種類

諏訪市における住宅基礎の種類を表4に示す。この地域の特徴としては、間伐材としての唐松丸太を利用する杭打工法とイカダ基礎があげられる。また、40 cm 角の

鉄平石を厚さ50 cm 程度、基礎下全面にわたって敷き詰める場合もある。

表5には、300戸の住宅を対象として実施した現地調査をもとに、基礎工法の種類と建築年度の関係を示す。調査にあたっては、特定の地域に偏らないよう諏訪市全域を対象とした。なお、鉄筋入りの布基礎については、鉄筋の存在を確認しているが、無筋の場合には鉄筋の有無が明確でないケースも含まれている。昭和40年までは、通常の布基礎や玉石などを用いた独立基礎がほとんどで、イカダ基礎や杭打工法といった伝統的工法がわずかに認められる程度である。しかし、同年以降では、上記の伝統的な不同沈下対策工法に加えて、ベタ基礎の採用が増加している。また、昭和50年以降では、約3割の住宅が何らかの対策を施していることがわかる。

(2) 住宅の不同沈下と建築年度の関係

表6には、住宅の最大不同沈下量と建築年度の関係を示す。最大不同沈下量の大きさは、40 mm 以下と小さい割合が全体の6割以上であるが、60 mm 以上の割合

表4 諏訪地域における住宅基礎の種類

布 基 礎	布基礎幅450 mm, 立ち上げ部分の幅120 mm 程度。 鉄筋径は D-10, 間隔300 mm 程度。
杭 打 工 法	末口120 mm 程度の松材を、長さ3 m, 間隔1.8 m 程度で常水面下に打ち込むもの。
イカダ基礎	建物一階全面に末口120 mm 程度の松材を、間隔約80 c で井桁状に連結配置したもの。
ベタ基礎	建物一階全面を床版で形成し、床版厚さ120 mm 程度 鉄筋径は D-10, 間隔250 mm 程度。
その他の基礎	王石, 束石, 鉄平石積み, 表層改良等の基礎。

表5 住宅基礎と建築年度の関係

建築年度	基 礎 の 種 類						合計
	無 筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 工法	イカダ 基 礎	ベタ 基礎	その他	
~S30	5	1	0	0	0	27	33
S30~39	19	6	1	2	0	5	33
S40~49	67	8	6	4	5	2	92
S50~59	56	25	14	5	13	2	115
S60~62	7	28	6	1	7	1	50
小 計	83	67	27	11	25	37	321

表6 最大不同沈下量と建築年度の関係

最大不同沈下量 S _{DMAX} (mm)	建 築 年 度					合 計
	～S29	S30～S39	S40～S49	S50～S59	S60～S62	
0～20	6	9	22	32	12	81
20～40	11	11	18	26	5	71
40～60	7	5	12	9	2	35
60～100	4	5	8	10	2	29
100以上	2	2	3	3	0	10
合 計	30	32	63	80	21	226

も2割弱と大きい。不同沈下の大きさと建築年度の関係でみると、古い住宅ほど沈下量が多い傾向が認められるが、昭和50～59年に建てられた比較的新しい住宅でも60mm以上の不同沈下が生じた場合は全体の16%と大きい。古い住宅で沈下が多い場合のほとんどは、東石などのいわば独立基礎の場合であり、これらの基礎を除いた場合には、不同沈下量の大きさと建築年度の相関性はあまり見られなかった。過去においては、比較的良好的な地盤に住宅が建設されたが、最近では、かなり軟弱な地域が住宅の敷地となり沈下が生じやすくなっているため、古い住宅ほど沈下が多いわけではないと考えられる。

(3) 住宅の不同沈下と地盤のN値との関係

表7、表8には、住宅の傾斜及び最大不同沈下と地盤のN値との関係を示す。地盤のN値は、軟弱地盤においてN値が3未満の場合と3以上の場合の2つに区分している。このN値の大きさは、諏訪地方地盤図などを参考にして求めたもので、地表から7m前後の平均N値とした。傾斜角と最大不同沈下量のいずれにおいても、地盤のN値が3未満であると不同沈下しやすい傾向が認められる。一方、N値が3以上であると、傾斜角で6/1000以上、不同沈下量が60mm以上となるケースは極めて少ないことがわかる。

