

○物體ノ轉倒及ビ移動ニ就キテ

委員理學博士 大森房吉

一〔緒言〕 本委員ハ既ニ煉瓦柱破壊及ビ柱狀物體轉倒ニ關スル調査ト題シテ人爲地震臺試驗ノ成績ヲ報告スル所アリキ(震災豫防調査會報告第二十八號)、爰ニ論述スルハ其ノ遺補ト見做スベキモノニシテ物體ノ轉倒及ビ移動ニ關スル概調査ナリ

物體ノ轉倒

二〔物體ノ轉倒〕 地震動ノ物體ガ轉倒スルハ頗ル錯雜シタル現象ニシテ簡單ナル算式ノ到底盡クシ得ル所ニアラザルベケレドモ先ツ物體ノ大サニ依リテ左ノ(甲)、(乙)二個ノ場合ニ別チテ考フベシ

(甲) 物體ノ大サ、即其高サ、及ビ厚サガ充分大ナルトキ
(乙) 物體ノ大サ、即其高サ、及ビ厚サガ大ナラザルトキ
爰ニ「厚サ」ト稱スルハ地震動ノ方向ニ於ケル物體ノ大サヲ云フナリ

三〔地震動ノ實動及ビ振動期〕

物體轉倒ノ現象ヲ論ゼントセバ先ツ地震動ノ大サ及ビ緩急ヲ知ラザル可カラズ左ニ地震ノ實動及ビ振動期ニ關スル既知ノ結果ヲ録ス

明治二十四年十月廿八日濃尾大地震ノ際、名古屋ニ於ケル最大水平實動(振幅ノ二倍、以下同シ)ハ約七寸(曲尺)内外ニシテ振動期(往復振動期以下做之)ハ蓋シ一、三秒ニ近カリシナラン(本會報告第二十八號參照)

明治二十七年六月廿日東京激震ノ際、本郷(理科大學地震學教室)ニ於ケル最大水平動ハ七十三「ミリメートル」ニシテ其振動期ハ一、八秒又最大上下動ハ十「ミリメートル」ナリシ(本會報告第二十八號參照)

普通小地震ノ例ヲ舉ゲンニ、故關谷博士ハ東京一ツ橋及ビ本郷ニ於テ明治十八年九月ヨリ同二十年八月迄ノ二年間ニ百十九回ノ地震ヲ地震計ヲ以テ觀測セラレタルガ其結果ニ依レバ一ツ橋外ニ於ケル九十五回地震平均ノ最大水平動ハ一、二「ミリメートル」ニシテ其振動期ハ一秒ナリ、又本郷ニ於ケル十八回地震平均ノ最大水平動ハ〇、三七「ミリメートル」ニシテ其振動期ハ〇、七六秒ナリ上下動ハ何レノ場合ニモ遙カニ水平動ヨリ小ナリトス(理科大學紀要第二卷參照)

前項東京ノ場合ニハ土質ハ本郷ニ於テハ赤土ニシテ、一ツ橋外ニ於テハ軟土ナルガ、岩石地方ノ例トシテ爰ニ陸中國宮古ニテノ地震驗測ノ結果ヲ述ベンニ、同地測候所ニ於テ明治二十九年六月ヨリ同三十一年六月迄二年間ニ地震計ヲ以テ三十

一回ノ地震ヲ驗測シタルガ其内、八回ハ強震(但シ被害ナシ)、他ハ皆弱、微震ニシテ激震ハ一回モ無カリシ、最大水平動ノ振動期ハ〇、五三秒乃至一、七秒ナリ、地震動ノ大サヲ例示センニ明治廿九年八月卅一日午後四時十二分四十五秒ノ強震(陸羽大地震ノ前キ搖レ)ニ於ケル最大水平實動ハ九「ミリメートル」(振動期ハ〇、九四秒)ニシテ最大上下動ハ一、三「ミリメートル」(振動期〇、九秒)ナリ(本會報告第二十九號參照)最後ニ砂地ノ例トシテ京都地震觀測ノ結果ヲ見ルニ明治廿八年一月ヨリ同三十三年三月迄ニ四十八回ノ地震アリタルガ(内二回ハ強震、他ハ皆弱、微震ナリ)震動ノ主要部ニ於ケル水平動ノ平均振動期ハ〇、九秒ナリ(本會報告第三十二號參照)

以上ヲ通覽スルニ弱、微ノ小地震ニ於テハ地ノ實動ハ平均一「ミリメートル」以下ニシテ、實動ガ十「ミリメートル」内外ニ達スレバ大抵強震ノ部ニ屬スルモノトス地ノ實動ガ二寸以上ニ及ビテハ煉瓦家屋、烟突等ニ著シキ破損ヲ來タシテ激震ト稱スベキモノニ屬シ、其ノ更ニ大ニシテ五寸内外ニ至レバ非常ナル大地震ノ場合トナルモノトス一地震中ノ主要ナル震動ノ振動期ハ小震ノ場合ニハ平均一秒内外ニシテ激震、大震ニ於テハ一秒乃至二秒ナルベシ尙強震、大震等ニ至リテハ小

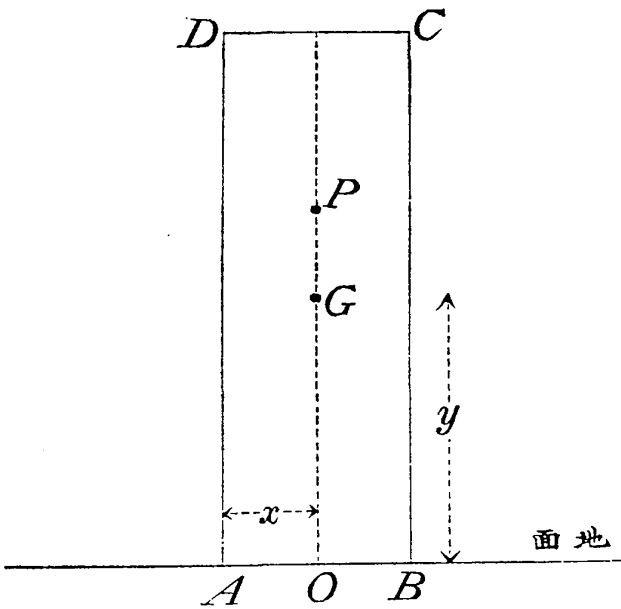
波動(即チ振幅小ニシテ振動期ノ短ナルモノ)及ビ振動期ノ十秒内外ヨリ三十秒若クハ其以上ニ及ブ極緩慢ノ震動モアレドモ此等兩種ノ波動ハ建築物等ニ災害ヲ與フルコトハ少ナカルベキヲ以テ爰ニハ略シテ論ゼズ

