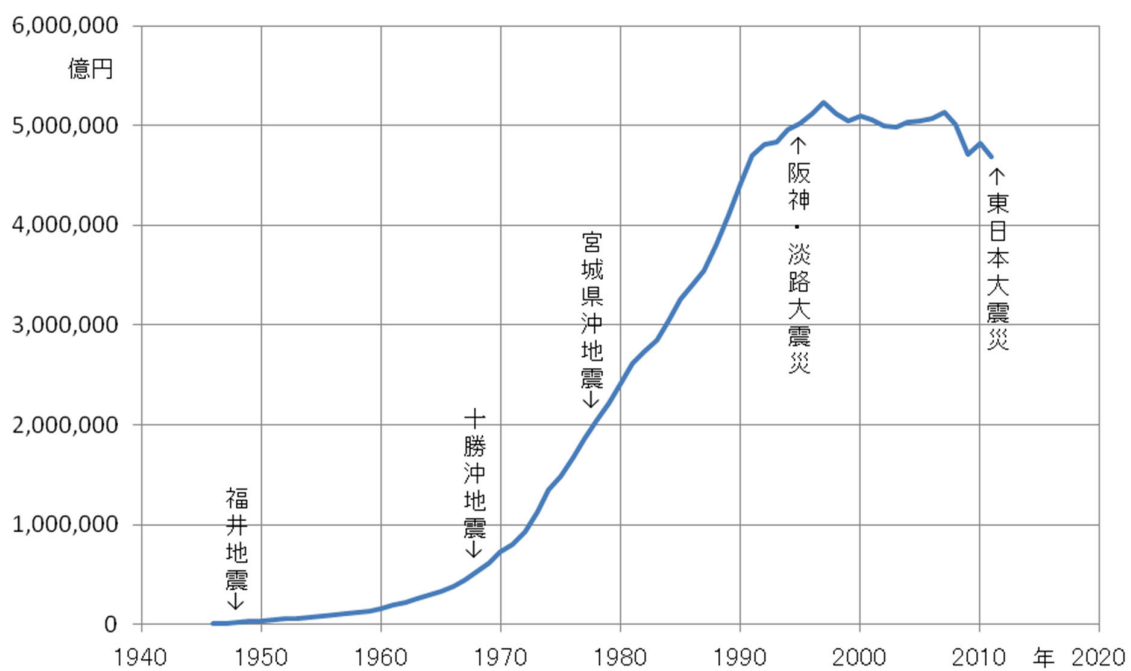


耐震工学50年

柴田 明德

図1



日本経済の推移

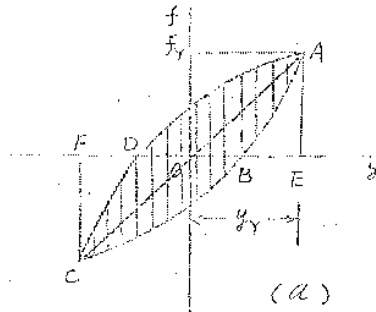
1946-1954:GNP
1955-2011:GDP(名目)

図2

塑性振動に及ぼす構造部材の履歴特性

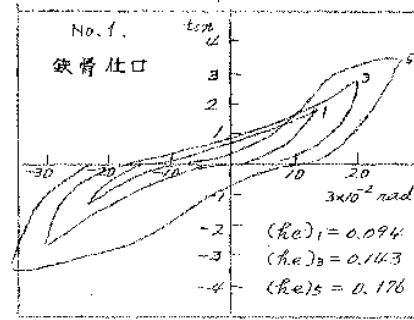
東大 武蔵研究室 ○ 大 沢 胖
同 上 柴 田 明 徳

— 日本建築学会関東支部第28回学術研究発表会(1960年6月) —

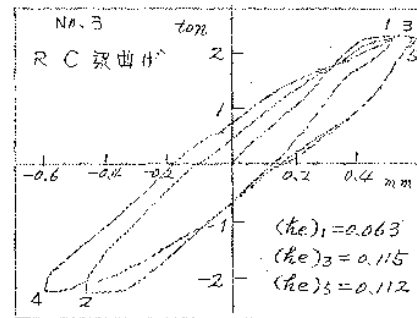


等価減衰係数 $\bar{h}_e$

$$\bar{h}_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\text{面積 } A B C D A}{\text{面積 } (\triangle O A E + \triangle O C F)}$$



(棚橋博士)



武蔵研究室)

大沢胖・柴田明徳 日本建築学会関東支部研、1960年(昭和35)6月

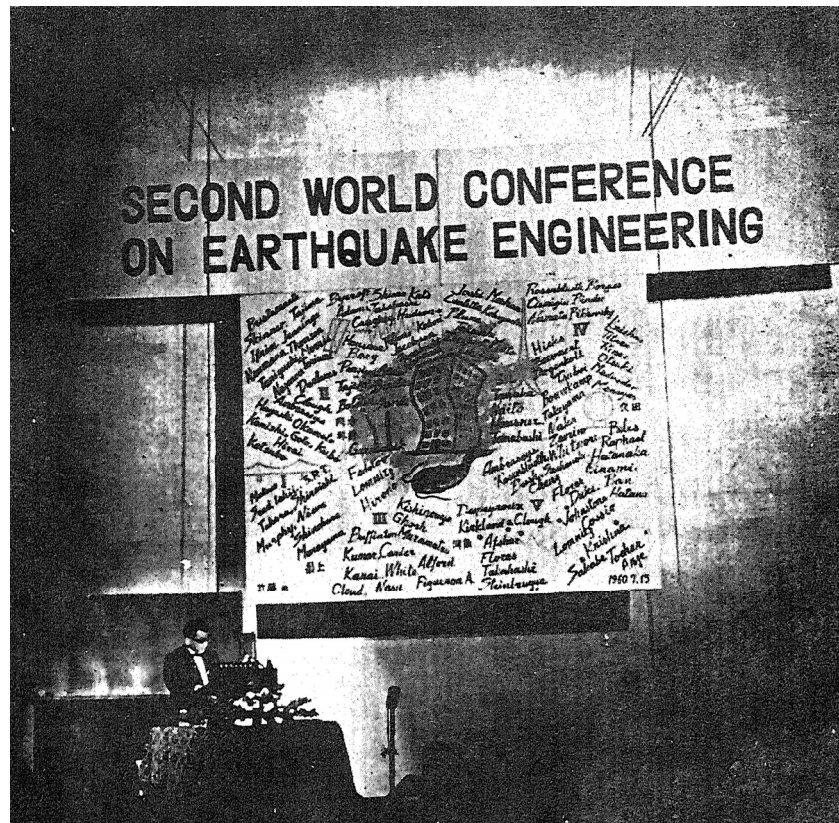
図3

世界地震工学会議

World Conference on Earthquake Engineering (WCEE)

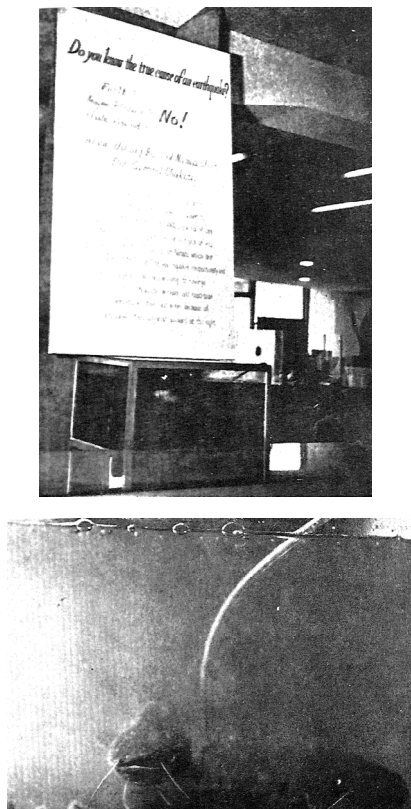
- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 第1回 1956年 米国
(バークレイ) | 第9回 1988年 日本
(東京・京都) |
| 第2回 1960年 日本
(東京・京都) | 第10回 1992年 スペイン
(マドリッド) |
| 第3回 1965年 ニュージーランド
(オークランド・ウェリントン) | 第11回 1996年 メキシコ
(アカプルコ) |
| 第4回 1969年 チリ
(サンチャゴ) | 第12回 2000年 ニュージーランド
(オークランド) |
| 第5回 1973年 イタリア
(ローマ) | 第13回 2004年 カナダ
(バンクーバー) |
| 第6回 1977年 インド
(ニューデリー) | 第14回 2008年 中国
(北京) |
| 第7回 1980年 トルコ
(イスタンブール) | 第15回 2012年 ポルトガル
(リスボン) |
| 第8回 1984年 米国
(サンフランシスコ) | (第16回 2016年 チリ) |