(4) 住宅の不同沈下と基礎の関係

表9、表10には、住宅の傾斜及び最大不同沈下量と基礎の種類との関係を示す。N値が3未満の場合、住宅の不同沈下が生じた割合は、無筋の布基礎で37%、鉄筋入りの布基礎で25%、杭打工法で12%、イカダ工法で33%、ベタ基礎で21%になっている。

(5) 住宅の沈下パターンと建設前の敷地利用状況

表11には、沈下測定から認められた沈下のパターンを3種類に分類した結果を示す。ケース1、ケース2は、

表7 住宅の傾斜角と地盤のN値

傾斜角	地 盤 の N 値		
	3 未 満	3 以 上	合 計
0～2/1000	36	52	88
2～4/1000	38	34	72
4～6/1000	20	14	34
6～10/1000	23	2	25
10/1000以上	7	0	7
合 計	123	103	226

表8 住宅の最大不同沈下量と地盤のN値との関係

最大不同沈下量 S _{DMAX} (mm)	地 盤 の N 値		
	3 未 満	3 以 上	合 計
0～20	27	54	81
20～40	35	36	71
40～60	25	10	35
60～100	26	3	29
100以上	10	0	10
合 計	123	103	226

それぞれ布基礎が下に凸、上に凸に折れている場合である。ケース3は、ケース1、ケース2以外の場合である。ケース1、ケース2の場合では、不同沈下量が大きくなっても傾斜角では小さくなる場合がありうる。ケース3の場合でも、沈下量や傾斜がかなり大きくなる場合はあるが、建物が全体的に傾斜するような場合であり、沈下に起因する被害としては、ケース1やケース2の場合よ

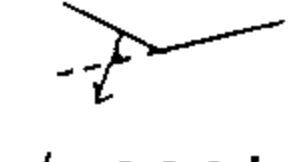
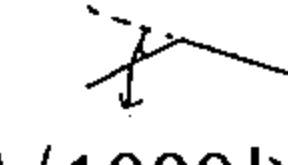
表9 住宅の傾斜角と基礎の関係

傾斜角	基礎の種類											
	地盤のN値が3未満の場合						地盤のN値が3以上の場合					
	無筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 法	イカダ 基礎	ベタ 基礎	その他	無筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 法	イカダ 基礎	ベタ 基礎	その他
0~2/1000	16	4	7	2	6	1	33	12	1	1	2	3
2~4/1000	14	7	6	3	7	1	17	9	3	1	0	4
4~6/1000	11	2	2	1	2	3	5	3	1	0	2	3
6~10/1000	9	4	1	3	3	3	1	0	0	0	0	1
10/1000以上	2	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0
合計	52	16	17	9	19	10	56	24	5	2	5	11

表10 住宅の最大不同沈下量と基礎の関係

最大不同沈下量 S _{DMAX} (mm)	基礎の種類											
	地盤のN値が3未満の場合						地盤のN値が3以上の場合					
	無筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 法	イカダ 基礎	ベタ 基礎	その他	無筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 法	イカダ 基礎	ベタ 基礎	その他
0~20	9	4	6	2	5	1	35	14	1	1	1	2
20~40	10	4	7	3	8	3	16	8	3	1	2	6
40~60	14	4	2	1	2	2	3	2	1	0	2	2
60~100	15	3	1	2	3	2	2	0	0	0	0	1
100以上	4	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0
合計	52	16	17	9	19	10	56	24	5	2	5	11

表11 沈下パターンと基礎の種類

種類	沈下パターン	基礎の種類						合計
		無筋 布基礎	鉄筋入 布基礎	杭打 法	イカダ 基礎	ベタ 基礎	その他	
ケース1	 4/1000以上	21	6	3	2	1	5	38
ケース2	 4/1000以上	19	3	1	0	4	3	30
ケース3	ケース1 ケース2 以外	68	31	18	9	19	13	158

り少ないと思われる。

住宅の場合には、測定した各辺の長さが10 m 前後と短いため、ケース1またはケース2のように中折れとなる場合は少なく、無筋の布基礎とその他の基礎を除けば中折れとなるケースは20%弱となっている。無筋の布基礎では、中折れになる割合が40%弱に達している。また、その他の基礎の場合には、東石、玉石などの独立基礎が含まれているため、中折れになる割合が大きい。

