



建物の耐震安全性の社会的工学的評価及び建築専門家の情報ネットワーク利用状況に関する研究

中島, 賢二
河村, 廣
谷, 明勲
田崎, 宗邦

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 2:209-218

(Issue Date)

1998-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00317495>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00317495>



建物の耐震安全性の社会的工学的評価及び建築専門家の情報ネットワーク利用状況に関する研究

Research on Technological and Social Evaluation of Seismic Safety of Buildings and
Software Activities of Information Network by Architectural Experts

中島賢二¹⁾
Kenji Nakashima
河村 廣²⁾
Hiroshi Kawamura
谷 明勲³⁾
Akinori Tani
田崎宗邦⁴⁾
Munekuni Tasaki

概要: 市民や建築の専門家の公共建築物の耐震安全性のレベルに関する意識をアンケートにより調査したところ、震度7の地震に対し、若干損傷するが補修は不要である程度の被害にとどめるべきであるという人が最も多いという結果がでた。その結果をファジィ理論を用いた耐震構造設計支援システムに取り入れたところ、その耐震安全性を満たすために必要な耐震壁枚数、許容される損傷のレベル、想定すべき加速度をそれぞれメンバシップ関数で与えることが出来た。また、建築設計者や建築技術者のインターネットの使用状況を調査したところ、それぞれの趣味の延長のレベルにとどまり、建築分野に浸透しているとは言えず、また、インターネットの持つインタラクティブな特長を生かした利用は十分にはされていないということが分かった。

キーワード: アンケート、ファジィ理論、メンバシップ関数、情報ネットワーク

1. 目的

阪神・淡路大震災は、多くの議論を巻き起こしているが、建築構造物の耐震設計については、従来の仕様規定型から性能規定型を目指すことが震災以前から始められている。建築物の耐震安全性に関する社会的合意形成と意思決定システムを考える際、地震、入力、構造、応答の諸量の設計方法について、各専門家や市民の主観や社会性の不確実性、曖昧性などをどう処理して集約するか、また、それ以前にそういった要望をどのような手段で取り入れるか、ということが問題となる。これらの点を踏まえ、本報では以下の2点について調査研究を行い、公共性RC建築物の性能型構造設計法を提案する。

1つは、市民の設定した耐震安全性のレベルに基づいた耐震設計法の在り方を提案するために、まず、災害時に防災拠点としての役割を果たす公共建築物の耐震安全性のレベルに関する市民意識をアンケートにより調査分析し、そしてもう一つは、その結果に基づく、実在のRC公共建築物についてパルス応答解析により求めた入力、損傷、設計因子の関係をj用いて具体的な2つのケーススタディをファジィシステム上で行い、耐震安全性の評価法を提案するものである。

もう一つは、震災時に従来の電話、ファックス等の通信機器が十分に機能しなかったのに対して、インターネット、パソコン通信等の新たな情報基盤が有効に活用されたと伝えられていることから、それらの情報基盤がどのように震災時に利用されたか、どのように現在利用しているか、どのような要望があるか等の質問を建築設計者、建築技術者にアンケートで行い、それらの情報基盤のもつ自律分散ボトムアップ的な性格を生かした建築分野への応用のための、有効性や問題点、将来の展望を明らかにしようというものである。

2. アンケートによる市民が求める公共建築物の耐震安全性

(1) アンケート実施方法及び内容

3つの調査対象にアンケートを行った。まず神戸市民であるが、多様な地域の意見を広く採り入れるため、阪神・淡路大震災による被害の大小、商業地・住宅地といった条件の異なる4つの地域に仮設住宅を加えた5つの地区を神戸市内から選び、各100通、計500通のアンケート用紙を平成7年10月31日から同11月4日にかけて投函したところ、表1に示す回答数を得た。また兵庫県建築士69名にも平成7年10月20日に県民会館ホールにて回答してもらった。神戸市民が建築の知識の少ない被災地の一般市民であるのに対し、被災地阪神・淡路の建築の専門家である。そして、全国の神戸大学建築系教室のOB2898名に平成7年12月10日から平成8年にかけてアンケート用紙を郵送、表2に示す回答数を得た。殆どが建築関連の仕事に就いており、また阪神・淡路地方以外の人々が約6割を占めることから、彼らの意見は全国区の専門家の意見として捉えることが出来る。

