

鉄筋コンクリート壁式構造 4 階建 建物の沈下・傾斜の追跡調査

江 上 外 人

A Followup Study of the Differential Settlement with Regard to the Building Builded up by the Method of the Box Frame Type Reinforced Concrete Construction

Hokato EGAMI

This paper reports the progress condition of the differential settlement relating to the building builded up by the method of the box frame type reinforced concrete construction.

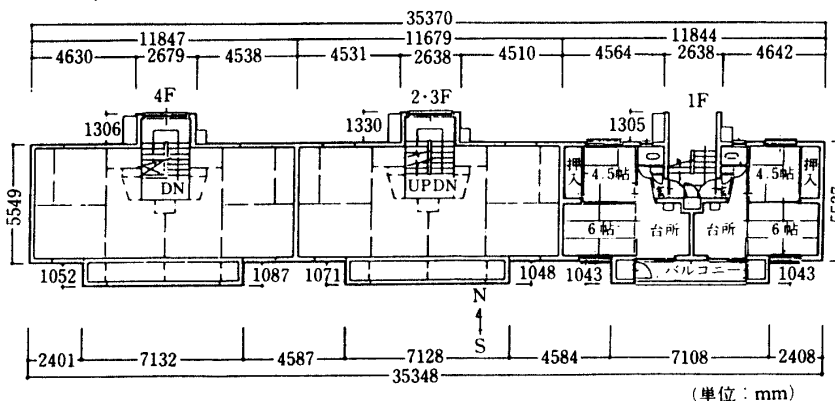
This building rides on the base rock of Mt. Asuwa under the surface of the earth.

For that reason, at the center of the building length that are supported at one supporting point and so, the building bends go along the horizontal axis of the building.

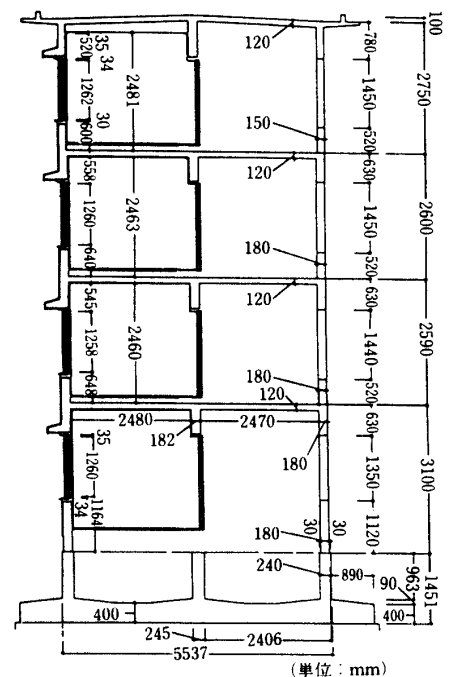
Results obtain by this continuous measer are what the transformation will continues after this.

1. 前 が き

筆者はさきに山麓に建つ図一 1 に示す壁式鉄筋コンクリート構造建物の被害調査をおこなって¹⁾, 地盤は軟弱であり信頼できる岩盤までは極めて深く然も杭地業を施さないため, 建物の不同沈下量が極めて大きいことがわかった。



(a) 各階実測平面図



(b) 実測断面図

図一 1 建物実測図

東西方向に長い建物は山麓に接近しているため、建物はけた行方向のほぼ中央で山麓尾根に一点支持の状態となって東西両端に向ってそれぞれ大きいたわみ、またはり間方向に北方へ傾斜しその状態は中央部が大きく、東西両端に至るに従って小さくなり建物は振れながら傾斜とたわみを生じていた。このため床スラブには曲げモーメントによりけた行方向に垂直な曲げきれつを生じ、壁体にはせん断振れきれつが発生していて、建物の剛性は極度に低下していた。

このような地盤状況と建物の極度な剛性低下のため、本建物の不同沈下による傾斜沈下が進行する可能性が大きいものと考え、建物の傾斜沈下並びに敷地地盤の沈下を昭和60年5月28日から昭和61年4月18日まで追跡調査をおこなったのでその結果を報告する。

