

建築物ノ耐震ニ就テ

會員 東 福 寺 正 雄

内 容 梗 概

本編ハ先ヅ地震ノ建築物ニ及ボス影響ヲ論ズルニ當リテハ單ニ地震其ノ物ニ強弱ヲ考フルノ外ニ建築物ノ構造若シクハ其ノ基礎ノ状態ヨリ起ル建築物ノ自己震動ヲ考察スルノ必要アル所以ヲ述ベ次ニ運動學上ヨリ各種建築物ノ自己震動ヲ論ジ更ニ地震ノ際ニ於ケル各種建築物震動ノ状態ヲ論ジ尚ホ地震ニ對シテ安全ナル建築物撰定ノ標準ヲ學ケ終リニ震動ノ理論ト一般ノ材料及構造學トヲ經緯トシテ建築材料撰定ノ標準及ビ耐震建築トシテ必要ナル構造上ノ要件等ヲ説述シタルモノナリ

緒 言

大正十二年九月一日午前十一時五十八分東京神奈川千葉埼玉靜岡ノ各府縣ニ亘リ地大ニ震ヒ家屋ノ倒壞頗ル多ク伴フニ火災ヲ以テシ東京横濱ノ兩市ヲ灰燼ニ歸シ死傷者數十萬罹災總人員ハ實ニ數百萬ノ多キニ達シ百有餘億ノ財ヲ失ヒ其ノ慘害ノ酷烈ナル真ニ古今ニ絶スト稱セラル

今ヤ之レガ復舊再建ヲナスガ爲ニ舉國一致獻身の努力ヲ必要トスルノ時ニ當リ吾人技術者タルモノハ各々其ノ智能ヲ傾クテ研究ニ研究ヲ重ネ討議ニ討議ヲ盡クシテ完全ナル耐震耐火ノ帝都ヲ建設シ以テ今日ノ慘禍ヲ再ビセザルノ用意ヲ要スルコト論ヲ俟タズ

由來我が國民ハ頗ル謙讓ノ美德ニ富ミ自ラ意見ヲ抱懷スル場合ト雖モ多クハ先輩大家ニ憚リテ沈黙ヲ守ルヲ常トシ甚ダ

シキハ工事計畫ノ遺漏ニヨリテ人命ニ關スルガ如キ大事故ヲ出來シタル場合ト雖モ尙ホ且ツ設計者ニ憚リテ其ノ原因ヲ究明シテ世ニ警告スルモノナカリシガ如キ其ノ例ニ乏シカラズ
斯クノ如キハ一面ニハ極メテ美風トシテ稱揚スルニ足レリト雖モ一面ニハ學術ノ發達ヲ阻碍シ國家民人ノ不利ヲ醸ス場合モ亦少カラズ

故ニ學術上ノ問題ニ關シテハ時ニ或ハ謙德ヲ傷クルノ嫌アルヲモ忍ビ各自ノ覆藏ナキ意見ヲ吐露スルヲ要スルハ洵ニ已ムヲ得ザル所ナリトス就中今回ノ如キ非常ノ時ニ際シテハ貴賤老若ヲ問ハズ苟クモ意見ノ存スルアラバ遺漏ナク其ノ抱懷スル所ヲ發表シ忌憚ナキ討議ヲ盡クシ以テ最良ノ結論ニ到達スルヲ期セザルベカラズ

是レ著者ガ自ラ不敏ヲ願ミズ敢テ本編ヲ草シ以テ識者ノ教ヲ乞ハント欲スル所以ナリ諸君子希クハ著者ノ僭越ヲ恕シ導クニ其ノ蘊蓄スル所ヲ以テセラレノコトヲ

從來建築物ノ耐震力ヲ考察スルニ當リテハ單ニ建築物ノ質量ト地耐ノ水平加速度トヲ相乘シテ之レヲ地震ニヨリテ起ル水平力ト見做シ一切ノ解法ハ盡ク靜力學ノ法則ニ從ヒ全ク風壓力ト同一ニ處理セラレタルガ如クナルモ斯クノ如キハ建築物ノ各部分ト地表面トハ全然齊一ナル震動ヲナスベキ事ヲ前提トシテ始メテ成立シ得ル所ニシテ建築物ノ各部分ガ皆理想的完全剛體 (Perfect rigid body) ニヨリテ構成セラルルニアラザル限り實現シ得ベキモノニアラズ

然ルニ完全剛體ナルモノハ建築材料トシテ世ニ其ノ存在ヲ認メ難キノミナラズ現時ノ建築工法ハ亦大ニ構造上ノ剛性ヲ缺ケルヲ以テ上記ノ前提ニ適合スルガ如キモノ殆ド絶無トモ稱スベキガ故ニ著者ハ敢テ次ノ斷定ヲナスニ憚ラザルモノナリ

現時ノ建築物ノ多クハ從來ノ耐震力算定法ト適合セズ隨テ計算ノ結果ハ殆ド信賴ニ値セザル場合多シ
故ニ吾人ハ帝都復興ニ先立ち耐震建築學ノ確立ヲナスノ必要ニ迫ラレ而カモ其ノ事タル難事ト難事ニ屬シ寢食ヲ廢シテ之レニ從フモ尙ホ其ノ及バザランコトヲ恐ル、モノナリ

是ニ於テ全國ノ學者技術者等盡ク奮起シテ研究ニ當リ速カニ此ノ難問ヲ解決シ國民ヲシテ屋下ニ枕ヲ高ウスルヲ得セシメラレノコト切望シテ已マザル所ナリ

第一章 自己震動研究ノ必要ト建築物ノ分類

普通ノ建築物ニ於テハ地震其ノ他ノ原因ニヨリテ水平力ヲ發生スルトキハ其ノ部分ニ應力ヲ生ズルト共ニ各部ニ變形ヲ生シ隨テ建築物全體トシテハ彎曲又ハ傾斜ヲ生シ上下各部分ノ間ノ幾何學的關係ニ變動ヲ來スベキハ勿論ナリ而シテ其ノ原因ガ風壓等ノ如ク一定方向ヲ有スル純外力ナルトキハ其ノ變形ノ爲メ何等外力ニ影響ヲ生ズルコト無カルベキモ地震ノ場合ニ於テハ水平力發生ノ原因ハ自己ノ質量並ニ加速度ナルガ故ニ各部分ノ間ノ幾何學的關係ノ變動ハ上下各部分ノ間ノ震動ヲ不齊一ナラシムルノミナラズ應力變形ノ結果ハ彈性的反撥力ヲ伴フガ故ニ茲ニ建築物各部ノ間ニハ彈性的自己震動ヲ誘發シ爲ニ益々各部分ノ間ノ運動ヲ不齊一ナラシメ隨テ建築物ノ上部ハ其ノ下部ト其ノ加速度ヲ齊一ニセザルノ結果トシテ同一質量ニ對スル水平力モ其ノ位置ニヨリテ同一ナラザルニ至リ茲ニ從來ノ算定法ヲ根本的ニ覆スニ至ルベシ

而シテ單ニ應力變形ニヨリテ起ル幾何學的關係ノ變動ノミヲ觀察スルトキハ唯上部ノ運動ガ下部ニ伴ハザルニ過ギザルガ故ニ上部ノ水平力ハ下部ヨリ小ナルノ結果トナリ從來ノ算定法ハ稍安全ニ過グルノミナルヲ以テ何等ノ危惧ヲ要セズト雖モ自己震動ニ於テハ大ニ其ノ趣ヲ異ニシ時トシテ上部ハ下部ニ數倍スルガ如キ大震動ヲ起スガ如キ場合モ必ズシモ絶無ト斷スルコト能ハズ

故ニ耐震建築學ノ研究ニ當リテハ是非其ノ建築物ノ自己震動ヲ考察スルノ必要アリ

仍テ著者ハ先ヅ理論的研究ニヨリテ各種建築物ノ自己震動ヲ論シ其ノ一般の傾向ヲ闡明セント欲ス

然レドモ精嚴一毫ノ差違ヲモ許シ難キ科學的理論ハ到底紙上ノ研究ノミヲ以テ完成シ得ベキニアラズ實驗ニヨリテ其結果ノ當否ヲ檢證シタルノ後ニ於テ始メテ信頼ノ價值ヲ生ズルモノナレバ實驗ノ結果ヲ伴ハザル本論ノ如キハ殆ド無價値

ニ等シキモノナリト雖モ時期ノ重大ナル之レガ完成ヲ俟ツノ暇ナク之レヲ公表シテ以テ世人ノ參考ニ供スルモノナリ
 次ニ建築物ノ分類法ハ幾多ノ方法アルベシト雖モ著者ハ震動ノ方面ヨリ觀察シテ之レヲ次ノ二種ニ分クトス

I 剛性 (Rigid) 建築物

2 彈性 (Elastic) 建築物

剛性建築物トハ其ノ建築物ガ外力ヲ受クルニ際シ其ノ破壊ヲ來スニ至ルマデ其ノ形狀ヲ變ゼザルモノヲ云ヒ彈性建築物
 トハ外力ヲ受クルトキハ其ノ形狀ヲ變ズレドモ外力去ルトキハ其ノ建築物内部ノ彈性ニヨリテ容易ニ原形ニ復スル如キ
 モノヲ云フ

次ニ又震動ノ方面ヨリ建築物ノ基礎ヲ分チテ

I 浮游基礎

II 絶縁基礎

III 固定基礎

ノ三種トス

浮游基礎トハ建築物ニ外力ノ作用スル場合ニ其ノ基礎面ハ或ハ傾キ或ハ移動スルモ外力去ルトキハ地盤ノ浮力ニヨリテ
 容易ニ原形ニ復スル如キモノヲ云ヒ絶縁基礎トハ建築物ト基礎トノ間ニハ全然連結作用ヲ缺キ建築物ハ單ニ基礎上ニ据
 エ置カルルニ過ギザル如キモノヲ云フ隨テ絶縁基礎上ニアル建築物ハ外力ノ之レニ加ハル時ハ或ハ其ノ基礎面ニ沿ヒテ
 滑動シ或ハ又基礎面ヲ離レテ傾斜轉倒シ得ルモノナリ固定基礎トハ建築物ニ外力ノ作用スルニ當リ其ノ破壊スルニ至ル
 マデ建築物ノ基底ハ基礎面ニ固着シテ變ゼザル如キモノヲ云フ

第二章 建築物ノ自己震動

前章ニ於テ分類セル建築物ノ内剛性建築物ハ建築物自體ノ構成上何等ノ自己震動ヲナサザルハ論ヲ俟タザル所ナリト雖

モ其ノ浮游基礎又ハ絶縁基礎上ニアル場合ニ於テハ基礎面ノ浮動又ハ建築物ノ基底ト基礎トノ分離ニヨリテ一種ノ自己震動ヲナスコトヲ得ルナルベシ

彈性建築物ハ固定基礎上ニアル場合ト雖モ尙ホ且ツ其ノ固有ノ彈性ニヨリテ自己震動ヲナスコトヲ得ベシ
依リテ著者ハ問題ヲ簡單ナラシムル爲ニ自己震動ヲ分類シテ次ノ三種トス

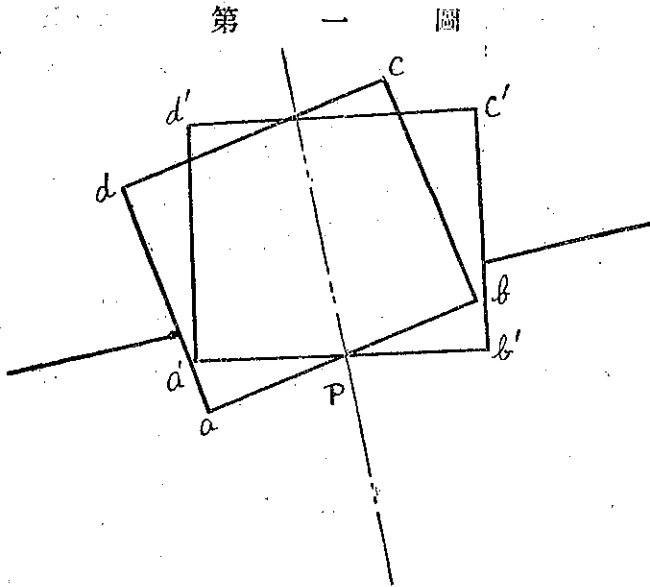
- 1 浮游基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ自己震動
- 2 絶縁基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ自己震動
- 3 固定基礎上ニ於ケル彈性建築物ノ自己震動