図4

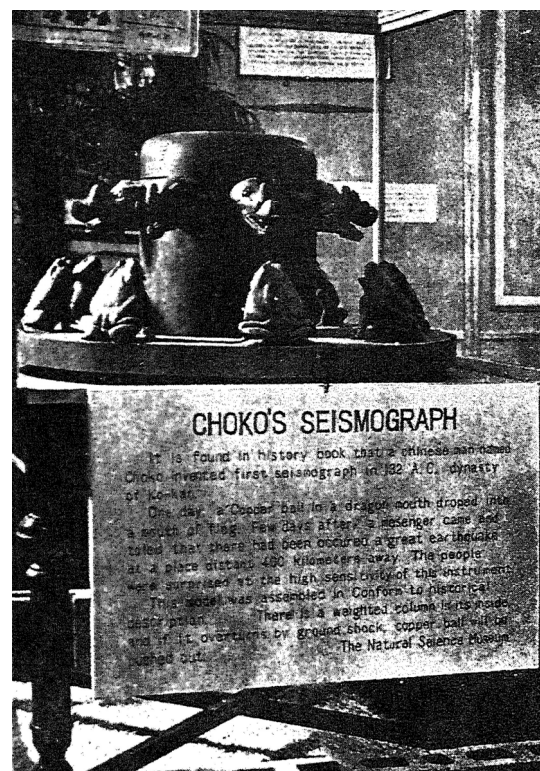


1960第2回世界地震工学会議(東京・京都) 最終報告

図5



鯨の展示



張衡の地震計

1960年WCEE

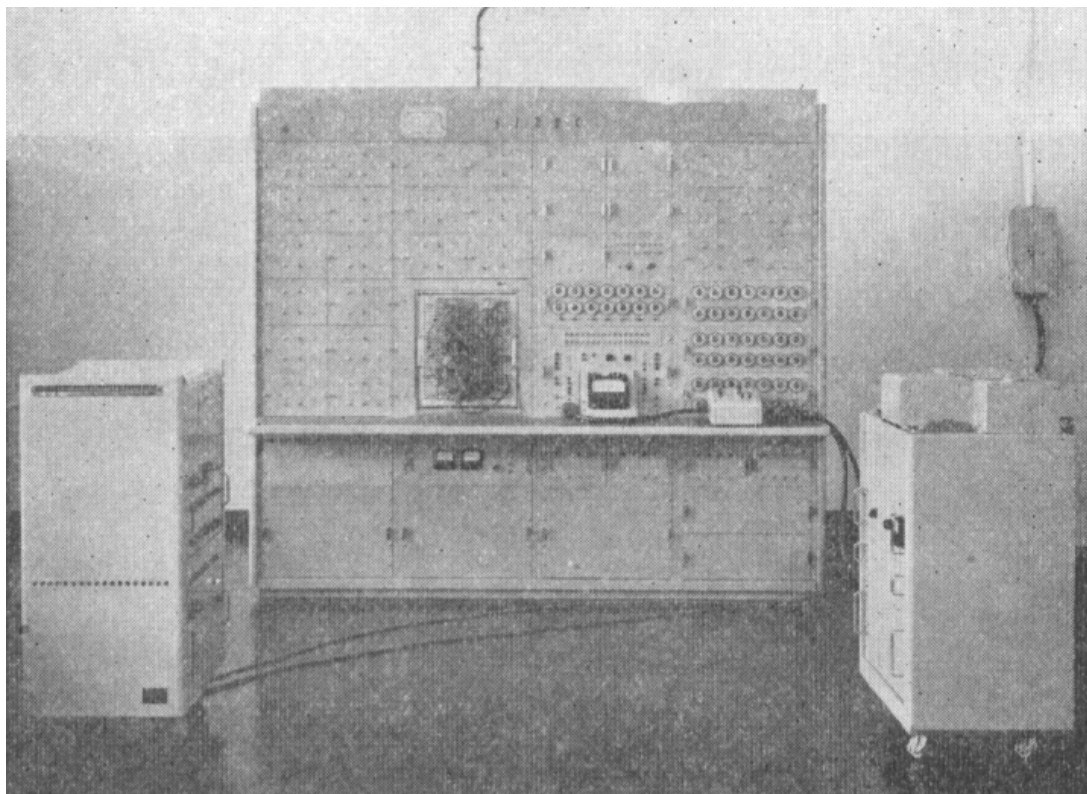
図6



カルモ教会
1755年
リスボン大地震で
被災

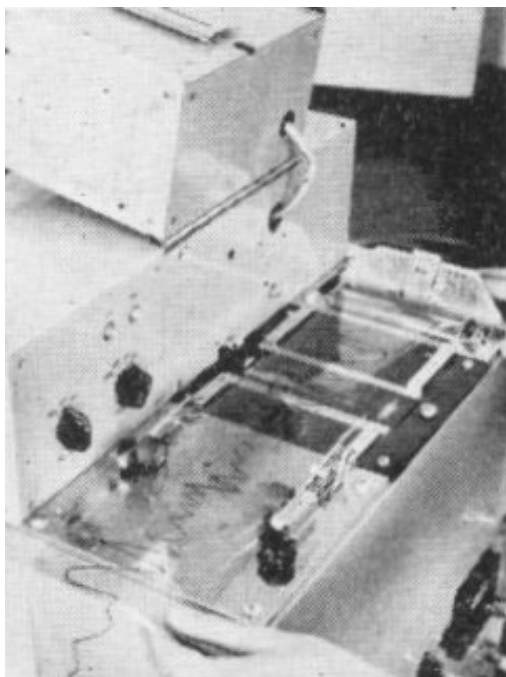
2012年
第15回WCEE
リスボン

図7

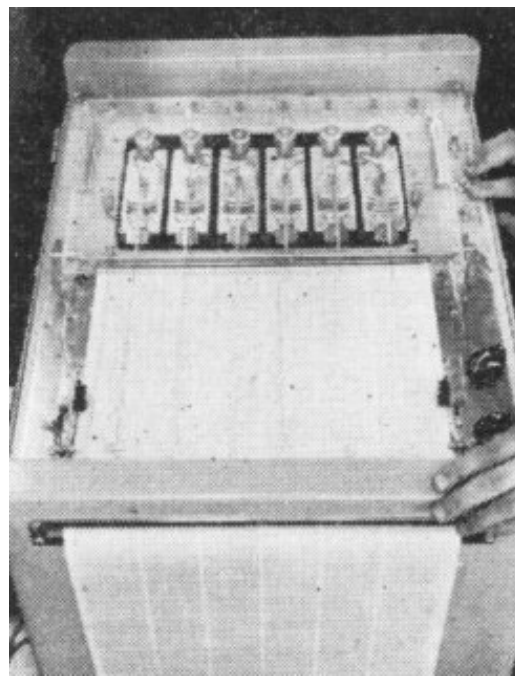


電子管アナログ計算機SERAC 1961年

図8



地震波カーブリーダー



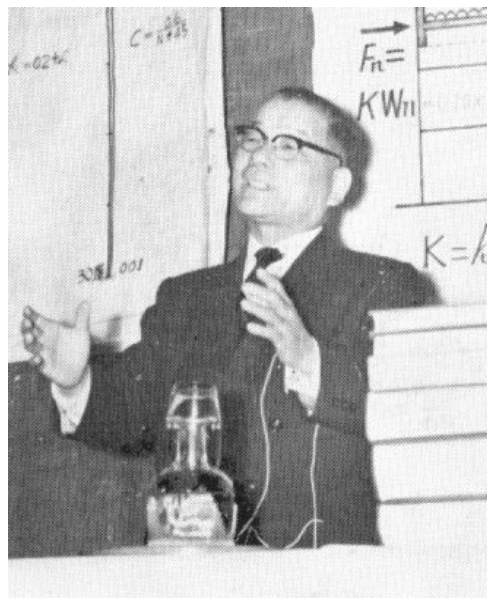
ペン書きオシログラフ

図9



5質点系地震応答 Mビル No.1(30S50%)

図10

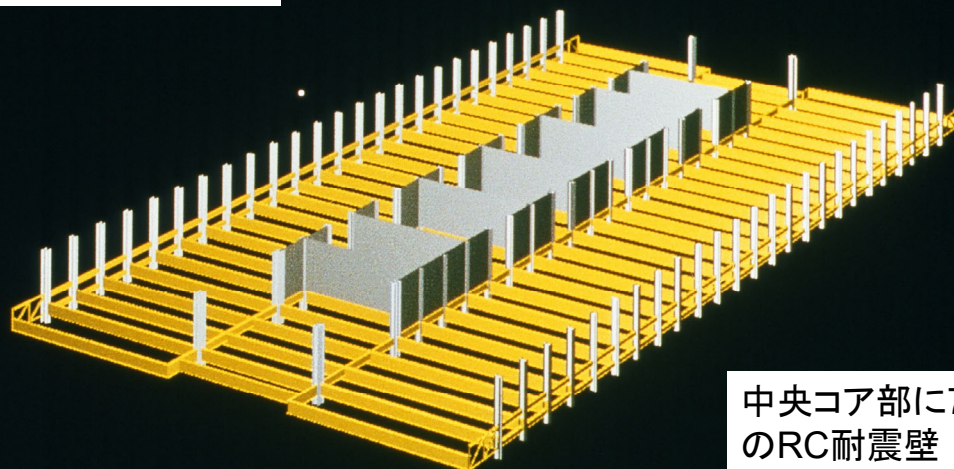


1963年 武藤清先生退官
「超高層への道」

1968年 霞ヶ関三井ビル
地上36階 146m
計算周期 梁5.14(4.02)s 桁5.01(2.75)s
実測周期 梁3.14s 桁2.56s

図11

梁間
15.6m、11.2m、15.6m
桁行
3.2m



中央コア部に7枚
のRC耐震壁
(たてスリット入り)