表12には、住宅の最大不同沈下量と建設前の敷地利用状況の関係を示す。この表より、以前に水田であった場合には60 mm 以上の不同沈下が生じている割合が37%であり、非常に沈下しやすいことがわかる。一方、建て替えなどのように以前から住宅のあった場合には、不同沈下が60 mm 以上となる率が5%とかなり小さいことがわかる。

(6) 住宅の不同沈下と居住者意識

表13には、不同沈下に関する居住者意識に関する調査結果を示す。沈下量の大きさが40 mm までは、ほとんど沈下を意識せず、60 mm 以上となると居住者の大部分が沈下を意識していることがわかる。

表12 住宅の不同沈下量と建設前の敷地の利用状況

最大不同沈下量 S _{DMAX} (mm)	建設前の敷地利用状況				
	田	畑	住宅	その他	合計
0~20	6	10	36	3	55
20~40	16	4	31	1	52
40~60	18	1	6	2	27
60~100	16	3	4	2	25
100以上	7	0	0	3	10
合計	63	18	77	11	169

表14は、アンケートによる住民の意識調査の結果を整理したものである。諏訪市の地盤沈下が著しいことは、大部分の住民は意識しており、沈下や傾きを感じるものは3割程度になっている。また、傾きによる障害を感じる割合は約2割とかなり多いことがわかる。

4. 実内模型実験

今回の調査により、「すくも」上に建てられた構造物の沈下状況について現状を知ることができた。しかし、個々の基礎の違いによる沈下抑制効果については、明確な判断はできなかった。そこで、幾つかの模型実験により、基礎の違いによる沈下抑制効果について調べることにした。

4.1 実験方法

諏訪地方の軟弱地盤である「すくも」の粘着力 C_u が約0.15 kgf/cm²位であったので、模型土槽の強度を $q_u = 0.3, 0.7$ kgf/cm²位の2種類と決め、市販カオリンにセメントを混合することにより、一定強度をもつ地盤を作成した。試料の配合はカオリン20 kg, セメント2 kg, 水20 kg で混合し、養生時間で強度を調節した。実験装

表13 居住者意識と不同沈下の実態

最大不同沈下量 S _{DMAX} (mm)	不同沈下に関する居住者意識		
	沈下あり	沈下なし	不明
0~20	6	63	12
20~40	16	51	4
40~60	15	16	4
60~100	21	5	3
100以上	9	0	1
合計	67	135	24

表14 アンケートによる住民の意識調査の結果

項目	回答				不明など (%)
	YES (%)	NO (%)			
諏訪市の地盤沈下が大きいことを知っているか?	91	8			1
地盤沈下を意識するか?	42	58			0
住宅の傾きを感じるか?	29	63			8
傾きによる障害はあるか?	18	20			62
不同沈下対策として負担できる費用は? (単位:万円)	25万円以下	25~50	50~100	100万円以上	不明など (%)
	5	33	24	3	