表1 神戸市民へのアンケートの回答状況 表2 神戸大学工学部建築系教室OBへのアンケートの回答状況

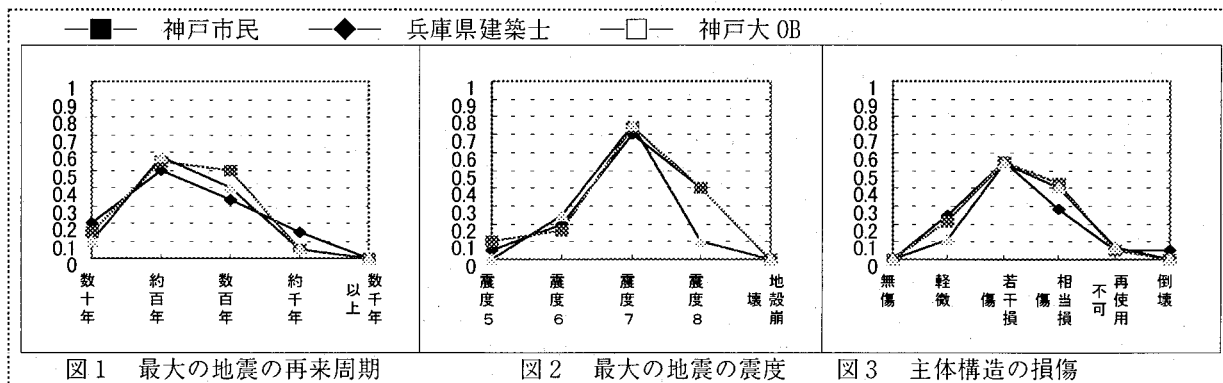
地区	震災の被害	投函数	回答数	回答率
須磨区養老町1.2	小	100	26	26%
灘区天城通7.8	小	100	27	27%
灘区八幡町4	大	100	23	23%
中央区八雲通5.6	大	100	13	13%
灘区大和公園仮設住宅	—	100	10	10%
計	—	500	99	20%

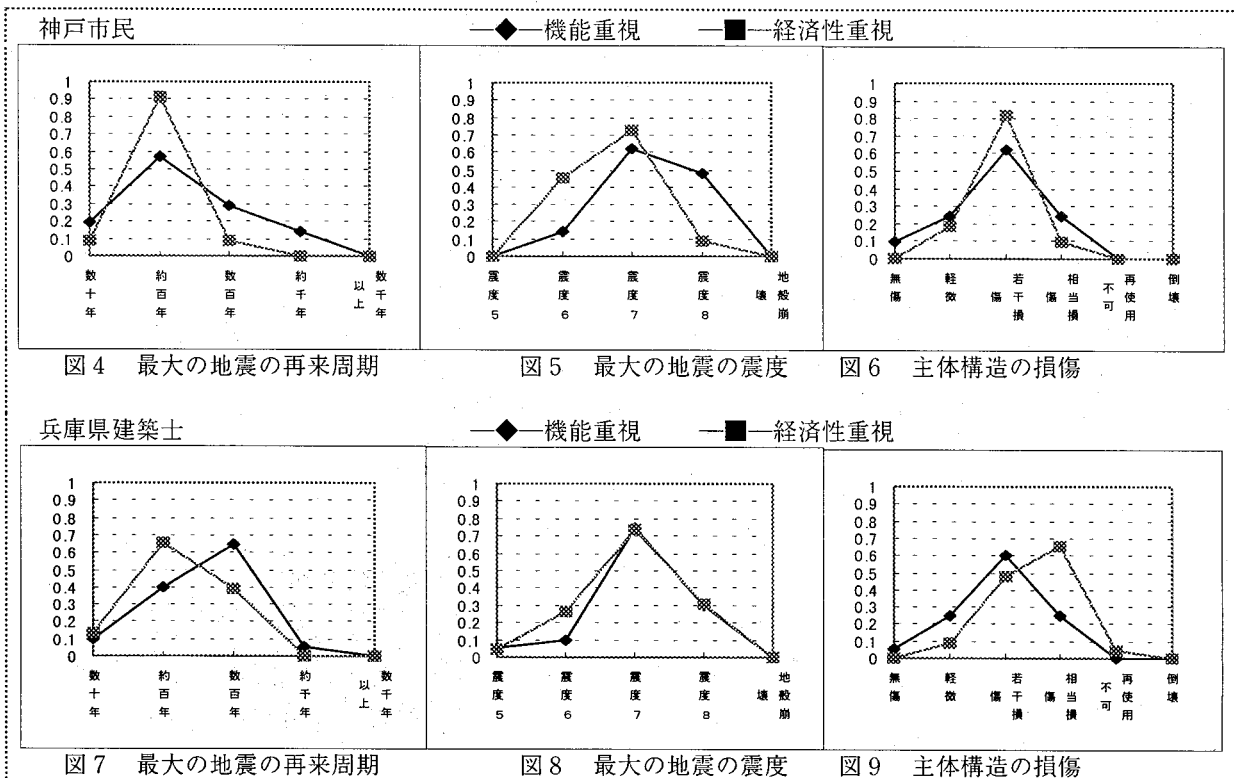
地方	郵送数	回答数	回答率	全回答数に占める割合
北海道・東北	9	0	0.00%	0.00%
関東	483	62	12.84%	13.72%
中部	115	11	9.57%	2.43%
近畿(阪神淡路を除く)	1235	133	10.77%	29.42%
中国	104	16	15.38%	3.54%
四国	79	13	16.46%	2.88%
九州・沖縄	63	4	6.35%	0.88%
阪神・淡路	810	184	22.72%	40.71%
不明	—	29	—	6.42%
計	2898	452	16.00%	100.00%