次ニ前章ノ甲、乙二個ノ場合ニ就キテ順次ニ述ベントス

四(物體ノ大サが大ナルトキ) 地上ニ安置セラレタル物體ノ大サガ非常ニ大ナルトキハ其(物體自己)動搖(Rocking)ノ周期モ亦長カルベクレバ、比較的ニ地震動ノ振動期ヲ極短ナリト見做シ得ベシ而シテ尙計算ヲ簡單ニセン爲ニ、物體ノ高サハ底面ノ厚サニ比シテ頗ル大ナリト假定スレバ地震動ノ物體ニ及ボス働キハ恰モ物體ノ底面ニ衝撃ヲ與ヘタルガ如キ有様トナル、即物體ハ其底面ニ對スル「セントル」ヲフ、バ「カツシヨ」ヲ中心トシテ廻轉スベシ「爰ニ物體ノ大サが大ナリト云フハ其ノ動搖(Rocking)ノ周期ガ地震ノ振動期ニ對シテ甚ダ大ナル場合ナリト知ルベシ故ニ物體ノ大サガ非常ニ大ナラストスルモ地震動ノ振動期ガ非常ニ短ナルトキ、即チ地震動ガ急激ナル場合モ亦同一ノ轉倒現象ヲ呈スベシ、從テ次ノ(1)公式ハ兩場合ニ適用シ得ルモノトス」但シ本章ノ方法ハ地震動ガ初期微動後直チニ一回ノ最大震動ヲ來タシ其ノ後ノ分ハ單ニ小ナル餘波ニ過ギザルガ如キ時ニノミ適用スベキ

モノトス、此ノ假想ハ實際明治二十七年六月二十日東京激震ノトキ強震計記象ガ證明セル所ニシテ、其他明治廿四年十月廿八日濃尾大地震ノトキ名古屋ニ於テ、或ハ明治二十七年十月廿二日庄内地震ノトキ其震央ニ於テ物體轉倒ノ狀ガ規則正シキヲ見ルモ一般ニ大地震ノトキ震原ニ近キ地方ニ於ケル震動ハ此ノ如ク比較的簡單ナル性質ノモノナルベシト思ハル
 (震災豫防調査會報告第二十八號東京及濃尾兩地震ノ調査、並ニ第三號庄内地震ノ概調査參照)

(イ) 圖一第

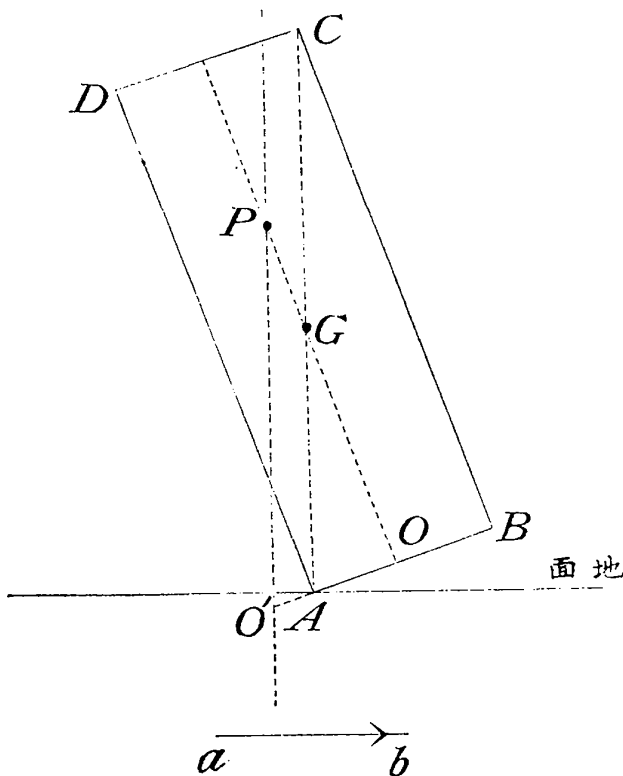


(第一圖イ) ABCDヲ地上ニ安置セラレタル直形柱トシ、Gヲ其重心點トス、又yヲ其高サトシxヲ其幅トス、yハx

ヨリ頗ル大ナリト假定ス(即實際ニyハxヨリ三倍或ハ四倍以上大ナルヲ要ス)
 方形柱(ABCD)ノ底面ABニ對スル「セントル、ヲフ、パーカッシヨン」ヲP點トスレバ其ノ地面ヨリノ高サハ次式ニ與フルガ如シ

$$OP = \left(\frac{x^2 + y^2}{3} + y^2 \right) + y = \frac{x^2 + 4y^2}{3y^2}$$

(ロ) 圖一第



今地ガ急ニαヨリβニ向ツテ動グトキハ柱(ABCD)ハPヲ中心トシテ廻轉スベシ而シテ其廻轉ノ度ガ充分大ニシテ重心點Gガ底面ノ一端A點ノ直上ニ來タルトキハ、柱ハ轉倒スルコ

トアルベシ此ノ場合ニハ(第一圖)ヲ見ヨ(AB邊トP點ヲ過グ
ル垂直線トノ交點ヲOトスレバOナル距離ハ殆ド地ノ實動
(2aトス)ニ等シキモノトス故ニ次ノ關係ヲ得

$$\frac{GO}{OA} = \frac{PO}{OO'}$$

$$2a = OO' = \frac{OA \times PO}{OG} = \frac{2x(x^2 + 4y^2)}{3y^2} \quad (1)$$

(1)或ハ地動が急ナルトキ、2yナル高サト2xナル厚サヲ有スル
直形柱ヲ轉倒セシムルニ要スル最小ノ地動2aヲ與フルモノナ
リ此ノ式ニ依レバ柱ノ形狀ハ同様ナルモ、即y/xナル比ハ
同一ナルモ、y及xが増スニ從ヒ柱ヲ倒轉スルニ必要ナル2a
ノ價值モ亦増スヲ見ルベシ、次ニy/xノ比が生ナルトキノ
場合ヲ例示ス

2x	2y	2a
1寸	4寸	0.7寸
2	8	1.4
12	48	8.1

(1)式ハ余が嘗テ日本地震學雜誌(英文)第二卷ニ記ルシタル公
式ヲ少シク訂正シタルモノナリ、但シ原形ノ儘ニテモ、或ハ(1)
式ノ形チニテモ實際ノ使用上格別ノ差異アルコトナシ

若シ物體(ABCD)ガ直形柱ナラザルトキハ前ノ場合ト同シク
Gヲ其重心點トシ又Pヲ底面ABニ對スルセントル、ヲフ、バ
「カッション」トシ、2xヲ底面ノ厚サトシyヲGOナル距離トス
レバ次ノ關係ヲ得(直形柱ナラザレドモ中央軸アルモノ、即
チ各截面ノ重心點ガ一垂直線上ニアルモノト假定ス)

$$2a = \frac{OA \times OP}{OG} = \frac{x}{y} \times h = \frac{2xh^2}{y^2} \quad (2)$$

上式中hハ物體(ABCD)ノ底面(O點ヲ取りテ差シ支ヘナシ)
ニ對スル廻轉半徑ナリ、又hハ(OP)ナル距離ナリ

五(大ナル築造物ノ例) 大ナル物體ノ例トシテ、y/x

ナル比ハ五ニシテ2xガ二十尺、2yガ百尺ナリト假定シテ第(1)
式ニ依リテ計算スレバ2aハ約十四尺トナル、即チ斯カル大ナ
ル物體ハ地動が少ナクモ十四尺ニアラズンバ轉倒セザルベシ
トノ意義ナリ、又若シ2xガ十尺、2yガ五十尺ト假定スレバ、2a
ハ六尺七寸トナル、然ルニ六尺或ハ十四尺ト云フガ如キ地震
動ハ決シテ實際ニアルベキモノニアラズシテ、濃尾大地震ノ
トキ名古屋ニ於ケル最大地動ハ蓋シ七寸内外ナリシコトヲ見