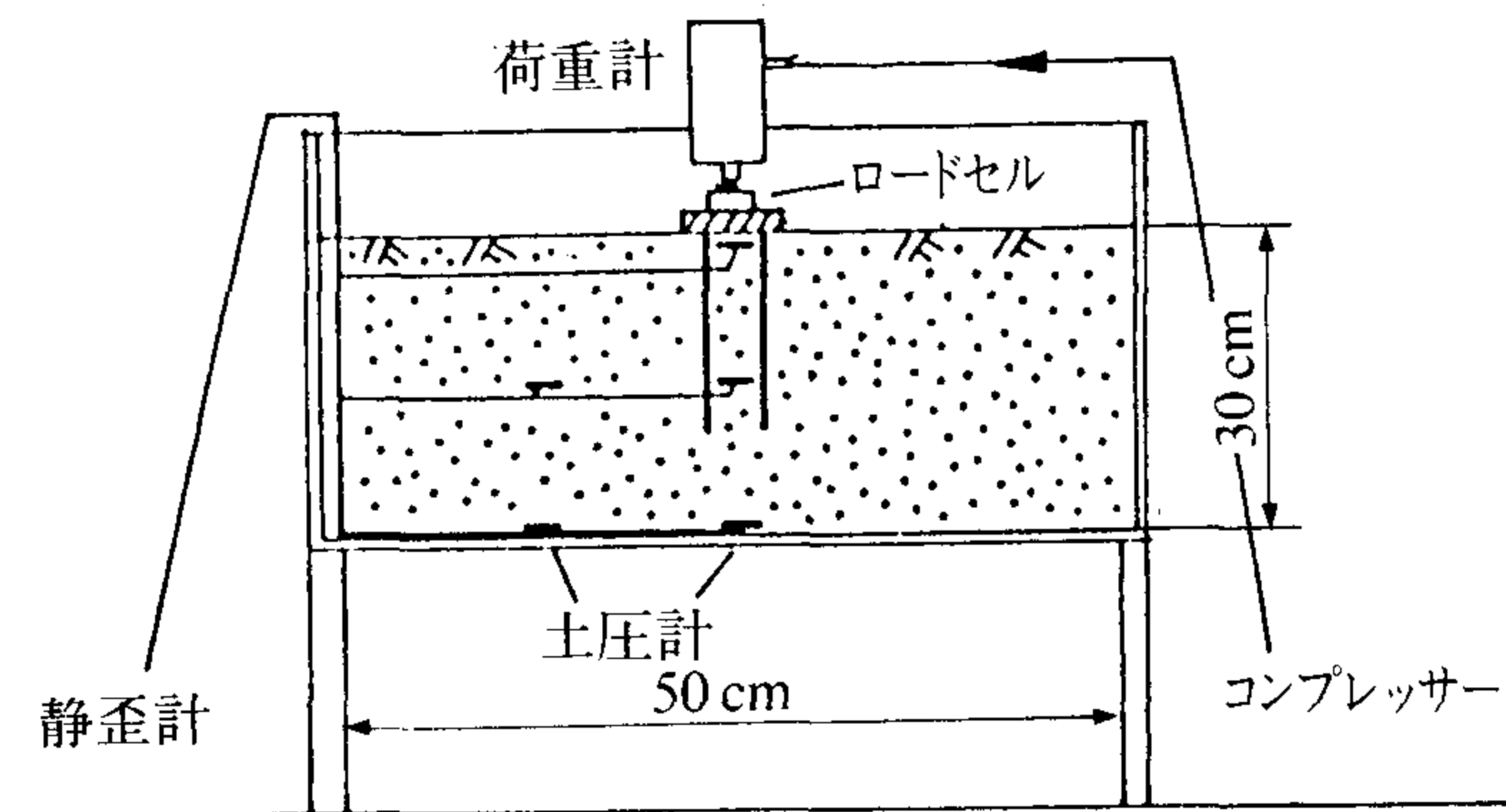


図5 模型図

置を図5に示している。実験方法は小構造物の基礎として10×10 cm 厚さ2 cm の木製板を使用し、他の工法として杭、イカダ、ジオテキスタイルをそれぞれ木製板の下に敷いて行う。イカダとしてφ10 mm 長さ20及び10 cm のアルミ棒を組み合わせたもの、杭としてφ10 mm 長さ20 cm の木製棒を4本設置したもの、柔な構造物としてジオテキスタイルをそれぞれ使用した。載荷圧は木製板の中央に集中荷重として加える。基礎の沈下量は荷重軸の動きをマイクログラフで読み取って求めた。計測方法は載荷圧10 kgf ずつ増加する度に基礎の沈下量を計測し、最大荷重180 kgf まで実験を行った。

4.2 実験結果

図6, 7に載荷圧と基礎の沈下量との関係を示す。図6より、 $q_u=0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 程度の地盤においては、載荷圧の増加と同時に基礎の沈下は生じるが、無基礎やジオテキスタイルの場合約3 mm の沈下が生じている。一方、杭で2 mm、イカダ基礎で1 mm と基礎が促されるに従い沈下量は少なくなっている。その後の載荷荷重の増加に従い、基礎の沈下は進むが、沈下が急激に大きくなる