最大級の地震をどのように見積もり、その地震に対して公共建築物の被害をどの程度にとどめるよう設計すべきかということ及びその背景について知るため、想定すべき最大の地震の再来周期と震度、想定した地震に対して主体構造の損傷をどの程度にとどめるべきか、アンケートの質問に対する関心、理解、回答のための資料・知識の量、欲しい情報、及び回答者のプロフィールについての設問を用意した。選択肢は、最大の地震の再来周期ならば「数十年」「約百年」…、主体構造の損傷ならば「無傷」「軽微」…等門外漢でも理解できるような表現で与え複数回答可とした。また、回答するにあたってその理由をかける欄を用意した。

(2) 調査結果

各調査対象の最大の地震と主体構造の損傷についての重複相対頻度を図1～3に示す。想定すべき最大の地震の震度についてはいずれの調査対象においても「震度7」と考える人が最も多く似通っているが、再来周期では専門家が一般市民より長く想定し、さらに地元専門家のほうが全国の専門家より長く想定する傾向があり、再来周期に大きな差がでることが分かる。また、許容される主体構造の損傷についてはいずれの調査対象も「若干損傷：補修不要」程度が適当であると考えた人が最も多いが、「相当損傷：補修必要」の部分の頻度の差から、一般市民のほうが専門家より損傷を許容しない傾向があることが分かる。図4～9は神戸市民、兵庫県建築士についてアンケートの質問への回答とともに意見や根拠が欄に書いてあったものに着目し、そのうち公共建築物のもつ機能・社会的使命の重要性を十分考慮して回答したと思われるものと、税金を投じて建てるものであるからと経済性を十分考慮して回答したと思われるものを取り出して頻度を出したものである。神戸市民では震度において機能を重視するほうが地震を大きく見積もり、経済性を重視するほうが甘く見積もる傾向が見られ、兵庫県建築士では再来周期においてその傾向が見られ、また、主体構造の損傷も、経済性を重視するほうがより大きな





損傷を許容する傾向がある。このような公共建築物の機能と社会的使命への期待と実際の経済的な事情の対立は話し合いの必要な今後の課題であろう。

3 ファジィシステムを用いた耐震設計のケーススタディ

(1) ファジィシステム

ファジィ理論¹⁾は人間の情報処理で重要な意味を持つ曖昧さを取り上げていることが特長で、ハードな物理量とソフトな言語によって表現される概念等をメンバシップ関数によって結合することができ、構造物の安定性や損傷の評価に広い応用性が見込まれる²⁾。ファジィ集合は普通の集合と異なり境界が不明確な場合も集合として取り込み、種々の処理や展開をしようとするものである。ファジィ集合で与えられた入出力とそれらの関係性を表すファジィ関係で与えられた状態Rが、ファジィネットワークの基本構成要素である。ファジィネットワークは入出力と関係による基本構成要素が複合されて構成され、入出力の区別なく無方向性の推論を可能としたものである。本研究の耐震構造設計支援ファジィシステムは入出力の入力として地震動加速度a、損傷として応答変位d、また構造パラメータである設計因子の耐震壁枚数nを有する単純化されたもので、まず最初にその流れが図10に示されるように入力aと損傷dを与えられたときの設計因子nを応答評価式 $d=f(a, n)$ の逆問題として求める²⁾ ケーススタディを行う。

