

新潟地震被災建物の空中写真による 傾斜測定の研究

高橋 博

国立防災科学技術センター第3研究部地震防災研究室

Study on the Aerial Photogrammetric Investigation of Reinforced Concrete Buildings Damaged by the Niigata Earthquake

By

H. Takahashi

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

By the Niigata Earthquake of 1964 many reinforced concrete buildings were damaged in the city of Niigata. Most of these damaged buildings were merely settled and/or tilted without any appreciable damage to their superstructure. By means of precise plotting instruments the vectors of tilting of these damaged buildings which were rectangular or could be divided into rectangular sections on a plane and were not deformed by damage were measured on the copies of aerial photographs of heavily damaged areas. The accuracy of measurement is good for the height and tilting angle of buildings, but bad for the tilting direction of buildings.

まえがき

新潟地震における建物被害の著しい特徴は、本来はより耐震的であるはずの鉄筋コンクリート建物の方が木造建物より被害が多かったことである。新潟市内の鉄筋コンクリート建物（総数 1,530 棟）は 4 棟半に 1 棟の割合で被害をこうむった。その被害も地震動そのものによると思われるものはまれで、上部構造に被害を生じたものでも、基礎地盤が流動化したために生じた不同沈下によるものであり、半数以上（55.6%）の被災建物は上部構造にはまったく損傷がなく、ただ全体として建物が沈下したり、一方に傾いただけという珍しい被害をうけた¹⁾。このことが、地震直後に新潟市内に派遣された故福井篤（当時雪害研究室長）によって明らかとなったので、被害のもっとも多い信濃川沿いに可能なかぎり縮尺の大きい空中写真をとり、写真測量によって、これら多数の被災建物の傾斜、沈下量を測定することを試みた。すでに簡単な予報をしてあるが^{2),3)} 検討を加え、再計算を行なったのでここに報告する。この研究の計画や測定方法の検討には故福井篤も参加した。

この研究の数理的取扱いにつき助力を賜った第2研究部長丸山文行氏に感謝します。また、撮影と測定作業は東洋航空事業 K.K.によって行なわれた。この新しい試みの目的と内容をよく理解し、迅速に撮影をし、工夫して測定、計算を行なった同社の篠滋彦次長はじめ技術者に賛意を表します。

1. 方法

調査は次のように進められた。i) 空中写真の撮影, ii) 写真の偏わい修正, iii) 建物の選定と測定, iv) 傾斜量の算出, v) 結果の図化。

1.1 空中写真の撮影, 縮尺は飛行機の速度の制約から 1/2,500 とし, 撮影機には, 最も低速のピラタスを用いた。撮影条件を表1に示す。普通角で撮影したのは, 建物の高さをできるだけ正確に測るため, 建物になるべく近い地面を写すためである。撮影

表1 空中写真撮影条件

コース	C1~C5	A
撮影月日	昭和39年6月22日	昭和38年12月24日
撮影カメラ	ウィルド RC-8	ウィルド RC-8
写真の大きさ	18 cm × 18 cm	23 cm × 23 cm
レンズ	アピオタール	アピオゴン
焦点距離 f	209.16 mm	152.02 mm
撮影高度	525 m	2,700 m
撮影縮尺	1/2,500	1/18,000
フィルム	EK XX	ゲバルト 33

コースは図1のCコースである。

1.2 正確な測定を行なうためには, 用いる写真が完全に水平で, 縮尺も同一でなければならない。実際には撮影する高度に違いがあり, 飛行機に傾きなどがある。その修正を行なうために, 地上の位置関係のわ

かっている点(図根点)が一对の写真中に3点以上必要である。写真ごとに, このように多数の図根点を地上に設定することは困難なので, 通常1コース(10-15モデル(対))に5~8点ほど地上基準点を測量し, 他の必要な図根点は写真上の互いの射影関係からもとめる。(空中三角測量)今回は急いでいることと地震直後のため地上基準点の測定ができないので, たまたま地震前にとったAコースの成果からCコースの空中三角測量を行なった。

空中三角測量には, 撮影時の光線系を図化機によって光学的に再現して行なう機械法と, 写真座標を測定し, 計算により写真傾斜・撮影高度差などを決定して, 所要点の座標を求める解析法とある。今回は後の方法によった。写真座標の測定には1級図化機A7を用い, 計算はHIPAC-103, 再計算はTOSBAC-3400で行なった。Aコースで決定した基準点の座標値とCコースの空中三角測量で決定した対応点の座標差は付表2のとおりである。座標差の大部分は, 地震による地上点の変動とAコースの空中三角測量による誤差と思われる。なお, 写真縮尺の差からAコースの誤差はCコースの約7倍と考えられる。

1.3 鉄筋コンクリート建物の中で, 地震前建物の上面が水平であったと推定され, 長方形に測点のとれるものを測定の対象として写真上で立体鏡によって選んだ。複雑な形の建物はいくつかの長方形の区画に分けて測定した。

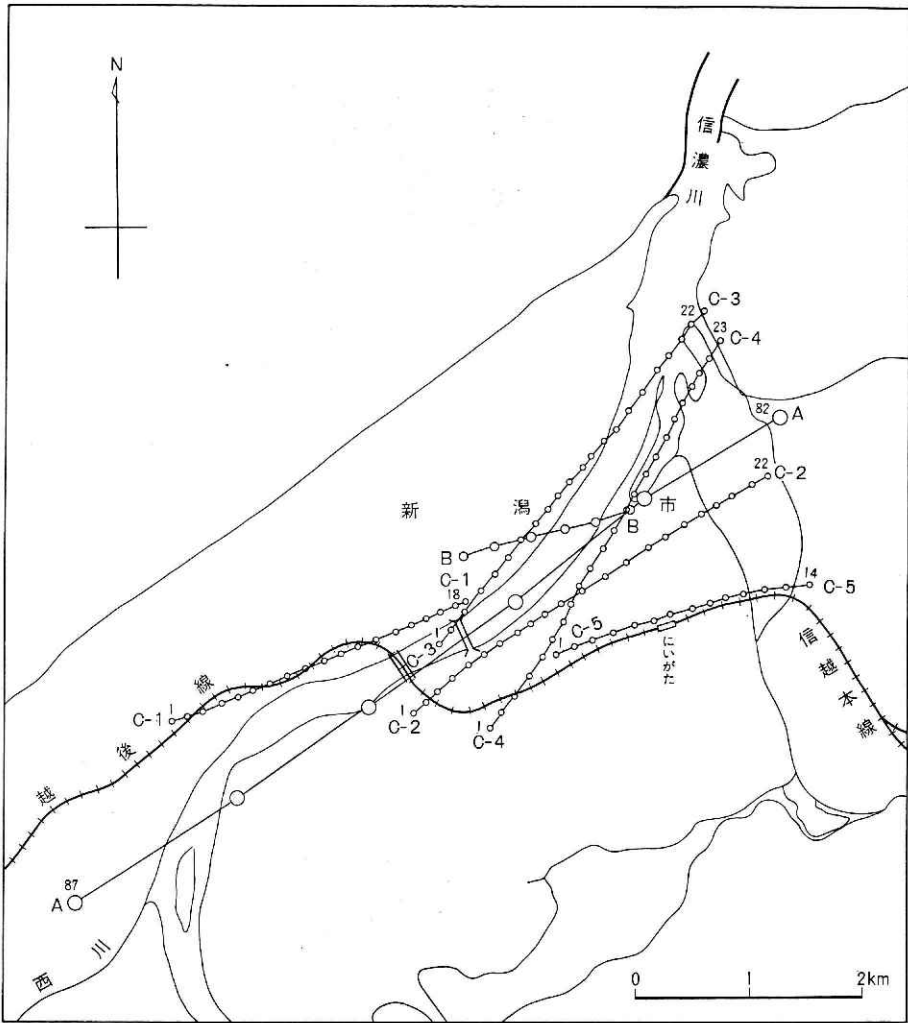


図 1 空中写真撮影コース標定略図

傾斜測定には次の仮定（前提）をもうけた。

- (a) 測定された4すみが長方形をなす。
- (b) これら4すみが地震前も同一平面にあった。
- (c) 地震により建物が単純に傾き、上面が変形していない。

(a)は、傾きが小さい場合はそれほど厳密に守らなくてよいが、高さの測定精度に影響する。
 (b)は、地震前の状態がわからないので、明らかに仮定がなりたたないと思われるものは除いた。
 (c)は、実際には必ずしもまもられてはいない。建物によっては明らかに、その上面がたわみやねじれを起こしていたが、顕著でないかぎり高さの測定誤差とみなして傾斜を計算した。

測定に用いた各モデルは、空中三角測量から得られたバス・ポイントの座標値にもとづいて、

図化機 A 7 で測定した。その際、左右の写真が撮影時と同一相互関係を保つようにする標定(相互標定)はグルバー法(機械法)を用い、モデルの絶体標定は機械縮尺 1/1,250 で行なった。

測定した建物は約 300 棟で、測定区画数を表 2 に示す。同一建物で異なったコースのモデルで測定したものがある。モデルが異なるから、以下さしつかえないかぎり、データとしては別の建物として取り扱う。同一区画について 2 度測定した場合は D_H (後述) の小さい方を、 D_H が等しい場合はランダムに一方をとった。

表 2 建物傾斜測定区画数

コース	測定モデル	測定区画総数	重複測定区画数	
			同一モデル	異なったモデル
C-1	10	91	30	21*
2	14	126		1
3	10	113		21*
4	10	23		
5	9	75		1
計	53	428	30	22*

* このうち一つは区画のとり方が正確には同じでない。

は原寸で cm までである。

計算は上述の仮定をもとに最初は次のように行なった^{2),3)}。すなわち、 i 点の座標を X_i, Y_i 、地上点との高度差を H_i 、辺①②の方向の平均の長さを L_1 、平均の比高を ΔH_1 、平均傾斜を β_1 とし

$$L_1 = 1250 \{ [((X_1 - X_2) + (X_4 - X_3))/2]^2 + [((Y_1 - Y_2) + (Y_4 - Y_3))/2]^2 \}^{1/2},$$

$$\Delta H_1 = ((H_1 - H_2) + (H_4 - H_3))/2$$

から

$$\beta_1 = \tan^{-1}(\Delta H_1 / L_1).$$

同様に、辺①④の方向の平均長さを L_2 、平均比高を ΔH_2 、平均傾斜を β_2 とすると

$$\beta_2 = \tan^{-1}(\Delta H_2 / L_2).$$

面①②③④の傾斜角を β 、傾斜方向を α とすると、

$$\alpha = \tan^{-1}(\tan \beta_2 / \tan \beta_1), \quad \beta = \tan^{-1}(\tan^2 \beta_1 + \tan^2 \beta_2)^{1/2}.$$

ただし、 β_1, β_2 はそれぞれ①→②、①→④に傾く場合を正とし、 α は①→②の方向を基準として時計まわりの角度で示す。水平面に対し傾いた長方形の正射影は平行四辺形となるので、この式は傾斜角が小さい場合にのみ、近似的になりつつ、実際には、著しく傾いた建物があるので、正確な値をうるように再計算した。