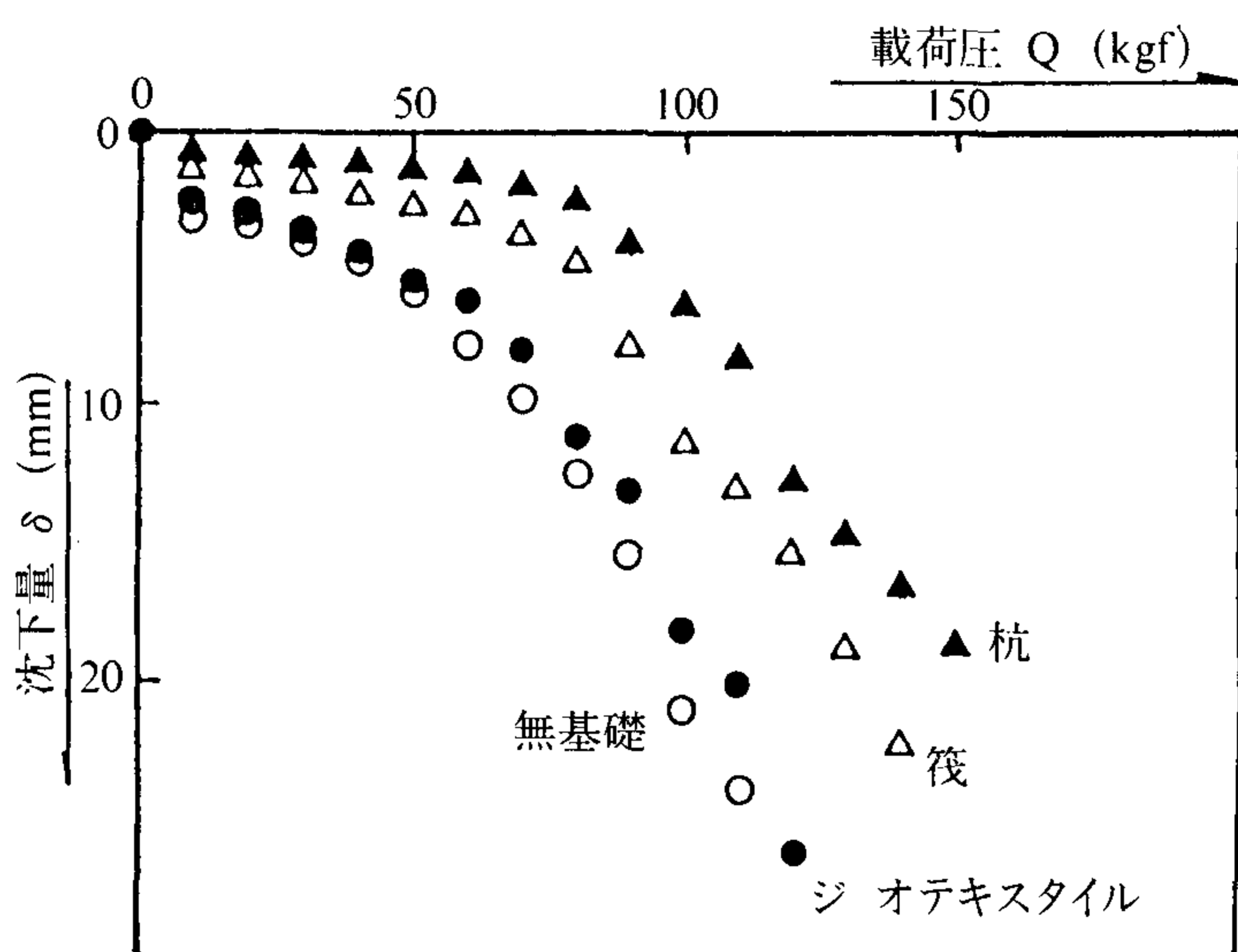


図6 載荷圧と沈下量との関係 ($q_u=0.3 \text{ kgf/cm}^2$)

時期は、基礎の種類によって異なる。即ち、無基礎、ジオテキスタイルでは、載荷荷重50 kgf、杭、イカダ基礎では80 kgf 付近で生じ始めている。一方、図7より、 $q_u=0.7 \text{ kgf/cm}^2$ の地盤では、先の地盤に比べて基礎の沈下量は小さくなっているが、載荷荷重と基礎の沈下量との関係は地盤強度に関係なく、基礎の種類によって決まることがわかる。以上の実験から、小規模構造物の下に杭やイカダのような簡単な基礎を設置するだけでも十分沈下抑制効果があることがわかる。