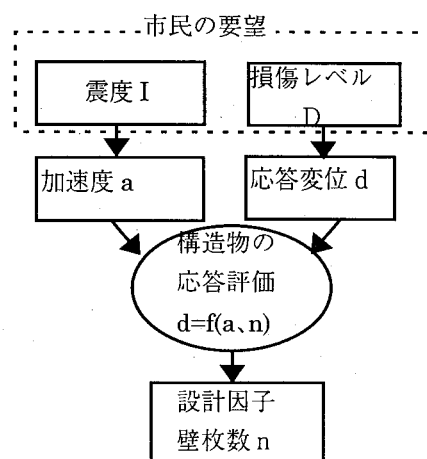


図10 耐震構造設計システム

(2) パルス応答解析

応答評価にはパルス応答解析を用いた。パルス応答解析³⁾は、想定される震度から地震動スペクトルを導き、それを入力波スペクトルとして、それと接するような系に与えられるパルスの速度(加速度)-変位関係を選出して最大応答変位を求めようとするものである。地震の型としては内陸性、M=7.5を想定する。想定した震度については次式によって震度階を加速度に変換させて入力した⁴⁾

$$\alpha_p = 10^{(1/2-0.35)} \quad (1)$$

(3) 対象構造物

対象構造物として神戸市において一般的なRC公共建物(保育所、庁舎、会館、消防署、病院)を考え、実際の図面を基にしてモデル化を行った。そのうちの保育所のモデルを図11に示す。耐震設計及び、応答に関してはX方向のみを考えるものとする。耐震壁swは図12に示すようにモデル化した。建物は一階部分で壊れるものと仮定し、復元力特性を図13のように仮定する。各対象構造物の図13中の値は表3のようになる。ここで降伏変位は、梁の回転を考慮して耐震壁要素に一致させるものとした。図14に示される層間変位角と損傷レベルの関係が求まり、その変位以内にとどめる応答を導くための耐力、つまり、耐震壁枚数を算出する。

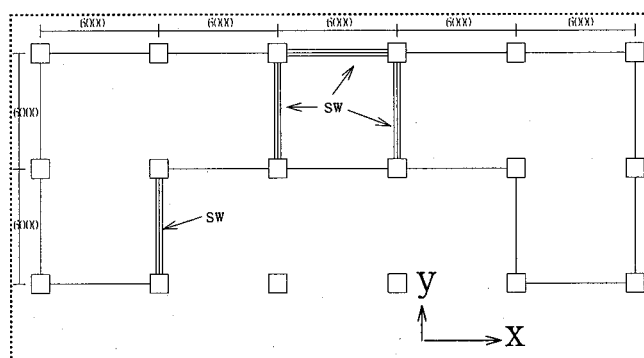


図11 保育所

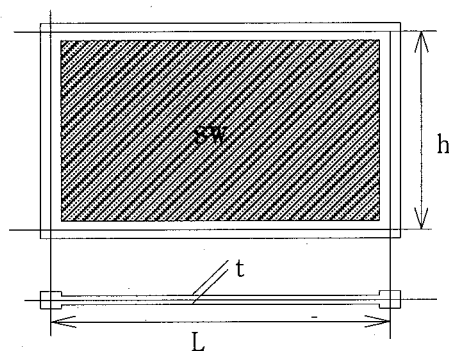


図12 耐震壁モデル

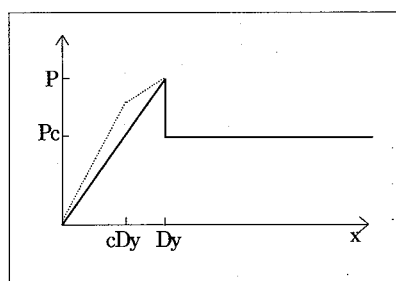


図13 復元力特性仮定

表3 各構造物の復元力特性の値

	Dv	P
保育所	1.56	1822
会館	1.72	1494
庁舎	1.79	3064
消防署	2.13	1546
病院	1.67	4105

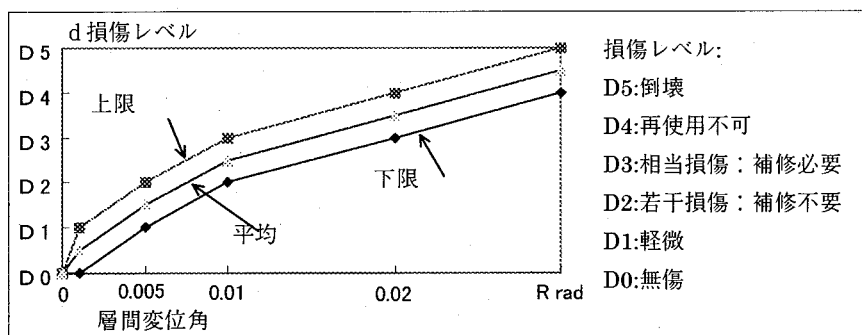


図14 損傷レベル規格化

保育所の場合の解析結果を表4に示す。この中で「～」は一定の損傷にとどめる最低の枚数から最大の枚数を表している。

表4 解析結果

	5	5.25	5.5	5.75	6	6.2	6.4	6.6	6.8	7	7.2
無傷	0	0	0.5~	1.5~	2.5~	3~	4~	6~	8~	10~	12~
軽微	0	0	0	0~1	0~2	0.5~2.5	0~0.5	0~1	0~2.5	1~4.5	1.5~7.5
小破	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5~	-
小-中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
中破	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
中-大	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大破	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
倒壊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(4) 耐震壁枚数を設計パラメータとする耐震安全性評価