2. 計測の方法

A 沈下測定法

地盤沈下の影響のない足羽山にコンクリートパイルを打込んでベンチマーク B_1 とし(写真-1)、図-2のA点の北方に建物より10m離れてコンクリートパイルを打込んで補助ベンチマーク B_2 とし、敷地の地盤沈下の測定用をも兼ねた。 B_3 の位置のボーリングロッドを利用して補助ベンチマーク B_3 とし、地盤沈下に影響のない深部の沈下測定用をも兼ねた。またA～Fの位置にコンクリートパイルを打込んで建物の影響を受けなく然も建物に接近した地盤の沈下の測定用とした。

計測方法はア～チの部に取付けたアングル(写真

写真-2)並びにA～F・ B_1 ・ B_2 のコンクリートパイル及びボーリングロッド B_3 のそれぞれについて沈下を計測する場合は、それ等の上面に1/100mmを微調整できるデジタル式のぎすを写真-2のごとく乗せて、これをレベルでとらえて高低差を測定した。

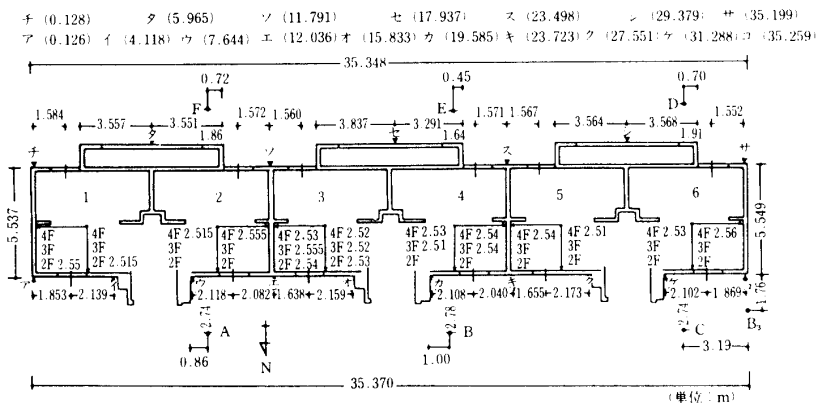


図-2 建物沈下・傾斜追跡測定位置図



写真-1 ベンチマーク B_1

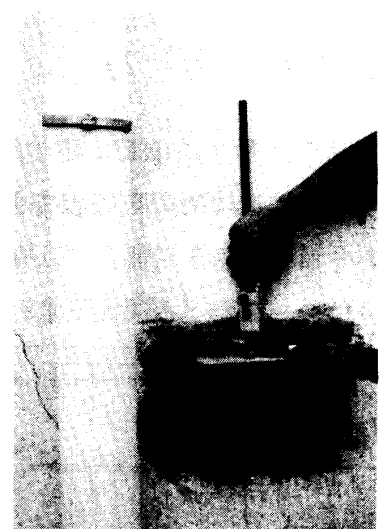


写真-2 ア～チの測定部

B 床の傾斜測定法

図-2 に●印で示した点を中心に南北 (x 方向)・東西 (y 方向) にそれぞれ 1 m ずつ離れた計 4 点にガラスを用いて写真-3のごとくキャッピングを施し、その上面に形鋼のレベル台を据え、レベル台の上に傾斜測定器を乗せて傾斜を直接測定した。



写真-3 床の傾斜測定部

3. 地盤沈下の追跡

A 地盤沈下の追跡結果

昭和60年 5 月 28 日からの経過日数に応じてベンチマーク B_1 に対する高低差の実測値を B_2 及び B_3 について 5 月 28 日を起算日として経過日数に応じた沈下量の増加値 (増分) を用いて図示すれば図-3 の●印及び■印となる。また A~F について同様に図示すれば図-4 の●印となる。