レバ爰ニ例示セルが如キ大ナル物體ハ地震ノ爲ニ轉倒スルコト無キモノト認ムベキナリ、即五重塔、火見樓、鐘樓等ノ築造物ハ單ニ地面ニ安置セルノミニテモ地震ノ爲ニ全體ニ轉倒（地形或ハ石垣ガ崩壞セル場合ハ勿論除キテ）スルコトナカルベシ、加之五重塔、火見樓、山門、鐘樓等ハ構造簡單ニシテ且堅固ナレバ殆ド一物體ト見做シ得ベク普通家屋等ノ構造錯雜シテ種々不平等ナルモノトハ大ニ趣ヲ異ニス、從ツテ地震ノ爲ニ破壞セラル、コトモ少ナキノ理ナリ、五重塔ノ如キハ古來地震ノ災害稀ナルヲ以テ其構造上ニ不思議ノ點アリト想像スルハ誤リニシテ、一般ニ物體ノ大サヲ大ニスレバ、地震ノ爲ニ轉倒セラル、ノ災ヲ免ルベキナリ」煉瓦造リ製造所烟突ハ既ニ本會報告第二十八號中ニ詳記セル如ク平均根本ヨリ高サノ三分二ニ於テ破壞スレドモ、頭部ガ地上ニ轉落セズンテ少シク移動シ若クハ廻轉スルコトアルハ亦其ノ大サガ遙カニ地震動ヨリモ大ナルニ由ルナルベシ

六〔五重塔ノコト〕 安政見聞誌ニ當時安政二年江戸大地震淺草五重塔ノ九輪ガ曲カリタル様ヲ圖スレバ地震ハ頗ル激シカリシナランガ塔ハ無事ナリキ、近クハ明治廿四年濃尾大地震ノトキ名古屋市ニ三重塔一個ト五重塔一個アレドモ少シモ破損ナカリキ、又同地震ノトキ美濃國神戶町日吉神社境内

ニ一個ノ三重塔（千百年前ノモノナル由云ヒ傳フ）アリテ其九輪ハ根本ヨリ搖リ破ラレテ地上ニ轉落シケルガ塔ハ無事ニテアリキ

七〔鐘樓ノコト〕 鐘樓ガ地震ノ爲ニ少シク廻轉セル例トシテ明治廿七年十月廿二日庄内大地震ノ際、酒田町安城寺ノ鐘樓ガ移動セル有様ヲ記ルスベシ（因ニ安城寺ノ本堂ハ大地震ノトキ大破トナリ東方ヘ傾キシガ同月廿六日ニ至リテ全ク潰倒セリ）鐘樓ノ土臺ハ高サ三尺、廣サ二間半四方ニシテ板圍トセルモノナリ、鐘樓ノ廻轉セル實況ハ第二圖ニ示ス如ク、時計指針廻轉ト同一方向ニ約十度廻轉セリ、〔本委員ガ提出セル庄内地震概報告（震災豫防調査會報告第三號）ニ附セル寫真中ノ第十六號ハ即チ此ノ鐘樓ノ寫真ナリ〕即チ四本ノ柱ノ原位置ハ *a b c d* ニシテ、*a* ナル柱ノ位置ヲ殆ド變ズルコトナク、他ノ三柱ハ各々 *b c d* 迄テ變位セリ」但シ鐘樓ハ五重塔、火見樓トハ異リテ頭部重ク、其重心點高キヲ以テ倒レ易キモノトス又土臺ガ崩レ或ハ柱ト屋根トノ接續個所ガ弱キ爲ニ破壞轉倒セルモノ濃尾地震ニ於テモ往々其例ヲ見タリ

查會報告第二十八號第五十一、五十二、五十三頁参照)

此ノ烟突ノ截面ハ圖形ニシテ總高サハ百尺ナリ、根本ニ於ケル(截面)ノ外經ハ十三尺四寸ニシテ頂上ニ於ケル外經ハ七尺二寸ナリ、又「セントル、ヲフ、バトカッション」ノ地面ヨリノ高サ(ハトス)ハ五十四尺四寸ニシテ其重心點ノ高サ(γトス)ハ三十三尺九寸ナリ、故ニ此ノ烟突ヲ全體ニ轉倒スルニ必要ナル激動ノ最小價値(2aトス)ハ(2)式ニ依リテ次ノ如クナル(底面ノ半徑xハ六尺七寸ナリ)

$$2a = \frac{x}{y} \times h = \frac{6.7 \times 54.4}{33.9} = 10.8 \text{ R}$$

即チ王子烟突ヲ轉倒シ得ル水平激動ハ十尺内外ナルベシトノ意義ナリ、此ノ結論ハ勿論非常ニ粗大ナル近算ニ基ツケバ必ズシモ正確ノモノトハ見做スベカラザレトモ先ツ大ナル烟突ハ地震ニテ全體ニ倒サル、コトハ無キモノト見テ誤リナカルベキカ「注意 全體ニ倒スロト、破壊スルコト、混ズベカラズ、破壊即チ烟突ノ挫折セラル、コトハ意外ニ容易ナルモノナリ、又悪シキ膠泥ヲ用井ルガ爲ニ煉瓦片ガ別々ニナリテ殆ド全體ガ崩レ落ツル場合モ少ナカラズトス

九(物體ノ大サガ非常ニ大ナラザルトキ、即チ大地震震動ノ振動期ガ物體自己動搖(Rocking)ノ周

期ニ比シテ短ナラザルトキ) 此ノ場合ハ既ニ本會報告第二十八號第六十四ページニ論シタル如ク(工科大學教師ウエスト氏ノ方法ニ依リテ)

$$a = \frac{x}{y} \times g \quad (3)$$

ナル式ヲ以テ計算スベキモノトス、(3)式中x/y/aノ意義ハ左ノ如シ

物體(正形、即チ直立ノ中央軸ヲ有スルモノト假定ス)ノ底面ノ厚サヲ2xトス「其重心點ノ地面ヨリノ高サヲγトス」ハ此ノ物體ヲ轉倒スルニ必要ナル水平加速度ノ價値、又gハ重力ノ加速度ナリ

(3)式ハ地震動ノ大サガ物體ノ底面ノ大サニ比シテ無限ニ小ナラザルトキニ適用スベキモノナリ、即チ大地震ノ爲ニ石碑、石燈籠等ガ轉倒セル場合ニハ好成績ヲ與フレドモ、非常ニ大ナル物體、例之バ烟突、五重塔等ノ如キモノニハ適用スベカラズトス、又微震弱震ニ於テハ屢々振幅小(例之ベ「ミリメートル」位)ナレドモ振動期ガ短ナルモノ、所謂「小波動」アリテ其最大加速度ハ大ナレドモ此等ノ場合ニ(3)式ヲ適用スルハ不可ナリトス