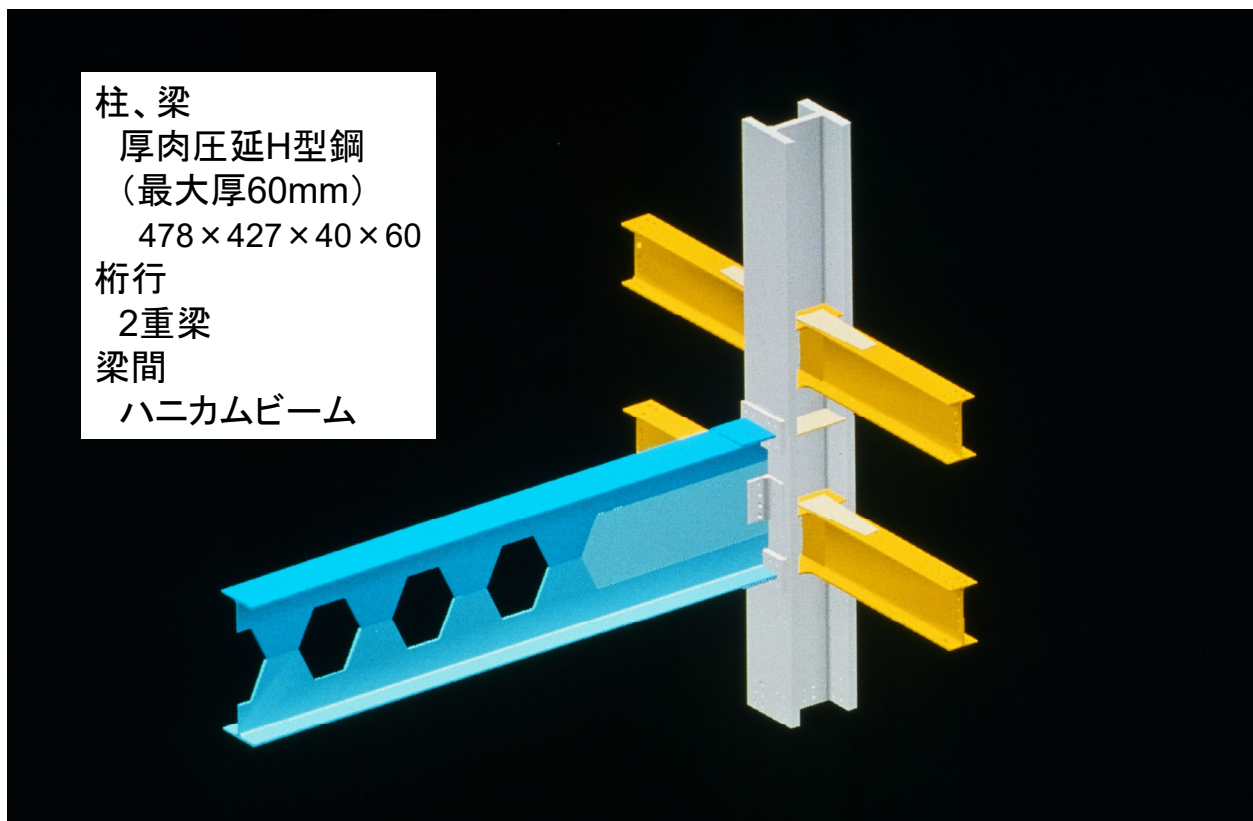


図13



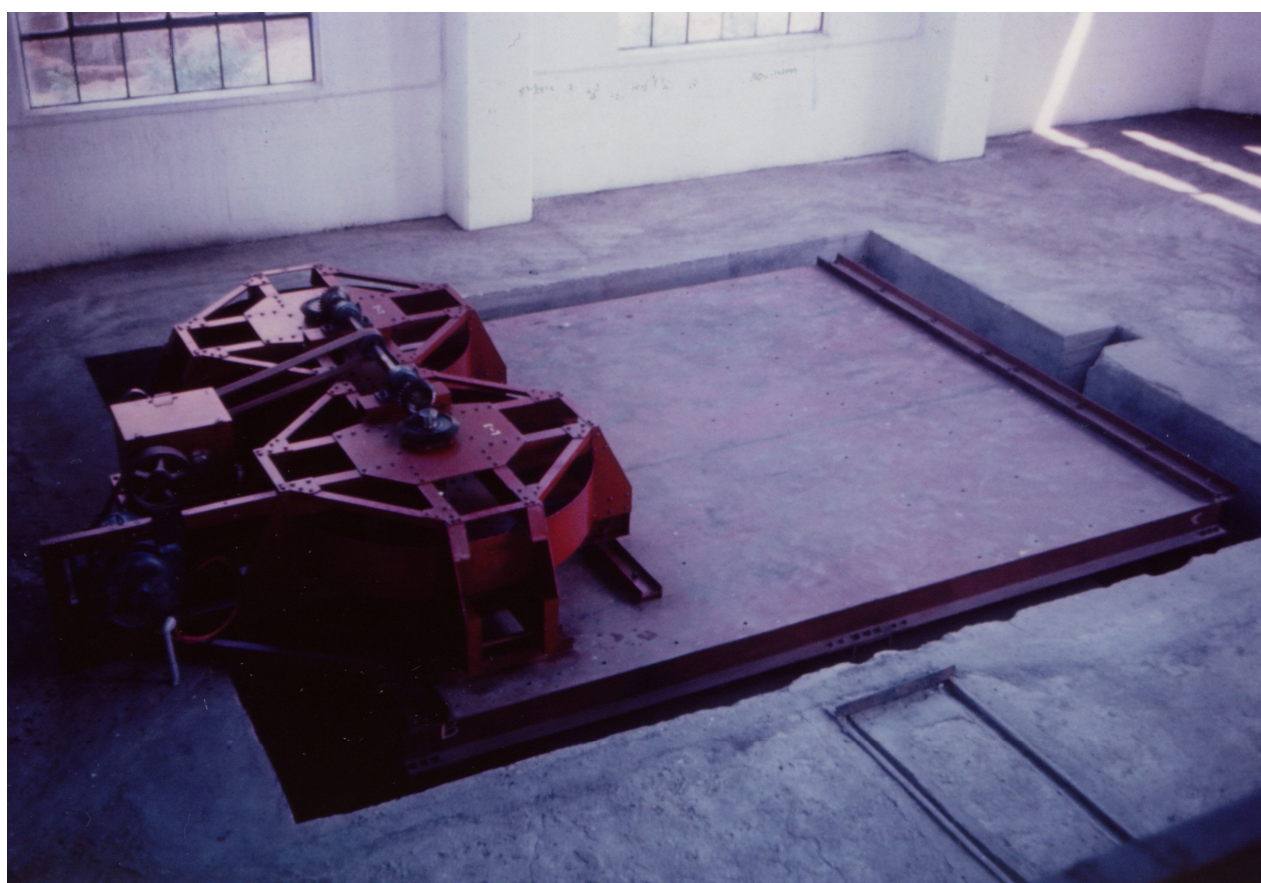
東北大学建築学科(片平、1951年(昭和26)～)

図14



東北大学建築実験所(塩釜) 1957年(昭和32)～

図15



建築実験所振動台(塩釜)