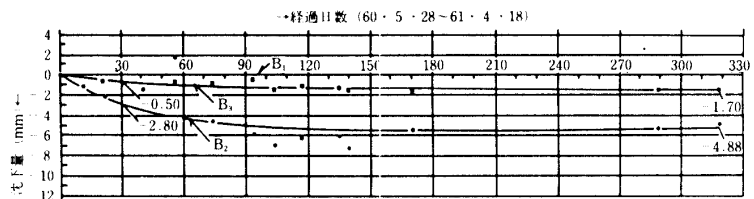


図-3 経過日数と $B_1 \sim B_3$ それぞれの 5 月 28 日に対する沈下の増加量

B 地盤沈下の追跡結果に対する考察

(1) ($B_2 \cdot B_3$) についての考察

図-3 の $B_2 \cdot B_3$ のそれぞれについて全期間を通じて判断して、5 月 28 日の実測値を測定誤差の範囲内と見なして補正し、その補正値を原点として同図に経過日数と沈下量の増分との関係を曲線で示す。この曲線から次のことがわかる。

i 敷地の地盤沈下 (B_2) について

図-3 の曲線から経過日数 30 日毎の沈下の増加量を算出した

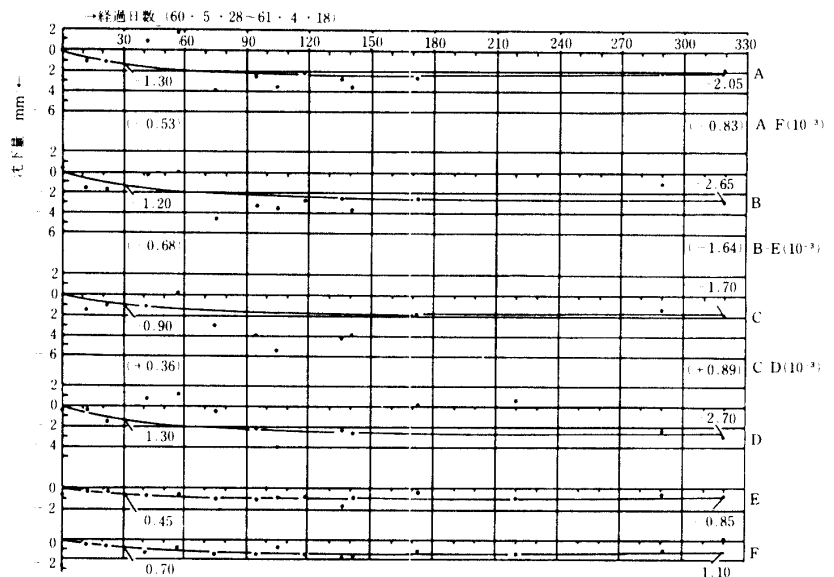


図-4 経過日数と A~F それぞれの 5 月 28 日に対する沈下の増加量

結果、最初の30日間では沈下量の増分は -2.8mm とやや大きい、その次以後は30日間毎の沈下量の増分はそれぞれ前回30日間の増分の $\frac{1}{2}$ ずつに減少し、90日では -0.7mm と小さくなる。また120日以後の30日間の増分はそれぞれ -0.1mm と小さくなりほぼ0と見なせるので、敷地の地盤沈下は326日間で -4.88mm 沈下しほぼ安定したようだが、今後は極めて少ない沈下の増加が続くものと考えられる。

ii 深部地盤沈下(B_3)について

図-3の曲線から経過日数30日毎の沈下の増加量を算出した結果、最初の30日間では沈下量の増分は -0.5mm と小さく、次の30日間及びその次の30日間は共に初回の増分の約 $\frac{1}{2}$ で -0.3mm と小さくなる。また120日以後の30日間の増分はそれぞれ -0.1mm と小さくなりほぼ0と見なせるので、深部地盤の沈下は326日間に -1.7mm 沈下して安定したと考えられる。