而シテ浮游基礎或ハ絶縁基礎上ニ於ケル彈性建築物ノ震動ハ1或ハ2ト3トノ結合トシテ之レヲ觀察セント欲ス

第一 浮游基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ自己震動

浮游基礎上ニ於ケル剛性建築物ガ何等カノ外力作用ニヨリテ圖上 *abcd* ノ位置ニ傾斜シタル場合ヲ考フルニ其ノ時基礎面ハ浮上力分布ノ状態ヲ變テ地面ノ最モ烈シク壓迫セラレタル左端 *a* ハ浮上力最大トナリ右端 *b* ハ最小トナルベシ而シテ此ノ結果ハ *a* *b* ノ中點 *P* ヲ中心トシテ此ノ建築物ヲ右方ニ廻轉セシメ以テ之レヲ原位置ニ復セシメントスルノ作用アリ

然レドモ前記建築物傾斜ノ結果ハ其ノ重心ノ位置ヲ *P* 點ノ左方ニ移動セシメ隨テ自己重量分布ノ状態ヲ變シテ *a* 端ニ大ニ *b* 端ニ小ナラシムルニ至ルベシ故ニ若シ自己重量分布ノ變化ガ浮上力分布ノ變化ヨリ大ナルトキハ其ノ建築物ハ時ヲ經ルニ從ヒテ益々其ノ傾斜ノ度ヲ増大シテ遂ニ轉倒スルニ至ルベシ是



第一圖

ニヨリテ完全ナル浮游基礎タルノ要件ハ建築物ノ同一傾斜ニ對シ其ノ浮上力分布ノ變化ヨリ起ル廻轉力率ハ重心ノ移動ニヨリテ起ル轉倒力率ヨリ大ナルヲ必要トス

以下ノ記述ニ於テ前記浮上力ノ廻轉力率ト重心ノ移動ニヨル轉倒力率トノ差ヲ便宜上復舊力率ト稱ス

上記浮上力ノ不均一ナル分布ハ其ノ建築物ガ完全ニ原位置ニ復シ終ルマデ繼續シ完全ニ原位置ニ復シ終ルトキハ茲ニ浮上力及ヒ自己重量ノ分布ハ全ク平均ニ復スト雖モ此ノ際ニ當リテハ此ノ建築物ハ既ニ右方廻轉ノ慣性ヲ有シ而カモ他ニ何等ノ制動作用ナスモノナキガ故ニ此ノ建築物ハ其ノ原位置ニ留マルコト能ハズシテ却テ之ヲ過ギテ右方ニ傾キ茲ニ前ト相反シテ浮上力ノ分布ハ右方ニ大ニシテ左方ニ小ナルニ至リ爲メニ左方廻轉ノ力率ヲ生シ其ノ作用ニヨリテ前記ノ右方廻轉ノ運動ヲ沮止シ一定ノ位置ニ至リテ停止シテ $a^2 \sin^2 \theta$ ノ位置トナルベシ

然ルトキハ更ニ浮上力分布ノ不平均ヨリシテ P ヲ中心トシテ左方廻轉ノ運動ヲ起スニ至ルベシ

斯クテ此ノ建築物ハ基礎ノ中點 P ヲ中心トシテ左右ニ反復運動ヲナスニ至ルベシ

然ルニ浮上力分布ノ變化ハ基礎面沈降度ノ變化ニ比例スルハ土壓論ノ示ス處ニシテ基礎面沈降ノ度ハ建築物傾斜ノ度ニ比例シテ變化スベキガ故ニ此ノ際ニ於ケル復舊力率ハ常ニ建築物傾斜ノ度ニ比例シテ變化スベシ

今此ノ廻轉運動ノ中心點 P ノ周リニ於ケル此ノ建築物ノ環動半徑 (Radius of Gyration) ヲ R トシ環動中心點 (中心線上ニアリテ P ヲヨリ R ナル高サノ點) ノ變位 (原位置ヨリノ水平距離) ヲ x トシ又單位ノ變位ニヨリテ起ル復舊力率ヲ m トシ建築物ノ重量ヲ W トセバ

$$\text{環動中心點ニナル } W \text{ ヲ原位置ニ向テ動カサントスル水平力} = \frac{mx}{R}$$

但シ傾斜ノ角度ハ餘リ大ナラザルモノト考フ
然ルトキハ

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{mx}{R}$$

但シリハ重力ノ加速度トス
今便宜上

$$k^2 = \frac{m \cdot g}{W \cdot R}$$

トセバ前記ノ式ハ次ノ如ク記スルヲ得ヘシ

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + k^2 \alpha = 0 \dots \dots \dots (1)$$

(1) ハ此ノ運動ヲ示ス微分方程式ナリ

仍テ之レヲ解クトキハ

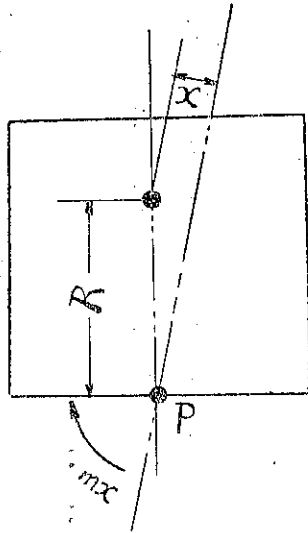
$$\alpha = A \cos kt + B \sin kt \dots \dots \dots (2)$$

但シA及ビBハ隨意定數トス

(2) ヲ微分スルトキハ

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(-A \sin kt + B \cos kt)$$

第二圖



然ルニ始動ノ際ニ當リテハ其ノ速度ハ全ク零ナルベキガ故ニ $t=0$ ナレバ $\frac{d\alpha}{dt} = 0$ ナルベシ

$$\therefore B = 0$$

又始動ノ際ニ於ケル α ノ値ヲ α_0 トセバ $t=0$ ニ對シ $\alpha = \alpha_0$ ナル故ニ

$$A = \alpha_0$$

隨テ(2)ハ次ノ如クナルベシ

$$\alpha = \alpha_0 \cos kt \dots \dots \dots (3)$$

(3) ハ此ノ運動ヲ示ス方程式ニシテ此ノ結果ヨリ見テ此ノ運動ハ即チ調和運動 (Harmonic Motion) ナルコトヲ知リ又ハ其ノ震幅ナルヲ知ル

故ニ浮游基礎上ニアル建築物ガ外力ニヨリテ傾斜セラレタル後其ノ外力去ルトキハ其ノ建築物ハ原位置ノ左右ニ調和運動ヲナシ其ノ震幅ハ外力ニヨリテ與ヘラレタル變位ト同一ナリ

次ニ(3)ヲ書キ換フレバ

$$Iz = \cos^{-1} \frac{x}{a} \dots \dots \dots (4)$$

(4)ニ於テ $a = 0$ ト置クトキハ

$$Iz_0 = \frac{\pi}{2} \dots \dots \dots (5)$$

此ハ建築物ガ始動ヨリ第一回ニ原位ニ至ルノ間ノ時間ヲ示スモノニシテ之レ即チ此ノ運動ノ周期ノ四分ノ一ニ當ルガ故ニ今此ノ周期ヲ表ハスニ P ヲ以テセバ

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{W}{mg} \cdot \frac{R}{g}} \dots \dots \dots (6)$$

仍テ次ノ結論ヲ得ベシ

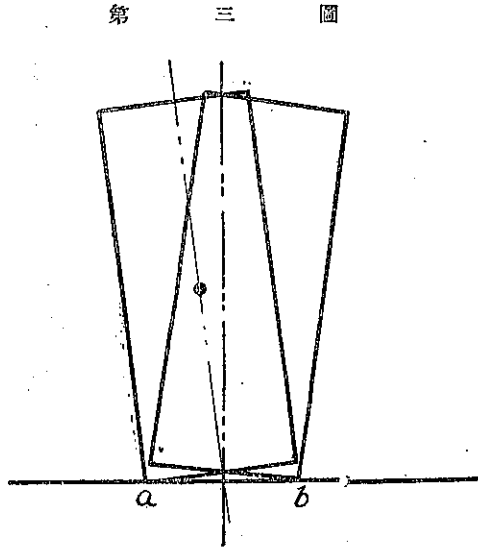
浮游基礎上ニ於ケル建築物ノ自己震動ハ調和運動ニシテ其ノ周期ハ建築物ノ重量並ニ其ノ環動半徑ノ平方根ニ比例

シ又單位ノ變位ニヨリテ起ル復舊力率ノ平方根ニ逆比例ヲナス

第二 絶縁基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ自己震動

絶縁基礎上ニ於ケル剛性建築物ガ何等カノ外力作用ニヨリテ左方ニ傾斜シタル場合ヲ考フルニ此ノ際ニ於テハ其ノ建築物ハ其ノ基底面ノ左端ナル a 點ニ於テノミ基礎面ニ接シ他ノ部分ハ盡ク基礎面ヲ離ルベシ

是ニ於テ重力ノ作用ハ a 點ヲ中心トシテ此ノ建築物ヲ右方ニ廻轉シテ之レヲ原位置ニ復歸セシメントスルノ傾向ヲ起スベシ
 然ルニ此ノ建築物ガ上記ノ重力作用ニヨリテ同轉運動ヲナシテ原位置ニ復シ終ルトキハ茲ニ重力ノ作用ハ全ク終熄スベシト雖モ其ノ際ニ於テハ建築物ハ既ニ右方廻轉ノ運動慣性ヲ有シ爲ニ其ノ位置ニ止マルコト能ハズシテ却テ原位置ヲ過キテ右方ニ傾クベキ事浮游基礎ニアル建築物ト同様ナルベシ

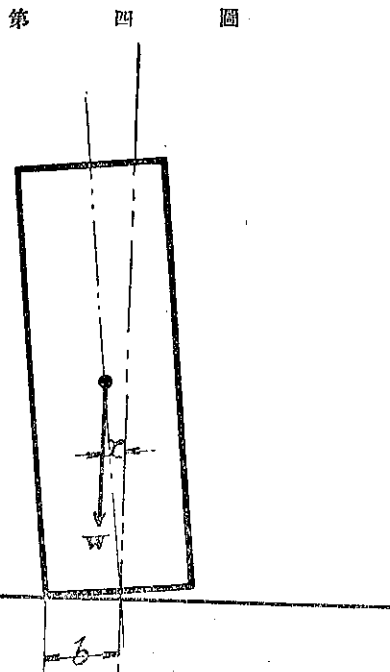


而シテ其ノ一度原位置ヲ過ギテ右方ニ傾クヤ重力ハ底面ノ左端 b ヲ中心トシテ此ノ建築物ヲ左方ニ廻轉セシメントスルノ力率ヲ起スベシ
 是ニ於テ前記ノ右方廻轉ノ運動ハ重力ノ左方廻轉力率ノ爲メニ沮止セラレテ漸次其ノ速度ヲ減シ遂ニ一定ノ位置ニ至リテ停止スベシ
 然ルトキハ重力ノ作用ハ更ニ此ノ建築物ヲ左方ニ廻轉シテ之レヲ原位置ニ復歸セシメントスルコト左方傾斜ノ場合ト同一ナルベシ
 スクテ建築物ガ右方ニアレバ重力ハ左方廻轉運動ヲ起シ中央ニ至ルトキハ慣性ニヨリテ其ノ廻轉運動ヲ繼續シ又左方ニアレバ重力ハ右方廻轉運動ヲ起スガ故ニ此ノ建築物ハ原位置ノ左右ニ反復運動ヲナスニ至ルベシ

今此ノ建築物ノ重量ヲ P トシ其ノ底面ノ幅ヲ $2b$ トシ運動中任意ノ位置ニ於ケル建築物重心ノ變位(原位置ヨリノ距離)ヲ x トセバ
 ナルベシ
 電力ノ廻轉力率 $= P(b-x)$

故ニ絶縁基礎ノ場合ニ於テハ浮游基礎ノ場合ト相反シテ變位ノ大ナルニ從ヒテ其ノ復舊力率ヲ減殺シ遂ニ θ ニ至ルトキハ全ク零トナリ更ニ $\theta \sqrt{b}$ ニ至ルトキハ重力ハ全ク復舊作用ヲナサザルニ止マラズ却テ轉倒作用ヲナスニ至ルベシ精密ニ云フトキハ $W(b-a)$ ナル力率ハ基面ノ左端 a ヨリ R ナル距離ニ集中セル全質量ヲ R ヲ半徑トシテ廻轉セシメントスルノ作用ナルモ建築物傾斜ノ度ハ餘リニ大ナラザルモノト考フルガ故ニ R ナル高サニアル W ナル質量ヲ水平ニ移動セシメントスルノ作用ト見做スコトヲ得ベシ然ルトキハ水平ノ方向ニ働ク加速度ハ

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{g}{R}(b-a) \dots \dots \dots (1)$$



但シ R ハ基底面ノ一端 a ノ周リニ於タル建築物ノ環動半徑トス廣クシテ低キ建築物ガ絶縁基礎上ニアル場合ニハ水平外力ヲ受クルニ當リ其ノ傾斜ヲ來スニ先立チテ其ノ底面ハ水平ニ滑動スベキヲ以テ本論ニ於テ自己震動ヲ考察スル絶縁基礎上ニ於ケル建築物ハ專ラ高クシテ狭キモノニ限ルガ故ニ θ ニ近キ最大傾斜ヲナセル場合ト雖モ尙ホ且ツ前記ノ廻轉運動ヲ水平運動ト見做スコトハ聊カ差支ナキモノトス