傾いた建物の上面の各辺をベクトル \mathbf{a}, \mathbf{b} とし、 $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \mathbf{c}$ とすると、長方形であるから $(\mathbf{a}\mathbf{b}) = 0$ 。 \mathbf{a}, \mathbf{b} の長さをそれぞれ a, b 、水平面となす角をそれぞれ β_1, β_2 、 \mathbf{a} と \mathbf{b} で作る平面が水平面となす角を β 、傾斜方向を α とし、直交座標系でみると

$$\mathbf{a} = a \begin{pmatrix} \cos \beta_1 \\ 0 \\ \sin \beta_1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} \pm \sqrt{1-l^2} \sin \beta_1 \\ l \\ \mp \sqrt{1-l^2} \cos \beta_1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{c} = ab \begin{pmatrix} -l \sin \beta_1 \\ \pm \sqrt{1-l^2} \\ l \cos \beta_1 \end{pmatrix}$$

とあらわされる。ただし、 l はパラメータで \mathbf{b} の方向余弦に相当する。

これから

$$\tan^2 \beta = (1 - l^2 \cos^2 \beta_1) / l^2 \cos^2 \beta_1,$$

$$\tan^2 \alpha = (1 - l^2) / l^2 \sin \beta_1.$$

一方、

$$b \sin \beta_2 = b \sqrt{1-l^2} \cos \beta_1$$

であるから

$$l^2 = 1 - (\sin \beta_2 / \cos \beta_1)^2,$$

$$\beta = \tan^{-1} ((\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2) / (\cos^2 \beta_1 - \sin^2 \beta_2))^{1/2},$$

$$\alpha = \tan^{-1} (\sin \beta_2 / \sin \beta_1 (\cos^2 \beta_1 - \sin^2 \beta_2)^{1/2}).$$

このようにしてえられた結果を付表 1 に示す。

なお、付表 1 の建物の高さ H は $\sum H_i / 4$ (実際には、 Σ (建物のすみの高度) / 4 - (地面の高度, H_0)) である。

1.4 結果の図化は、1/1,000 のモザイク写真の上に建物の傾斜を、傾斜方向 α に傾斜角 β を長さで表わすベクトルで表示した。その成果を付図にコースごとに示す。区画に付した番号は、付表 1 の番号 (NAME) に、区画のすみの点は測定番号①にそれぞれ相当する。

2. 測定精度

2.1 建物の傾斜は直接測定されるのではない。そして傾斜の計算に用いられた式が近似式でないから、測定結果には、最初の測定値の精度と、前提がどの程度みたまされているかだけが影響を与える。前提のうち同一平面上にある長方形がそのまま傾いたものであるかどうかは、一応、そのとおりであるとしても、そのような長方形の四つのすみをどの程度に正しく測定しているかの問題がある。その検討は大事であるが、かなり複雑であり、実際には上述の平面性に関係した誤差との分離も困難なので、それらすべてを含んだ全体の変動として後に検討する。ただ、高さの測定精度については、長方形の前提とは無関係であり、総合的な検討にも役立つので最初に検討する。同一区画を 2 度ずつ測定した例が 30 区画ある。(付表 1 で $\times \times \times 9$ とあるのが $\times \times \times$ の 2 度目の測定値である。) 高さの測定値をそれぞれ H_i, H_{0i} 、2 回目の値との差を Δ_i とすると、すみを測定する際、生ずるばらつきの母分散 $\sigma^2(\delta)$ と Δ_i の母分散 $\sigma^2(\Delta)$ の間には

$$\sigma^2(\Delta) = 2\sigma^2(\delta) \tag{2.1}$$

の関係がなりたつ。いま区画数が n あると各区画ごとに4点測定値があるから

$$E\{\sigma^2(\Delta)\} = \sum_{i=1}^{4n} (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 / 4n \quad (2.2)$$

となる。実際の測定のばらつきは表3に示した程度で(2.2)より

$$\sum (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 / 4n = 0.658844 / 135 = 0.00488032,$$

$E\{\sigma^2(\delta)\} = u^2(\delta)$ とおくと、(2.1)より

$$u^2(\delta) = 0.00244016,$$

$$u(\delta) = 0.0494 \text{ m} = 4.94 \text{ cm}$$

となる。なお、 $n = 4 \times 30 = 120$ でなく 135 とあるのは、4点以上測定した区画があるためである。(表3)

このうち、 Δ_i で測定の誤りと思われる $|\Delta_i| > 0.40$ を除くと $u(\delta) = 3.29 \text{ cm}$ 、 $|\Delta_i| > 0.20$ を除くと $u(\delta) = 2.97 \text{ cm}$ となる。測定の誤りがなければ $u(\delta) = 3 \text{ cm}$ 程度になるものと思われる、建築物の測定精度としては十分といえる。

次に、区画は長方形であるという前提がなりたっているものとする。長方形の中心(対角線の交点)の位置を示すベクトルを H_0 とし、それより二つのベクトル \mathbf{a} と \mathbf{b} によって測定点 H_1 と H_2 が次のように表わされるものとする。

$$H_1 \equiv H_0 + \mathbf{a},$$

$$H_2 \equiv H_0 + \mathbf{b}.$$

前提から

$$H_3 \equiv H_0 - \mathbf{a},$$

$$H_4 \equiv H_0 - \mathbf{b}.$$

$$\therefore H_1 - H_2 + H_3 - H_4 = 0.$$

上式は高さの元についてもなりたつので

表3 高さの2回の測定の差の分布

$|\Delta_i|$	ひん度	$|\Delta_i|$	ひん度	1区画当り 測定点数(P)	区画数(f_i)	$P \times f_i$
.00	11	.10	1	4点	23	92
.01	31	.11	1	5	3	15
.02	18	.12	1	6	2	12
.03	25	.13	1	7	1	7
.04	19	.14	0	8	0	0
.05	6	.15	1	9	1	9
.06	9	⋮	⋮			
.07	2	.23	1			
.08	4	⋮	⋮			
.09	2	.41	1			
		⋮	⋮			
		.45	1			
		計	135	計	30	135

$$D_H \equiv (H_1 - H_2) - (H_4 - H_3) = 0$$

となるはずであるが、実際は測定誤差があるため、母平均が 0 で母分散 $\sigma^2(D_H)$ をもつ母集団から抽出されたような値の分布をとる。各測定値のばらつきの母分散 $\sigma^2(\delta)$ と $\sigma^2(D_H)$ の間に、 D_H は 4 個の測定値からえられるので

$$\sigma^2(D_H) = 4\sigma^2(\delta) \tag{2.3}$$

の関係がなりたつ。各区画は 2 回ずつ測定されているので、 D_H が $2n$ 個えられるから

$$E\{\sigma^2(D_H)\} = \sum_{i=1}^{2n} (D_{Hi} - \bar{D}_H)^2 / 2n \tag{2.4}$$

となる。ただし、 n の小さいときは $2n$ の代わりに $2n-1$ と置く方がよい。(2.4) から

$$\sum_{i=1}^{2n} (D_{Hi} - \bar{D}_H)^2 / 2n = 2.7027 / (30 \times 2) = 0.044967,$$

(2.3) から

$$u^2(\delta) = 0.011242,$$

$$\therefore u(\delta) = 10.6 \text{ cm.}$$

ここで、測定の誤りか前提がなりたっていないものとして、 D_H の大きいもの $|D_H| \geq 0.40$ および $|D_H| \geq 0.30$ をそれぞれ除いてみると、 $u(\delta)$ はそれぞれ 9.31 cm と 7.26 cm となり、(2.2) からえた値の数倍の大きさを示す。

D_H の全数から同様にして $u(\delta)$ を算出すると $u(\delta) = 14.1 \text{ cm}$ とさらに大きい値をうる。その理由は表 4 にみるごとく、 D_H の著しく大きい値のものがあるからで、過大なものを除いた

表 4 高さのあまり (D_H) の分布

区 間	ひん度	ひん度和	ひん度和全数比
$|D_H|$	f_i	$\sum f_i$	$\sum f_i / \text{total}$
0 ~ .04	144	144	33.6 %
.05 ~ .09	96	240	56.1
.10 ~ .14	77	317	74.1
.15 ~ .19	34	351	82.0
.20 ~ .24	23	374	87.4
.25 ~ .29	13	387	90.0
.30 ~ .39	18	405	94.6
.40 ~ .49	9	414	96.7
.50 ~ .74	7	421	98.4
.75 ~ .99	3	424	99.1
1.00 ~ 1.99	2	426	99.5
2.00 ~ 2.99	1	427	99.8
3.00 ~ 3.99	1	428	100.0

$|D_H| < 1.00, < 0.40, < 0.30$ の場合についてみると $u(\delta)$ はそれぞれ 8.89 cm, 6.46 cm, 5.48 cm とある程度小さくなり 30 例からの場合と同程度の値となる。

D_H の分散から推定した値が大きいのは、推定方法の違いを別にして、次の理由が考えられる。前者の方法はメス・マークのセットの誤差を直接反映していると思われるのに対し、後者にはそのほかに、測定 4 点が長方形の角にあるという前提とのずれがある。被写体自身のもつ構造上の問題や、写真

上での測定しやすさなどの実際上の問題があって必ずしも正確な長方形が構成されていない。加えて、建物自身に多少のゆがみやねじれのあるものもある。これらの影響は測定の誤差より

大きいと思われる。それは D_{Hi} と D_{H9i} とがほぼ同じ程度の値を示していることからわかる。ちなみに Δ_i の場合と同様に

$$\Delta D_{Hi} \equiv D_{Hi} - D_{H9i}$$

とすると

$$E\{\sigma^2(\Delta D_H)\} \equiv \sum_{i=1}^n (\Delta D_{Hi} - \Delta \bar{D}_H)^2 / (n-1),$$

$$\sigma^2(\Delta D_H) = 2\sigma^2(D_H).$$

この式を用いて実際に計算してみると

$$u(\delta) = 3.07 \text{ cm.}$$

測定に問題があるとおもわれる $D_H = 0.41$ および 0.29 を除くと $u(\delta)$ はそれぞれ 2.14 cm , 1.52 cm となり、 Δ_i からとめた値にほぼひとしくなる。

これらのことから、高度の測定値のばらつきの標準偏差の推定量は 3 cm 程度であるのに対し、高さの測定値の差 D_H の変動はこれより大きく、その原因は主として前記の前提がなりたっていないことによるものと考えられる。

以上は同一写真上で一つの建物を2度測定したのであるが、同じ建物を別のモデル（コースが異なる。）から測定した例が21区画ある。これについては、各 H_i の厳密な対応はつけられないので、前記の Δ_i の検討はできない。そこで、別々にえられた D_H の分散に差がないかを検定してみる。