(2) (A~F)についての考察

図-4のA~Fのそれぞれについて全期間を通じて判断して、5月28日の実測値を測定誤差内と見なして補正し、その補正値を原点として同図に経過日数と沈下量の増分との関係を曲線で示す。この曲線から経過日数30日毎についての沈下量の増分を算出した結果、次のことがわかる。

i 建物の北側A・B・Cの地盤もそれらに対応する南側F・E・Dの地盤も共に地盤沈下が増加しているが、足羽山に近い南側F・Eの地盤沈下の増加量が足羽山に遠いA・Bの地盤沈下の増加量より小さい。即ち足羽山より遠ざかるに従い沈下の増加量が大きくなり、例えば0から30日間及び326日間についての沈下の増加量は $F \rightarrow A \rightarrow B_2$ では $-0.70\text{mm} \rightarrow -1.30\text{mm} \rightarrow -2.80\text{mm}$ および $-1.10\text{mm} \rightarrow -2.05\text{mm} \rightarrow -4.88\text{mm}$ となっている。

ii またiに反し、南側Dの沈下の増加量は北側Cより大きい。ため建物のけた行中央付近から東部の地盤はA-Fは -0.86×10^{-3} ・B-Eは -1.64×10^{-3} と北方(-)へ、また西端部の地盤ではC-Dは $+0.89 \times 10^{-3}$ と南方(+)へ傾斜が増加している。

iii 建物に接近した地盤沈下の増加量は最初の0から30日間は $-0.45 \sim -1.30\text{mm}$ であるが、30から60日間はそれぞれ前回30日間の値の約 $\frac{1}{2}$ の $-0.20 \sim -0.60\text{mm}$ に、また60から90日間ではそれぞれその前の30日間の値の約 $\frac{1}{2}$ の $-0.10 \sim -0.35\text{mm}$ と小さくなり、90から120日間ではそれぞれ前回30日間の約 $\frac{1}{2}$ の $-0.10 \sim -0.20\text{mm}$ と小さくなりそれ以降はほぼ0と見なせるので、建物付近では地盤の沈下は326日間で建物北側A~C点で $-1.70 \sim -2.65\text{mm}$ 、建物南側では $-1.10 \sim -2.70\text{mm}$ 沈下して安定したようだが、今後は極めて少ない沈下の増加が続くものと考えられる。

4. 建物の沈下の追跡

A 建物の沈下の追跡結果

建物の沈下測定点ア~チについて、昭和60年5月28日からの経過日数に応じてベンチマーク B_1 に対する高低差の実測値を図-3の方法で5月28日を起算日として経過日数に応じての沈下量の増分を用いて図示し、ア~チの各点についてそれぞれ全期を通じて判断して、5月28日の実測値を誤差範囲内と見なして補正し、その補正値を原点として経過日数と沈下量の増分との関係を同

表一 1 ア～チの30日毎についての沈下量の増分

(単位 mm)