(1)ハ此ノ運動ヲ示ス微分方程式ニシテ之ヲ解クトキハ

$$(b-a)x = Ae^{\sqrt{\frac{g}{R}}t} + Be^{-\sqrt{\frac{g}{R}}t} \dots \dots \dots (2)$$

但シ A 及ビ B ハ隨意定數トス

今始動ノ際ニ於クル重心ノ變位ヲ a トセバ $\xi = a$ ニ對應スル $t = 0$ ニ値ハ零ナル故ニ

$$b - a = A + B$$

次ニ(2)ヲ微分スルトキハ

$$-\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{g}{R}} \left(Ae^{\sqrt{\frac{g}{R}t} - Be^{-\sqrt{\frac{g}{R}t}} \right)$$

然ルニ始動ノ際ニ於テハ其ノ速度ハ零ナル故ニ $t = 0$ ニ對應スル $\left. \frac{dx}{dt} \right|_{t=0}$ ノ値ハ亦零ナルベキヲ以テ

$$A - B = 0$$

$$A = B = \frac{b - a}{2}$$

隨テ

トナリ依リテ(2)ハ次ノ形トナルベシ

$$b - x = \frac{b - a}{2} \left(e^{\sqrt{\frac{g}{R}t} + e^{-\sqrt{\frac{g}{R}t}} \right) \dots \dots \dots (3)$$

(3)ハ双曲線函數ヲ用ヒテ次ノ如ク表ハスコトヲ得ベシ

$$\frac{b - x}{b - a} = \cosh \sqrt{\frac{g}{R}t} \dots \dots \dots (4)$$

(3)及ビ(4)ハ x ノ値ガ a ト零トノ間ニアル場合ニノミ有效ナルモノトス何トナレバ重力ガ轉倒力率ヲ起サマル限り a ヨリ増大スルコトナク又 a ガ零ヨリ小ナルニ至ルトキハ力率ノ中心ハ左端ヨリ右端ニ移ルガ故ニ方程式(1)ノ成立ノ基礎ヲ變スルガ故ナリ

更ニ(4)ヲ書キ換フレバ

此ノ關係ハ

$$\sqrt{\frac{g}{R}} t = \cos h^{-1} \left(\frac{b-x}{b-a} \right) \dots \dots \dots (5)$$

$$y^2 - (b-x)^2 + (b-a)^2 = 0$$

ナル直角双曲線ノ助ニヨリ之レヲ圖ノ如ク幾何學的ニ表ハスコトヲ得ベシ

次ニ又双曲線函數ノ性質ニヨリ(5)ヲ變化スレバ次ノ形トナスコトヲ得

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{g}{R}} t \\ &= \log \left\{ \frac{b-x}{b-a} + \sqrt{\left(\frac{b-x}{b-a} \right)^2 - 1} \right\} \dots \dots (6) \end{aligned}$$

今(6)ニ於テ $x=0$ ト置クトキハ始動ヨリ原位置ニ復スルマデノ時間ヲ得ベシ

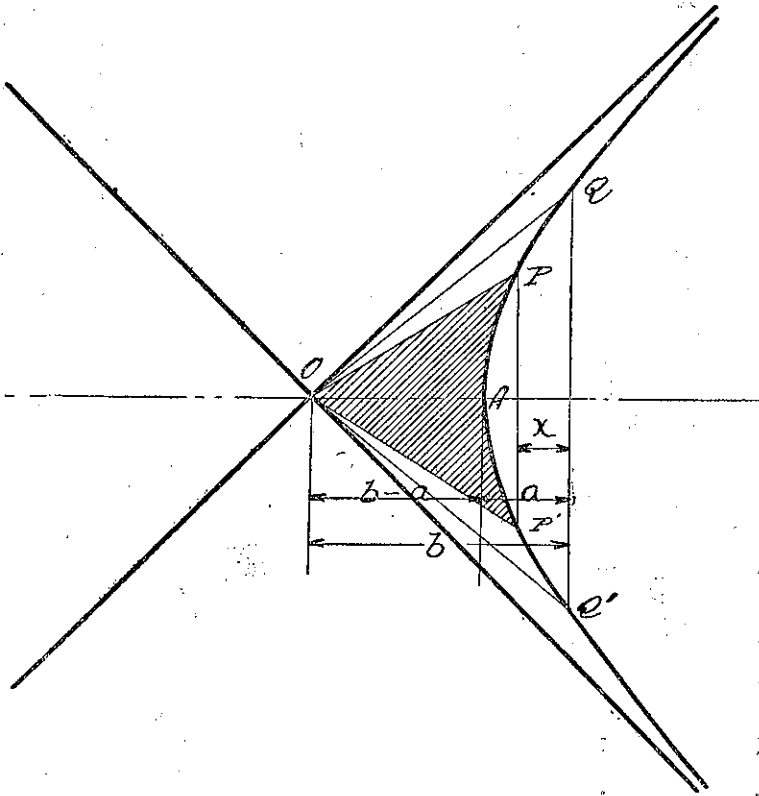
$$\sqrt{\frac{g}{R}} t_0 = \log \frac{b + \sqrt{(2b-a)a}}{b-a} \dots \dots (7)$$

今ハ此ノ反復運動ノ周期ノ四分ノ一ナルガ故ニPヲ以テ全周期ヲ表ハスコトキハ

$$P = 4 \sqrt{\frac{R}{g}} \log \frac{b - \sqrt{(2b-a)a}}{b-a} \dots \dots (8)$$

今此ノ對數函數ノ變化ノ状態ヲ示ス爲メニ $\frac{a}{b}$ ノ種々ナル値ニ對應スル $4 \log \frac{b - \sqrt{(2b-a)a}}{b-a}$ ノ

第五圖



値ヲ表示スレバ次ノ如シ

$\frac{a}{b}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$4.1 \log \frac{b - \sqrt{(2b-a)a}}{b-a}$	0	1.38	2.77	3.58	4.39	5.27	6.27	7.49	9.17	11.98	∞

即チ此ノ運動ノ周期ハ $s=0$ ナルトキ零ニシテ $\frac{a}{b}$ ノ増大ニ從ヒテ漸次増大シ遂ニ $s=1$ ニ至ルトキハ無限大トナルモ著シク其ノ値ヲ増大スルハ $a/b=0.9$ 以上ニシテ 0.2 ヨリ 0.8 位マデノ間ハ殆ンド直線的變化ニ近シ而シテ $a/b=0.6$ ナル

場合ハ $P=6.27 \sqrt{\frac{R}{g}}$ ニシテ略々 R ナル長サヲ有スル單振子運動ノ周期ト同一ナリ

仍テ次ノ結論ヲ得

絶縁基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ自己震動ノ周期ハ建築物基底ノ一端ノ周リニ於ケル其ノ建築物ノ環動半徑ノ平方根ニ比例シ又此ノ周期ハ自己震動ノ震幅ノ函數ニシテ震幅ノ増大ニ從ヒテ周期モ亦増大シ遂ニ震幅が基底幅ノ半ニ至ルトキハ周期ハ無限大トナル

上記ノ周期が震幅ノ函數ナルノ點ハ調和運動(周期ハ全ク震幅ニ關係ナク一定不變ノ値ヲ有ス)ト異ル最モ著シキ所ナリトス

第三 固定基礎上ニ於ケル彈性建築物ノ自己震動

固定基礎上ニ於ケル彈性建築物ガ水平外力ヲ受クルトキハ其ノ各部ニ變形ヲ來タシ建築物全體トシテハ水平ノ方向ニ彎曲ヲナシ外力去ルトキハ自己ノ彈力ニヨリテ復舊スベキモノナリト雖モ此ノ場合ニモ原形ニ復セントスルノ力ハ全ク其ノ原形ニ復シ終ルマデ繼續シテ同方向ニ働キ原形ニ復シ終リテ始メテ零ニ歸スベシ

然ルニ其ノ原形ニ復スルヤ建築物ハ既ニ其ノ自體ニ於テ運動ノ慣性ヲ有シ他ニ之レヲ沮止スベキ何等ノ作用ナキガ故ニ其ノ建築物ハ其ノ原形ニ留マルコト能ハズシテ之レヲ過ギテ反對ノ方向ニ進ミ行クニ至ルベシ

是ニ於テ彈力ハ此ノ運動ト反對ノ方向ニ働キテ遂ニ之ヲ止シ更ニ又復舊運動ヲ起スニ至ルベシ
斯クテ此ノ建築物ハ其ノ原位置ノ左右ニ反復運動ヲナスニ至ルベシ

而シテ彈性ヨリ起ル反撥力ハ常ニ其ノ物體ノ變形ノ度ニ比例スルガ故ニ今建築物中ノ任意ノ一點ヲ取り其ノ變位ヲ x トシ其ノ點ニ單位ノ變位ヲ生シタル場合ニ起ル水平彈性反撥力ヲ P トシ又其ノ建築物ノ質量ヲ W/g トセバ

$$\frac{W}{g} \frac{d^2x}{dt^2} = P_0$$

或ハ

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{P_0}{W} x$$

是レ即チ浮游基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ場合ト全ク同一ニシテ隨テ此ノ場合ノ自己震動ハ調和運動ナルヲ知ルヲ得唯
タ浮游基礎上ニ於ケル剛性建築物ノ場合ノ m/R ニ代フルニ P ヲ以テシタルノミ

故ニ此ノ場合ニハ解法ヲ省略シテ一切第一ノ場合ニ法トリ次ノ式ヲ記スルコトヲ得

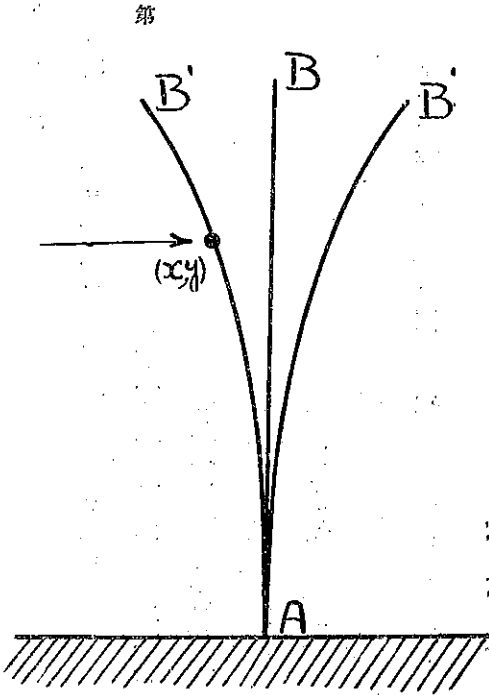
$$P = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gR}}$$

仍テ次ノ結論ヲ得ベシ

固定基礎上ニ於ケル彈性建築物ノ自己震動ハ調和運動ニシテ其ノ周期ハ震幅ノ大小ニ關係ナク又建築物ノ重量ノ平方
根ニ比例シ彈性的反撥力ノ強度ノ平方根ニ逆比例ヲナス

剛性建築物ハ其ノ固有ノ性質上變形ヲ許サルガ故ニ基礎ノ構成ノ爲メニ傾斜ヲナス場合モ其ノ各點ノ變位ハ單ニ高サ
ニ比例シテ増加スルニ過ギザルヲ以テ其ノ自己震動ノ震幅並ニ加速度等モ亦高サニ比例シテ増大スルニ過ギズト雖モ彈
性建築物ノ場合ハ建築物自體ノ變形ニ因リテ自己震動ヲ起スモノナレバ其ノ各部分ノ加速度震幅等ハ前者ノ場合ノ如ク
然カク簡單ナル能ハズ