5. 沈下対策工法のあり方

不同沈下による住宅の被害としては、外壁、布基礎、土間コンクリートなどの亀裂や建具の開閉不良などが見られる。しかし、これらの被害状況は、表11に示した沈下パターンはもちろん柱、壁といった部材の性状にも関係しているため、沈下の程度と被害の関係を明確にすることは容易でない。例えば、ベタ基礎を採用して不同沈下が100 mm を超える住宅でも、外観状は亀裂が全く見られない場合もある。したがって、対策工法のあり方を考える場合、被害状況に注目すると十分把握できない面があり、不同沈下量の大きさを対策工法の効果を検討することが、現時点では最も適切と考えられる。

調査した住宅の戸数がまだ少なく、不同沈下量と住宅の被害の関係など不明な点が多いが、不同沈下に関する実態調査や模型実験の結果及び諏訪地域の実状を考慮すると、現時点における沈下対策は次のように整理できる。

- (1) 建築物の軽量・均等化を図り、不同沈下が生じにくいように配慮すること。
- (2) 異なる基礎工法の併用を避けること。

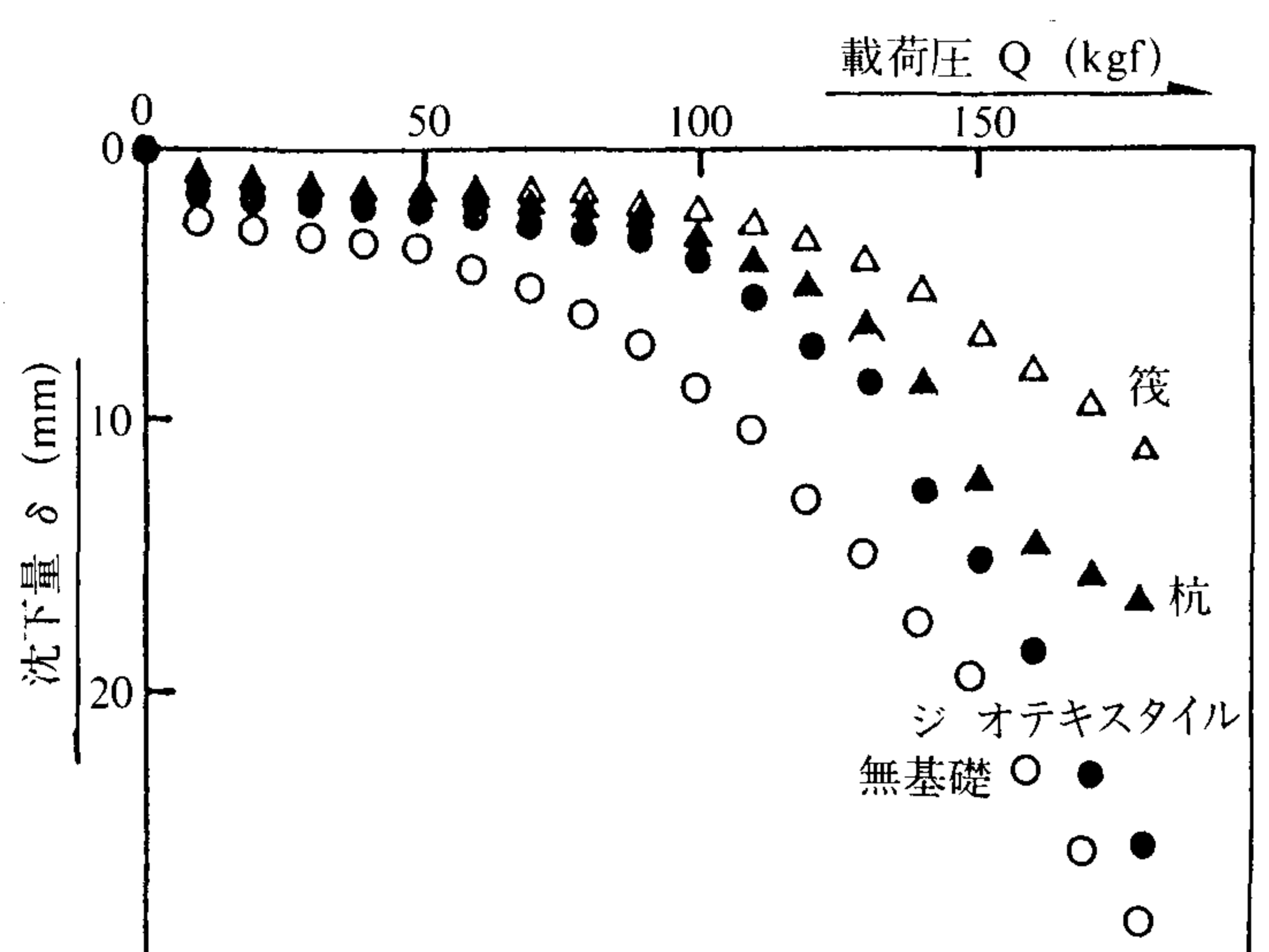


図7 載荷圧と沈下量との関係 ($q_u=0.7 \text{ kgf/cm}^2$)

- (3) 地表付近の地盤のみでなく、深部の地盤状況も考慮して沈下対策を検討すること。
- (4) 盛土する場合には、盛土に雨水その他による地表水の浸透によるゆるみ・沈下などが生じないように、締め固めなどを十分に行うこと。

6. あとがき

軟弱地盤対策として住宅の基礎を考える場合、個人負担の枠内で、しかも効果が十分と言えるものは少ない。表14のアンケート調査の結果からわかるように、不同沈下対策として負担できる額はかなり少ない。また、不同沈下の原因について考える際にも、住宅の場合はその原因が予測しにくく、どこまで対策を施すべきかわからない面もある。大規模構造物の場合は、地震や長期の圧密沈下を除けば、大きな障害をもたらすような要因は少ないが、住宅等の小規模構造物では、交通荷重による前面道路の振動や隣地の建設に伴う地盤変状が不同沈下の原因になる場合が少なくない。このため、ある程度の家屋の傾きを前提にして、建物に被害が生じない工夫や簡単な補修方法を考えることも必要であろう。