十(大地震ノトキ轉倒セル物體ト轉倒セザル物體ノ例) 爰ニ大地震ノトキ如何ナル物體ガ轉倒シ又如何

ナル物體ガ轉倒セザルカヲ例示セン爲ニ明治二十四年濃尾大地震ノ際、名古屋及ビ大垣ニ於ケル轉倒物體ニ關スル二三ノ觀察ヲ記ルスベシ「大震ノ當時名古屋、大垣等ニ於ケル震動ノ非常ニ激烈ナリシハ人ノ能ク知ル所ナルベク、全潰セル住家ノ數ハ名古屋ニ於テハ全數ノ百分ノ三、大垣ニ於テハ百分ノ八十二達セリ

ガ少シク西方ニ傾斜セリ山門モ亦白壁ノ落ツル程ノ被害ニ止マリシガ全體ニ一寸五分西方ニ移動セリ
左表ニ本寺ニ於ケル石碑ノ觀察中ヨリ地震震動ノ強サニ關スル分ノミヲ抄出ス表中第四段目ニ與フルハ(3)式ニ依リテ計算セル)其レ等ノ石碑ヲ轉倒スルニ必要ナル水平加速度ニシテ秒ト「ミリメートル」ヲ單位トス(他ノ場合ニ於ケルハモ同一ノ意義ヲ有ス)

大光寺ニ於ケル石碑ノ觀察

長方形ニシテ其邊南北ニ並行ス	同	同	同	同	同	方形	截面ノ形狀	「截面ノ大サ」 「センチメートル」	「高さ」 「センチメートル」	「一秒ニ付キ」 「ミリメートル」	記 事
厚幅二十	同	同	三十三	同	同	三十	「截面ノ大サ」 「センチメートル」	七十六	同	三千九百	轉倒セズ
七十五	九十六	同	九十二	同	同	三千五百	「高さ」 「センチメートル」	同	同	同	轉倒セズシテ其臺坐石(厚サ二十四「センチメートル」 四十七「センチメートル」角)
(二千七百 但東西ノ方向ニ關ス)	三千四百	同	三千五百	同	同	同	「一秒ニ付キ」 「ミリメートル」	同	同	同	ト共ニ五度時計指針進行ノ方向ニ廻轉セリ
西方ニ轉倒ス	轉倒セズシテ二、五「センチメートル」西方ニ移動ス	轉倒セズシテ三十度時計指針進行ノ方向ニ廻轉ス	轉倒ス	同	同	同	「一秒ニ付キ」 「ミリメートル」	同	同	同	ト共ニ五度時計指針進行ノ方向ニ廻轉セリ

○大光寺「市ノ北部ニアリ本堂ハ格別ノ被害トテハ無カリシ

同	厚幅 三十九	七十八	(二千四百 但シ同前)	同前
同	厚幅 三十四	七十五	(三千三百 但シ同前)	同前

以上ノ諸石碑ノ邊ハ皆ナ東西、南北ノ直方向ニ面セルモノナ
告第二十八號、濃尾地震調査報文中ニ載セタリ、且ツ此ノ場
合ニハ附近ニ堀、斷崖等ノ類ニシテ震動ノ方向及ビ震動ヲ變
ゼシムベキ地形ハ一モ無シ

○建中寺(市ノ東北隅ニアリ)寺院ハ壯麗ノ建築ナルガ少シモ
震害無カリキ、數多ノ大ナル石碑及ビ圓柱形ノ臺ヲ有スル數
百個ノ石燈籠アリタレバ地震動ノ方向及ビ震度ノ強サヲ計算
スルニ非常ノ好材料ヲ與ヘタリ(方向ニ關スル觀察ハ本會報
ノミヲ抄出ス)

建中寺ニ於ケル石碑ノ觀察

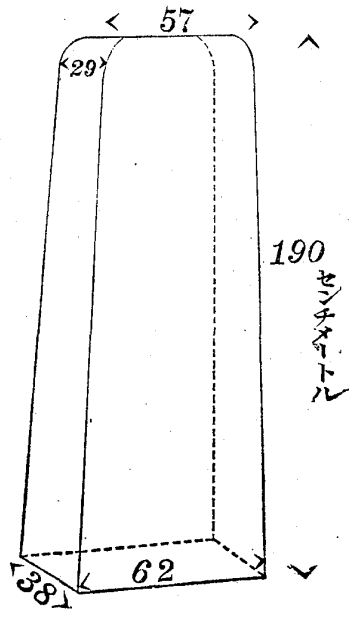
截面ノ形狀	「截面ノ大サ センチメートル」	「高サ センチメートル」	α (一秒ニ付キ 「ミリメートル」)	記事
方形	二十四	五十九	四千	轉倒セズ
同	同	同	同	同
同	十九、五	九十二	二千百	東方ニ倒ル
同	十八	七十一	二千五百	西方ニ倒ル
圓形	直徑三十九	九十二	三千三百	東十度南ニ倒ル
長方形 (長邊ガ南北ニ 平行スルモノ)	厚幅 五十二 二十九	百八	(二千六百 但シ東西ノ方向ニ關ス)	凡テ九個アリ、内一個ノミ倒レ他ハ轉倒セズ

長方形(長邊ガ東、西ニ並行スルモノ)	同	同	(二千六百、但シ南北ノ方向ニ關ス)	倒ル
同(長邊ガ北二十度、東、南二十度、西ニ並行スルモノ)	幅二十一	七十四	(二千七百、但シ面ニ直角ニ倒ストキノモノ)	凡テ五個アリ、内二個ノミ倒レ、他ハ轉倒セズ

(石碑ノ位置ニ就キテ別ニ注意書キテ加ヘザル分ハ其ノ四邊ガ各々東西南北ニ面スルモノト知ルベシ)

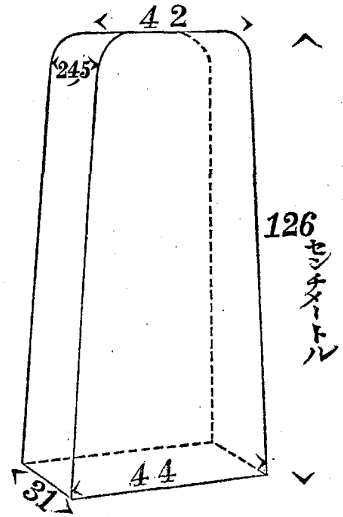
○萬松院(市ノ南部ニアリ)此ノ寺ニ於ケル石碑轉倒ノ觀察二三ヲ記ルセバ左ノ如シ

圖三第



第三圖ノ如ク高サ百九十「センチメートル」底面ノ厚サ三十八「センチメートル」ノ大石碑、九個アリ、内一個ハ其ノ長邊東西ニ並行スルモノニシテ轉倒セリ、他ノ八個ハ其長邊南北ニ並行ナリシガ六個ハ轉倒シ、殘リノ二個ハ轉倒セズシテ時計指針進行ノ方向ニ各々二十五度及ビ十度ツ、廻轉セリ」(3)式ニ依レバ此等ノ石碑ヲ其長邊ニ直角ニ倒スニハ一秒ニ付キ二千百「ミリメートル」ノ水平加速度ヲ要ス