C_1, C_2 の測定値を1群とし、 C_3, C_5 の測定値を2群とする。全変動を S_{JR} 、群間変動を S_J 、群内変動を $S_{R(J)}$ とすれば、

$$S_{JR} \equiv \sum \sum (D_{Hij} - \bar{D}_H)^2,$$

$$S_{R(J)} \equiv \sum \sum (D_{Hij} - \bar{D}_{Hj})^2,$$

$$S_J \equiv \sum N_j (\bar{D}_{Hj} - \bar{D}_H)^2.$$

したがって

要因	平方和	自由度	平均平方和 ≡ (平方和)/(自由度)
J	211.77	2-1	211.77
$R(J)$	3706.83	42-2	92.67
J_R	3918.60	42-1	

$$\therefore F_0 = 211.77/92.67 = 2.28.$$

$F_{41}^1(0.05) = 4.08$ であるから、 $F_0 < F_{41}^1(0.05)$ となり、5%程度の危険率で両群の間に有意な差があるとはいえないこととなる。したがってモデルによって測定の誤差に違いが生じるといようなことはないといえよう。

2.2 次に測定値から算出された結果のばらつきを検討する。付表1の $L_1, L_2, \beta_1, \beta_2$ は建物の傾斜を算出するためにえた長方形の2方向の長さで傾きであって、それは厳密には建物の

実際の辺長やその傾斜をあらわしているものとはいえない。 H は測定した長方形の高さというこで、これも建物の高さとは厳密にはいえない。ただ、建物の高さとして著しく異なった値ではないので、2度ずつ測定した30例についてその変動を検討する。2回の測定の値の差を ΔH とすると、(2.1) と同様の関係がなりたつので、 H の母分散の推定値は

$$2u(H)^2 = \sum (\Delta H_i - \Delta H)^2 / (n-1) = 0.055867/29,$$

$$\therefore u(H) = 3.10 \text{ cm.}$$

次に異なったモデルから同一の建物をはかった 21 区画について同様のことを行なってみると、 $u(H) = 39.4 \text{ cm}$ となる。

以上から、高さの推定値のちらばり度合は同じモデルで行なった場合は、4すみの測定点のそれと同程度であるが、モデルが異なるとその10倍程度になる。この値は主として地表面に地震による著しい凹凸があるため、地上点の測定位置の違いによる影響と考えれば、量的に妥当な値といえる。建物の沈下量は、①災害前の高さが明らかでないこと。わかっている場合も、地面のどこと建物のどこの間が明らかでないこと。②地表面に隆起、陥没がはげしく、地面の基準をとれないことなどが原因して検出できなかった。

傾斜角 β は2度の測定例からその母分散を推定する。

$$2u^2(\beta) = \sum (\Delta\beta - \bar{\Delta\beta})^2 / (n-1) = 29066.80/29,$$

$$\therefore u(\beta) = 22.4'$$

と比較的大きい値をうる。著しく値の大きな No. 131 を除くと $u(\beta) = 14.4'$ となる。通常の標準偏差はこの程度であろう。ただし、建物にひずみのあるものもあるので、全体としては $20'$ ぐらいの標準偏差はあるものと思うべきであろう。異なったモデルの測定値からは $u(\beta) = 19.2'$ となる。これらからみると、高さの場合と異なり、伏角は異なったコースの写真からでも、精度に違いはみられないこととなる。なお、この場合も差の大きい No. 86 を除くと、 $u(\beta) = 15.2'$ となり、これも前の場合とよい一致を示す。したがって、 β からみるかぎり、 H の相異は地表基準点の位置の違いにあるように思われる。

傾斜方向については2度測定した例から $u(\alpha) = 21.9^\circ$ をうる。これらのうち、ずばぬけて差の大きい No. 152 と No. 163 (58.9° , 160.2°) を除くと 3.6° となる。異なったモデルから推定した場合には、 $u(\alpha) = 46.7^\circ$ となり、 $\Delta\alpha > 90^\circ$ の4例を除いても $u(\alpha) = 36.0^\circ$ と同一モデルからの場合より10倍近く大きな値をうる。このなかで、 122° も違っている No. 130 は、 $D_H = 0.47$ と測定上の問題も考えられるが、 $90^\circ \pm 45^\circ$ ちがっているものがちょうど半数を占めている。測定点①の位置も調べてあるので、このように方向が、直角近く変わる原因はあきらかでない。なお、これらの中には、 L_1 , L_2 の一つまたは両方が数 m と著しく小さいものがあるので測定値(位置、高さ)のばらつきが、傾斜角の小さいことも加わって大きくひびくことが考えられる。方向の精度がはなはだしく悪いとすると、モデルごとにとる測定点の基準線①—②の方向が問題になる。測定点は長方形をなすようにとってはいるが、その①②の方向が、建

物の辺の方向と完全に平行にとれてはいない。したがってこれを図に表現する場合、(①②の方向)=(建物の辺の方向)として、二つの図を比べてその差をとると、大きな相違を生ずる場合もおこりうる。そのことは、同じモデルで測定をくり返した場合の標準偏差の推定値が5°より小さいという比較的よい値を得ていることからみても、また、高さの測定値および傾斜角では、モデルが異なっても大きな違いが生じなかったことから類推される。

建物自体が最初からもっている高さの変動量がどの程度あるかを写真だけから知ることは困難である。同一建物で横からみると凸形をなしているものの中で、建物自体が折損やゆがみを生じてないと思われ、かつ、測定誤差が少ないと思われるもの、すなわち D_H がともに、0.15より小さくて、 D_H 同士の差が0.10より小さいもの7例につき、その最上の屋上と中段の屋上について、前と同様の方法で分散を計算すると、 $u(\beta)=15.2'$ 、 $u(\alpha)=8.5^\circ$ と2度の測定値から算出した場合とよく似た値を得た。これから建物がはじめからもっていた変動量は今回は問題にしなくてよい程度のものらしいといえよう。

3. 考察

測定された傾斜角のひん度分布を表5に示す。これには重複して測定されたもの(2度測定したものと、別のモデルでも測定されているもの)は除かれている。その際 D_H の大きいものは除き、 D_H が同じ値の時はランダムに一方をとった。表にみるように、 $\beta \leq 1^\circ$ のものが半数を、 $\beta \leq 2^\circ$ が全体の約3/4を占めるが、 $\beta > 5^\circ$ のものが5%もある。大崎¹⁾の調査によると、

表5 建物の傾斜角のひん度分布

区間 β	区間 中央値	ひん度 f_i	ひん度和 $\sum f_i$	ひん度和 比 $\sum f_i /$ 総数	区間 β	区間 中央値	ひん度 f_i	ひん度和 $\sum f_i$	ひん度和 比 $\sum f_i /$ 総数
0 ~ $\leq 12'$	.1°	28			>3°36' ~ $\leq 3^\circ 48'$	3.7	7	343	
> 12' ~ $\leq 24'$	.3	48	76		>3°48' ~ $\leq 4^\circ 0'$	3.9	4	347	92.3
> 24' ~ $\leq 36'$	.5	51	127	33.8	>4° 0' ~ $\leq 4^\circ 12'$	4.1	2	349	
> 36' ~ $\leq 48'$	.7	36	163		>4°12' ~ $\leq 4^\circ 24'$	4.3	3	352	
> 48' ~ $\leq 1^\circ 0'$	.9	28	191	50.8	>4°24' ~ $\leq 4^\circ 36'$	4.5	3	355	
>1° 0' ~ $\leq 1^\circ 12'$	1.1	24	215		>4°36' ~ $\leq 4^\circ 48'$	4.7	1	356	
>1°12' ~ $\leq 1^\circ 24'$	1.3	20	235		>4°48' ~ $\leq 5^\circ 0'$	4.9	3	359	95.5
>1°24' ~ $\leq 1^\circ 36'$	1.5	20	255	67.8	> 5° ~ $\leq 6^\circ$	5.5	3	362	
>1°36' ~ $\leq 1^\circ 48'$	1.7	21	276		> 6° ~ $\leq 7^\circ$	6.5	4	366	
>1°48' ~ $\leq 2^\circ 0'$	1.9	14	290	77.1	> 7° ~ $\leq 8^\circ$	7.5	2	368	
>2° 0' ~ $\leq 2^\circ 12'$	2.1	12	302		> 8° ~ $\leq 9^\circ$	8.5	2	370	
>2°12' ~ $\leq 2^\circ 24'$	2.3	4	306		> 9° ~ $\leq 10^\circ$	9.5	1	371	98.7
>2°24' ~ $\leq 2^\circ 36'$	2.5	3	309	82.2	>10° ~ $\leq 20^\circ$	15.0	2	373	
>2°36' ~ $\leq 2^\circ 48'$	2.7	6	315		>20° ~ $\leq 30^\circ$	25.0	2	375	
>2°48' ~ $\leq 3^\circ 0'$	2.9	8	323	85.9	>30° ~ $\leq 40^\circ$	35.0	0	375	
>3° 0' ~ $\leq 3^\circ 12'$	3.1	6	329		>40° ~ $\leq 50^\circ$	45.0	0	375	
>3°12' ~ $\leq 3^\circ 24'$	3.3	3	332		>50° ~ $\leq 60^\circ$	55.0	1	376	100.0
>3°24' ~ $\leq 3^\circ 36'$	3.5	4	336						

被災した鉄筋コンクリート建物のうち、傾斜が $<1^\circ$ (小被害) が 58.5%, $1^\circ \sim 2.5^\circ$ (中被害) が 25.3%, $>2.5^\circ$ (大被害) が 16.2% となっているが、両者の数字はよくあっているといえよう。大崎¹⁾や西田⁴⁾らの調査した建物と厳密に対応させて、今回の結果を考察することが、いたって困難なため、全体的な比較にとどめた。

建物の大きさ、形と傾斜との関係を見るため、ほぼ四角形の建物 150 を抽出して調べた (表 6)。表 6 は建物の縦横比 r 、平面積 S 、高さ H 、傾斜角 β 、傾斜方向 α について、相互の関

表 6 長方形独立建物の大きさと傾斜の関係

r	S				H				β				α			Σ
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	
①	19	20	4	0	7	10	22	4	16	19	6	2	8	18	17	43
②	15	15	2	3	4	18	11	2	17	8	7	3	2	12	21	35
③	7	27	12	1	8	19	19	1	19	19	9	0	11	20	16	47
④	0	11	14	0	0	8	17	0	12	4	6	3	1	7	17	25
Σ	41	73	32	4	19	55	69	7	64	50	28	8	22	57	71	150

S	r				H				β				α			Σ
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	
①	19	15	7	0	10	17	12	2	14	17	8	2	6	21	14	41
②	20	15	27	11	6	25	39	3	34	24	13	2	11	24	38	73
③	4	2	12	14	3	11	17	4	12	9	7	4	5	9	18	32
④	0	3	1	0	0	2	1	1	4	0	0	0	0	3	1	4
Σ	43	35	47	25	19	55	69	7	64	50	28	8	22	57	71	150