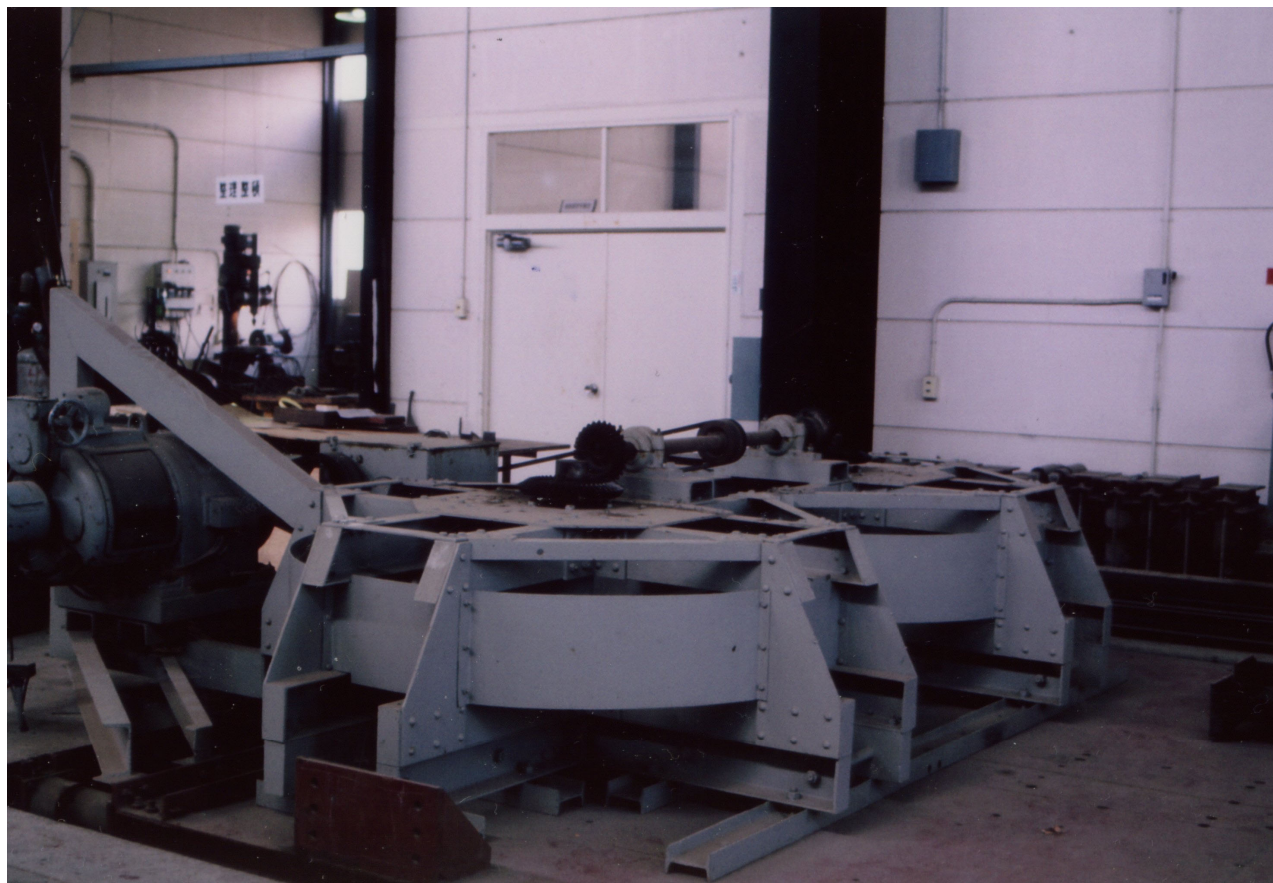
図16



東北大学建設系建物(青葉山移転)1969年(昭和44)～ 図17



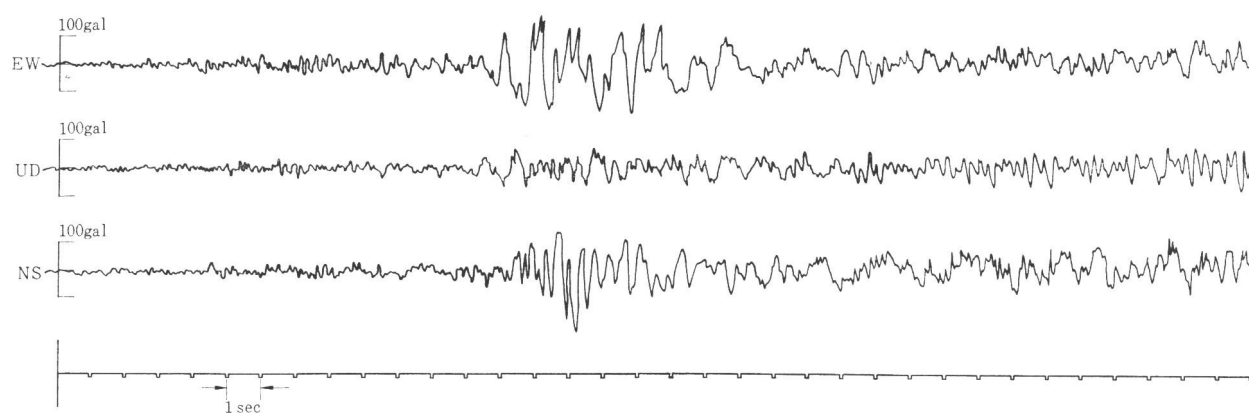
建築実験所(青葉山移転)1971年(昭和46)～ 図18



建築実験所(青葉山)振動台(塩釜より移設)

図19

1968年十勝沖地震 強震記録 八戸第二港湾事務所



最大加速度 NS成分 225gal

志賀敏男「構造物の振動」(共立出版、1976)より

図20



1968年十勝沖地震

青森県三沢高校

RC造3階建

1階短柱せん断破壊

図21

志賀マップ

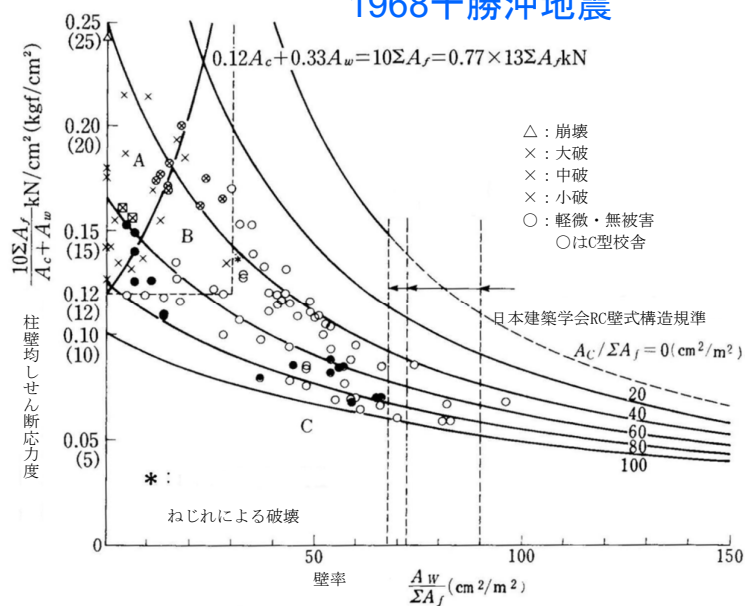
(中低鉄筋コンクリート造建物の耐震度判定)



志賀敏男先生

1923～2009

1968十勝沖地震



1968年(昭和43)東北支部研 志賀・柴田・高橋

図22

JOURNAL OF THE STRUCTURAL DIVISION

SUBSTITUTE-STRUCTURE METHOD FOR SEISMIC DESIGN IN R/C

By Akenori Shibata¹ and Mete A. Sozen,² M. ASCE

INTRODUCTION

The substitute-structure method is a procedure for determining the design forces, corresponding to a given type and intensity of earthquake motion represented by the design spectrum, for a reinforced concrete structure. The method is explicitly a design (and not an analysis) procedure. Its objective is to establish the minimum strengths the components of the structure must have, so that a tolerable response displacement is not likely to be exceeded.

The central and significant feature of the substitute-structure method is that it provides a simple vehicle for taking account of inelastic response of reinforced concrete in the design of multidegree-of-freedom structures. The specific advantages are: (1) Use of linear-response models for dynamic analysis; (2) choice in setting limits of tolerable response in different elements of the structure; and (3) deliberate consideration of displacements in the design process.

This paper demonstrates the application of the method to structures satisfying the following:

1. The system can be analyzed in one vertical plane.
2. No abrupt changes in geometry or mass along the height of the system.
3. Columns, beams, and walls (represented as columns) may be designed with different limits of inelastic response, but the limits should be the same for all beams in a given bay and all columns on a given axis.
4. All structural elements and joints are reinforced to avoid significant strength decay as a result of repeated reversals of the anticipated inelastic displacements.
5. Nonstructural components do not interfere with structural response.