仍テ今彈性建築物ガ自己震動ヲナス場合ニ起ル變形ノ狀態竝ニ建築物ノ各部分ノ震幅加速度等ノ變化ヲ論ズル爲メニ次



ノ假定ヲナス

1 建築物ノ質量ハ上下等齊ニ分布セラル

單位ノ高サニ於ケル質量ヲ表ハスニ m ヲ以テス

2 建築物ノ断面ハ上下齊一ナル構造トス

水平断面ノ慣性率 (Moment of inertia) ヲ表ハスニ I ヲ以テス

3 建築物ヲ構成スル物質ノ彈性ハ上下齊一トス

彈性率 (Modulus of elasticity) ヲ表ハスニ E ヲ以テス

今前記ノ假定ノ下ニ建築物ノ中心線ガ原位置 AB ノ兩側ニ於ケル曲線 AB' 及ビ AB'' ノ間ニ反復運動ヲナスモノト

考ヘ此曲線ノ性質及ビ各部分ニ動ク水平力ヲ論ゼントス

一般ニ調和運動ノ場合ニハ

$$\alpha = \frac{4\pi^2}{P^2} a \quad \dots \dots \dots (1)$$

但シ α ハ最大加速度、 P ハ周期、 a ハ震幅トス

故ニ曲線上ノ任意ノ一點 (x, y) ニ於ケル最大加速度ヲ $\alpha_{x, y}$

トセシ

$$\alpha_{x, y} = \frac{4\pi^2}{P^2} y \quad \dots \dots \dots (2)$$

隨テ (x, y) 點ニ於ケル單位ノ長サ (高サ) ノ上ニ働ク水平力

ヲ F トセシ

$$F = \frac{4\pi^2}{P^2} m y \quad \dots \dots \dots (3)$$

トナルベシ

次ニ曲線トBヲ研究スル爲ニ次ノ記號ヲ用ウ

M = (x, y) 點ニ於ケル彎曲率

M₀ = 原點 (0, 0) ニ於ケル彎曲率

S = (x, y) 點ニ於ケル剪斷力

F = 基礎面ニ於ケル水平反應力

= 原點 (0, 0) ニ於ケル剪斷力

然ルトキハ是等ノ諸數ノ間ニハ次ノ如キ關係アルベシ

F = ∫₀^h f dx (4)

M₀ = ∫₀^h f x dx (5)

但シ建築物ノ高サヲhトス

此ノ建築物ニ水平力ノ作用スル場合ハ普通ノ重學上ニ於ケル肱木 (Cantilever) ニシテ

dM/dx = -S (6)

dS/dx = -f (7)

ナルベシ

又彈性曲線ノ一般的性質ヨリ

d²y/dx² = M/EI (8)

今(8)ヲ微分スルトキハ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{I}{EI} \cdot \frac{dM}{dx} = -\frac{S}{EI} \dots \dots \dots (9)$$

トナリ更ニ之レヲ微分スルトキハ

$$\frac{d^3y}{dx^3} = -\frac{I}{EI} \cdot \frac{ds}{dx} = +\frac{f}{EI} \dots \dots \dots (10)$$

今便宜上

$$k^4 = \frac{4\pi^2 m}{P^2 EI}$$

トセバ(3)及ビ(10)ヨリ次ノ如キ關係ヲ得ベシ

$$\frac{d^4y}{dx^4} = k^4 y \dots \dots \dots (11)$$

是レ即チ AB 曲線ノ微分方程式ナリ

次ニ方程式(11)ヲ解クトキハ

$$y = Ae^{kx} + Be^{-kx} + C \sin kx + D \cos kx \dots \dots \dots (12)$$

但シ A 及ビ B ハ隨意定數トス

(12)ヲ累次ニ微分スルトキハ

$$\frac{dy}{dx} = k(Ae^{kx} - Be^{-kx} + C \cos kx - D \sin kx) \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = k^2(Ae^{kx} + Be^{-kx} - C \sin kx - D \cos kx) \quad \dots \dots \dots (14)$$

$$\frac{d^3y}{dx^3} = k^3(Ae^{kx} - Be^{-kx} - C \cos kx + D \sin kx) \quad \dots \dots \dots (15)$$

若シ、 $s=0$ ナルトキハ

$$y=0$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M_0}{EI}$$

$$\frac{d^3y}{dx^3} = -\frac{F}{EI}$$

ナル故ニ (12) (13) (14) 及ビ (15) ヨリ次ノ關係ヲ得

$$A+B + D=0$$

$$A-B+C = 0$$

$$A+B - D = \frac{M_0}{EI k^2} \quad \dots \dots \dots (16)$$

$$A-B-C = -\frac{F}{EI k^3}$$

(16)ノ四式ヲ聯立方程式トシテ解タトキハ

$$\left. \begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4EIh^2} \left(M_0 - \frac{F}{k} \right) \\
 B &= \frac{1}{4EIh^2} \left(M_0 + \frac{F}{k} \right) \\
 C &= \frac{1}{4EIh^2} \cdot \frac{2F}{k} \\
 D &= -\frac{1}{4EIh^2} \cdot 2M_0
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

(12)ノ各定數ニ(17)ノ値ヲ挿入スルトキハ

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{1}{4EIh^2} \left\{ \left(M_0 - \frac{F}{k} \right) e^{kx} + \left(M_0 + \frac{F}{k} \right) e^{-kx} + \frac{2F}{k} \sin kx - 2M_0 \cos kx \right\} \\
 &= \frac{1}{4EIh^2} \left\{ M_0 (e^{kx} + e^{-kx} - 2 \cos kx) - \frac{F}{k} (e^{kx} - e^{-kx} - 2 \sin kx) \right\} \dots \dots \dots (18)
 \end{aligned}$$

又ハ (18)ハ即チ求ムル處ノ曲線ノ方程式ニシテ双曲線函數ヲ用ヒテ之レヲ次ノ如ク記スルコトヲ得

$$y = \frac{1}{2EIh^2} \left\{ M_0 (\cos h kx - \cos kx) - \frac{F}{k} (\sin h kx - \sin kx) \right\} \dots \dots \dots (19)$$

今(18)ニ就キテαノ變化ニ對應スルツノ變化ヲ考フルニ

e^{kx} ハ其ノ最小値1ニシテαノ増大ニ對シ極メテ急激ニ其ノ値ヲ増大スベシ
 e^{-kx} ハ其ノ反數ナル故ニ前ト反對ニ其ノ最大値1ニシテαノ増大ニ對シ極メテ急激ニ其ノ値ヲ減少スベシ
 $\sin kx, \cos kx$ ハ何レモ+1及ビ-1ノ間ヲ上下シテ周期的増減ヲナスベシ

故ニkxノ値が相當ニ大ナルトキハ $e^{kx}, \sin kx, \cos kx$ ノ三者ハ何レモ e^{kx} ニ比較シテ之レヲ計算外ニ置クモ差支ナシ然ルトキハ

$$y = \frac{1}{4EIL^2} \left(M_0 - \frac{h}{L} \right) e^{kx} \dots \dots \dots (20)$$

(18) (19) (20) ニ於ケル y ハ高サ x ナル點ニ於ケル最大震幅ヲ示スモノニシテ其ノ點ニ於ケル水平力及ビ水平加速度ハ何レモ y ニ比例シテ増減スルガ故ニ (2) 及 (3) 参照) 茲ニ次ノ結論ヲ得

高層ナル彈性建築物ガ自己震動ヲナス場合ニ於テハ其ノ各點ノ震幅ハ殆ンド e^{kx} (x ハ其ノ點ノ高サ) ニ比例シテ高サノ増加ニ對シ極メテ急激ナル増大ヲナスベシ

隨テ各點ニ於ケル加速度及ビ水平力等モ亦殆ンド e^{kx} ニ比例シテ急激ニ其ノ値ヲ増大スベシ

次ニ參考ノ爲メニ kL ノ種々ナル値ニ對應スル e^{kx} , $e^{kx} + e^{-kx} - 2 \cos kx$, $e^{kx} - e^{-kx} - 2 \sin kx$ 等ノ値ヲ算出シテ別表ヲ作製シ

是等ノ諸値ガ極メテ急激ナル増大ヲナスヲ示シ且ツ kL ガ相等ニ大ナルトキハ是等ノ三數ノ間ニハ殆ンド大差ナク隨テ

(18) (19) (20) トハ其ノ結果ニ於テ大差ナキヲ明カニス

kL	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3}{4}\pi$	π	$1\frac{1}{4}\pi$	$1\frac{1}{2}\pi$	$1\frac{3}{4}\pi$	2π
e^{kx}	2.193	4.810	10.551	23.141	50.754	111.318	244.15	535.49
$e^{kx} + e^{-kx} - 2 \cos kx$	1.235	5.018	12.050	25.181	52.183	111.327	242.74	533.49
$e^{kx} - e^{-kx} - 2 \sin kx$	0.323	2.602	9.042	23.088	52.148	113.309	245.56	535.49
kL	$\frac{2}{4}\pi$	$\frac{2}{2}\pi$	$\frac{2}{4}3\pi$	3π	$3\frac{1}{4}\pi$	$3\frac{1}{2}\pi$	$3\frac{3}{4}\pi$	4π
e^{kx}	1174.48	2575.97	5649.8	12391.7	27178.7	59610	130741	286752
$e^{kx} + e^{-kx} - 2 \cos kx$	1173.67	2575.97	5651.2	12393.7	27180.1	59610	130740	286750
$e^{kx} - e^{-kx} - 2 \sin kx$	1173.07	2573.97	5648.4	12391.7	27180.1	59612	130742	286752

第三章 地震ノ際ニ於ケル各種建築物震動ノ状態

建築物ガ地震ノ作用ヲ受クルトキハ固定基礎ニ於ケル剛性建築物ヲ除クノ外凡テ自己震動ヲ起シ地震ノ震動ト自己震

動トハ相結合シテ極メテ複雑ナル運動トナリ到底之レヲ數學ニヨリテ簡單ニ解釋スルコト能ハズト雖モ其ノ大體的狀態ハ之レヲ推知スルコトヲ得ベシ

而シテ吾人が建築物ノ耐震力ヲ考察スル上ニ於テ最も重要ナリトスル所ハ次ノ二點ナリ

- a 建築物ノ自己震動ノ周期ガ地震ノ周期ト相近接スルトキハ自己震動ハ地震ノ爲メニ漸次ニ激勵セラレテ益々其ノ震幅ヲ増大シ隨テ其ノ水平力モ亦漸次ニ増大スルガ故ニ若シ地震ノ周期ト自己震動ノ周期トガ全ク一致シ又地震ノ繼續時間ガ極メテ長キニ亘ルトキハ如何ニ堅固ナル建築物ト雖モ尙ホ破壊若シクハ倒潰シ得ルノ可能性ヲ有ス
- b 建築物ニ自己震動ヲ起サシムル基礎或ハ重力ノ復舊力若シクハ建築物自體ノ彈性的反撥力ガ極メテ微弱ナル場合ハ其ノ自己震動ノ周期ハ極メテ長ク隨テ其ノ運動極メテ緩漫ナルガ故ニ地震ニヨリテ建築物ガ變位若シクハ變形ヲ起シタル場合モ將ニ自己震動ヲ起サントスルニ先立チテ地震ノ震動ハ比較上頗ル急速ナレバ其ノ變位若シクハ變形ハ正負ニ其ノ方向ヲ變換スルヲ以テ建築物ハ單ニ其ノ自己震動ヲ誘發激勵スルノ危険ナキノミナラズ其ノ主要部分ニ於テハ地震ノ震動ヲモ感ゼザルコト尙ホ彼ノ震動計ノ水平振子が常ニ能ク其ノ位置ヲ不動ノ狀態ニ保持シテ外界ノ震動ヲ記録シ得ルト同様ナルベシ

上記ノ二點ハ建築物ニ及ボス地震ノ影響ヲ論ズルニ當リ最も重要ナル考察點ニシテ此ノ點ヨリ觀察スルモ單ニ水平加速度ノミヲ考慮シテ地震ノ破壊力ヲ靜力學的 (Statically) ニ處理スル從來ノ計算法ハ其ノ根底ヨリ顛覆スルヲ免レザルノ觀アリ

故ニ著者ハ地震ノ破壊作用ヲ構成スルノ要素トシテ次ノ諸點ヲ考察スルノ必要アルヲ認ムルモノナリ

- 1 地震ノ水平加速度
- 2 地震ノ周期ト建築物ノ自己震動ノ周期トノ關係
- 3 地震ノ繼續時間

上記ノ内1及3ハ從來ニ於ケル幾多觀測ノ結果大略其ノ程度ヲ察知スルヲ得ベシト雖モ之ニ就キテハ全ク從來ノ研究ヲ缺クノミナラズ是等ノ三者ガ水平力ト如何ナル關係ニ立ツヤノ研究モ全然未着手ノ状態ナルヲ以テ現時ニ於テハ自己震動ヲナス建築物ノ耐震力ハ全ク算出不能ノ状態ニアリト云フヲ妨グズ

仍テ本章ニ於テハ前章ニ研究セル自己震動ノ理論ト前記a bニ要件ヨリ推定シ傍ラ今回ノ地震ノ經驗ヲ參照シテ地震ノ際ニ於ケル各種建築物ノ震動状態ニ付キ極メテ大體的ノ説明ヲ試ムルニ止メザルベカラザルハ洵ニ已ムヲ得ザル所ナリ自己震動ガ一定ノ周期ヲ有スル如キ建築物ニアリテハ前記aノ要件ニ當リテ地震ノ激勵ヲ受クルモノトbノ要件ニ當リテ激勵ヲ受ケザルモノトノ二種アルベシ