H	r				S				β				α			Σ
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	
①	7	4	8	0	10	6	3	0	7	6	5	1	2	7	10	19
②	10	18	19	8	17	25	11	2	22	19	10	4	9	21	25	55
③	22	11	19	17	12	39	17	1	31	23	13	2	9	27	33	69
④	4	2	1	0	2	3	1	1	4	2	0	1	2	2	3	7
Σ	43	35	47	25	41	73	32	4	64	50	28	8	22	57	71	150

β	r				S				H				α			Σ
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	
①	16	17	19	12	14	34	12	4	7	22	31	4	10	24	30	64
②	19	8	19	4	17	24	9	0	6	19	23	2	12	22	16	50
③	6	7	9	6	8	13	7	0	5	10	13	0	0	10	18	28
④	2	3	0	3	2	2	4	0	1	4	2	1	0	1	7	8
Σ	43	35	47	25	41	73	32	4	19	55	69	7	22	57	71	150

α	r				S				H				β				Σ
	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	①	②	③	④	
①	8	2	11	1	6	11	5	0	2	9	9	2	10	12	0	0	22
②	18	12	20	7	21	24	9	3	7	21	27	2	24	22	10	7	57
③	17	21	16	17	14	38	18	1	10	25	33	3	30	16	18	17	71
Σ	43	35	47	25	41	73	32	4	19	55	69	7	64	50	28	8	150

係を調べたものである。建物の実際の辺長がわからないので、付表1の L_1, L_2 を用い、長い方を短い方で割って縦横比 r を、 $L_1 \times L_2$ で平面積 S を出した。高さは付表1の H をそのまま用いる。

r, S, H, β は下表に示すように4階級に区分し、傾斜方向 α は長辺の方向 $\pm 22.5^\circ$ を①、短辺の方向 $\pm 22.5^\circ$ を③、その中間の方向を②と3階級に区分した。傾斜方向がランダムであれば ① : ② : ③ の度数分布はおよそ 1 : 2 : 1 になるはずである。

	①	②	③	④
r	$1.0 \leq r \leq 1.5$	$1.5 < r \leq 2$	$2 < r \leq 5$	$5 < r$
S	$S \leq 100$	$100 < S \leq 300$	$300 < S \leq 1,000$	$1,000 < S$
H	$H \leq 5$	$5 < H \leq 10$	$10 < H \leq 15$	$15 < H$
β	$\beta \leq 1^\circ$	$1^\circ < \beta \leq 2.5^\circ$	$2.5^\circ < \beta \leq 5^\circ$	$5^\circ < \beta$
α	$0 \leq |\alpha| \leq 22.5^\circ$	$22.5^\circ < |\alpha| \leq 67.5^\circ$	$67.5^\circ < |\alpha| \leq 90^\circ$	

川岸町のアパートの例(写真1)から、建物の縦横比の大きいのは傾く方向が短辺の方向になりやすいのではないと思われるが、表6にみるように、全体として α ③ の方が多く、 α ① の方は傾斜角の大きいものにはないことがわかる。この r ②, ④においては α ③ が圧倒的に多く、長辺方向に傾いたものが著しく少ない。これに対し、予想とはやや異なり、 r ③ のグループに α ② が多く、 α ③ が予想ほど多くはないのは、このグループには比較的平面積が大きく、均整のとれたものが多いためと思われる。このグループは傾斜角 β も③④というものがやや少ない。 r ① はほとんど

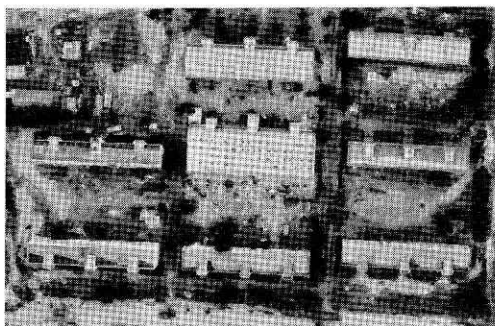


写真1 川岸町の傾斜したアパート

真四角ゆえに、 α ①③の区別は無意味なので、①+③と②を比較すると、辺の方角の方が、斜めの方角よりはずっと傾きやすいことを示している。傾斜角については、 r ④のものに $\beta > 2.5^\circ$ が 1/3 ほどもあり、 r ②のものにも 1/4 以上ある。 r ①③は中被害 (β ②) が多い。また、平面の大きいものは安定がよいためか、そして高さも高い場合は基礎工事がよく、地下室などもあ

るためか、傾斜角 β は、 $<1^\circ$ のものばかりである。高さと傾斜との関係はあまりはっきりしない。ただ r が大きく、高さも大きいものに大きく傾いているものがあり、高くても平面積の大きいものには $\beta > 1^\circ$ ということはみられない。全体としてはすでにいわれているように、新潟市内は大火にあった関係もあって近年高さも 4～5 階程度までの中・小型の鉄筋コンクリート建物が多く、それらに被害がめだっているということは、今回の測定結果にもあらわれているといえよう。

4. ま と め

建物の傾斜角は比較的よい精度で測定できたが、傾斜方向の精度はよいとはいえなかった。建物としては、アパートのように長辺と短辺の比が大きいものに大被害（傾斜角 $> 2.5^\circ$ ）が多く、短辺の方向に傾く場合が多い。平面が真四角に近く、その面積も大きいような建物には傾斜による被害は小さい傾向がみられる。写真測量と同程度の経費を要するが、地震被害をうけた建物が多量に、かつ集中的に存在するときには、空中写真から測定調査する方法は効果的であることが今回明らかとなった。今後は実地調査の結果と写真の測定結果との対応づけと地盤などの情報もあわせて考察を行なえばもっと効果的な調査法となるう。

参 考 文 献

- 1) 大崎順彦 (1966) : 軟弱地盤における建築物に関する調査研究。防災科学技術総合研究報告, No. 12, 3-9.
- 2) 高橋博 (1965) : 新潟地震災害調査における空中写真の利用。写真測量, 4, 103-114.
- 3) 高橋博・有賀世治 (1966) : 空中写真による地震災害調査。防災科学技術総合研究報告, No. 11, 9-11.
- 4) 西田彰一ほか (1964) : 新潟地震地盤災害図 1/3,000, 7面6葉。

付表1 建物傾斜測定値

コース C1

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° / '	° / '	° / '	° / '	m
1	10.78	59.33	10.46	-0 30	-0 6	0 31	191 19	-0.11
3	7.07	46.22	11.39	-7 17	0 3	7 17	179 37	0.09
4	6.95	46.33	8.88	2 53	1 19	3 10	24 31	-0.02
5	6.60	46.31	9.13	-17 33	0 34	17 34	178 13	0.21
6	2.68	46.26	4.79	-56 19	0 38	56 19	179 35	-0.34
7	7.03	46.39	9.42	1 55	0 10	1 55	4 58	-0.01
8	7.20	43.28	11.13	4 58	0 2	4 58	0 23	0.11
9	7.25	43.25	11.58	-0 43	0 20	0 47	155 3	-0.06
10	7.07	46.36	9.29	3 38	0 57	3 45	14 38	-0.12
11	7.67	22.56	12.05	-0 11	2 27	2 27	94 17	-0.01
2	6.96	46.63	11.84	0 0	-0 20	0 20	269 60	0.32
12	11.22	12.80	6.93	-0 20	-0 36	0 41	240 57	0.05
13	12.86	17.22	9.65	-0 8	-0 26	0 27	252 54	0.10
14	13.88	30.71	9.72	-0 1	-0 15	0 15	266 11	-0.07
15	6.85	6.94	5.47	1 13	3 45	3 57	71 58	0.03
16	9.78	6.60	4.82	0 41	1 47	1 55	69 1	0.09
17	7.01	10.61	7.54	-21 4	0 3	21 4	179 52	-0.06
18	10.25	10.49	7.21	-3 28	-0 7	3 28	181 56	0.04
20	12.78	13.90	4.10	0 13	0 28	0 31	65 6	-0.08
21	15.83	13.87	3.46	-0 4	0 28	0 28	98 8	-0.10
22	9.38	16.30	6.97	0 15	-0 43	0 46	289 14	-0.04
23	32.33	7.52	6.65	0 27	-1 8	1 13	291 40	-0.08
24	7.81	12.35	6.76	0 42	-0 57	1 11	306 23	0.07
25	7.26	11.42	3.69	-0 8	-0 13	0 15	238 24	-0.01
27	11.40	6.47	4.35	0 3	0 16	0 16	79 23	0.02
28	11.17	14.29	8.10	-0 9	0 12	0 15	126 52	0.02
29	12.12	21.59	4.53	-0 17	0 5	0 18	163 37	-0.06
30	5.22	21.44	22.57	-0 3	0 1	0 3	161 34	-0.01
31	13.69	84.11	15.33	0 3	0 4	0 5	53 8	0.02
32	16.22	18.23	3.78	-0 3	0 14	0 14	102 6	0.03
33	16.40	22.88	3.94	0 9	0 13	0 16	55 18	0.09
34	15.87	62.56	3.88	-0 4	0 11	0 12	109 59	0.21
26	5.23	12.50	1.40	3 1	-0 51	3 8	344 17	-0.13
35	8.24	17.58	13.53	-0 25	-0 10	0 27	201 48	-0.04
36	21.28	42.96	13.00	-0 31	0 1	0 31	178 9	0.04
37	7.36	14.52	21.67	-0 26	-0 3	0 26	186 35	0.01
38	15.34	17.78	4.05	-0 45	0 29	0 54	147 12	0.06
39	12.10	5.80	10.40	-0 16	-0 9	0 18	209 21	0.01
40	5.52	12.28	10.33	0 9	-0 21	0 23	293 12	0.07
41	15.24	5.21	10.25	-0 12	-0 33	0 35	250 1	-0.10
42	4.30	5.48	12.46	0 44	-0 16	0 47	340 1	0.03
43	10.63	85.67	10.57	-0 40	-0 11	0 41	195 23	0.05
44	5.09	5.08	20.83	0 20	0 0	0 20	0 0	0.
45	7.63	3.31	16.61	-0 13	-0 21	0 25	238 14	0.02
46	4.26	15.60	11.19	0 4	-0 28	0 28	278 8	-0.01
47	11.35	68.41	14.95	-0 26	-0 5	0 26	190 53	-0.01
48	7.73	19.51	5.64	-0 11	0 12	0 16	132 31	-0.01
49	7.67	20.66	5.33	0 23	-0 47	0 52	296 5	0.06
52	17.47	35.22	10.74	0 0	0 19	0 19	90 0	0.06
53	59.58	17.50	11.02	0 1	-0 4	0 4	284 2	0.04
54	6.72	6.79	14.89	0 38	0 23	0 44	31 11	0.11
55	17.20	11.53	9.79	1 9	-1 40	2 2	304 37	-0.03
56	5.88	5.89	11.30	1 51	-1 4	2 8	330 3	-0.12
57	15.76	10.69	10.08	-0 46	-1 46	1 56	246 32	-0.26
58	6.66	15.56	6.70	2 35	-0 58	2 46	339 30	0.04