1970年 日米セミナー 仙台
米国 Penzien (Berkeley)
日本 梅村(東大)、志賀(東北大)

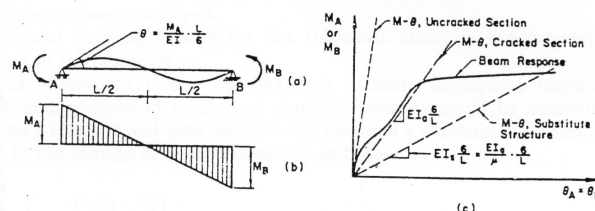


FIG. 4.—Interpretation of Damage Ratio

$$(EI)_{si} = \frac{(EI)_{ai}}{\mu_i}$$

$$\beta_s = 0.2 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{(\mu)^{1/2}} \right] \right\} + 0.02$$

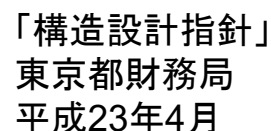
図23

1978年(昭和43)宮城県沖地震



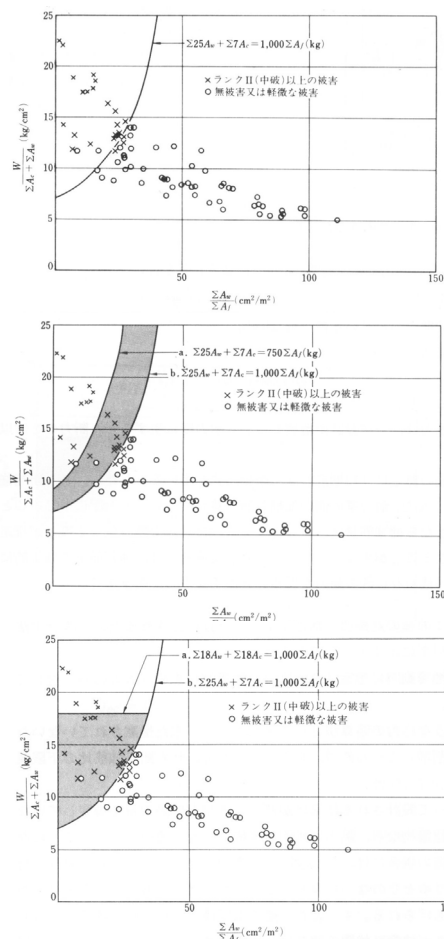
図24

構造計算のフロー



注) 二重囲み  は法令等に規定が無いものを示す。
※1:より詳細な検討を行うなどの判断により、No であっても Yes に進める事ができる。
※2:ルート2-3 は原則として採用しない。
※3:大地震動時の変形制限が法令等で定められている場合はそれによる。

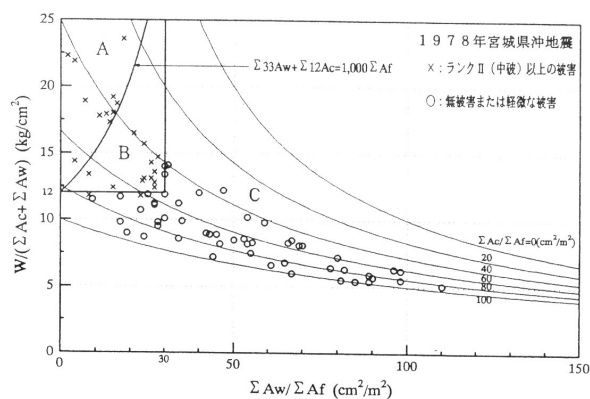
图 25



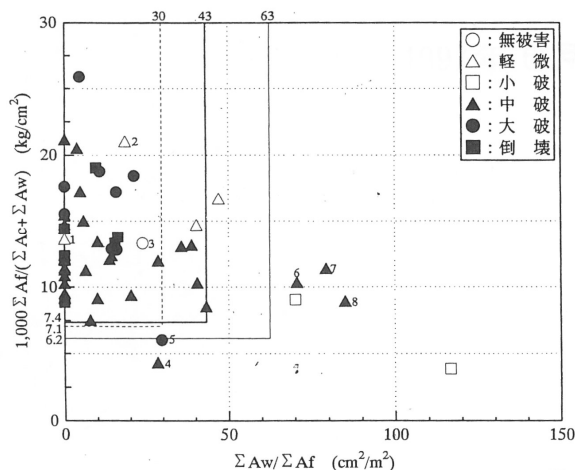
※判断とは設計者の設計方針に基づく判断のことである。例えば、高さ31m以下の建築物であっても、より詳細な検討を行う設計法であるルート③を選択する判断等のことを示している。

図 6.1-2 鉄筋コンクリート造建築物のフロー

图 26



宮城県沖地震 ($S_A=0.77G$)



兵庫県南部地震 ($S_A=1.5G$)

阿部良洋・守研二、兵庫県南部地震で被災したRC造建物の壁率マップによる検証、建築学会東北支部、1997年6月

図27

RC 規準次期改訂に向けての希望

RC 規準	損傷制御性	RCせん断
RC耐震壁	壁率	志賀マップ

山田 稔

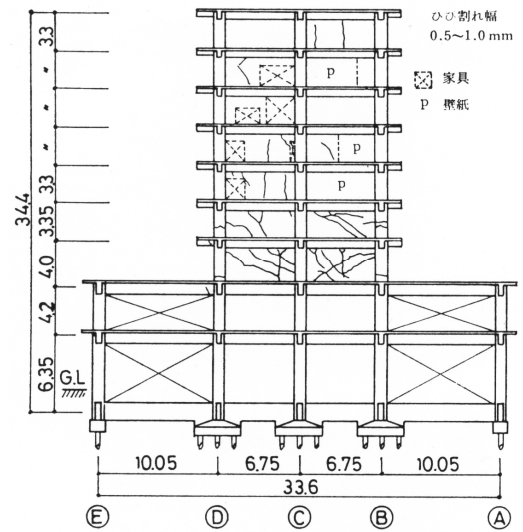
日本建築学会大会学術講演梗概集
関東 2011年8月

名誉会員 ○山田 稔*

ところで、実地震のもとで鉄筋コンクリート耐震壁が極めて有効な効果を發揮した事が、既に 1968 年十勝沖地震に際し、東北大学の志賀、柴田阿先生等によって調査³⁾され、さらに 10 年後の宮城県沖地震の震害調査⁴⁾を加えて、鉄筋コンクリート 3 階建校舎等の震害と壁率に極めて密接な関係がある事を、極めて明快に示しておられます。此の貴重なデータは、地元では、「志賀マップ」と呼ばれ重宝されている由です。我が国の鉄筋コンクリート建物の、年間新築棟数の半数以上が 1~3 階、であることに鑑み、ぜひこの貴重な「志賀マップ」の計算規準への採用をお願い致したいと存じます。

- 志賀敏男、柴田明徳、高橋章雄：鉄筋コンクリート造建物の震害と壁率、日本建築学会、東北支部、研究報告、No.12,1968,12,pp.29/32.
- 志賀敏男、他：1978 年宮城県沖地震における仙台知事商業団地の建物全数被害調査（その 1,2,3）日本建築学会、東北支部研究報告、No.32,1978,pp.105/116.

図28



東北大学工学部建設系建物 (SRC造、9階建、1969～)
1978年宮城県沖地震で被災、妻壁せん断きれつ

図29

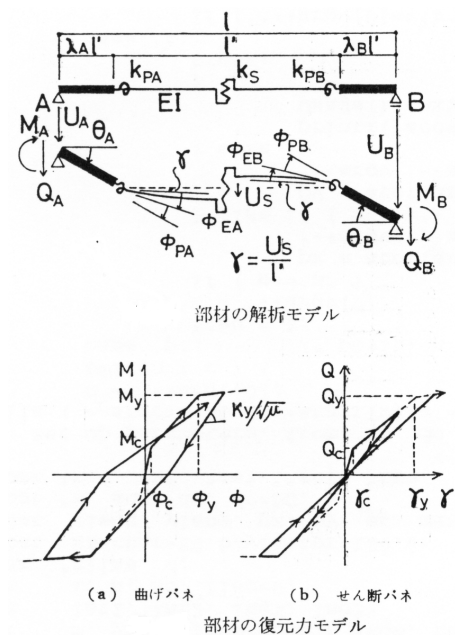
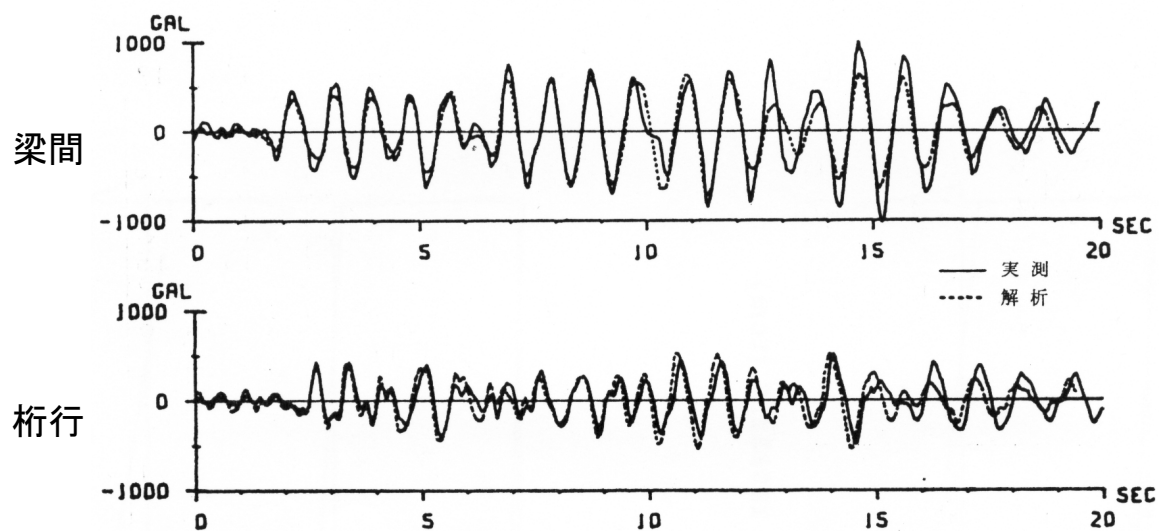