圖四第



第七個アリ、内一個ハ其ノ長邊東西ニ並行ナリシカ南方ニ倒ル他ノ六個ハ其ノ長邊南北ニ並行ナリシガ内三個ハ轉倒セズシテ時計指針進行ノ方向ニ各々四十度、五十五度及ビ四十五度ツ、廻轉セリ」(3)式ニ依レバ此等ノ石碑ヲ倒スニ要スル水平加速度ハ一秒時ニ付キ二千五百「ミリメートル」ナリ
當寺ニ於ケル他ノ震度ノ強サニ關スル觀察ヲ左ニ記ルス

第四圖ノ如ク高サ百二十六「センチメートル」、底面ノ厚サ三十一「センチメートル」ノ大石碑、

方形	二十三	六十	三千八百	倒レズシテ時計指針進行ノ方向ニ三十五度回轉ス
同	二十二	七十二	三千	倒ル
同	二十五	六十五	三千八百	南ニ倒ル
長方形 (長邊ハ東西ニ並行ス)	厚 十二 幅 二十四	五十	二千七百 (但シ南北ノ方向ニ關スルモノ)	其面ニ直角ニ倒ル
同 (長邊ハ南北ニ並行ス)	厚 三 幅 二十五	九十五	二千三百 (但シ東西ノ方向ニ關スルモノ)	同

十一(人為地震臺實驗) 左記ノ場合ハ本會報告第二十

八號人爲地震試驗報告中柱狀物體轉倒ノ條ヨリ抄出セルモノナリ

木製(中空)箱、截面ハ正方形ニシテ其ノ各邊ノ大サハ二百四十二「ミリメートル」、高サ四百八十四「ミリメートル」ナリシガ地震臺ノ呈シ得ベキ最強水平振動ヲ以テスルモ轉倒セシムルヲ得ザリキ、即第一回ノ試験ニ於テハ地震臺ノ水平實動百十九「ミリメートル」、往復振動期〇、五一秒ニシテ其最大加速度一秒ニ付キ九千「ミリメートル」ニ及ビ第二回ノ試験ニ於テハ水平實動百二十「ミリメートル」、往復振動期〇、四七秒ニシテ最大加速度一萬七百「ミリメートル」ニ及ビタルモ此ノ柱狀物體ハ遂ニ倒レザリキ

因ニ記ルス、地震動ヲ以テ物體ヲ轉倒スルハ物體ノ比重ニハ關セザルコト、即チ柱ノ質ハ木ナルモ、或ハ煉瓦、或ハ鐵ナルモ、敢テ轉倒ノ現象ニ異ナルコトナキノ例ハ既ニ本會報告第二十八號中ニ述ベタル所アリ

此ノ如キ實驗及ビ第十章ニ與ヘタル例ヨリ見レバ大地震ノ際轉倒セラレベキ物體ノ大サヲ多少推知シ得ベキナリ

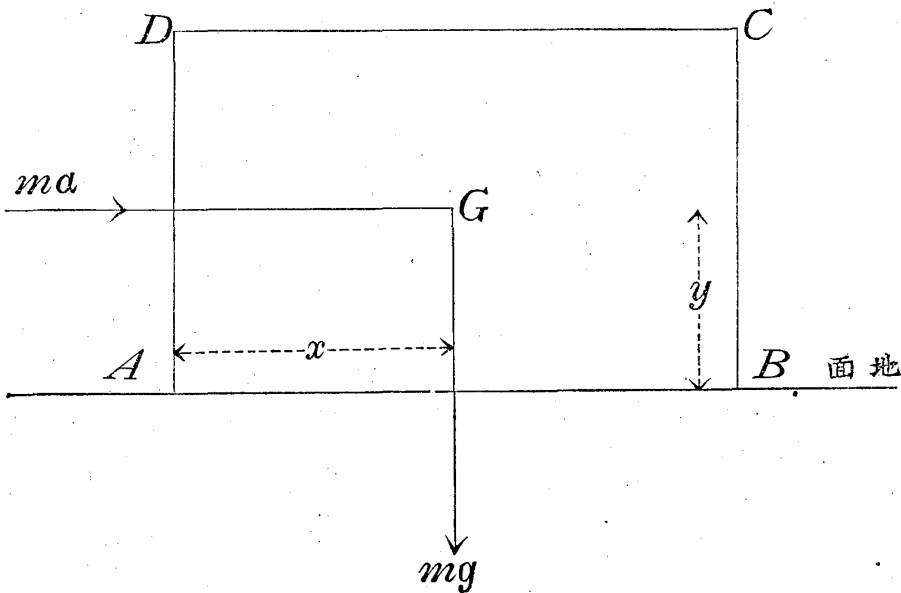
- (1) (2) 式及ビ (3) 式ノ使用方ニ此等ノ式ヲ大地震ニ適用セントスルニ當リテ柱狀物體ノ底面ノ厚サガ約一尺以下ナルトキハ
- (3) 式ヲ使用シテ可ナルベク、又物體全面ノ大サ約一尺ヨリ大ナル場合ニハ (1) (2) 式ヲ使用スベキモノナラント思ハル

物體ノ移動

十二(物體ノ轉倒ト移動) 一物體ガ地上ニ安置セラレ

タル場合ニ地震動ハ如何ニ強キモ轉倒セズシテ單ニ移動セル
 コト往々之レ有ル所ナリトス、爰ニ轉倒ト移動トガ生ズル有
 様ヲ吟味スベシ

第五圖



重力ノ加速度ヲ g トシ柱ノ重量ヲ mg トス又地震動(水平動ノ
 ミト假定ス)ノ加速度ヲ a トスレバ ma ナル力ガ G 點ニ於テ物

(第五圖) Δ
 BODハ
 摩軌アル
 水平面AB
 上ニ安置
 セラレタ
 ル一ノ直
 形柱ニシ
 テ G ヲ其
 重心點ト
 シ、底面
 ABノ厚サ
 ヲ $2x$ トシ、
 柱ノ高サ
 ヲ $2y$ トス

體ニ水平ニ働クモノト見做シ得ベシ
 今 ma ナル力ガ物體ヲ殆ト轉倒セントスル有様ニアリト假定ス
 レバ物體ハB點ヲ中心トシテ回轉セントスベシ、即チB點ニ
 於テハ壓力(P トス、下向ニ働ク)及ビ摩軌(S トスBAノ方向ニ
 働ク)アリテ次ノ如キ關係トナル

$$P = mg$$

$$mag = mg\alpha; \text{即チ } \alpha = \frac{x}{y} \times g$$

$$S = ma = mg \times \frac{x}{y} \quad (4)$$

然ルニ S ハ摩軌ナレバ無限ニ大ナルヲ得ズ、即チ μ ヲ摩軌ノ
 係數トスレバ $S \leq \mu mg$ ヨリ大ナルコトヲ得ザルモノトス、從テ
 (4)式ニ依リテ、 $\frac{x}{y}$ ナル比ガ μ ヨリモ大ナルトキハ以上ノ
 關係ハ成立セズシテ、物體ハ倒ル、コト能ハザレバABノ方向
 ニ移動ヲ始ムベシ換言スレバ α ガ g ニ比シテ大ナルトキ、
 即チ物體ガ偏平ナル形狀ヲ有スルトキハ地震ノ爲ニ轉倒セラ
 ル、コトナクシテ(地震動ガ充分強キ場合ニハ)移動セラルベ
 シ、激震區域ニ於テ石碑、山門、土藏、納屋、家屋等ノ屢々原
 位置ヨリ移動スルハ此ノ理ニ依ルモノナルベシ
 次ニ余ガ觀察シタル物體移動ノ現象中ニテ最著シキ二三ノ例
 ナ明治二十四年十月二十八日濃尾地震、及ビ明治二十七年十
 月二十二日庄内地震ノ場合ヨリ録出スベシ