種 別		0 }	30日 }	60日 }	90日 }	120日 }	150日 }	180日 }	210日 }	240日 }	270日 }	300日 }	0 ~ 326日		
		30日	60日	90日	120日	150日	180日	210日	240日	270日	300日	326日	沈下量	たわみ量	
沈	ア	-4.30	-1.15	-0.20	+0.05	+0.15	+0.20	+0.25	+0.25	+0.25	+0.30	+0.25	-3.95(-3.95)	-1.25	*+0.05
	イ	-3.40	-0.80	-0.30	0	+0.05	+0.10	+0.15	+0.20	+0.20	+0.20	+0.15	-3.40(-3.40)	-	-
	ウ	-2.40	-0.70	-0.30	-0.10	-0.10	0	+0.05	0	0	+0.10	0	-3.40(-3.10)	-	-
	エ	-1.80	-0.90	-0.30	-0.05	-0.05	0	+0.05	+0.10	+0.05	+0.10	+0.10	-2.70(-2.70)	0	* 0
	オ	-1.70	-0.80	-0.40	-0.20	-0.10	-0.10	+0.05	+0.10	+0.10	+0.15	+0.05	-2.80(-2.45)	-	-
	カ	-1.40	-0.65	-0.30	-0.15	-0.10	0	0	+0.05	+0.05	0	+0.05	-2.50(-2.50)	-	-
	キ	-1.95	-0.85	-0.35	-0.15	-0.10	0	0	+0.05	0	+0.05	+0.05	-3.30(-3.05)	-	-
	ク	-2.40	-1.10	-0.40	-0.25	-0.05	0	+0.05	+0.05	+0.10	+0.20	+0.05	-3.70(-3.70)	-	-
	ケ	-2.90	-1.10	-0.30	-0.15	-0.10	0	0	0	0	+0.05	+0.05	-4.30(-4.40)	-	-
コ	-3.60	-1.60	-0.65	-0.10	0	+0.05	+0.10	+0.05	+0.15	+0.10	+0.10	-5.30(-5.30)	-2.60	*-0.40	
下	サ	-0.60	-0.30	-0.10	-0.10	-0.10	0	0	+0.05	0	+0.05	0	-1.10	-1.10	*-0.10
	シ	-0.55	-0.20	-0.10	-0.05	-0.05	0	0	0	0	+0.05	0	-0.90	-	-
	ス	-0.25	-0.15	-0.10	-0.05	-0.05	0	0	+0.05	0	0	0	-0.55	0	* 0
	セ	+0.25	+0.10	+0.05	+0.05	0	0	0	0	-0.05	-0.05	-0.05	+0.30	0	* 0
	ソ	+0.20	+0.15	+0.10	+0.10	+0.05	0	0	-0.05	-0.05	0	-0.05	+0.45	-	-
	タ	+0.35	+0.15	+0.10	+0.10	0	0	-0.05	0	-0.05	-0.05	0	+0.55	-	-
	チ	+0.40	+0.20	+0.20	+0.05	+0.05	0	0	-0.05	0	-0.05	-0.05	+0.75	+0.75	*+0.10

() 内は図一6の補正曲線による値 *印は布基礎沈下測定による値

図にそれぞれ曲線で示す。その曲線を使って経過日数30日毎の沈下の増加量を算出して表一1に示す。

B 建物の沈下の追跡結果に対する考察

表一1から次のことがわかる。

i 建物の沈下の増加量は最初の30日間では北側けた行の中央部カでは-1.40mmと小さいが、東部アでは-4.30mm・西端コでは-3.60mmと次第に大きくなる。また南側けた行の中央部スでは-0.25mmと小さいが、西端サでは-0.60mmと次第に大きくなるが、東端チでは浮上りが+0.40mmとなる。

ii 建物北側けた行部の沈下量の増加は30から60日間はそれぞれ前回30日間の値の東端アで約1/3.6, 中央部エより西端コ間で約1/2にそれぞれ小さくなる。また南側けた行部の沈下量の増加は30から60日間はそれぞれ前回30日間の値の約1/2に小さくなる。

60から90日間では建物沈下の増分はその前回30日間の値のそれぞれ北側けた行部では約1/2~1/5.7の範囲に小さくなり、南側けた行部では約1/1~1/3の範囲に小さくなる。

90から120日間では建物沈下の増分はそれぞれその前回30日間の値の約1/2以下に小さく、然も絶対値が最大0.25mm以下に小さくなる。

120日以降は沈下が最大-0.10mmと小さくなりほぼ0と見なせるので、建物の沈下は326日間に北側けた行では東端アで-3.95mm, 中央部オで-2.45mm, 西端コで-5.30mm沈下し、南側けた行では東端チで+0.75mm浮上り、西端部サで-1.10mm沈下して安定したようだが、今後は極めて少ない沈下の増加が続くものと判断する。

表一1を使って建物のけた行方向と建物各部の沈下の増分との関係を、北側けた行ア～コ及び南側けた行サ～チについて沈下分布曲線で経過日数毎で示せば図一5となる。同図及び表一1に

よれば次のことがわかる。

iii 北側けた行方向の曲線を見ると、0から30日間では中央部カでは沈下量の増分は -1.40mm と小さいが、東端部アでは -4.30mm 、西端部コでは -3.60mm と曲線的に大きくなっている。即ち、けた行