新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究—高橋

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° ′	° ′	° ′	° ′	m
59	4.72	15.38	3.69	3 24	-1 29	3 43	336 28	-0.06
50	10.16	7.10	4.39	-0 5	-0 8	0 9	237 60	0.01
51	6.00	20.59	5.93	0 32	1 1	1 9	62 19	0.11
60	10.68	23.86	2.70	-0 35	0 0	0 35	180 0	-0.04
61	31.48	91.16	23.98	-0 24	-0 5	0 25	191 46	-0.07
62	11.74	50.03	29.88	-0 21	0 6	0 22	164 3	-0.18
63	9.22	7.49	38.00	-0 26	-0 42	0 49	238 14	0.14
64	54.38	15.14	14.19	0 0	0 19	0 19	90 0	0.13
65	10.62	12.84	14.99	-0 5	0 18	0 19	105 31	0.07
66	5.09	16.82	17.89	-0 3	-1 35	1 35	268 11	-0.01
67	11.65	49.31	14.68	-0 18	-1 40	1 42	259 47	0.12
69	6.46	6.58	28.56	-0 43	0 42	1 0	135 41	-0.06
68	13.30	28.24	14.01	-0 9	0 1	0 9	173 40	0.03
70	6.12	5.69	14.01	-0 17	-0 18	0 25	226 38	-0.02
71	14.38	7.54	10.15	-0 25	-0 3	0 25	186 51	0.07
72	22.67	2.34	10.42	-1 14	0 59	1 35	141 27	0.08
73	7.37	23.36	14.53	-0 49	0 16	0 52	161 55	-0.05
74	6.64	8.33	10.62	-0 52	-0 8	0 53	188 45	0.06
75	9.23	30.26	11.36	-0 38	0 1	0 38	178 30	0.02
76	31.50	24.98	14.82	-0 45	0 24	0 51	151 56	-0.05
77	8.57	8.03	6.50	0 4	0 8	0 9	63 26	-0.08
78	2.39	5.42	6.50	-2 3	0 3	2 3	178 36	-0.13
79	5.45	5.18	3.60	-0 3	-1 10	1 10	267 33	0.01
80	9.61	7.27	3.47	0 14	0 23	0 27	58 40	0.14
81	11.95	5.46	4.46	-0 23	-1 22	1 25	254 20	0.16
82	6.56	10.92	9.33	-1 29	0 22	1 32	166 7	0.
83	24.68	7.13	9.31	-0 16	-0 32	0 36	243 26	0.19
84	9.72	83.34	11.83	0 32	-0 33	0 46	314 7	-0.22
85	33.55	10.67	11.38	2 14	-0 38	2 19	344 11	-0.10
86	9.11	6.97	15.29	0 2	1 36	1 36	88 48	0.11
87	73.16	11.09	11.55	0 8	-0 2	0 8	345 58	-0.03
88	7.85	9.96	14.97	-0 11	-0 26	0 28	247 4	0.03
89	33.52	13.45	11.83	-0 33	0 31	0 45	136 48	0.02
90	12.53	26.77	7.24	0 37	1 10	1 19	62 8	0.05
91	5.09	4.85	7.59	-0 27	-0 8	0 28	196 30	-0.02
92	4.73	4.62	3.91	0 22	-1 14	1 17	286 34	0.02

コース C2

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° ′	° ′	° ′	° ′	m
101	22.10	8.16	4.24	0 3	-0 13	0 13	282 60	0.
102	18.46	6.46	1.03	-0 2	-0 16	0 16	262 52	-0.02
103	36.18	6.32	3.88	0 5	-0 8	0 9	302 0	-0.01
104	43.48	5.51	5.87	0 5	0 43	0 43	83 22	-0.06
105	36.22	6.44	3.93	0 8	0 43	0 44	79 28	0.02
106	28.02	7.37	9.67	0 49	3 7	3 13	75 17	-0.06
107	21.38	6.07	17.05	0 13	0 14	0 19	47 7	0.05
108	19.96	14.16	17.06	-0 7	-0 27	0 28	255 28	-0.02
1098	19.01	10.69	17.06	-0 9	-0 29	0 30	252 45	0.
110	10.93	11.12	21.51	-0 0	-0 6	0 6	269 60	0.04
109	7.38	10.54	17.05	-0 7	-0 5	0 9	215 32	-0.01
114	45.47	6.70	11.51	0 12	0 26	0 29	65 13	-0.10
111	7.15	9.64	11.07	0 0	0 11	0 11	90 0	0.04
113	46.01	4.50	6.91	-0 0	0 27	0 27	90 0	0.01
112	19.45	9.23	12.43	0 0	0 0	0 0	90 0	0.06

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	°	°	°	°	m
121	40.86	7.28	11.29	0 51	1 30	1 43	60 27	0.02
122	38.78	7.08	11.38	-0 14	1 3	1 5	102 32	0.10
123	23.40	8.53	11.06	0 32	0 23	0 39	35 42	0.37
1239	23.38	8.47	11.09	0 41	0 38	0 56	42 49	0.29
119	36.91	7.81	11.79	0 17	1 6	1 8	75 33	0.
117	37.06	7.30	12.71	0 15	0 12	0 19	38 40	0.05
115	36.49	6.64	11.44	0 1	0 18	0 18	86 49	0.05
124	15.22	21.34	11.26	0 8	-1 13	1 13	276 15	-0.01
1249	15.26	21.82	11.24	0 3	-1 5	1 5	272 39	-0.01
125	23.34	7.34	4.12	0 28	-1 36	1 40	286 16	-0.05
1259	23.34	7.27	4.13	0 28	-1 18	1 23	289 45	-0.05
129	6.16	7.44	2.45	-4 3	-1 26	4 18	199 27	-0.11
1299	6.28	7.12	2.43	-4 3	-1 29	4 19	200 5	-0.11
127	19.64	8.72	-0.31	0 23	-3 3	3 4	277 11	-0.11
1279	19.67	8.71	-0.30	0 18	-3 3	3 4	275 38	-0.07
128	115.64	8.53	10.08	-0 18	1 7	1 9	105 2	-0.03
1289	115.43	8.38	10.05	-0 20	1 10	1 13	105 57	0.10
130	8.90	30.24	11.68	-1 44	0 48	1 55	155 14	-0.02
1309	8.88	30.29	11.70	-1 47	0 45	1 56	157 12	-0.01
138	12.79	28.52	5.09	0 2	0 9	0 9	77 28	-0.41
137	44.70	13.39	5.01	0 10	1 3	1 4	80 59	0.07
1379	44.72	13.37	5.05	0 5	0 55	0 55	84 48	0.21
136	16.28	26.89	4.84	0 3	-0 12	0 12	284 2	-0.12
135	10.00	15.80	5.21	-1 16	3 15	3 29	111 20	-0.10
1359	10.26	16.04	5.19	-1 8	3 37	3 47	107 27	0.05
134	74.84	13.62	22.09	-0 28	3 52	3 54	96 54	0.06
1349	74.80	13.66	22.09	-0 29	4 3	4 5	96 50	-0.02
139	26.57	7.74	25.27	0 8	3 38	3 38	87 54	0.14
140	12.97	7.54	29.17	-0 20	3 18	3 19	95 47	0.15
1409	12.96	7.66	29.15	-0 29	3 4	3 6	98 58	0.16
133	18.16	19.84	4.28	0 1	-0 22	0 22	272 36	0.01
132	10.48	10.33	4.10	0 36	-1 10	1 19	297 13	0.22
1329	10.46	10.36	4.08	0 43	-0 50	1 6	310 42	0.18
131	15.61	7.08	8.79	1 23	-2 55	3 14	295 25	-0.58
1319	15.61	7.04	8.93	0 58	-5 18	5 23	280 24	-0.29
147	48.06	15.89	4.02	0 2	-0 1	0 2	333 26	-0.01
146	18.11	14.64	3.97	0 8	-1 0	1 1	277 36	-0.09
145	66.04	10.61	7.61	0 14	-2 48	2 49	274 46	0.32
1459	66.02	10.63	7.70	0 11	-1 53	1 54	275 34	0.26
144	18.13	15.86	6.88	0 13	-0 51	0 53	284 18	0.01
143	13.69	7.50	6.61	-1 17	1 7	1 42	138 59	-0.11
1439	13.69	7.51	6.63	-1 25	1 13	1 52	139 21	0.
141	21.73	5.54	8.93	2 11	3 43	4 19	59 29	-0.10
1419	21.66	5.53	8.95	2 5	4 8	4 38	63 10	-0.02
156	8.59	13.98	10.32	0 14	-3 35	3 35	273 44	0.05
155	4.37	11.86	6.49	0 0	0 26	0 26	90 0	0.
154	8.22	13.09	11.57	-1 19	-3 35	3 49	249 46	0.08
152	39.92	8.40	13.63	-1 12	-0 2	1 12	181 35	-0.19
1529	39.91	8.48	13.51	-0 51	-1 30	1 43	240 27	0.22
153	68.48	7.39	12.41	0 40	-0 43	0 59	312 56	0.17
1539	68.58	7.44	12.42	0 41	-0 42	0 59	314 19	0.14
151	69.01	8.32	12.50	0 19	6 14	6 14	87 4	-0.16
1519	69.02	8.30	12.47	0 20	6 45	6 45	87 9	-0.19
150	38.76	8.56	12.98	0 23	6 3	6 4	86 21	-0.28
1509	38.88	8.50	12.99	0 23	6 10	6 11	86 25	-0.34
167	4.67	8.26	8.14	-0 3	-0 2	0 4	213 41	0.05
165	12.14	45.82	7.16	-0 44	-0 4	0 44	185 12	-0.09
163	12.90	34.96	12.94	1 57	0 10	1 57	4 53	-0.31
1639	8.88	32.89	12.93	-2 2	-0 56	2 14	204 39	-0.35
164	8.60	19.91	12.78	-0 42	1 53	2 1	110 24	0.03