然シテaニ當ルモノニテモ浮游基礎ニ原因スル自己震動ニ於テハ建築物ノ下底ヨリ高所ニ進ムニ從ヒテ其ノ高サニ比例シテ其ノ震幅ヲ増大スルニ過ヤザルモ彈性ニ原因スル自己震動ニ於テハ高サノ極メテ些少ナル増加ニ對シテモ尙ホ著シク其ノ震幅ヲ増大スルコトハ前章ニ述ベタルガ如クナル故ニ著者ハ敢テ次ノ推斷ヲナスモノナリ

高層ナル彈性建築物ノ上層ハ地震ニ際シ其ノ震動極メテ大ナルベシ

之レヲ今回ノ經驗ニ徴スルニ丸ノ内びるぢんぐ、郵船びるぢんぐ、有樂館、東京會館等ノ上層ハ器物破損ノ状態ヨリ見ルモ亦當時在室者ノ體驗ヨリ聽クモ下層ニ比シ其ノ震動ノ著シク大ナリシチ思ハシム

但シ壁ノ破損ガ下層ニ多ク上層ニ少キヲ以テ上層ハ其ノ震動少キモノト斷ズモノアラバ極メテ早計ナリ何トナレバ柱壁等ノ破壊ハ水平剪力ト彎曲率トノ作用ニヨルモノナレバ大ナル水平力ヲ其ノ上層ニ受クル場合ト雖モ水平剪力及彎曲率ノ最大ナル下層ニ於テ多クノ破損ヲ來スハ當然ノ理ナレバナリ

次ニ浮游基礎上ニ於ケル建築物ハ亦一定ノ周期ニ依リテ調和運動ヲナスガ故ニ若シ此ノ周期ガ地震ノ周期ト接近スルニ於テハ地震ノ激勵ニヨリテ其ノ自己震動ヲ漸進増大スベキコト勿論ナリト雖モ其ノ場合ニ於テモ上層ト下層トノ差ハ彈性建築物ノ如ク大ナラザル故ニ然カク絶大ナル震動ニ至ラザルベシ

且ツ又土壤ノ性質ヨリ推測スレバ基礎面ノ反撥力 m ハ餘リニ鋭敏ナルモノニアラザルベク尙ホ其ノ反撥力ガ相當ニ鋭敏ナル場合ヲ考フルモ一方ニハ巨大ナル建築物ニアリテハ其ノ環動半徑 L ハ極メテ大ニシテ數十尺若シクハ數百尺ニモ達

スル場合アルが故ニ自己震動ノ周期ハ極メテ緩漫ニシテ地震ノ周期ト接近スルコト少ナク前記ノ要件ニ近クシテ震動ノ極メテ輕微ナルコトアルベシ仍テ著者ハ次ノ推斷ヲナスモノナリ

浮游基礎上ニ於ケル大建築物ハ地震ニ際シ其ノ震動極メテ小ナルベシ

之レヲ經驗ニ徵スルニ帝國ほてるハ其ノ基礎軟弱ニシテ震災前既ニ多少沈降ノ徵ヲ示シ居リタルニモ拘ラズ地震ニ際シ殆ンド被害ノ認ムベキモノナカリシガ如キハ蓋シ此ノ理ニ基クモノト推察セラル

一般ニ調和運動ニ於テハ其ノ變位ノ零ナルトキニ於テ其ノ復舊力(變位ノ零ナル場合ニ復舊力ナル用語ハ穩當ナラザルベシト雖モ今ハ便宜上此ノ語ヲ用ウ)零ニシテ其ノ變位ニ比例シテ其ノ復舊力ヲ増大スベキコト前述ノ如クナルヲ以テ建築物ガ原位置ニアルトキハ外力ニ對スル抵抗力最小ナルガ故ニ如何ニ輕微ナル刺戟モ尙ホ容易ニ相當スル自己震動ヲ起スベシト雖モ之レニ反シテ建築物ガ絶縁基礎上ニアル場合ニアリテハ其ノ變位ガ零ナル場合ニ復舊力最大ナルコト前章ニ述ベタル如クナル故ニ外力ノ刺戟ガ其ノ最大復舊力ニ超過スルニアラザレバ自己震動ヲ起スコトナシ隨テ輕微ナル地震ニ對シテハ絶縁基礎ハ全然固定基礎ト同一ノ作用ヲナスベシ

而シテ固定基礎上ニ於ケル剛性建築物ガ自己震動ヲ起スニ必要ナル條件ハ次ノ如クナリトス

$$aR > g\beta$$

但シ a ハ地震ノ水平加速度トス

故ニ建築物ノ基面積ガ其ノ底面ノ一端ノ周リニ取リタル環動半徑ニ比シ比較的大ナル場合ハ相當ニ大ナル地震ニ際シテモ尙ホ自己震動ヲ起サルコト固定基礎上ニアルト同一ナルベシ

然ルニ狭クシテ高キ建築物ガ絶縁基礎上ニアル場合ニアリテハ地震ノ水平加速度ニヨリテ容易ニ傾斜ヲナシ從テ自己震動ヲ起スベシト雖モ此ノ場合ニハ調和運動ノ場合ト異リ變位ノ零ナル場合ニ最大ノ抵抗力ヲ有スルガ故ニ同一ノ刺激ニ對シテモ其ノ震幅調和運動ノ場合ノ如ク大ナルニ至ラザルベシ

同時ニ此ノ場合ノ自己震動ノ周期ハ震幅ノ函數ニシテ一定不變ニアラザルガ故ニ震幅ノ或ル程度ニ於テ地震ノ周期ト接近シ爲メニ其ノ激勵ヲ受クルコトアルモ其ノ結果トシテ震幅ヲ増大スルニ至ルトキハ其ノ周期ハ變シテ緩漫トナルガ故ニ地震ノ周期ト相遠ザカリテ復タ其ノ激勵ヲ受クザルニ至ルベシ依リテ著者ハ次ノ推斷ヲナスモノナリ

絶縁基礎上ニ於ケル建築物ハ地震ノ刺激ニヨリテ自己震動ヲ起シ又時トシテハ其ノ激勵ニヨリテ漸次其ノ震幅ヲ増大スルコトアルベシト雖モ調和運動ヲナス建築物ノ如ク限りナク其ノ激勵ヲ繼續セラルルノ危険ナシ

然レドモ震幅ノ變化ニ對スル周期ノ變化ハ然カク大ナルモノニアラザルハ前章第二ニ掲ゲタル表ノ示ス所 ($a/b \parallel 0.9$ ニ對スル周期ハ $a/b \parallel 0.6$ ニ對スル周期ノ二倍ニ達セズ)ナレバ此ノ理ノミヲ以テ全ク激勵ヲ免ル、モノト斷定スルハ困難ナリ唯斯クノ如キ傾向ヲ有スルヲ論ズルノミ

然ルニ基底面狭クシテ高サノ極メテ大ナル建築物ニ於テハ其ノ環動半徑ノ極メテ大ナルノ結果トシテ其ノ震幅ノ餘リニ大ナラザル場合ニ於テモ其ノ周期ハ極メテ緩漫ニシテ前記リノ要件ニ近付キ地震ノ影響ヲ蒙ルコト極メテ少ナキニ至ルベシ仍テ著者ハ次ノ推斷ヲナスモノナリ

基底面狭クシテ高サノ極メテ大ナル建築物が絶縁基礎上ニアル場合ニ於テハ地震ニ際シ其ノ震動極メテ小ナルベシ

之レヲ經驗ニ徴スルニ同一ノ絶縁基礎上ニアル物體ニシテ高サノ大ナラザル戸棚、墓石、石燈籠等ハ其ノ轉倒極メテ容易ニシテ更ニ今回ノ地震ノ如キハ九段招魂社、上野東照宮等ニアル石燈籠ハ全部倒落セルニモ拘ラズ高サノ大ナル華表、紀念碑、塔等ノ地震ニヨリテ倒壊セルモノ殆ンド稀ナルハ蓋シ此ノ理ニヨルモノナルベシ

第四章 地震ニ對シ安全ナル建築物撰定ノ標準

前章ニ於ケル推論ノ結果ニヨリ著者ハ地震ニ對シ安全ナル建築物撰定ノ標準トシテ下記ノ諸點ヲ舉グルモノナリ

1 彈性建築物ヲ避ク剛性建築物ヲ採用スベシ

一定ノ周期ヲ以テ自己震動ヲナス建築物ニ對スル地震ノ破壊力ヲ算出スルコトハ現時ノ科學發達ノ程度ニ於テハ全然不能ノ状態ニアルコト前章ニ論シタル所ナリ

果シテ然ラバ最モ貴重ナル生命財産ヲ託スルノ建築物トシテ計算不能ノ結果幾多ノ危険ヲ抱容セル彈性建築物ヲ避ケ周
期及繼續時間等ニ關係ナク明確ナル計算ヲナシ得ル剛性建築物ヲ採ルヲ要スルハ辯ヲ俟タザル所ナリ

然レトモ彈性建築物中ニアリテモ其ノ彈性的反撥力ノ極メテ微弱ナルモノニアリテハ前章⁶ノ要件ニ適合スルコトヲ得
テ地震ニ對シ最モ安全ナルベキモノモ亦建設シ得ベシト雖モ建築物ノ彈性率(建築材料ノ彈性率ニアラズ)及ヒ慣性率等
ハ之レヲ決定スルコト極メテ困難ナルノミナラズ前章²ニ擧ゲタル周期ニ關スル研究ノ尙ホ端緒ヲモ開カザル現代ノ狀
態ニ於テ地震ノ影響少キ如キ彈性建築物ヲ設計スルコトハ蓋シ亦不能ト稱スルノ外ナシ

著者が彈性建築物ヲ排スルハ必ズシモ彈性建築材料ヲ排スルノ意ニアラズ鐵材ノ如キ彈性建築材料ト雖モ著者ハ最モ優
秀ナル建築材料トシテ之レヲ推奨スルモノナルモ唯彈性變形ヲ生シ易キ構造ヲ避ケンコトヲ勸説スルモノナリ

此ノ點ヨリ觀テ近時ノ流行ナル柱梁式(直立材及ヒ水平材ノミノ結合ニシテ斜材ヲ有セズ變形ノ極メテ容易ナルモノニ
假ニ命名ス)構造ニ對シ著者ハ寒心ヲ禁ズル能ハズ

今後ノ建築ニ於テハナルベク函式(充分ナル斜材若シクハ柱及ヒ梁ト完全ニ連結セル固定壁ヲ有シ容易ニ變形シ能ハザ
ルモノニ假ニ命名ス)構造ヲ採用センコトヲ切ニ勸説ス

隨テ比較的剛性ノ大ナル鐵筋混凝土ノ如キ材料ト雖モ之レヲ用ヒテ柱梁式建築ヲナスガ如キハ之レヲ避クルヲ要ス

彼ノ内外びるぢんぐノ潰崩セルガ如キハ他ニモ幾多ノ原因存スベシト雖モ其ノ高層建築タルト柱梁式構造ヲ用ヒタルトハ最モ主要ナル原因ト認ムルコト
ヲ得ベシ

彈性建築物ト剛性建築物トノ優劣ヲ示ス適例ハ之レヲ丸ノ内びるぢんぐト有樂館重ニ郵船びるぢんぐトノ比較ニ見ルヲ得ベシ

最初起工ノ當時ニアリテハ三者トモ鐵骨柱梁式彈性建築ナリシガ其ノ内丸ノ内びるぢんぐハ柱ト梁トノ接合最モ簡易ニシテ接合部ノ剛性ニ於テ遙カニ他
ノ二者ニ劣ルモノアリシカバ一昨大正十年ノ地震ニ當リテ他ノ二者ニハ殆ンド損害ノ認ムベキモノナカリシニ拘ラズ丸ノ内びるぢんぐノミ獨リ多大ノ損
傷ヲ蒙リタリ

是ニ於テ丸ノ内びるぢんぐハ多額ノ費用ヲ投ジテ補強工事ヲナシ内部隔壁ノ中空煉瓦積ヲ取り去リテ之レニ鐵骨斜材ヲ取り付ケ之レヲ包ムニ鐵筋混凝土
ヲ以テスル等大ニ其ノ剛度ノ増大ヲナセシカバ今回ノ地震ニ於テハ三者ノ内其ノ損害最モ輕微ナリキ

2 高層ナル建築物ハナルベク之レヲ避クベシ

高層彈性建築物ノ地震ニ對シ危險ナルハ上述ノ如クナルモ剛性建築物ニアリテハ高サノ大小ニヨリテ其ノ震動ヲ異ニスルコトナキヲ以テ高層建築ヲナスモ何等ノ危惧ヲ要セザルガ如クナルモ元來完全ナル剛性物質スラ尙ホ且ツ之レヲ得難クレバ其ノ構造ヲ如何ニ剛性的ナラシムルモ絕對ニ彈性運動ヲ防止スルコトハ困難ナルベシ

而シテ其ノ一度彈性運動ヲナスヤ高サノ極メテ小ナル増加モ尙ホ其ノ震動ヲ増大スルコト多大ナルベキヲ以テ地震ニ對シ安全ヲ期セント欲セバナルベク高層建築ヲ避クルヲ要スベシ