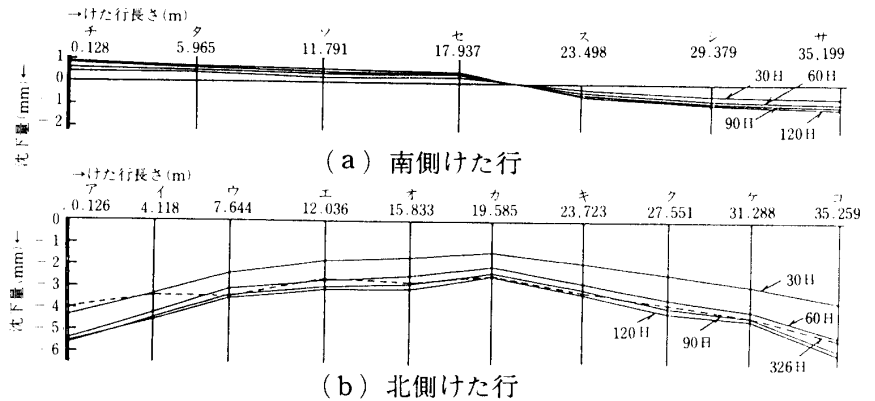


図-5 経過日数に応ずる建物けた行方向の沈下量の増分分布曲線

方向に細長い建物は中央部で支えられ東端部アで -2.90mm ・西端部コでは -2.20mm とそれぞれたわんでいる。これが0から326日間の値ではア部で -1.25mm 、コ部で -2.60mm となる。30日以後の30日間の同曲線もそれぞれほぼ同様な傾向を示しているが、それらの絶対値は急激に小さくなっている。

iv 南側けた行方向の曲線を見ると、セ〜ス間の一点を境にしてそれより東部は浮上りが次第に増加し、またそれより西部は沈下が次第に増加して、0から30日間では東端部チで $+0.40\text{mm}$ 浮上り、西端部サで -0.60mm 沈下している。これが0から326日間の値ではチ部で浮上り $+0.75\text{mm}$ 、サ部で沈下し -1.10mm となる。30日以後の30日間の同曲線もそれぞれほぼ同様な傾向を示していて収れんした。

iii及びivから建物はけた行方向にたわみが増加しながら北方への傾斜が増加し、かつ南側けた行が東方約1/2は浮上りが増加することがわかる。故に図-5（同図を補正した図-6）を使って、南側けた行サ〜チ部及び北側けた行上のサ〜チに対応する点サ'〜チ'部の沈下量を求めて、建物の北方への傾斜を算出して表-2に示す。表-2から次のことがわかる。

v 0から30日間では建物のけた行方向と北方への傾斜との関係はセ〜セ'部が最も小さく、東端部チ〜チ'ではその3.40倍、西端部サ〜サ'では2.16倍と大きくなっていて建物はねじれながら傾斜している。30から60日間では傾斜の増分は前回30日間の1/2〜1/4に小さくなり、また0から326日間