新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究—高橋

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° /	° /	° /	° /	m
161	11.15	27.77	11.44	-1 16	-1 18	1 49	225 44	0.17
1619	11.17	27.96	11.41	-1 35	-1 23	2 6	221 7	0.14
162	30.38	10.43	11.94	-1 10	-2 15	2 32	242 34	0.14
160	34.39	9.50	11.67	-0 26	4 2	4 3	96 9	-0.02
159	34.48	4.42	3.79	-0 13	3 41	3 41	93 23	0.19
1599	34.50	4.70	3.75	-0 16	4 29	4 29	93 25	0.14
158	41.99	8.93	11.18	0 9	-2 49	2 49	273 3	0.08
157	9.66	5.09	10.26	-0 14	-1 21	1 22	260 11	0.32
172	10.56	6.50	9.74	2 51	-8 19	8 48	289 11	1.11
178	20.03	7.44	8.68	1 6	-3 34	3 44	287 11	-0.03
1789	20.05	7.38	8.71	1 12	-4 7	4 17	286 18	0.06
179	20.15	13.04	11.92	0 7	2 51	2 51	87 39	-0.03
171	10.72	9.41	11.43	-0 40	-4 13	4 16	260 59	-0.23
1719	10.73	9.41	11.40	-0 21	-4 43	4 44	265 44	-0.31
170	17.36	10.80	14.80	-0 12	-0 44	0 46	254 45	-0.04
176	8.15	6.76	6.81	-0 44	0 3	0 44	176 6	0.11
177	16.34	5.51	6.22	0 4	-2 11	2 11	271 45	-0.02
174	12.00	18.08	14.11	1 23	-2 2	2 28	304 15	0.48
1749	11.50	18.26	14.13	1 36	-1 55	2 30	309 53	0.38
175	7.06	9.38	10.38	-1 33	-0 11	1 34	186 45	0.04
173	6.89	11.94	14.48	-1 18	-1 39	2 6	231 45	-0.13
169	6.52	5.28	12.53	-1 24	1 5	1 46	142 17	0.12
168	6.20	7.79	10.52	-1 32	-2 32	2 58	238 47	-0.35
1689	6.12	7.76	10.53	-1 36	-2 53	3 18	240 56	-0.40
180	62.48	46.39	7.72	-0 24	-0 14	0 28	210 15	0.11
184	7.61	27.70	4.04	-2 9	1 14	2 29	150 11	0.13
1849	7.69	27.74	4.06	-1 34	1 16	2 1	141 4	0.12
185	6.96	60.92	7.44	3 23	0 31	3 25	8 40	-0.20
187	7.78	4.94	7.93	-0 24	1 27	1 30	105 26	0.15
186	55.71	7.70	7.89	0 38	0 36	0 52	43 27	-0.29
188	12.16	24.73	8.07	-1 13	-0 14	1 14	190 51	-0.02
189	31.94	13.36	4.35	-0 33	-0 28	0 43	220 19	-0.14
190	9.96	8.21	4.30	-0 23	0 36	0 43	122 35	-0.11
191	10.10	9.34	3.94	0 0	-1 18	1 18	269 60	0.02
192	9.02	43.13	10.18	1 14	-0 23	1 17	342 44	0.13
194	45.13	9.26	9.96	-0 2	-1 29	1 29	268 43	0.12
195	9.50	46.42	9.71	0 42	0 44	1 1	46 20	0.01
196	10.18	17.93	9.86	2 47	-1 3	2 59	339 21	0.19
197	4.20	11.75	12.61	-0 4	0 4	0 6	135 0	0.27
198	38.32	9.41	10.13	0 3	-0 55	0 55	273 7	0.20
199	8.65	40.97	10.20	-3 3	-1 35	3 26	207 24	-0.06
200	8.58	28.01	11.02	-0 40	-1 8	1 19	239 32	0.12
207	5.54	13.72	7.37	-0 13	-0 20	0 24	236 59	0.04
208	25.34	10.93	7.42	-0 4	-0 19	0 19	258 7	0.06
203	10.27	11.56	11.12	0 0	-0 12	0 12	269 60	0.
204	11.88	8.76	16.21	0 0	0 0	0 0	90 0	0.
205	12.05	6.29	13.14	-0 13	-1 36	1 37	262 17	-0.09
209	98.34	20.50	9.42	0 13	-0 17	0 21	307 24	-0.20
2099	97.17	20.52	9.45	0 13	-0 18	0 22	305 50	-0.15
201	16.08	13.64	10.09	-0 18	-0 30	0 35	239 2	-0.02
202	6.38	5.44	9.20	-0 54	-0 13	0 56	193 32	0.

コース C3

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	°	°	°	°	m
67	40.27	9.83	13.80	1 40	0 8	1 40	4 34	0.05
66	13.76	3.97	16.79	1 28	0 26	1 32	16 27	0.16
89	12.13	28.57	12.73	-0 16	-0 21	0 26	232 42	-0.01
88	7.22	5.23	15.61	0 19	0 39	0 43	64 1	-0.08
87	10.26	61.32	12.67	-0 42	0 4	0 42	174 34	0.25
84	71.17	8.33	12.52	0 19	1 4	1 7	73 28	0.35
86	7.02	5.12	15.33	-0 18	2 58	2 59	95 47	-0.07
85	10.16	28.34	12.00	-0 8	2 19	2 19	93 18	-0.05
68	23.92	11.12	13.81	0 20	-0 9	0 22	335 46	0.
71	12.74	5.81	10.35	0 7	0 3	0 8	23 12	0.03
73	6.53	19.70	14.40	0 45	0 10	0 46	12 32	-0.01
75	7.94	25.24	11.15	0 43	0 13	0 45	16 49	-0.08
74	2.24	30.36	10.57	2 56	-0 20	2 57	353 31	-0.07
69	5.50	5.46	28.70	-0 25	-0 38	0 45	236 39	-0.02
81	4.49	9.86	4.44	0 53	-0 28	0 60	332 9	0.04
80	7.90	10.28	3.75	0 35	1 7	1 16	62 25	0.04
79	5.12	4.81	3.55	-1 28	0 43	1 38	153 58	-0.02
77	8.14	13.38	6.80	0 0	0 31	0 31	90 0	0.04
90	10.45	22.26	7.02	0 33	1 47	1 52	72 51	0.22
92	3.94	4.01	3.67	0 53	0 8	0 54	8 35	-0.12
211	6.36	16.64	10.67	0 5	-0 10	0 17	296 34	-0.02
212	5.95	13.19	10.90	0 0	0 0	0 0	90 0	0.
213	8.62	8.20	11.27	0 46	-0 23	0 51	333 26	0.01
214	7.76	6.02	11.94	0 27	-0 46	0 53	300 25	-0.24
215	6.54	14.98	9.35	-0 23	0 1	0 23	177 31	-0.25
219	13.40	12.60	10.69	0 4	0 15	0 16	75 4	-0.01
220	6.14	11.05	7.89	0 14	-0 18	0 23	307 53	0.03
216	3.28	7.97	7.62	-1 3	-0 34	1 12	208 21	-0.08
218	3.49	11.35	9.87	-0 39	-0 21	0 44	208 18	0.12
217	7.64	6.68	11.59	0 36	-0 57	1 7	302 17	0.16
233	5.22	5.29	13.79	-3 28	6 24	7 17	118 40	0.39
232	4.88	5.36	10.66	0 56	-1 11	1 30	308 16	-0.12
226	23.76	34.04	14.01	0 7	0 1	0 7	8 8	0.02
224	18.06	5.39	11.11	0 9	-1 4	1 5	278 0	0.10
225	10.20	19.52	13.64	0 15	-0 13	0 20	319 5	0.03
223	8.10	8.52	11.95	0 44	1 43	1 52	66 51	-0.15
222	13.86	22.51	15.07	-0 1	-0 13	0 13	265 36	0.15
221	4.39	7.99	9.20	0 39	0 13	0 41	18 26	0.04
241	6.64	40.63	17.06	-0 39	0 10	0 40	165 37	-0.51
240	7.61	39.02	16.53	1 39	-0 15	1 40	351 23	-0.36
239	8.57	5.74	19.69	0 28	0 12	0 30	23 12	0.04
236	7.07	26.11	11.83	-8 18	-3 51	9 10	204 40	2.37
234	24.04	9.82	13.62	0 3	-0 28	0 28	276 7	-0.22
238	5.93	18.47	15.34	1 38	-0 41	1 46	337 18	0.18
237	29.34	6.79	11.58	1 3	-1 6	1 31	313 41	-0.10
253	5.92	20.75	14.10	2 23	-1 25	2 46	329 18	-0.03
254	14.03	16.70	10.11	-0 6	-0 44	0 44	262 14	-0.29
266	6.67	11.87	8.02	0 57	1 3	1 25	47 51	0.06
265	7.03	13.26	11.18	0 8	-0 9	0 12	311 38	-0.05
267	4.55	22.12	7.17	1 38	-0 5	1 38	357 5	0.04
263	7.02	6.31	11.10	1 31	-0 13	1 32	351 52	0.05
246	12.27	19.70	10.61	1 21	0 32	1 27	21 33	0.20
245	14.20	9.83	7.95	0 0	0 11	0 11	90 0	0.
243	9.90	24.48	8.04	0 19	-0 40	0 44	295 25	0.07
244	19.02	10.04	9.92	0 8	-1 3	1 4	277 14	-0.11
248	8.95	9.72	10.30	0 52	-0 2	0 52	357 48	-0.13
249	7.36	5.24	7.24	0 9	0 7	0 11	37 52	0.
250	6.66	8.46	6.14	0 47	-0 16	0 50	341 12	-0.06
251	5.12	42.20	9.87	-0 17	-0 3	0 17	190 0	-0.11
252	5.10	9.64	9.86	-1 1	-0 3	1 1	182 49	-0.02