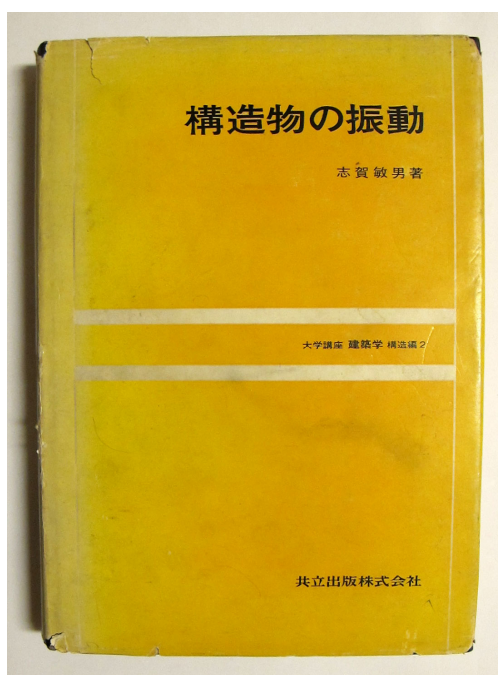
図30



1978年宮城県沖地震
建設系建物(9階)の実測波形と応答解析波形の比較

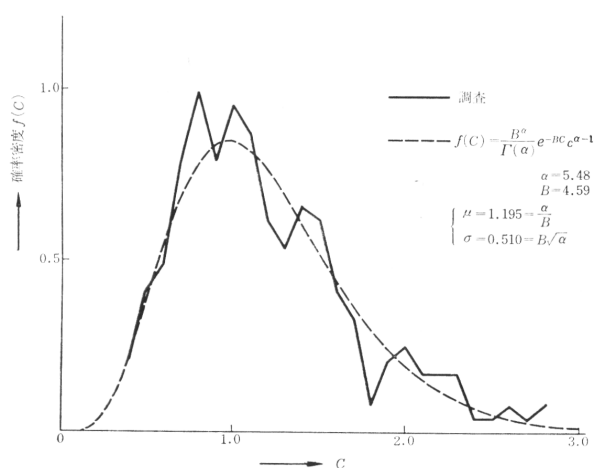
日本建築学会論文報告集、第301号、昭和56年3月

図31



「構造物の振動」 共立出版
初版 1977年(昭和51)

付 鉄筋コンクリート造建物の震害と壁率、他



実存建物の耐震性能の分布

$$C = \frac{12A_c + 33A_w}{1300 \sum A_f}$$

図32

1978年宮城県沖地震 仙台市卸町の全数被害調査

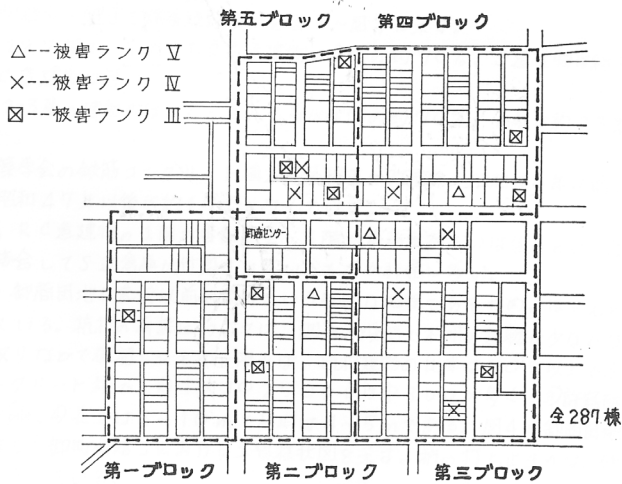


図3 卸商団地配置図と被害建物

(その1)

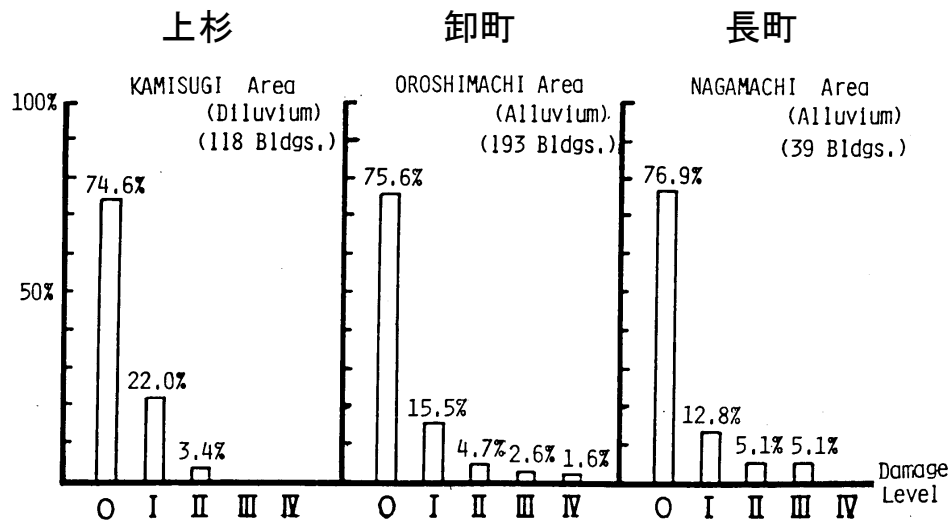
表1 被害ランク		
ランク	被害状況	スケッチ
小被害 I	柱・耐力壁に損傷が、軽微もしくは、ほとんど損傷が無いもの。	
II	柱・耐力壁の損傷は軽微であるが、RC二次壁・階段室のまわりに、せん断ひび割れが見られるもの。	
中被害 III	柱に典型的なせん断ひび割れ・曲げひび割れ、耐力壁にせん断ひび割れが見られ、RC二次壁・付属部分の構体部に大きな損傷が見られるもの。	
IV	柱のせん断ひび割れ・曲げひび割れによって鉄筋が露出・変形し、耐力壁に大きなせん断ひび割れが生じて耐力に著しい低下が認められるもの。	
大被害 V	柱・耐力壁が大破壊し、建物全体または建物の一部が崩壊に至ったもの。	

(その2) 図は南亮一による

志賀・柴田・古村・長山・南・水野・木村、1978年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地の建物全数被害調査(その1)～(その3)、日本建築学会東北支部、1978年(昭和53)11月

図33

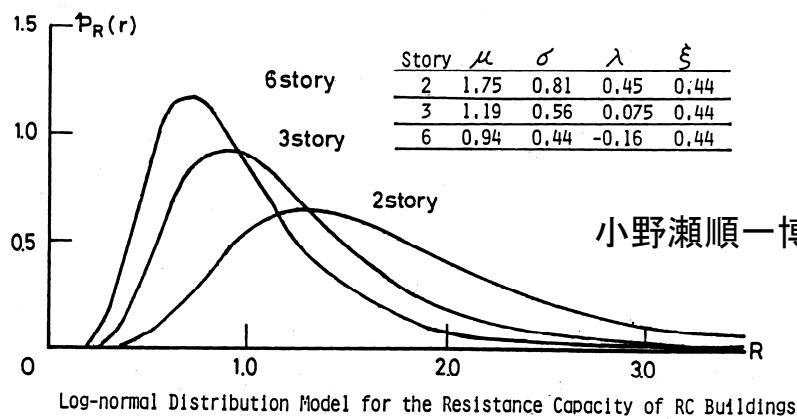
宮城県沖地震による仙台市内のRC造被害率



Percentage of Damage in RC Buildings Caused by Miyagi-ken-oki Earthquake

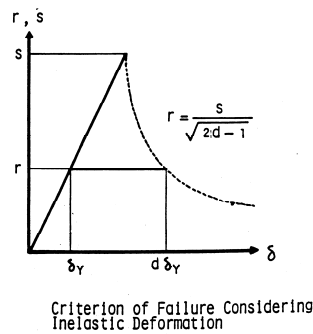
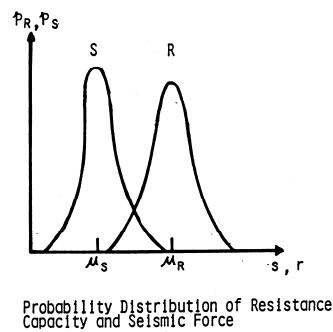
柴田、都市地域における建築群の震害確率の予測に関する考察、日本地震工学シンポジウム、1982年12月