今回ノ地震ノ經驗ニ見ルニ前記ノ丸ノ内びるぢんぐ、郵船びるぢんぐ、有樂館并ニ東京會館等ヲ始メ相當ニ剛性建築物ト認メ得ル東京海上びるぢんぐニ至ルマデ高サノ大ナル建築物ハ何レモ多少ノ損害ヲ蒙ラザルモノ無カリシニ八重洲町有樂町等ニ軒ヲ並ベタル純煉瓦造建築物ガ殆ンド被害ノ跡ヲモ止メザルハ其ノ剛性建築物タルノ故モ亦興ツテカアルベシト雖モ其ノ主要ナル原因ハ之レヲ高サノ關係ニ歸スベキモノナリト認ム

3 巨大ナル建築物ハ浮游基礎上ニ置クヲ安全ト認ム

浮游基礎上ニアル建築物ハ其ノ大ナル場合ニ於テハ地震ノ震動ヲ輕減シ得ルコト前述ノ如クナリト雖モ基礎ノ浮上力ノ如キハ之レヲ算定スルコト極メテ難クレバ其ノ程度ヲ定ムルコト亦頗ル困難ナリトス

4 極メテ高キ建築物ニ於テハ絶縁基礎ヲ用ウルヲ可トス

幅狹クシテ高キ建築物ハ絶縁基礎上ニアル場合ニ於テハ前章ホノ要件ニ當リ其ノ震動ヲ輕減シ得ト雖モ其ノ環動半徑ト基底幅トガ如何ナル關係ニアル場合ニ於テもノ要件ニ適合スルヤノ程度ハ尙ホ今後ノ實驗ト經驗トノ結果ニ俟ツニアラザレバ之レヲ定メ難シ

最モ絶縁基礎ニシテもノ要件ニ適合セザル場合ト雖モ尙ホ且ツ固定基礎ト同様ノ作用ヲナスコト前章所論ノ如クナレバ必スシモもノ要件ニ當ラズト雖モ絶縁基礎ハ別ニ危險ヲ有セザルモノトス

故ニ高サノ大ナル建築物ニ對シテハ切ニ絶縁基礎ヲ推奨シ殊ニ高サノ大ナル橋脚烟突等ニ於テハ一層其ノ有利ナルベキ

ヲ感ズルモノナリ

5 一般ノ建築物ニ對シテハ固定基礎ヲ安全ト認ム

浮游基礎及ヒ絕縁基礎ハ何レモ特殊ノ場合ニ對シテ安全ナルベキコト前述ノ如シト雖モ其ノ程度等ハ尙ホ明瞭ニ決定スルコト能ハザルガ故ニ多クノ場合ニ於テハ固定基礎ヲ用ウルヲ以テ安全ナリトスルハ洵ニ已ムヲ得ザルノ至リナリトス以上本章ニ於テハ建築物選擇ノ大體標準ヲ述ベタリト雖モ唯漠然タル大眼目ヲ併列シ得タルニ過ギザルハ著者ノ甚ダ遺憾トスル所ニシテ之レガ明確ナル限界ヲ定メテ例ヘバ如何ナル材料ヲ用ヒテ如何ニ構成セル建築物ハ高サ幾尺以上ヲ危険トスルヤ等ノ程度ヲ決定スルコトハ尙今後ノ實驗若シクハ經驗ノ結果ニ俟タザルベカラズ

而シテ數十年毎ニ襲來スベキ破壊的地震ノ經驗ノミニヨリテ是等ノ限界ヲ定メントスルハ餘リニ悠長ニ失スルノミナラズ其ノ都度絶大ノ犠牲ヲ要シ到底忍ビ能フベキニアラザルヲ以テ多ク實驗ニ依ルノ必要アリ

著者ハ遺憾ナガラ實驗ニ付キ便宜ヲ有スルノ位置ニアラズ又假リニ之レヲ有スルトスルモ斯カル大問題ハ到底微力ナル一著者ノ力ヲ以テ解決シ得ベキニアラザルヲ以テ大方諸君子ノ實驗研究ヲ要望スルモノナリ

會員諸君中科學ニ關スル試驗所、研究所若シクハ震災豫防調査會等ニ關係セラレ實驗ニ付キ便宜ヲ有セラル、方ハ宜シク實驗研究ノ上其ノ結果ヲ公表セラレノコト切望ニ堪エザルナリ

第五章 建築材料選擇ノ標準

震動ノ方面ヨリスル建築物ノ論述ハ略々上記ノ各章ニ盡キタルヲ以テ以下一般材料及構造學上ノ理論ヲ基トシ傍ラ震動ニ關スル要件ヲ加味シテ材料選擇ノ標準及ヒ構造上ノ要點ニ付キ記述ヲナシ以テ本論ヲ終ラントス

耐震建築材料トシテ具備スルヲ要スル諸性質ハ下記ノ諸點ナルベシ

- 1 震動ニヨリテ起ル水平力ハ自己ノ重量ニ比例スル故ニ耐震建築材料タルタメニハ自重ノ輕キヲ必要トス
- 2 地震ノ破壊力ニ對抗スルタメニハ建築材料ハ其ノ強度ノ大ナルヲ必要トス

- 3 耐震建築ノ材料タルモノハ建築物ヲ剛性的ナラシムルタメニ剛度ノ大ナルヲ要ス
- 4 地震ニ伴ヒ易キ火災ノ防禦ノ爲メニ建築材料ハ耐火性ノ強大ナルモノナルヲ要ス
- 5 建築物ガ地震ニ際シ何等ノ豫備的徵候ヲ示サズシテ破壊スルトキハ危険窮リナキ故ニ地震地帯ノ建築材料ハ韌性ノ大ナルモノナルヲ要ス

今以上ノ諸點ヨリ考察シテ現時一般ニ使用セラル、各種ノ建築材料ニ付キ其ノ優劣ヲ論ズルコト次ノ如シ

1 鐵材ハ最モ優良ナル建築材料ナリ

鐵材ハ殆ンド前記ノ五要件ニ満足ニ適合シ最モ優良ナル建築材料ト稱スベシ但シ鑄鐵ハ韌性ヲ缺ケル弱點アル故ニ地震地帯ニ於テハ鑄鐵柱等ヲ用ヒザルヲ安全トス

2 鐵筋混凝土ハ鐵材ニ次ギテ優良ナル建築材料ナリ

鐵筋混凝土ハ其ノ剛性ノ強大ナル點ニ於テハ寧ロ鐵材ヲ凌クモノアリト雖モ自己重量ノ大ナル點ニ於テ多大ノ遜色アリ又韌性ノ豊ナザラルヲ憾トス

3 火災ノ惧少ナキ隔離的建築物ニ於テハ木材モ亦優良ナル建築材料タルベシ

木材ハ其ノ自重ノ輕キ點ニ於テ最モ優越シ又剛性ニ富メルト韌性大ニシテ急激ニ破壊ヲナサルトノ點ニ於テ他ニ優ルモノアリト雖モ火災ノ危險大ナルガ故ニ人家稠密ノ地ニ於テ用ヒ難キヲ遺憾トス

4 石材煉瓦等ハ強固ナル地盤上ニ於ケル低キ建築物ニノミ用ウルコトヲ得ベシ

石材及ヒ煉瓦ハ其ノ剛性ノ強大ナル點ニ於テ他ノ材料ニ優ルト雖モ自重ノ大ナルコト韌性ニ乏シキコトハ最大缺點ナリ又其ノ抗壓力ハ極メテ強大ナルモ抗張力及抗剪力ノ極メテ貧弱ナルノ缺點アリ

故ニ高キ建築物ニアリテハ震動ニヨル水平剪力ニ抗シ難ク又彎曲ニ原因スル張力ニヨリテ破壊スルノ惧アリ又自重大ナル故ニ地盤ノ極メテ強固ナル場合ニアラザレバ基礎面ノ不均一ナル沈降ニヨリテ破壊ヲ招クコトアリ

今回ノ地震ニテ破損セル煉瓦造建築物中ニハ基礎ノ不均一ナル沈降ニヨルモノ多シ

5 屋根材トシテハ金屬鋸、天然すれーど、石綿版等ヲ優良ナルモノト認ム

自己重量ノ輕キ點ニ於テハ金屬鋸ハ最も優良ナルベキモ其ノ耐火性ニ於テハ天然すれーど石綿版等ヲ優レリトス

6 瓦ハ地震地域ノ屋根材ニ適セズ

瓦ハ其ノ耐火性ノ大ナル點ニ於テ大ニ優越セリト雖モ自己重量ノ大ナルノミナラズ地震ニ際シ剝落シテ死傷者ヲ生ズルノ惧アリ且ツ其ノ一度剝落スルヤ直チニ屋上ノ耐火性ヲ滅失スルニ至ル

實ニ今回ノ地震ニ於テモ屋根材トシテ瓦ヲ用ヒ居ラザリセバ火災ノ慘害ヲシテ斯クノ如ク大ナルニ至ラシメザリシノミナラント感ズルコト切ナリ

著者ハ今回ノ慘禍ニ鑑ミ復興ノ東京ニ於テハ屋根材トシテ瓦ヲ用ヒザラシムコトヲ切ニ勸告シ又近ク地震ノ襲來ヲ受クルノ危険アル地方ニ於テハ努メテ屋根材ノ改良ヲ圖ランコトヲ勸ムルモノナリ若シ又已ムヲ得ズシテ瓦ヲ用ウルトセバ引掛棧ナル一種ニ限リテ使用ス其ノ他ハ一切使用ヲ避クベシ

第六章 建築物ヲ耐震的ナラシムルニ必要ナル構造上ノ要件

1 建築物ノ間取其ノ他一般ノ配置ハ凡テ其ノ中心ニ對シ對稱的ナラシムベシ

地震ニヨリテ起ル水平力ハ自己ノ重量ニ比例スル故ニ建築物ニ扭レヲ生ズルノ危険ヲ防グ爲メ各部分ノ配置ヲ凡テ其ノ中心ニ對シテ對稱的 (Symmetrical) ナラシムルコトハ建築物ノ設計上重要ナル考察點ナリトス

此ノ點ヨリ觀察シテ著者ハ丸ノ内びるぢんぐに配置ノ如キハ殆ント理想的ニ近キモノト考フルモノナリ

2 建築物重量ノ分布ハナルベク各部分ニ齊一ナラシムベシ

本項ハ地震ノ際ニ起ル水平力ノ分布ヲ各部分ニ等齊ナラシムル爲メニ必要ナル考察點ニシテ殊ニ彈性建築材料ヲ使用スル場合ニ各部分ノ自己震動ヲ齊一ナラシムル爲メニ最モ注意ヲ要スル點ナリトス

以上ノ二點ハ從來ノ和式建築ニ於テハ最モ等閑ニ附セラレタ平家建家屋ノ一隅ニ二階ヲ設クルガ如キ或ハ家屋ノ一側ハ床押入廊下等ノ配置ノ爲メ多クノ壁ヲ有スルニモ拘ラズ他側ハ全部障子トナスガ如キ其ノ例頗ル多シ幸ニシテ和式建築ハ其ノ高サ極メテ低ク自己重量モ亦輕クシテ自己震動ヲ起ス如キ場合少キ故大ナル破壊ノ實例ニ乏シト雖モ若シ自己震動ニ際シ一方ト他方ト震幅周期等ヲ異ニスル場合アラバ其ノ接合部ハ必ず多大ノ損傷ヲ蒙ルベキコト論ヲ俟タザル所ナリ

著者ハ數年前自宅ノ建築ニ際シ此ノ點ニ就キ大ニ心ヲ碎キタルモ適當ノ案ヲ得ル能ハズ據ナク八疊間ノ障子ヲ九尺四本建テトナシ三尺ノ壁ヲ置キ重量ノ配置ヲ幾分ニテモ合理的ナラシメントシタルコトアリ蓋シ和式建築ニ於テハ最モ苦心ヲ要スル點ナリトス

3 建築物ノ内部ニハナルベク多ク固定隔壁ヲ設クベシ

地震ニ對シ剛性建築物ハ最モ優秀ナル抵抗力ヲ有スルコト既述ノ如ク隨テ多クノ固定壁ヲ作リテ建築物ノ剛度ヲ大ナラシムルコトハ耐震建築トシテノ最要項ナリト雖モ一般ニ建築物ノ外壁ハ採光等ノ關係ヨリシテ完全ナル固定壁ヲ作ルニ適セザル故ニ其ノ内部ニ於テ多クノ固定隔壁ヲ作ルコトハ建築物ノ剛度ヲ大ナラシムル爲ニ最モ必要ナル條項ナリトス