十三、石燈籠移動ノ例(濃尾地震)

美濃國根尾谷神所村 同村道路傍ニテ春日神社前ニ二基ノ石燈籠アリ(第六圖甲)共ニ圓柱狀ノ臺ヲ有スル能キ構造ノモノナリシガ、其震害ヲ受ケタル狀況ハ實ニ地震動ノ非常ニ激烈ナリシヲ證セリ、即兩基トモ地ニ埋メ込ミタル臺石ヲ除クノ外ハ凡テ搖リ飛バサレテアリキ

右ノ内一基ノ石燈籠(第六圖乙)ニ於テハ圓柱及ビ其ノ以上ノ部分ハ北八十度西ノ方向ニ拋出セラレシガ臺石二枚B及ビC(共同ニ動キシナルベシ)ハ西北ニ移動シテ、Bノ重心點ガ原位置ヨリ移動スルコト二呎六吋ニ及ビテ地ニ埋メ込メル最下ノ臺石Aヨリ殆ト全ク外ル、ニ至レリ

他ノ一臺ノ石燈籠(第六圖丙)ノ圓柱及ビ其ノ以上ノ部分ハ不規則ニ東北方ニ拋出セラレシガ、笠石ノミハ東方ニ拋ケラレテアリキ、此ノ場合ニハ二個ノ臺石(B'及ビC')ハ殆ド反對ノ方向ニ移動セリ即チ上ノ石臺(O')ハ北三十五度西ニ拋出セラレテ顛覆シ、下ノ臺石(B')ハ二片ヨリ成ルモノナリシガ、共ニ南四十度東ニ拋出セラレテ其中央點ハ原位置ヨリ四十「センチメートル」移動セルコト、ナル「C」石ノ中央點モ亦原位置ヨリ三十八「センチメートル」以上移動セルモノトス

○根尾谷中村 中村ノ東手ナル山中ニ小ナル一祠アリテ東方

ニ潰ル、其祠前ニ二基ノ角柱ヲ有スル同様ナル石燈籠(第七圖甲)アリテ共ニ著シキ震害ヲ受ケタリ

一基ノ石燈籠(第七圖乙)ノ角柱ハ西ニ拋ケラレタルガ其上部ハ東ニ拋出セラレタリ、但シ此等ノ方向ハ臺石ノ邊ニ直角ニハアラザルモノトス(基石ノ邊ハ北三十度西、南三十度東、及ビ東三十度北、西三十度南ニ並行セリ)、角柱ノ下ノ臺石Bハ西南西ノ方向ニ夥シク移動シテ其ノ中心ガ原位置ヨリ移動セルコト一呎三吋以上ノ距離ニ及ビタレバ最下ノ臺石A(地中ニ埋メ込ミアルモノ)ノ上ヨリ殆ド全ク外レントスルニ至レリ

他ノ一基ノ石燈籠(第七圖丙)ノ角柱並ニ其ノ上部ハ凡テ東方ニ例レタルガ角柱ノ下ノ基石B'ハ基石A'ノ上ニ於テ西方ニ移動スルコト九吋ニ及ベリ

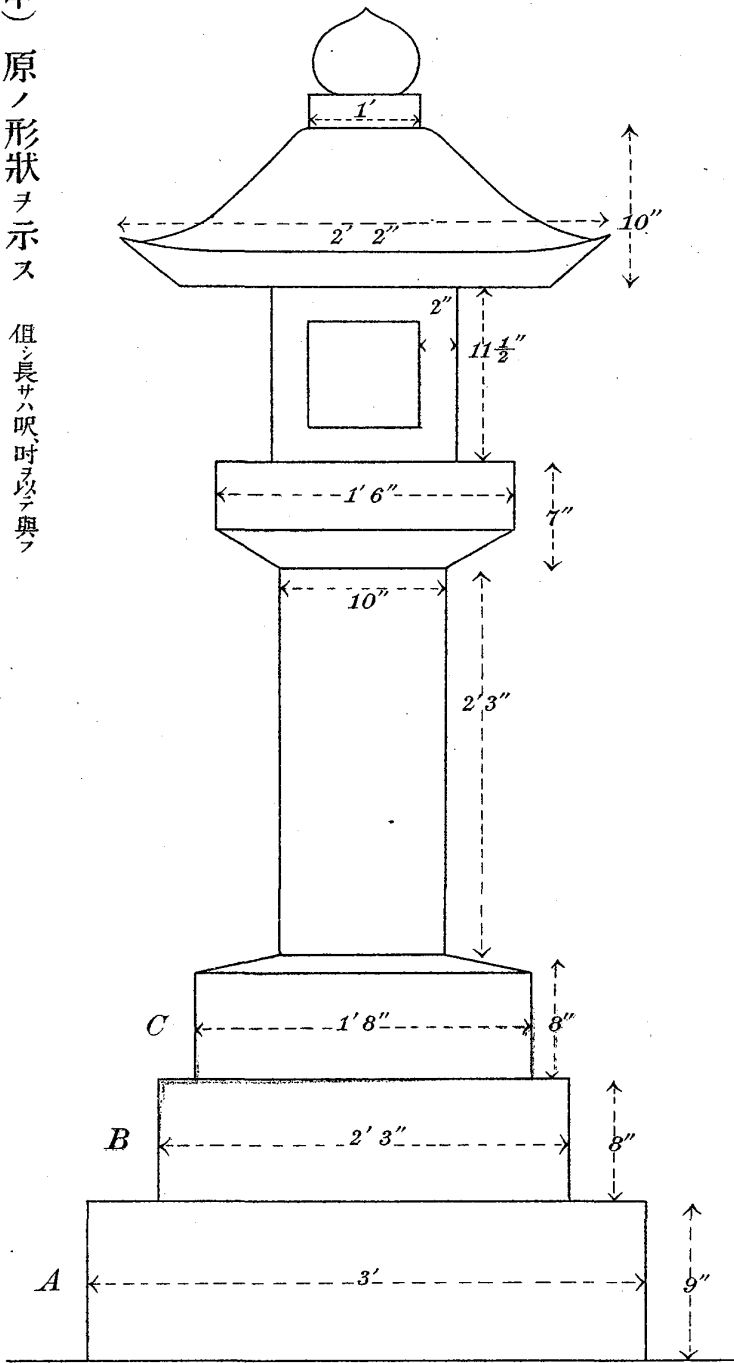
此等兩基石燈籠ノ拋出セラレタル方向ハ山ノ坂下ニ向フコトナクシテ却テ同高線ニ並行ナレハ此ノ場合ニハ震動ノ方向ガ坂地ノ影響ヲ受ケタルコト無キモノト見テ可ナリ