図34



小野瀬順一博士による建物耐力分布

耐力分布R
地震力分布S
↓
建物被害率 p_f



被害程度の考慮
(塑性率 d 及び
エネルギー一定
則による)

図35

1995年(平成7)阪神・淡路大震災

新庁舎(S造30階建)は無被害



地震に備えて

平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災では、建築物の多数に被害を受け、多くの貴重な人命や財産が失われました。特に、死亡者の大多数は、建築物の倒壊等による圧死とされています。

また、現行の耐震基準に適合しない建築物（主として、昭和56年以前に建築された建築物）は、多くの被害を受けました。

■参考：建築年と被害状況（阪神・淡路大震災建築震災調査委員会報告書より）

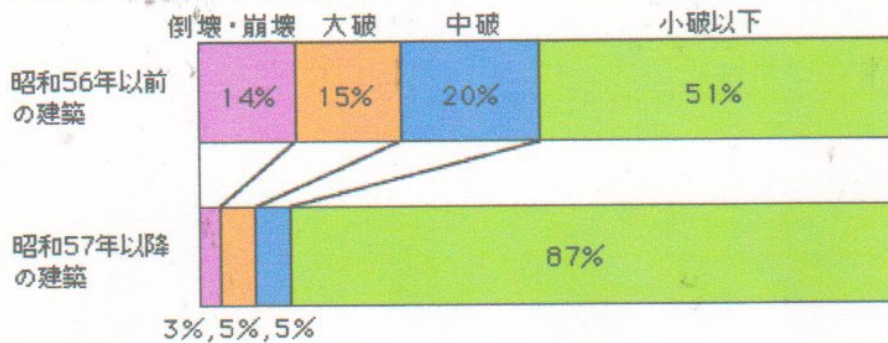


図37

2000年(平成12)
建築基準法改正
(性能設計法、
損傷・安全限界、
限界耐力計算)

2005年(平成17)
耐震偽装問題

平成12年6月1日施行
改正建築基準法(二年目
施行)の解説
建設省住宅局建築指導課
新日本法規

限界耐力計算の
フローチャート

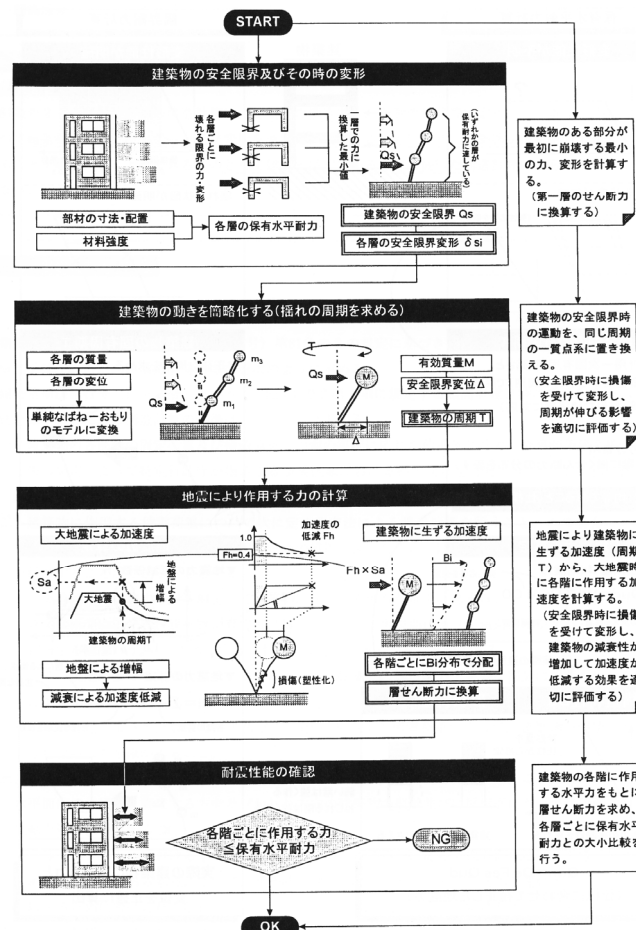
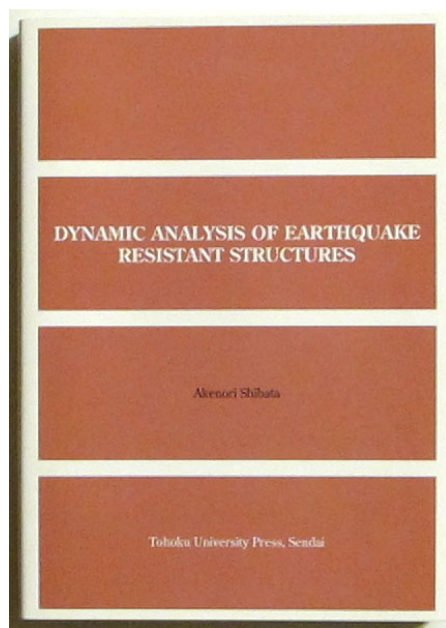
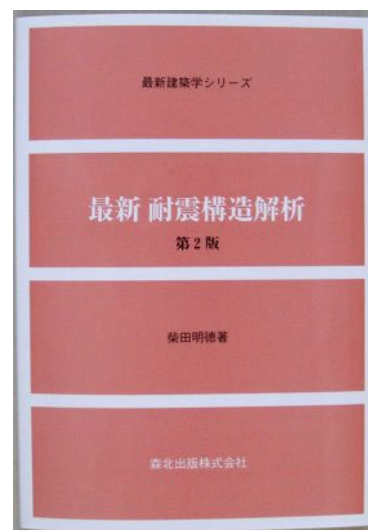


図38

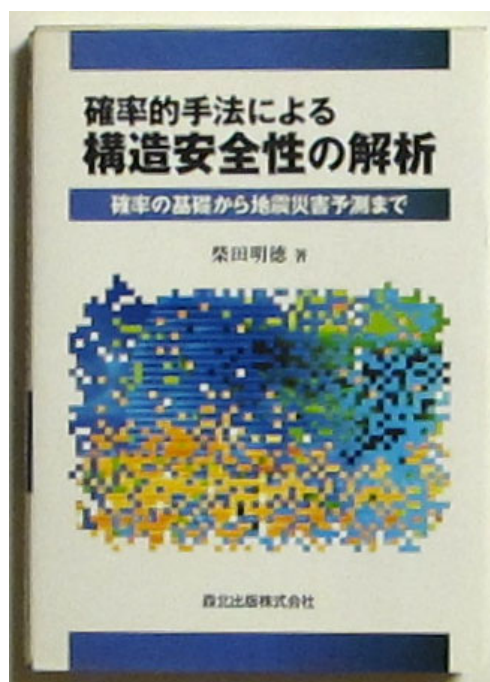


“Dynamic Analysis of Earthquake Resistant Structures”
東北大学出版会
初版 2010年

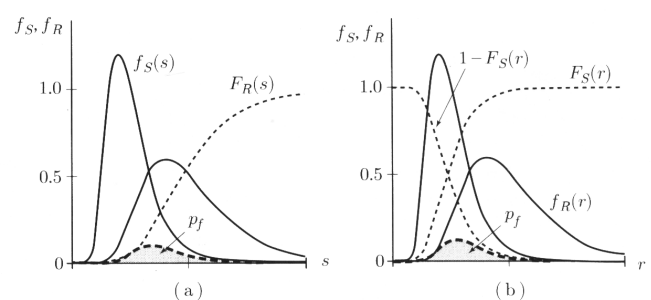


「最新耐震構造解析」 森北出版
初版 1981年
第2版 2003年

図39



「確率的手法による構造安全性の解析」
森北出版
初版 2005年

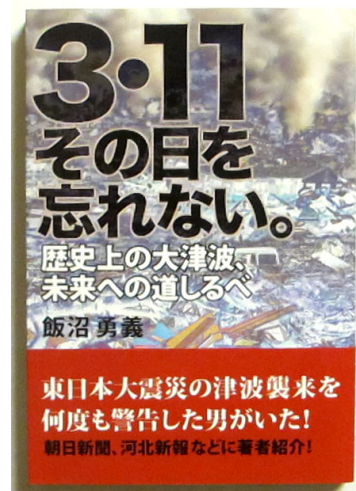
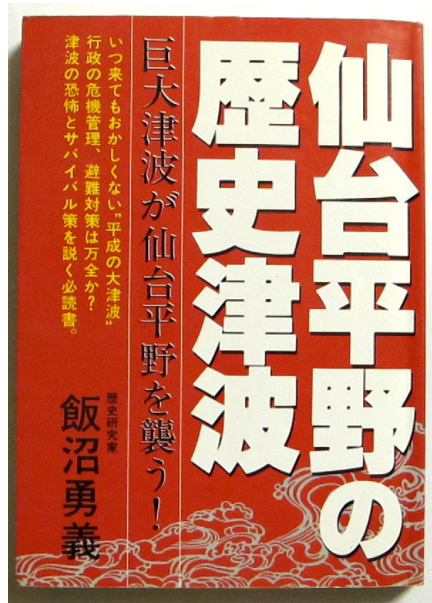


$$p_f = \int_0^\infty f_S(s) \left[\int_0^s f_R(r) dr \right] ds = \int_0^\infty f_S(s) F_R(s) ds$$

$$p_f = \int_0^\infty f_R(r) \left[\int_r^\infty f_S(s) ds \right] dr = \int_0^\infty f_R(r) [1 - F_S(r)] dr$$