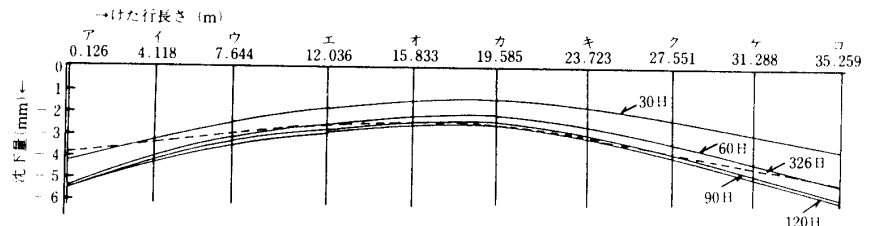


図-6 経過日数に応ずる建物けた行方向の沈下量の増分分布補正曲線

表-2 サ〜サ'〜チ〜チ'の30日毎の傾斜量の増分

種 別		(単位 10^{-3})				
		0 30日	30日 60日	60日 90日	90日 120日	0 326日
傾 斜	チ〜チ'	-0.85	-0.23	-0.05	-0.01	-0.85
	タータ'	-0.49	-0.13	-0.05	-0.03	-0.58
	ソーソ'	-0.37	-0.16	-0.06	-0.04	-0.57
	セ〜セ'	-0.25	-0.12	-0.05	-0.02	-0.41
	ス〜ス'	-0.26	-0.12	-0.04	-0.03	-0.44
	シーシ'	-0.30	-0.15	-0.05	-0.02	-0.48
	サ〜サ'	-0.54	-0.23	-0.09	-0.01	-0.76

では傾斜の小さいセーセ'部に対し東端部チーチ'は2.08倍、西端部では1.85倍になっている。

5. 建物傾斜の追跡

A 建物傾斜の追跡結果

建物の床傾斜測定点 2-1・2-3・3-3・3-4 及び 4-1～4-6 について、昭和60年5月16日からの経過日数に応じた床の北方への傾斜の実測値を図-3の方法で5月16日を起算日として経過日数に応じての傾斜量の増分を用いて図示し、2-1・2-3・3-3・3-4 及び 4-1～4-6 の床傾斜量の増分についてそれぞれ全期を通じて判断して、経過日数と床傾斜量の増分との関係を同図にそれぞれ曲線で示す。その曲線を使って経過日数30日毎の傾斜の増加量を算出して表-3に示す。

表-3 床傾斜についての30日毎の傾斜量の増分

(単位 10^{-3})

種 別	0 30日	30日 60日	60日 90日	90日 120日	120日 150日	150日 180日	180日 210日	210日 240日	240日 270日	270日 303日	0 303日	測定位置 東端よりの距離(m)
4-6	-0.90	-0.40	-0.17	-0.06	+0.03	+0.04	+0.05	+0.08	+0.07	+0.08	-1.18	S ₆ (約32.69)
4-5	-0.80	-0.36	-0.14	-0.03	+0.02	+0.05	+0.05	+0.06	+0.07	+0.07	-1.01	S ₅ (約26.08)
4-4	-0.46	-0.21	-0.08	-0.05	-0.02	0	0	-0.01	-0.03	0	-0.86	S ₄ (約20.98)
4-3	-0.50	-0.20	-0.08	-0.04	-0.04	-0.02	-0.01	+0.01	0	0	-0.88	S ₃ (約14.37)
4-2	-0.71	-0.34	-0.15	-0.05	-0.02	-0.01	+0.01	+0.02	+0.02	+0.01	-1.22	S ₂ (約 9.25)
4-1	-1.02	-0.37	-0.06	0	+0.04	+0.07	+0.06	+0.08	+0.08	-0.08	-1.04	S ₁ (約 2.68)
3-4	-0.49	-0.02	-0.10	-0.02	-0.02	0	+0.01	+0.02	+0.01	+0.02	-0.80	S ₄ (約20.98)
3-3	-0.55	-0.27	-0.11	-0.03	0	+0.01	+0.01	+0.04	+0.04	+0.04	-0.82	S ₃ (約14.37)
2-3	-0.51	-0.25	-0.12	-0.06	-0.05	-0.02	-0.01	-0.01	0	0	-1.03	S ₃ (約14.37)
2-1	-0.94	-0.38	-0.12	+0.02	+0.08	+0.12	+0.14	+0.14	+0.15	+0.17	-0.62	S ₁ (約 2.68)