4 建築物内部ノ隔壁ハ上下各階ヲ通シテ同一直立面中ニ立タシムベシ

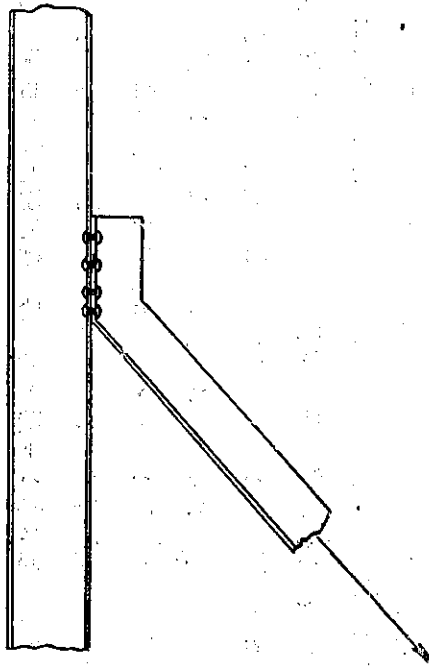
此ノ項ハ單ニ隔壁ニ傳ハル水平力ヲ上部ヨリ下部ニ傳達スル爲ニ必要ナルノミナラズ震動ニ際シ各階ノ床ニ扭レ又ハ彎曲ヲ起サザラシムル爲メニ缺クベカラザル要件ナリ

5 鐵骨構造ニ於テハ柱ト梁トノ外ニ必ず斜材ヲ使用スベシ建築物ヲ剛性的ナラシムル爲メニ柱ト梁トノ間ニ斜材ヲ

附加シテ Truss ノ働キヲナサシムルハ耐震建築トシテ最モ必要ナル條件ナリトス

6 鐵骨ノ接合部ニハ其ノ材ト等シキ強度ヲ有スル絞鉄ヲ使用スベシ

ヲ 要 ス



此ノ項ハ一般鐵骨構造上ノ要件ニシテ震動ニ對スル場合ニノミ必要トスルニアラザルモ從來ノ鐵骨建築ニ於テハ往々ニシテ圖ノ如キ應張鉸ニ類シタル接合ヲ見ルコトアル故特ニ之ヲ記載セリ

8 鐵柱ハナルベク函形組立材ヲ使用スベシ

從來ノ鐵骨構造ニ於テハ柱材トシテ工形桁又ハ工形組立材ヲ見タルコト多キモ工形ハ其ノ剛度堅ノ方向ニハ極メテ大ナルモ横ノ方向ニ於テハ頗ル小ナレバ震動ヲ受クル柱材トシテハ適當ナルモノニアラズ故ニ函形ノ組立材ヲ用ヒテ各方向ノ剛度モ略々均一ニスルヲ可トス

9 鐵骨構造ノ斜材ハ直立材ト水平材トノ交點ニ接合スル

地震ノ水平力ヲ受クルニ際シ建築物ヲ *Truss* トシテ作用セシムル爲メニハ水平材、直立材及ヒ斜材ハ皆同一點ニ接合ス

從來ノ鐵骨構造ニ於テハ此ノ點ヨリ觀察シテ遺憾ナルモノ頗ル多シ例ヘバ梁材ノ如キハ柱側ニ取リ付ケタル *Bracket* 上ニ据エ僅カニ二三ノ絞鉸ニテ接合シタルモノハ往々認ムル所ナルモ之レヲ單ニ床ノ重量ヲ柱ニ傳達スルノ作用ヲナサシムルノ點ヨリ觀察セバ敢テ不都合ナラザルガ如クナルモ其ノ一度震動ヲ受クルニ當リテハ建築物全體トシテ剛度ヲ大ナラシムルノ必要上ヨリ觀察シテ接合部ノ剛性ヲ缺クル斯クノ如キ構造ハ極メテ不完全ナルモノト云ハザルベカラズ

更ニ接合部ノ剛性ニヨリテ建築物ノ剛度ヲ増サシムルニ止ラズ進ンテ斜材ト結合シテ *Truss* トシテノ作用ヲナサシメ一層其ノ剛性ヲ大ナラシメントスルトキハ梁材モ亦軸應力ヲ受クル場合アルガ故ニ益々接合部ヲ完全ニスルノ必要アリ

7 鐵材ノ接合鉸ハ必ズ應剪鉸ナルヲ要ス

ルニアラザレバ完全スルコト能ハズ

然レトモ建築物ノ外壁ニ於テハ採光窓等ニ妨ゲラレテ斯クノ如キ構造ヲナスコト困難ナル場合多キモ内部ノ隔壁ニ於テハ何等ノ障害ナキ故ニ必ス本項ニ適合セシムベシ

10 鐵筋混凝土建築物ニ於テ柱ト壁トハ必ス同時ニ施工スベシ

既凝結混凝土面ニ新ニ混凝土ヲ附着スルモ到底完全ニ結合スルコトナキハ膠灰ノ性質ノ然ラシムル處ナルガ故ニ若シ壁ト柱トガ時ヲ異ニシテ施工セラル、トキハ兩者ノ間ニ完全ナル結合ヲ缺キ爲メニ此ノ間ヨリ破損ヲ來スコトアルベシ故ニ柱ト壁トハナルベク同時ニ充填スルヲ要ス

若シ已ムヲ得ズシテ異時施工ヲナス場合ハ先ニ充填シタル混凝土面ノ内後日接合ヲ要スル部分ハ型枠取外シノ後直チニ其ノ面ヲ Wire brush ニテ洗ヒ表面ノ膠灰ヲ落トシ砂利面ヲ露出シ置クヲ要ス

新舊混凝土間ニ結合性ヲ缺クコトハ膠灰ノ最モ重大ナル缺點ニシテ此ノ點ニ注意ヲ缺キタル爲メニ失敗ヲ招ケル例尠ナカラズ曾テ某地ノ水方工事ニ於テ混凝土剛渠ヲ作ルニ當リ先ヅ兩側壁ノ施工ヲナシ後日底入レテナセシカバ混凝土凝結ノ際ニ起ル收縮作用ト前記ノ不滑作用ト相俟チテ側壁ト底トノ間ニ一分乃至三分位ノ空隙ヲ生ジタル故工事擔當者ハ應急策トシテ其ノ空隙ニ楕圓ヲ充填シ又側壁ト渠底ト相接スル隅ニ三角形ノ混凝土ヲ施シタルモ固ヨリ新舊ノ不滑作用ノ爲メニ密着セサリシカバ塗ニ漏水ヲ止ムル能ハズシテ爲ニ數里ニ亘ルノ水路ガ一日ニシテ崩壞セルハ著者ノ親シク實見シタル所ナリ

11 壁ニ用ウル鐵筋ハ斜ニ配置シ柱及ビ梁ト完全ニ結合セシムベシ

從來ノ壁用鐵筋ハ專ラ直立及水平ニ配列セラレタルモ地震地帯ニ於テハ之レヲ四十五度位ノ傾斜ニ配列スルコト、セバ爲ニ大ニ建築物ノ剛度ヲ増大シ又水平抗剪力ヲ増加スルノ效力アルベシ

12 餘リニ薄キ鐵筋混凝土壁ヲ避クベシ

地震ニヨリテ起ル水平力ハ自己ノ重量ニ比例スルモノナレバ破壊力輕減ノ爲メニハ壁等ハナルベク薄クシテ重量ヲ輕減スルヲ可トスルガ如クナルモ混凝土壁ノ餘リニ薄キモノハ施工ノ際完全ナル充填困難ナルト凝結作用ノ進行中乾燥スル等ノ爲メニ施工ノ完全ヲ期シ難キノ危険アルノミナラズ地震ニヨリテ壁面ニ垂直ナル方向ニ震動ヲ受クルトキハ壁自體

ハ剛度ノ不足ニヨリテ壁ハ柱及梁ノ震動ニ隨伴スルコト能ハザルガ爲メニ破壊ヲ來スコトアルベシ故ニ鐵筋混凝土壁ハ相當ニ厚キモノヲ用ウルヲ安全トス

13 餘リニ細キ鐵筋ハ之レヲ避クベシ

鐵筋混凝土ニ龜裂ヲ生シタル場合ハ其ノ部分ニ於ケル剛性ハ專ラ鐵筋ニヨリテ保持セラル、ガ故ニ若シ鐵筋ガ餘リニ細キモノナルトキハ直チニ其ノ部分ニ彎曲ヲ生シ爲ニ靱性ヲ有セザル混凝土ノ各部分ニ破壊ヲ誘發シ遂ニ破壊ヲ來スノ惧アリ

14 鐵筋混凝土建築ニ當リ著シク重量分布ノ齊一ヲ缺ケル部分ニハ特ニ太キ補助鐵筋ヲ挿入スベシ

建築物ノ各部分ニハナルベク其ノ重量ヲ齊一ニ分布セシムルノ必要アルニ述ベタル處ナリト雖モ實際ノ設計ニ當リテハ嚴密ニ之レヲ實行スルコト困難ナルガ故ニ努メテ急激ナル變化ヲ避クルト共ニ著シク變化ノ大ナル個所ニ對シテハ局部的ニ太キ補助鐵筋ヲ挿入シテ強度並ニ剛度ヲ補フベシ

柱梁式鐵筋混凝土建築物ニ於テ床ニ鐵筋混凝土ヲ用ウル場合ハ柱ハ床ト接スル部分ニノミ大ナル重量ヲ有シ他ノ部分ハ重量極メテ少ナキガ故ニ接觸部ヨリ破壊ヲ來スコトアリ

彼ノ内外びるちんぐノ崩壞セル如キハ此點モ亦一原因タルベク觀察セラル

又代々木驛乗降場ハ高キ築堤ノ下ヨリ種メテ細キ鐵筋混凝土柱ヲ建テ其ノ上ニ鐵筋混凝土床ヲ作り恰モ柱梁式建築物ヲ築堤中ニ埋メタル如キモノナリシガ今回ノ地震ニテ柱ト床トノ接合部ハ盡ク折損シタリ幸ニ柱ハ築堤ニ埋マリ居ルヲ以テ崩壞ヲ免ル、ヲ得タルモ若シ純柱梁式建築物ナリトセバ内外びるちんぐト運命ヲ同ジクシタルナルベク察セラル

石造又ハ煉瓦造ノ建築物ニ於テモ重量分布ノ著シク齊一ヲ缺ケル點ニ於テ龜裂又ハ破壊ヲ來シタルモノ、極メテ多シ(窓ノ上下壁ノ曲リ角等ニ龜裂多シ)

故ニ本項ハ單ニ鐵筋混凝土建築物ノミニ限ラズ石造又ハ煉瓦造等ニ於テモ亦之レヲ準用スルヲ可トス

15 石造又ハ煉瓦造ノ柱又ハ壁ニハ處々ニ堅鐵錐ヲ挿入スベシ

石及び煉瓦ハ其ノ抗剪力ノ極メテ貧弱ナルヲ最大缺點トスル故ニ地震ニ原因スル水平剪力ニ對抗セシムル爲メニ所々ニ
 豎鐵綽ヲ挿入スルヲ可トス

16 石造又ハ煉瓦造ノ壁ニハ所々ニ扶壁ヲ設クベシ

壁面ニ垂直ナル方向ハ震動ヲ受クル場合ニハ扶壁 (Buttresses) ニヨリテ其ノ水平力ヲ支持スルノ必要アル辯ヲ俟タザル
 處ナリ

今回ノ地震ニ於テ煉瓦造建築物ノ破風ニ崩落ヲ見タルモノ極メテ多シ之レ下部ノ煉瓦壁ハ夫レト直角ナル外壁及び内部隔壁ニヨリテ扶壁作用ヲ受クルモ
 上部ノ破風ハ全然獨立壁ナナセルガ故ニ水平力ニ對抗シ能ハザリシニヨルナルベシ

17 鐵網混凝土壁ニ對シテハ柱ヲ密ニ配置スベシ

鐵網混凝土ハ輕クシテ耐火性大ナルノ特色アルモ剛度頗ル少キ故ニ柱ノ間壁ヲ密ニシテ之レヲ支持スルヲ要スベシ

18 壁ニ鐵網混凝土ヲ用ウルトキハ柱ト柱トノ間ニ別ニ斜材ヲ用ウルヲ可トス

鐵網混凝土壁ハ剛性ニ乏シキ故ニ鐵筋混凝土又ハ煉瓦等ノ如ク壁ノ剛性ニヨリテ建築物全體ヲ剛性的ナラシムルコト能
 ハザル故ニ別ニ斜材ヲ設ケテ此ノ剛化ヲ全フスルヲ可トス

19 木材ノ接合部ニハ鐵物ヲ使用シテ其ノ強度ヲ補フベシ

木造ノ建築物ハ其ノ接合部ニ於ケル枘等ノ切損ニヨリテ破壞ヲ來スコトアリ故ニ適當ナル鐵物ヲ使用シテ其ノ部分ノ強
 度ヲ補フヲ可トス

20 和式建築物ノ軒桁ハ鐵綽ヲ以テ繋ギ置クヲ可トス

和式建築物ニ於テハ前後ノ軒桁ハ梁材ノ端ニアル蟻ニヨリテ繋ガル、ノミナレバ地震ニ際シ蟻ノ折損ヨリ軒桁ノ間ニ開
 キヲ生シ梁ノ墜落ト家屋ノ崩壞トヲ招クコトアリ故ニ前後ノ軒桁ヲ繋クニ鐵綽ヲ以テセバ大ニ安全ノ度ヲ大ナラシムル
 ノ效アルベシ