図40

2011年(平成23)3月11日
東日本大震災



宝文堂、1995年(平成7)初版
本田印刷、2011年(平成23)復刻版

鳥影社、2011年(平成23)

飯沼勇義氏: 1930年(昭和5)仙台市生まれ、東北大学宮城師範学校卒、
公立学校教員14年の後、民間企業、幼稚園長等をへて研究生活。

図41



歴史地理、1906年(明治39年)

吉田東伍
1864(元治元)~1918(大正7)
歴史地理学者
「大日本地名辞書」の著者

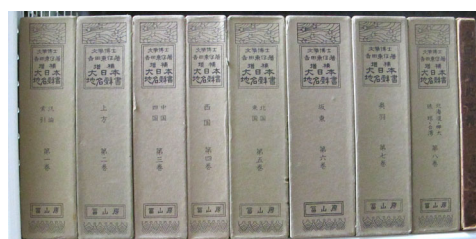


図42

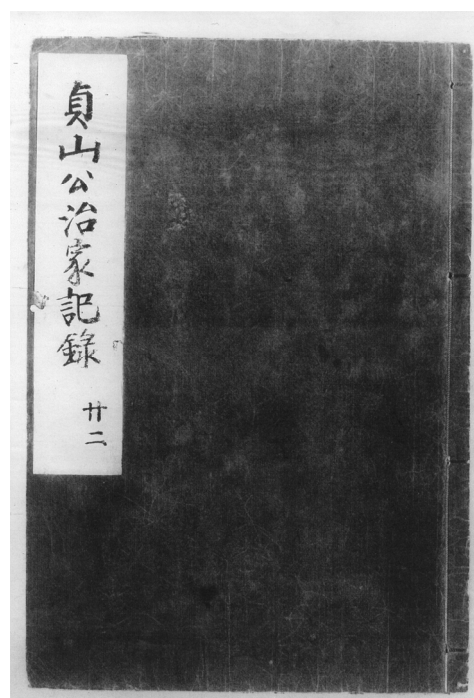


末の松山(多賀城市、矢印は2011年東日本大震災の津波痕) 図43



伊達治家記録全巻

仙台市立博物館蔵



伊達治家記録(仙台市博物館) 1611年慶長津波の記述

図44



仙台平野の津波伝説関連地点と
東日本大震災による津波浸水域

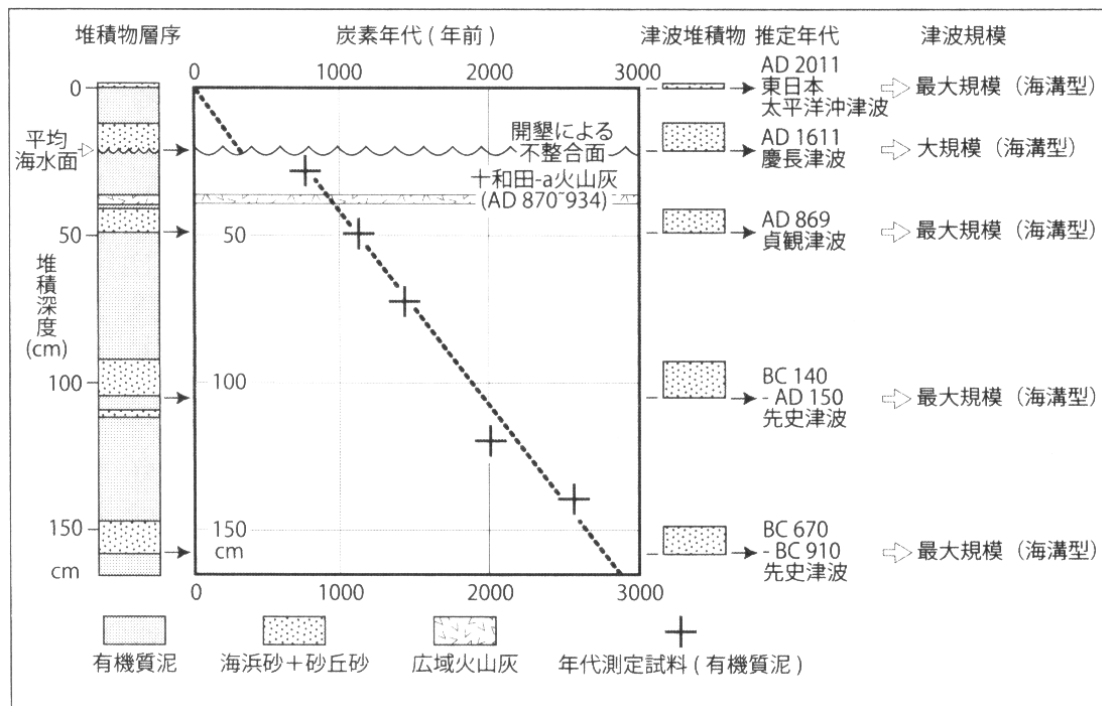
869年貞観津波● 1611年慶長津波▲ 2011年東北地方太平洋沖地震津波■

図45



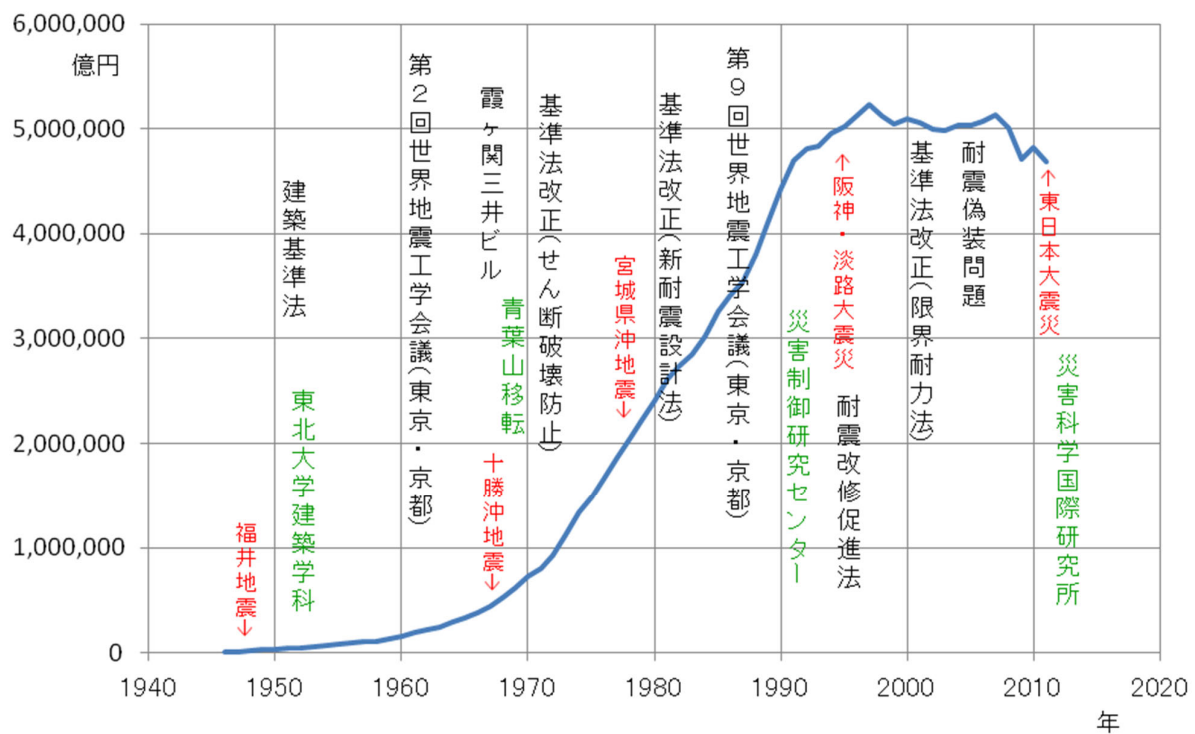
波分神社(仙台市霞の目) 1611年慶長津波の伝承

図46



仙台平野における津波堆積物の層序
(津波の規模は堆積物の分布域から推定)
箕浦幸治、学士會会報、No.890、2012年

図47



どうも有難うございました

図48