十四、山門及ビ納屋ノ移動ノ例(濃尾地震)

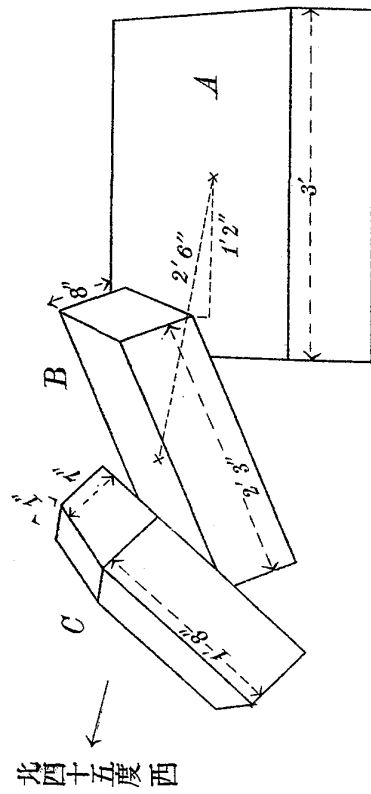
○根尾谷金原村 金原村ハ前記ノ神所村、中村等ト同シク根尾谷中ノ最激震部ニ屬シテ著シキ地裂線アリテ家屋及ビ寺院ハ悉皆全潰トナリテ僅カ山門一個ノミ全キヲ得タルニテアリ

(乙,甲) 圖六第
籠燈石ノ村所神谷尾根國濃美

(甲) 原ノ形狀ヲ示ス
但シ長サハ呎時ヲ以テ與フ



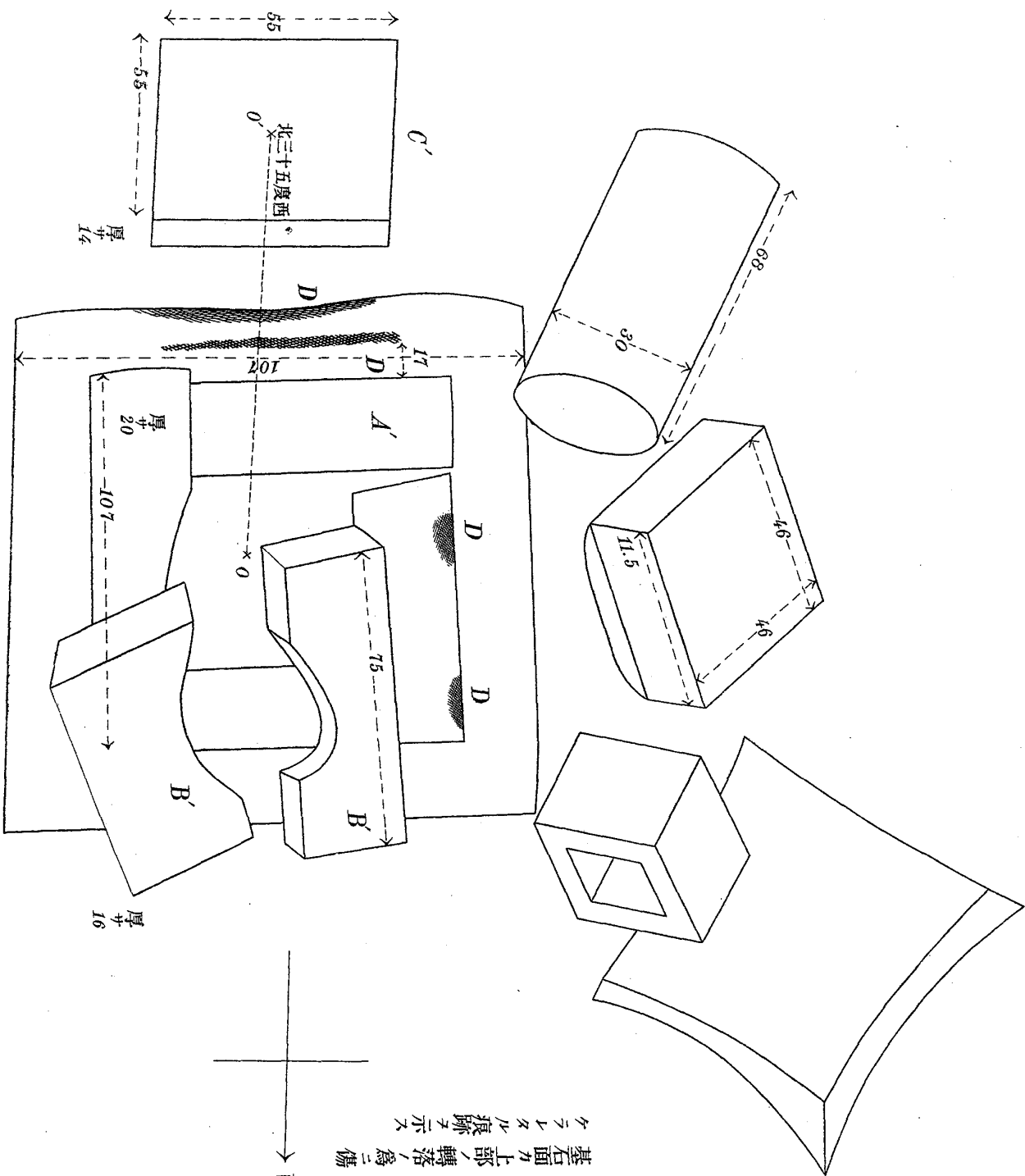
(乙) 震害ノ有様 臺石B及Cノ移動ノ圖
(但シ長サハ呎時ヲ以テ示ス)



第六圖 (丙) 美濃國根尾谷神所村石燈籠震害ノ圖

(但長サセシキトモニ興之)
 〇ハ基石ノ中心ニシテ
 ハ石ノ中心ナリ(移動後)