新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究—高橋

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° ′	° ′	° ′	° ′	m
254	5.18	9.17	9.85	-0° 57′	-0° 9′	0° 58′	188° 58′	0.07
255	11.55	15.38	9.90	0° 30′	0° 22′	0° 37′	36° 15′	0.17
91	4.56	4.36	7.45	0° 15′	0° 8′	0° 17′	28° 4′	-0.14
277	11.49	6.53	9.20	-0° 36′	-0° 50′	1° 2′	234° 14′	-0.11
276	11.36	36.72	12.88	-0° 39′	0° 23′	0° 45′	149° 28′	-0.04
275	4.01	12.92	9.61	-1° 0′	-0° 11′	1° 1′	190° 23′	-0.06
274	5.09	10.54	8.37	0° 10′	0° 28′	0° 30′	70° 21′	-0.01
273	9.89	12.26	10.15	1° 39′	0° 21′	1° 41′	11° 58′	0.03
270	13.57	10.84	12.57	0° 36′	-0° 35′	0° 50′	315° 49′	0.28
269	6.74	14.05	3.04	-2° 45′	0° 43′	2° 51′	165° 24′	0.13
279	8.08	15.70	11.63	-0° 8′	0° 39′	0° 40′	101° 36′	0.04
280	10.46	7.73	8.38	0° 0′	0° 40′	0° 40′	90° 0′	0.08
281	31.99	13.49	10.68	0° 1′	-0° 3′	0° 3′	288° 26′	-0.06
260	8.66	17.83	27.53	0° 14′	-0° 17′	0° 22′	309° 28′	-0.01
258	13.13	17.44	24.13	0° 1′	0° 0′	0° 1′	0° 0′	-0.06
261	5.25	9.38	13.72	0° 13′	1° 10′	1° 11′	79° 29′	0.02
262	13.85	13.30	12.93	1° 27′	-0° 28′	1° 31′	342° 10′	0.10
300	9.89	27.62	6.47	0° 24′	0° 20′	0° 31′	39° 48′	-0.04
299	3.74	9.68	3.37	0° 18′	0° 14′	0° 23′	37° 52′	0.02
294	6.78	61.02	17.53	-0° 20′	-0° 21′	0° 29′	226° 24′	-0.04
297	15.25	54.74	21.31	-0° 19′	-0° 27′	0° 33′	234° 52′	-0.19
296	8.05	13.38	23.86	-0° 17′	-0° 21′	0° 27′	231° 0′	0.06
292	7.82	10.79	4.01	0° 51′	-1° 18′	1° 33′	303° 11′	0.07
290	16.26	8.84	7.02	-0° 21′	0° 23′	0° 31′	132° 24′	0.
289	16.31	9.59	9.87	-0° 16′	0° 23′	0° 28′	124° 50′	-0.01
301	13.97	6.08	6.73	-0° 15′	0° 23′	0° 27′	123° 7′	-0.12
302	11.58	13.79	10.59	-0° 2′	0° 3′	0° 4′	123° 41′	0.05
303	13.61	8.48	10.15	0° 17′	-0° 6′	0° 18′	340° 34′	0.07
304	20.30	10.90	10.11	-0° 13′	-0° 27′	0° 30′	244° 17′	-0.05
305	5.12	7.00	10.11	0° 20′	-0° 29′	0° 35′	304° 36′	0.
287	9.86	49.61	12.00	1° 31′	0° 25′	1° 34′	15° 21′	-0.02
284	59.26	9.61	12.28	0° 23′	0° 3′	0° 23′	7° 26′	-0.10
285	8.89	16.26	9.98	-1° 33′	0° 15′	1° 34′	170° 50′	0.
306	2.96	4.68	6.57	-1° 9′	3° 48′	3° 58′	106° 53′	0.26
308	5.93	7.48	9.66	-0° 26′	1° 34′	1° 38′	105° 28′	0.09
309	6.25	6.85	9.71	-1° 25′	0° 48′	1° 38′	150° 33′	-0.09
312	4.37	3.73	12.88	2° 10′	0° 23′	2° 12′	10° 2′	-0.07
310	16.80	16.80	10.81	0° 27′	0° 12′	0° 30′	23° 58′	-0.04
307	11.60	9.70	10.28	-0° 2′	-0° 48′	0° 48′	267° 37′	-0.03
314	9.37	39.83	3.50	-2° 54′	-0° 41′	2° 59′	193° 15′	-0.13
313	5.51	39.02	9.64	-1° 15′	-0° 53′	1° 32′	215° 14′	0.02
316	7.92	54.97	11.71	0° 19′	-0° 52′	0° 55′	290° 4′	-0.41
323	15.35	6.29	4.46	-1° 3′	-5° 32′	5° 38′	259° 11′	-0.10
321	20.98	22.98	7.20	-0° 4′	-0° 33′	0° 33′	263° 5′	-0.15
322	4.76	22.74	5.05	0° 0′	-0° 48′	0° 48′	269° 60′	0.06
320	8.75	7.63	10.31	2° 49′	1° 48′	3° 21′	32° 33′	0.02
319	8.65	4.32	6.69	1° 28′	-3° 58′	4° 14′	290° 21′	0.14
318	6.34	6.28	6.50	0° 8′	0° 25′	0° 26′	72° 15′	-0.01
331	9.62	11.08	7.84	0° 30′	1° 32′	1° 37′	71° 56′	-0.11
330	13.60	11.51	18.87	0° 0′	-1° 42′	1° 42′	269° 60′	0.06
326	22.51	29.93	4.44	0° 6′	1° 16′	1° 16′	85° 29′	0.14
325	5.94	13.09	4.48	-0° 27′	1° 41′	1° 45′	104° 59′	0.11
324	14.04	16.18	5.46	-0° 1′	1° 56′	1° 56′	90° 30′	0.03

コース C4

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° /	° /	° /	° /	m
351	9.05	40.25	12.15	1 37	0 5	1 37	2 57	0.07
352	5.02	28.82	12.15	-3 8	0 2	3 8	179 23	-0.01
353	10.87	14.34	17.32	-0 19	-0 17	0 25	221 49	0.04
354	5.95	11.11	2.78	-10 56	0 11	10 56	179 3	0.01
356	6.59	36.42	11.89	-0 55	-0 4	0 55	184 10	-0.15
355	5.57	23.81	5.45	1 29	0 1	1 26	0 39	0.25
365	2.80	5.98	0.02	-0 43	1 35	1 44	114 22	0.03
364	2.82	7.39	0.08	-1 19	0 17	1 21	167 51	0.11
363	7.88	37.01	12.63	-4 25	1 8	4 34	165 38	1.50
385	22.03	42.11	12.11	-0 18	-0 0	0 18	180 0	-0.04
387	21.41	19.74	6.87	-0 13	-0 1	0 13	184 24	0.09
398	9.01	12.71	6.38	-1 1	-0 11	1 2	190 13	-0.08
397	6.85	15.44	6.15	1 5	2 32	2 45	66 49	-0.08
390	52.79	14.89	9.13	-0 52	0 0	0 52	180 0	-0.24
392	56.57	15.54	8.70	0 38	-0 26	0 46	325 37	-0.03
405	38.87	30.80	10.05	0 42	-0 29	0 51	325 23	0.03
406	8.04	7.74	5.04	1 15	-1 31	1 58	309 31	0.01
389	6.76	10.81	27.49	0 18	-1 37	1 39	280 31	0.13
396	26.53	52.26	14.45	-0 19	-0 28	0 34	235 50	-0.13
404	5.32	19.31	15.23	-0 16	-0 26	0 31	238 23	-0.05
401	23.41	4.90	12.74	-0 57	-0 24	1 2	202 50	-0.07
402	33.38	10.58	14.46	-0 56	-0 29	1 3	207 22	0.04
403	15.70	28.56	16.00	-0 50	-0 8	0 51	189 5	-0.18

コース C5

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° /	° /	° /	° /	m
730	21.84	6.44	11.27	-1 7	0 29	1 13	156 36	0.41
760	25.06	6.68	11.36	-0 26	-0 10	0 28	201 2	-0.56
790	24.84	6.72	11.83	0 10	1 17	1 18	82 36	0.42
410	11.08	12.29	3.48	0 11	0 52	0 53	78 3	0.21
130	8.56	29.78	11.01	1 23	0 59	1 42	35 24	-0.47
412	21.66	6.62	3.10	0 9	0 31	0 32	73 49	0.18
413	15.54	5.78	3.36	-0 58	0 36	1 8	148 11	0.02
414	33.00	9.48	6.96	-1 34	-0 28	1 38	196 35	-0.07
415	3.18	6.01	2.08	0 27	-2 14	2 17	281 24	0.11
416	9.35	5.41	7.01	0 33	-1 42	1 47	287 56	0.52
417	9.23	7.86	2.82	-0 48	-0 53	1 12	227 50	-0.08
418	9.85	6.96	5.87	-0 26	-2 55	2 57	261 32	0.05
419	6.60	7.19	6.41	-1 31	-3 18	3 38	245 16	0.03
422	8.84	4.79	9.34	8 23	0 11	8 23	1 15	0.19
423	4.12	7.16	10.90	6 51	0 36	6 53	4 59	0.07
422	12.77	16.76	7.34	-4 48	0 37	4 50	172 42	0.18
423	35.18	14.72	8.37	-0 39	1 23	1 32	115 11	-0.05
424	40.67	11.69	22.88	-1 13	-0 25	1 17	198 54	-0.21
425	24.68	7.64	27.54	-1 13	1 17	1 46	133 29	0.40
429	6.73	19.44	8.36	-0 18	-0 3	0 18	189 28	-0.11
430	15.67	5.99	9.36	-0 57	1 38	1 53	120 12	-0.64
431	7.20	13.06	9.32	-1 33	1 13	1 58	141 53	-0.19
432	11.20	6.04	9.09	-0 14	-0 14	0 20	224 60	-0.65
433	9.26	9.31	9.85	-2 30	2 59	3 54	130 2	0.33
434	6.41	8.16	8.67	-6 0	-3 45	7 5	211 50	0.95
435	6.60	6.06	8.87	-1 8	-2 33	2 47	246 0	-0.36
436	6.00	16.34	9.32	0 14	-0 23	0 27	301 20	-0.05
437	21.49	6.94	8.47	-0 53	-1 2	1 22	229 28	-0.19
438	15.06	20.72	8.40	0 12	1 38	1 39	83 1	-0.10
439	6.38	5.64	8.96	-1 23	5 43	5 53	103 42	-0.49

新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究—高橋

NAME	L_1	L_2	H	β_1	β_2	β	α	D_H
	m	m	m	° /'	° /'	° /'	° /'	m
440	6.48	3.94	8.53	-1 57	0 8	1 57	176 5	-0.22
441	19.60	22.78	14.54	-0 15	-0 5	0 16	198 26	0.03
442	11.52	20.15	10.25	-0 39	0 15	0 42	158 58	0.14
443	11.44	14.48	10.22	-0 6	-0 28	0 29	257 54	-0.02
444	13.31	12.41	13.80	0 16	0 8	0 18	26 34	-0.22
445	17.76	19.76	11.28	-0 5	0 15	0 16	108 26	0.17
447	6.02	8.62	6.82	-0 23	0 4	0 23	170 8	-0.24
448	5.45	21.80	11.11	-3 6	-0 18	3 7	185 31	-0.07
449	12.70	8.06	12.36	4 58	0 9	4 58	1 44	-0.94
426	109.96	15.42	16.00	-0 36	1 42	1 48	109 27	0.83
464	11.59	23.18	5.58	-0 59	0 48	1 16	140 53	0.04
461	9.01	11.75	25.07	2 8	0 13	2 9	5 48	-0.01
460	18.96	11.14	14.02	-0 18	-1 51	1 52	260 47	-0.30
459	16.04	7.97	14.02	-0 35	2 12	2 17	104 52	-0.19
462	5.84	17.83	14.19	-0 6	-0 56	0 56	263 53	-0.18
455	14.64	6.96	11.46	-0 18	0 23	0 29	128 3	-0.21
454	9.24	22.96	8.98	-0 54	-1 14	1 32	233 52	-0.11
458	10.50	10.60	11.39	0 8	0 12	0 14	56 19	-0.23
453	7.24	8.50	16.21	0 57	-0 16	0 59	344 19	-0.34
452	21.66	30.00	7.23	0 10	0 9	0 13	41 59	-0.07
451	8.71	26.04	27.18	-0 42	0 14	0 44	161 34	0.01
450	32.68	50.53	19.87	-0 22	0 5	0 23	167 12	0.05
456	13.68	8.34	54.22	-0 18	0 33	0 38	118 37	0.14
457	43.50	17.08	34.68	4 31	0 42	4 34	8 47	-3.38
478	17.77	9.08	9.03	-0 53	-1 16	1 33	235 6	0.
477	6.34	14.62	9.67	-2 21	-0 26	2 23	190 27	-0.10
467	8.44	12.98	12.16	-3 9	-1 48	3 38	209 42	-0.23
466	7.07	10.09	12.76	2 21	1 56	3 3	39 24	0.
476	7.76	10.81	8.95	-1 2	-0 28	1 8	204 18	0.04
474	8.90	12.29	8.61	25 44	2 18	25 51	4 45	0.67
468	5.18	13.76	6.55	0 3	1 21	1 21	87 53	0.01
471	8.61	22.33	11.40	0 24	0 6	0 25	14 2	0.08
475	11.47	10.25	10.14	-0 15	-2 11	2 12	263 28	-0.02
479	9.85	6.13	8.79	0 5	0 59	0 59	85 9	-0.01
470	14.78	11.84	11.31	0 42	-0 6	0 42	351 52	-0.10
488	21.29	9.14	0.40	0 8	0 43	0 44	79 28	0.03
486	24.83	59.60	5.04	-0 8	0 14	0 16	119 45	-0.16
485	54.24	5.74	10.97	0 7	-0 51	0 51	277 49	0.09
484	54.32	5.81	11.58	0 12	0 23	0 26	62 27	0.14
482	30.98	6.80	11.49	0 24	-2 44	2 46	278 20	-0.05
480	4.93	9.32	4.04	1 3	2 28	2 41	66 55	0.02
481	6.78	5.15	6.71	-0 23	0 37	0 44	121 52	0.09
489	26.36	15.62	9.48	0 17	0 20	0 26	49 38	0.10
491	44.57	9.01	10.93	0 26	-0 31	0 40	309 59	0.10
490	13.26	3.85	13.86	0 45	-0 58	1 13	307 49	0.07