B 建物傾斜の追跡結果に対する考察

表3から次のことがわかる。

- i 建物の床傾斜量の増分は最初の30日間では4階床のS₄（東端から約20.98m）部で -0.46×10^{-3} と最も小さく、東端及び西端に至るに従って大きくなり、S₁（東端から約2.68m）部では -1.02×10^{-3} 、S₆（東端より約32.69m）部では -0.90×10^{-3} となっていて、建物はけた行方向で中央部から両端に向かってねじれている。
- ii また各階毎の床傾斜量の誤差はS₁の1階と2階では8.5%、S₃の2階3階4階では2～10%、S₄の3階と4階では6.5%とそれぞれ小さいので床の傾斜測定はほぼ満足できるものである。
- iii 建物の床傾斜量の増加は30から60日間はそれぞれ前回30日間の値の約1/2～1/3にそれぞれ小さくなる。60から90日間の床傾斜量の増分はそれぞれ前回30日間の値の1/2以下に小さくなり、その以後は極めて小さく0と見なせるので建物の傾斜は303日間に東端部4-1で -1.04×10^{-3} 、中央部4-4で -0.86×10^{-3} 、西端部4-6で -1.18×10^{-3} となって安定したようだが、今後は極めて少ない傾斜が増加すると判断する。

6. む す び

A 敷地の地盤沈下の増加

- i 本敷地一帯の地盤が多少沈下が増加していて、その沈下量は山麓より遠ざかるに従って大きくなり、本敷地内では山麓から遠ざかる3点 $F \rightarrow A \rightarrow B_2$ では326日間に $-1.10\text{mm} \rightarrow -2.05\text{mm} \rightarrow -4.88\text{mm}$ となっている。
- ii 山麓の尾根(E点)を横切る $D \rightarrow E \rightarrow F$ では尾根(E点)の地盤沈下の増加が最も小さく、それより離れたD・F点では大きくなり326日間に $D \rightarrow E \rightarrow F$ では $-2.70\text{mm} \rightarrow -0.85\text{mm} \rightarrow -1.10\text{mm}$ となる。
- iii 本敷地の地盤は326日間に -4.88mm の地盤沈下が増加して、今後もなお少量ずつ沈下が増加するものとする。岩盤に届いた B_3 点が -1.70mm 沈下しているのはベンチマーク B_1 が $+1.70\text{mm}$ 浮上ったためかどうかは明らかでない。

B 建物の沈下の増加

- i 建物の北側けた行では中央部カが小さく、東端ア西端コの順に大きくなり、 $A \rightarrow O \rightarrow K$ では326日間に $-3.95\text{mm} \rightarrow -2.45\text{mm} \rightarrow -5.30\text{mm}$ と建物の沈下が増加した。南側けた行では東端チで浮上り、中央部セース部で0となり、西端サで沈下の増加が最大となり、 $Ch \rightarrow S \rightarrow Sa$ では326日間に $+0.75\text{mm} \rightarrow 0 \rightarrow -1.10\text{mm}$ となる。
- ii けた行のほぼ中間部で建物は一点支持され、326日間に北側けた行では東端アで -1.25mm 、西端コで -2.60mm たわみが増加し、南側けた行では東端チで $+0.75\text{mm}$ 浮上り、西端サで -1.10mm と増加した。

以上のように、建物は不同沈下のため、けた行の中間部で一点支持されて両端でたわみ北方向へ傾斜しながらねじれがそれぞれ増加したが、今後も少量ずつ沈下が増加するものとする。

C 建物の傾斜の増加

建物は303日間に東端4-1で -1.04×10^{-3} 、中央部4-4で -0.86×10^{-3} 、西端部4-6で -1.17×10^{-3} と北方へ傾斜が増加した。

建物の傾斜及び地盤・建物沈下について303及び326日間にわたる本追跡の結果、敷地の地盤一帯が326日間に -4.88mm (または -3.78mm) 沈下が増加し、これは山麓に近づくに従い小さくなる。この地盤沈下は今後も続くものと考えられる。従って、建物も地盤沈下と建物重量による沈下に従って多少の沈下及び傾斜は継続するものとする。なお建物の剛性・耐力は極めて低下しているので、建物のたわみ及びきれつも多少は今後も進行するものとする。

参 考 文 献

- 1) 江上外人：鉄筋コンクリート壁式構造4階建建物の不同沈下と軟弱地盤に建つ建物の構造解析法 日本建築学会北陸支部研究講演梗概集第29号1986年6月