DDDD三陰影ヲ施シタル
 基石面カ上部ノ轉落ノ爲ニ傷
 ケリタル痕跡ヲ示ス
 南四十度東

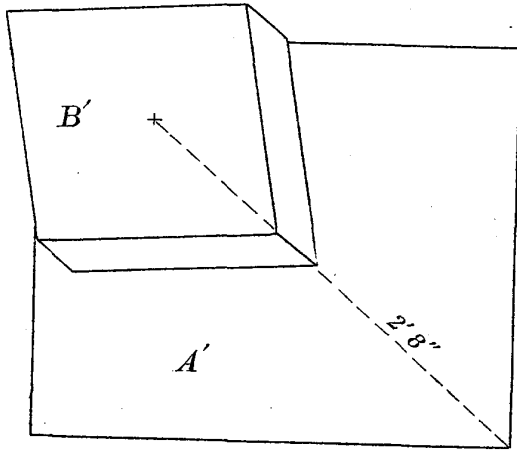


圖七第

個二籠燈石ノ村中谷尾根國濃美

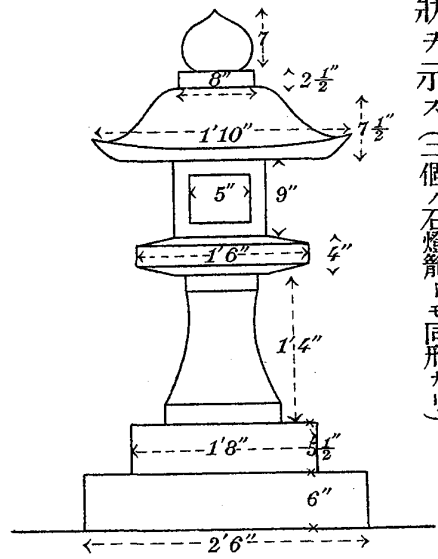
ス示テ以テ吋、呎テ凡ハサ長

西

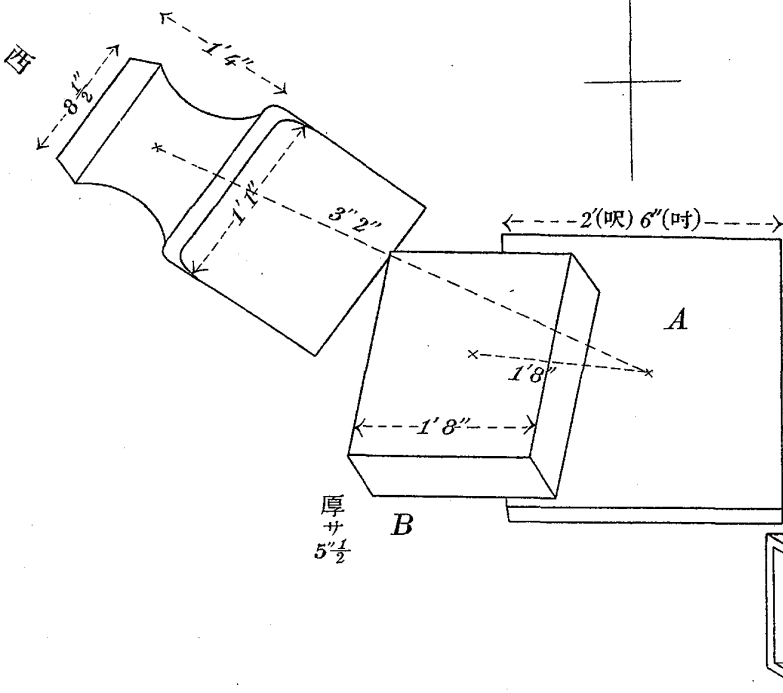


(丙) 一個ノ石燈籠ノ臺石
ガ移動セル様ヲ示ス

(甲) 原ノ形狀ヲ示ス (二個ノ石燈籠トモ同形ナリ)



北三十度西

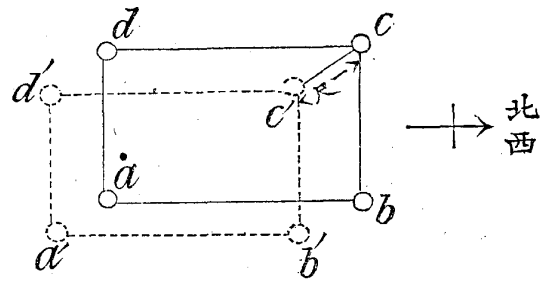


(乙) 一個ノ石燈籠ノ臺石等
ガ移動セル様ヲ示ス

キ此ノ山門(第八圖甲)ハ高サ凡ソ二間ノ太キ樫柱六本ヨリ成
 リ屋根ハ普通ノ山門トハ異ニシテ輕キ瓦葺ナリ、各柱ノ根本
 ハ丸キ座石(第八圖乙)ニ乗セ置カレタルモノニシテ土臺石ハ
 平タキ角石ナリ、大地震ノ爲ニ屋根ノ端ニ近キ所ヨリ瓦ノ落
 チタルモノ有リシノミニテ他ニ損シハ無カリシカドモ山門ハ
 全體ニ殆ド其ノ對角線ノ方向ニ於テ東南東ニ三尺ノ距離ニ迄
 移動セリ(第八圖丙)而シテ此ノ移動ハ判明ニ地面ニ印セラレ
 タル柱ノ根跡ヨリ見レバ次第ニヅリ動キタルニアラズシテ二
 回ノ拋射運動ヲナシタル結果ナルコト疑ヲ納レズ、即チ(第八
 圖丁)ニ示ス如ク此ノ山門ハ最初ノ拋射ニ依リテ既ニ其最終
 ノ位置ニ近ク變位セルモノトス、丸キ座石モ同シク移動シタ
 レドモ皆其ノ舊位置ニ近キ所ニ移動シテアリタルガ、柱ノ一
 個ハ移動シテ偶然ニモ其ノ隣柱ニ屬シタル座石ノ上ニ乘リ掛
 リテ其ノ座石ノ全體(即チ厚サ五寸)ヲ土中ニ埋込ミタリ此等
 ノ現象ハ金原村ニテ水平上下兩動ガ非常ニ激シカリシヲ示ス
 モノナリ

○根尾谷大井村 大井村外レノ道路ノ傍ニテ岩石ノ山腹ニ切
 リ開キタル小ナル平地ニ一軒ノ納家アリ、(第九圖)間口三
 間奥行二間ニシテ四本柱ヨリ成リ、屋根ハ藁葺ナリシガ格別
 被害無クシテ全體ノ建テ物が臺石ヨリ外レテ北六十度西ノ方

第九圖



北西

根尾谷 向ニ一尺移動セリ而シテ能ク地面
 大井村ヲ驗スルニ此ノ移動ハ一回ノ拋射
 小屋畧 運動ノ結果ナリト覺シク、移動シ
 圖解 (平圖)タル柱ハ一寸程土中ニ埋レテア
 a/b/c/ d'/b'/c'/ 更ニ無カリキ
 ノ原位置ニシ
 テa/b/ c/d/ 其ノ移動セル
 位置ヲ示ス

○羽前國飛鳥村 飛鳥神社ノ附近
 ニテ間口十間、奥行五間ノ塗リ家

十五、(家屋移動ノ類(庄内地震))

一軒アリ其ノ長軸ハ南三十度西、北三十度東ニ並行セルモノ
 ナルガ、全體ニ南八十五度西ノ方向ニ一尺七寸移動セリ」因
 ニ記ルス飛鳥村ハ庄内地震ノ最激烈震區域ノ内ニアリ

十六、第十三章乃至第十五章ニ舉ゲタルハ地震動ノ最激ナ
 ル地方ニ於ケル物體移動ノ例ナレバ寧ロ極端ノ例ト見做スベ
 キモノナレドモ此等テ既ニ前ニ記ルセル名古屋、大垣等ニ於
 ケル觀察ト比較スレバ石、煉瓦或ハ木造ノ家屋等ガ大地震
 ノ爲ニ其基礎ヨリ移動スル大サヲ凡ソ推定スルヲ得ベカラシ
 カ

明治三十三年五月七日認ム