付表 2 Cコース空中写真標定基準点座標値とAコースとの較差

COURSE-1 (1)*

4.598660-06 -5.976518-03 -9.444261-07 -2.173236-03 526.892				
NAME	(H)	(D _H)		
30140	6.401	0.039		
30120	12.300	0.060		
30150	12.688	0.062		
30110	7.228	-0.578		
930100	7.671	0.079		
30090	3.639	0.101		
30070	7.191	-0.391		
30080	8.359	0.501		
30020	7.445	0.015		
30140	6.401	0.039		
30120	12.300	0.060		
30020	7.445	0.015		
-0.377589 0.926802 211242.114 45406.595				
NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
30140	211462.317	0.253	45430.669	-0.319
30120	211195.994	0.096	45800.291	-0.641
30150	211254.032	-0.032	45717.271	-0.361
30110	211424.679	-0.309	45862.244	0.536
930100	211596.242	-0.252	45852.709	1.111
30090	211692.163	-1.383	46197.066	-0.126
30070	211673.482	0.678	46503.506	0.164
30080	211583.672	0.948	46360.465	-0.365
330020	211831.500	-4.520	46469.909	0.581

COURSE-1 (2)*

3.492190-06 -4.702073-03 -1.445544-06 2.943235-04 526.455				
NAME	(H)	(D _H)		
30050	8.099	-0.599		
930170	3.458	0.382		
30030	3.016	-0.146		
30010	2.909	0.471		
30160	7.474	-0.224		
1091	17.223	0.077		
1093	4.947	0.093		
1091	17.223	0.077		
1093	4.947	0.093		
30160	7.474	-0.224		
-0.402863 0.915260 211772.615 46681.656				
NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
30050	211811.063	-0.693	46985.752	-0.422
930170	211986.459	-0.259	47470.518	0.112
30030	212145.662	-0.742	47256.381	-0.171
30010	212303.942	0.138	47821.043	-0.153
30160	212311.675	0.385	47972.105	0.165
1091	211885.791	1.089	46640.359	-0.359
1093	211606.649	0.081	46746.271	0.829

COURSE-2 (1)*

-2.127493-07 -3.154066-06 4.597925-06 -1.545845-03 549.993

NAME	(H)	(D _H)
32010	4.976	0.204
32020	1.284	-0.124
32030	3.668	-0.558
32040	2.985	0.615
32050	2.883	-0.033
32060	2.133	-0.343
32070	7.820	0.080
32010	4.976	0.204
32020	1.284	-0.124
32070	7.820	0.080

-0.586304 0.810221 211253.003 47475.329

NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
32010	211484.648	-0.608	47481.444	0.496
32020	211190.825	0.245	47629.507	-0.287
32030	211674.135	-0.265	47798.240	0.300
32040	211618.543	0.577	48232.148	-0.998
332050	211952.226	3.994	48316.193	-0.483
332060	212013.421	2.049	48785.148	-2.398
32070	212406.819	0.051	48902.551	0.489

COURSE-2 (2)*

3.193466-06 -5.336218-03 -5.390214-06 1.558686-02 557.526

NAME	(H)	(D _H)
32070	7.935	-0.035
32080	2.416	0.754
32090	2.079	0.821
32100	7.477	-6.107
32110	2.250	-0.620
32120	12.948	-0.258
32130	3.925	0.965
2101	2.494	-0.054
2113	2.158	-0.658
32070	7.935	-0.035
32110	2.250	-0.620
32120	12.948	-0.258

-0.565636 0.824655 212219.152 48831.997

NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
32070	212406.211	0.659	48902.890	0.150
32080	212352.491	-0.731	49372.900	0.750
32090	212823.596	0.754	49437.516	-3.206
32100	212758.081	-0.281	49937.987	-0.027
32110	213345.134	0.326	50031.028	-0.168
32120	213231.769	-0.389	50481.360	-0.740
32130	213574.180	0.370	50506.857	0.363
2101	212323.525	0.285	48764.619	-0.369
2113	212166.460	-0.240	49104.999	0.041

COURSE-3**

7.826281-07 -2.085458-03 -3.236325-06 1.934553-03 544.150				
NAME	(H)	(D _H)		
33010	3.721	-0.021		
33020	2.870	0.260		
33030	3.808	-0.328		
33040	2.926	-0.046		
33050	3.796	-1.136		
33060	2.216	0.634		
33070	1.618	0.982		
33080	0.368	-0.218		
33090	0.738	-0.158		
33020	2.870	0.260		
33010	3.721	-0.021		
33090	0.738	-0.158		
-0.811007 0.586309 -0.00000020 0.00000010 211896.265 47794.279				
NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
33010	212106.600	3.600	47781.725	-0.725
33020	211771.017	-0.247	47967.570	0.170
33030	212158.342	5.238	48078.184	-1.894
33040	212686.722	-2.482	48152.914	3.046
33050	212670.057	0.953	48590.158	-1.358
33060	213139.367	-1.007	48595.840	1.130
33070	213303.916	0.824	49037.964	-5.974
33080	213927.244	-1.134	49230.160	0.720
33090	213917.994	1.436	49311.102	-0.662

COURSE-4 (1)**

2.824913-06 -6.478513-03 6.930438-07 -5.443048-03 542.155				
NAME	(H)	(D _H)		
34020	2.281	-0.901		
934020	0.624	0.756		
34010	1.531	0.049		
34030	1.750	0.440		
34040	2.588	0.662		
34050	2.482	-0.532		
34060	3.071	0.829		
34070	9.682	0.078		
34080	2.926	-0.106		
4051	2.988	-0.598		
4093	3.753	-0.253		
2001	2.936	-0.446		
34080	2.926	-0.106		
34070	9.682	0.078		
34010	1.531	0.049		
-0.828454 0.565535 -0.00000053 0.00000164 211169.910 48319.920				
NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
34020	211192.822	0.038	48496.816	0.154
934020	211192.445	0.415	48497.033	-0.063
34010	211377.725	-0.025	48238.984	0.416
34030	211645.145	0.385	48802.990	-0.780
34040	211950.444	-0.764	48612.628	-0.978
34050	212109.850	3.100	49001.626	-2.606
34060	212578.336	-0.356	49038.729	3.001
34070	212749.581	1.699	49443.132	-0.492
34080	213142.502	-1.182	49338.471	0.419
4051	211882.132	-0.742	48561.864	-0.524
4093	212350.022	0.328	49203.335	1.105
2101	212323.682	-0.152	48763.877	0.743

新潟地震被災建物の空中写真による傾斜測定の研究—高橋

COURSE-4 (2)*

5.677175-06 -9.488776-03 -2.746037-06 3.333598-03 548.410

NAME	(H)	(D _H)
34080	2.879	-0.059
34090	2.473	0.117
34100	2.413	-0.983
34110	2.074	0.656
34120	0.335	0.245
34130	4.484	-0.304
4141	1.741	0.709
4143	1.867	0.133
4133	2.625	-0.395
34080	2.879	-0.059
34120	0.335	0.245
34130	4.484	-0.304

-0.866077 0.499911 213052.759 49445.606

NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
34080	213143.009	-1.689	49337.733	1.157
34090	213338.709	1.931	49795.838	0.972
34100	213833.725	1.445	49682.548	3.542
34110	214011.615	1.735	50187.789	-1.419
34120	214574.219	-0.479	50172.129	0.721
34130	214448.533	-0.583	50426.585	0.865
4141	213295.228	-1.598	49392.526	0.334
4143	213113.896	-0.156	49688.061	-1.681
4133	212949.680	0.840	49599.408	-0.948

COURSE-5**

-3.347001-06 8.146310-03 -3.310604-06 5.161431-03 538.634

NAME	(H)	(D _H)
35020	2.276	0.604
35010	4.216	-0.036
35030	3.857	0.273
35040	2.460	0.560
35050	6.835	-3.525
35060	11.381	0.208
35070	10.047	1.713
35080	11.665	-11.765
35090	8.904	0.086
35100	7.147	-0.287
35100	7.147	-0.287
35090	8.904	0.086
35020	2.276	0.604

-0.280169 0.960539 -0.00000202 -0.00000039 211790.801 48747.853

NAME	(X)	(D _X)	(Y)	(D _Y)
35020	211731.149	-0.999	49012.131	0.679
35010	212015.989	-0.899	48800.221	0.199
35030	211987.906	1.824	48870.059	0.121
35040	211663.108	-0.918	49035.917	-0.447
35050	211812.312	0.558	49316.135	-0.365
35060	212227.631	0.709	49557.657	0.753
35080	212413.410	-4.140	50269.782	3.108
35090	212478.686	0.444	50816.097	-0.817
35100	212206.016	-0.536	50933.375	0.735
35070	211908.713	-0.183	50043.269	-0.859

- (注) (i) 各コース1行目の数値は次式の各係数で、アルファベット順. $a \sim d$ の数字の後2ケタは10のべき数

$$D_H = aX^2 + bX + cXY + dY + e$$

- (ii) 2段目の数字の列は X, Y 座標をだすための2次の係数

* 印は $X = aX + bX + X_0, \quad Y = -bX + aY + Y_0$

配列順序 a, b, X_0, Y_0

** 印は $X = X_0 + aX + bY + c(X^2 - Y^2) + 2dXY$

$$Y = Y_0 - bX + aY - d(X^2 - Y^2) + 2cXY$$

配列順序 a, b, c, d, X_0, Y_0

(1969年3月26日原稿受理)