21 和式建築物ノ壁間ニハ鐵綆ヲ用キテ筋違ニ繋ギ置クベシ

柱ト梁又ハ桁トヲ結合シテ *Truss* ノ作用ヲナサシメ依リテ其ノ耐震力ヲ大ナラシメン爲ニハ斜材ヲ用ウルノ必要アリ
 從來モ斜材トシテ大貫ノ筋違位ヲ使用スル如キハ往々行ハレタル所ナルモ幅ノ小ナル貫ノ如キハ少シク壓力ヲ受クルト
 キハ直チニ彎曲切損スルノ惧アルノミナラズ *Truss* ヲ構成スル三角形ノ三邊ヲシテ盡ク抗壓材タラシムルコトハ全ク不
 能ニ屬スルヲ以テ筋違ニ抗壓木材ヲ使用スルトキハ勢ヒ桁又ハ梁ヲシテ抗張作用ヲナサシムルヲ要シ而シテ桁端又ハ梁
 端ヲ抗張接合トナスコトハ頗ル難事ニ屬スルヲ以テ筋違ニハ抗張鐵綆ヲ使用シ桁及ビ柱ヲシテ專ラ抗壓材トシテ働カシ
 ムルヲ最モ便宜ニシテ且ツ有效ナル方法ナリトス

22 金屬鈹屋根ニハ其ノ耐火性ヲ充分ナラシムル爲メニ屋根鈹ト下葺トノ間ニ石綿布ヲ敷クヲ可トス

金屬鈹屋根ハ其ノ重量ノ輕キト剝落ノ惧ナキトノ點ニ於テ大ナル優越性ヲ有スルモ耐熱耐寒耐火ノ度ニ於テ瓦ニ比シ多
 大ノ遜色アルヲ免レズ故ニ其ノ下敷トシテ石綿布ヲ使用セバ大ニ其ノ缺點ヲ補フコトヲ得ベシ

23 瓦ハ必ず引掛棧ヲ用ヒ漆喰ヲ下敷トシテ葺キ並フベシ

瓦屋根ノ最大缺點ハ地震ニ際シ剝落ノ爲メニ危害ヲ與フルト屋根ノ耐火性ヲ失ハシムルトニ存スルコト既述ノ如シ故ニ
 引掛棧ヲ使用シテ剝落ヲ防グト共ニ下敷ノ土ニ代ヘテ漆喰ヲ用ヒバ其ノ粘着力ニヨリテ更ニ剝落ヲ防止スルノミナラズ
 剝落後ト雖モ尙ホ多少ノ耐火性ヲ保有セシメ得ベシ

餘 論

以上建築物ノ耐震性ニ關スル二三ノ事項ヲ論述セリト雖モ耐震建築學トシテハ僅カニ其ノ端緒ヲ開キタルニ過ギス之レ
 が完成ニ至リテハ尙ホ前途遼遠ナリト云ハザルベカラズ而カモ斯學ノ完成確立ハ刻下焦眉ノ急務ニ屬シ一日ヲ緩ウスベ
 キニアラズ自ラ願テ其ノ微力ヲ痛嘆スルト共ニ有力者ヲ奮起シテ以テ斯ノ業ニ當ラレン事ヲ望ムヤ切ナリ
 著者ハ茲ニ本論ヲ終ルニ當リ耐震建築學研究ノ方法ニ關シ抱懷セル卑見ヲ述ベ識者ノ批判ヲ仰ガントス

今回ノ如キ大震災ハ單ニ罹災者ノ不幸タルニ止ラズ國家トシテモ亦絶大ノ損害ニシテ實ニ戰慄ニ値スルモノアリ故ニ斯カル災害ノ防止ヲ見のトスル耐震建築學ノ研究ノ如キハ之レヲ二三好事者ノ手ニノミ委スベキニアラズ國家ハ宜シク耐震建築學研究所ヲ起コシ費用ヲ惜マズ物理學者、地質學者、土木學建築學者等ヲ網羅シ來リテ之レガ研究ニ當ラシメ以テ耐震建築學ノ完成確立ヲ期スルノ要アルベシ

耐震建築學ノ研究ハ固ヨリ物理學ヲ主トスベキハ勿論ナリト雖モ紙上ノ研究ノミニ依頼スルハ錯誤ニ陥ルノ危險アルノミナラズ理論ノミヲ以テシテハ到底解決シ難キ場合モ生シ來ルベキヲ以テ理論ト實驗ト併行スルノ必要アル故ニ耐震建築研究所ニ於テハ實驗用トシテ大ナル震動臺ヲ設備シ機械的動力ニヨリテ自由ニ各種ノ震動ヲ起シ得ル裝置ヲナシ其上ニテ各種震動ノ實驗ヲナスハ勿論其ノ上ニ試驗的建築物ヲ築造シ之レニ震動ヲ與ヘテ其ノ狀態ヲ試驗シ得ルノ裝置ヲナスベシ

高層建築物ノ上層及ビ下層ニ於ケル震動ノ比較研究ハ最モ重要ナル研究事項ナレバ差シ當リ數十臺ノ震動計ヲ作り目下餘震ノ尙ホ終息セザル間ニ各種ノ地層上ニアル各種建築物ノ各部分ニ据エ付ケ其ノ震動ヲ比較測定スルヲ要ス

從來ノ震動計ハ震幅ノ大ナル震動ヲ記録スルニ適セズ故ニ大震動記録用ノ震動計ヲ作り從來ノモノヲ微動計トシテ兩者ヲ併用セバ遺憾ナク震動ヲ記録スルヲ得ルナラン

大森式震動計ハ Hinge ニヨリテ重錘ノ重量ヲ支持スルモノナル故ニ Arm ヲ長クスレバ Hinge ニ無理ヲ來スノ惧アルヲ以テ現在以上ニ Arm ヲ長クスルコト困難ニシテ大震幅ノ震動ヲ記録シ得ル器械ヲ作ルコト能ハズ

Reiner 式震動計ハ Ball ニヨリテ重錘ヲ支持スル故ニ Arm ヲ長クシ得ル點ト重錘ノ重量ヲ大ナラシムルノ點ニ於テ大森式ニ優ルト雖モ Ball ノ上ニ重錘ヲ浮カシタル故ニ震幅大ナルニ至ルトキハ重錘ハ Ball ヲ外ル、故ニ大震動ノ記録ニ適セザルコト大森式ト同様ナリ

大森式ハ Arm ノ極メテ短カキノ結果少シク大ナル震動ノ記録ハ皆彎形ニ畫キ出サレ居レリ此ノ彎形ヲナセルハ即チ

Arm が著シク傾斜シタルヲ示スモノニシテ Angle ノ傾斜大ナルトキハ之レニ張力ヲ生ズルガ故ニ其ノ一部ノ分力ハ鍾ニ運動スベキヲ以テ重錘ヲ完全ニ不動ノ位置ニ保ツコト能ハザルベク完全ナル記録ヲ得ルコト難キノミナラズ一層震幅ノ大ナル場合ハ鍾ハ器械的反撥ヲ受クルコトアリ

震幅ノ大ナル震動ヲ記録スルニ用ウル震動計ニ對スル著者ノ私案ハ次ノ諸要項ヲ具備スルヲ要ス

- 1 Arm ノ長サハナルベク長クスルコト
- 2 重錘ノ重量ヲ大ニシ Bearing ニ於ケル些小ナル摩擦ノ如キハ鍾ニ聊カモ運動ヲ起シ得ザル如キモノトナスコト
- 3 Ball bearing ニ適當ナル装置ヲ加ヘ震幅ノ大ナル場合モ外ルコトナキ様ニスルコト
- 4 重錘ノ滑動面ヲ双曲線形トナスコト

此ノ面ヲ圓弧トナストキハ鍾ハ單振子トナル故震幅ノ大ナル場合ニハ自然滑面ノ傾斜大ナルニ至リ鍾ニ運動ヲ與ヘ易キ故ニ中心ヲ離ル、ニ從ヒテ曲率ヲ減殺スル如キ双曲線弧ヲ可トスベシ

- 5 大震動計ノ記録ハ八分ノ一若シクハ十分ノ一位ノ大サニ表ハスコト

震動計用ノ記録用紙ヲ餘リニ幅廣ニナスコトハ幾多ノ困難アルベク又大ナル震動ノ記録ハ必ズシモ精密ナルヲ要セザル故ニ高層彈性建築物ノ上層等ニテ極メテ大ナル震幅ヲ測定スルニ用ウルモノハ相當ノ縮尺ニテ記録スルヲ便宜トスベシ

自己震動ノ周期ト地震ノ周期トノ關係ニヨリテ震動ノ増大スルノ状態ハ單振子ノ装置ニヨリテ之レヲ實驗スルヲ得ベシ即チ機械的裝置ニヨリテ一定ノ周期ヲ以テ水平運動ヲナス如キ水平桿ヲ備ヘ其ノ桿ヨリ振子ヲ垂下シ振子ノ運動ト桿ノ運動トヲ調節シテ種々ナル組ミ合セテ作り得ル様ノ設備ヲナストキハ桿ノ水平震動ガ振子ノ自己震動ニ及ボス影響ヲ完全ニ測定スルヲ得テ震幅ノ増進率ハ周期ノ接近ノ度ト如何ナル關係ニアルヤ又同率ハ震動繼續時間ノ如何ナル形ノ函數トナルヤ等ヲ知ルヲ得ベク隨テ此ノ種ノ實驗ヲ完了スルトキハ彈性建築物ガ普通ニ起リ得ル大地震ノ震動ト普通ニ起リ

得ル繼續時間トニヨリテ到達スベキ最大破壊力ノ算出ヲナシ得ルニ至ルベシ

又上記ノ實驗ニヨリテ自己震動ノ周期ガ外部震動ノ周期ノ幾倍ナル場合ニ振子ハ外部震動ノ影響ヲ受ケザルニ至ルヤノ限界ヲ定ムルヲ得バ絶縁基礎ヲ用ヒテ安全ナル建築物ノ高サノ最低限界ヲモ定メ得ルニ至ルベシ

又第三章ノ要件ニ適合スル周期ノ關係ヲ知ルヲ得更ニ進ンデ成形建築物ノ彈性ヲ深ク研究スルアラバ建築物ノ主要部分ニ於テハ如何ナル震動ヲモ全ク感知セザル如キ免震建築物ノ築造モ亦難キニアラザルベシ

著者ハ次ノ諸點ヨリ觀察シテ我國古來ノ大伽藍ハ自然的免震建築物ナリト考察ス

- 1 柱ヲ絶縁基礎上ニ据エ置クコト
- 2 屋根裏ニ多大ノ重量ヲ有スルコト(即チ環動半徑ヲ大ナラシム)
- 3 柱ノ長キコト(同前)
- 4 固定壁又ハ斜材ヲ用ヒザルコト(柱ノ傾斜ヲ容易ニス)
- 5 柱ト柱トヲ結合スル水平材ハ彈性的反撥力ノ極メテ遲鈍ナル木材ナルコト

本論ハ災後取り急ギ起稿シタルモノナル故ニ充分ニ推敲ヲ加フル暇ナク錯誤ノ點モ多々アルベシ諸君子ノ叱正ヲ得バ幸甚ナリ

終リニ耐震建築學ノ完成ハ吾人ノ切望スル所ナリト雖モ吾人ハ耐震建築ノミヲ以テ満足スベキニアラズ進ンテ免震建築學ノ完成確立ヲ期セザルベカラズ蓋シ完全ナル耐震建築物ハ地震ニ際シ能ク其ノ破壊ヲ免レシムベシト雖モ震動ノ極メテ大ナルニ至ルトキハ什器類ノ飛散顛倒ノ爲メニ人體ニ危害ヲ及ボスノ惧アルヲ以テ何等ノ震動ヲモ感知セザル免震建築物ノ絶對安全ナルニ如カザレバナリ

是ニ於テ吾人ノ前途ハ益々遼遠ナルヲ感ゼシムルト共ニ有力者ノ奮起ヲ望ムコト愈々切ナルモノアリ
今ヤ大震既ニ去レリト雖モ餘震ハ尙ホ頻々トシテ至リ地震ニ關スル實驗研究ニ就キテハ實ニ千載一遇ノ好機タルヲ失ハズ茲ニ重ネテ諸大家ノ奮起ヲ促シ此ノ好機ヲ逸スル無カラノコトヲ要望シテ以テ本編ノ結辭トス(完)