不同沈下としての住宅の基礎を考える場合は、 N 値のような地盤の強度だけでなく、隣地の状況といった周辺環境はもちろんのこと経済性についても考慮しなければならないので、最適な対策工法というものはケースバイケースで異なる。したがって、個々のケースでは周辺環境などについて十分な注意が必要であろう。

謝辞 現地調査にあたり、協力を得た長野県、(財)長野県建築住宅センター、諏訪市、および実際に調査に参

加してくれた卒業生諸氏に対しまして、ここに記して深謝の意を表します。

(原稿受付 平成2年9月28日)

参考文献

- 1) 横尾義貫, 山肩邦男, 佐藤 寛: 軟弱地盤における建築物の不同沈下対策に関する基礎的考察, 日本建築学会論文報告集, 第56号, pp. 25-33, 1960.
- 2) 芳賀保夫: 不同沈下におよぼす建物の剛性等の影響 (第一報), 日本金属学会論文報告集, 第205号, pp. 53-60, 1973.
- 3) 松浦 誠: 建築物の沈下性状, 土と基礎, 22-8, pp. 29-36, 1974.
- 4) 松浦 誠, 芳賀保夫: 沖積粘度層上の建物の不同沈下, 土と基礎, 27-3, pp. 51-55, 1979.
- 5) 芳賀保夫: 木造建物の不同沈下障害 (その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1987.
- 6) 岩尾雄四郎, 原口端夫, 加藤嘉一, 加藤昭弘: 有明粘度地盤における住宅基礎実大載荷実験, 土と基礎, 34-6, pp. 29-35, 1986.
- 7) 佐賀県軟弱地盤対策建築技術調査委託報告書: (財)佐賀県土木建築技術協会, 1984.
- 8) 諏訪盆地地盤図: 長野県諏訪湖流域下水事務所, 1983.
- 9) 諏訪湖周辺地域における地盤調査及び住宅の現状調査報告書: (財)長野県建築全協会, 1987.
- 10) 諏訪地方地盤図: (社)長野県建築士諏訪支部, 1987.
- 11) 地盤沈下関連調査資料集 (諏訪盆地): 国土地理院技術資料館 D-1, No. 270, 1987.
- 12) 軟弱地盤における工事実施例その2: 土質工学編.
- 13) 関東ロームの土工~その土質と設計・施工~: 高速道路調査会編.