パルス応答解析により求めた5つの公共建築物の地震動入力 a、応答 d、耐震壁枚数 n の関係に、市民からの設計方針の要望としてアンケートで得た最大の地震の震度の大きさと主体構造の損傷レベルの重複相対頻度からメンバシップ値を与えてファジィ演算を行い、耐震壁枚数の最適値を求める。選択肢間のメンバシップ値は得た曲線より、また震度 5 未満のアンケート選択肢外の震度のメンバシップ値は山の裾型の分布をするように表5のように定め、主体構造の損傷についてはパルス応答解析時に用いた被害程度とアンケート選択肢を表6のように対応させてメンバシップ値 $\mu_A(a)$ 、 $\mu_D(d)$ をそれぞれ定めた。表5,6のメンバシップ値をパルス応答解析により求めた関係 $\mu_R(a, d, n)$ に与えて以下の式でファジィ演算することができる。

$$\text{Max}(\mu_A(a) \wedge \mu_D(d) \wedge \mu_R(a, d, n)) = \mu_N(n) \quad (2)$$

ここでは a、d、n の関係は、パルス応答解析からクリップで与えられているため $\mu_R(a, d, n) = 1$ となる。各公共建築物の耐震壁枚数のメンバシップ関数 $\mu_N(n)$ は図15a~eに示すようになる。 $\mu_N(n) = 1$ が市民の要望を最大に満たし、 $\mu_N(n) = 0$ がまったく満たさないことを意味する。図15a~e中、矢印は、実際のRC耐震壁の存在枚数を示す。市民の要求する耐震安全性を満足する耐震壁枚数を与えるメンバシップ関数と比較することにより、現実のRC公共建築物では、若干、耐震壁枚数が不足していることが明らかになった。

表5 各震度のメンバシップ値 $\mu_A(a)$ 表6 各損傷レベルのメンバシップ値 $\mu_D(d)$

震度	3.00	4.00	4.50	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.20
μ	0.01	0.02	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.33
震度	6.40	6.60	6.80	7.00	7.20	7.40	7.60	7.80	8.00
μ	0.41	0.49	0.57	0.65	0.54	0.43	0.32	0.21	0.10

震害レベル	無被害	軽微	小破	小-中
アンケート選択肢	無傷	軽微	若干損傷	
μ	0.05	0.21	0.55	0.41
震害レベル	中破	中-大	大破	倒壊
アンケート選択肢	相当損傷		再使用不可	倒壊
μ	0.27	0.16	0.05	0.05

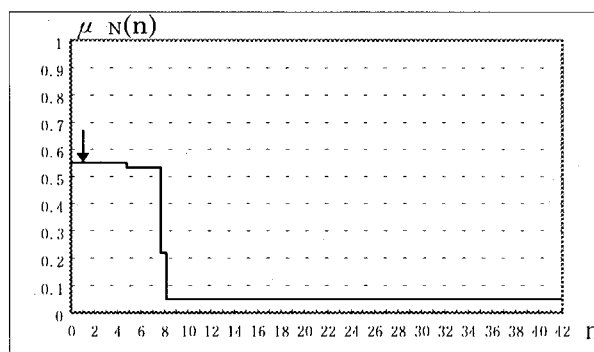


図15a 耐震壁枚数のメンバシップ関数(保育所)

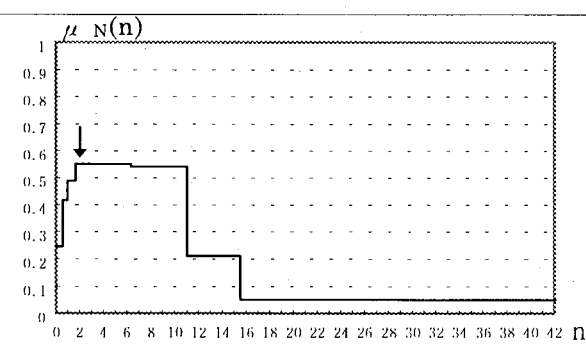


図15b 耐震壁枚数のメンバシップ関数(会館)

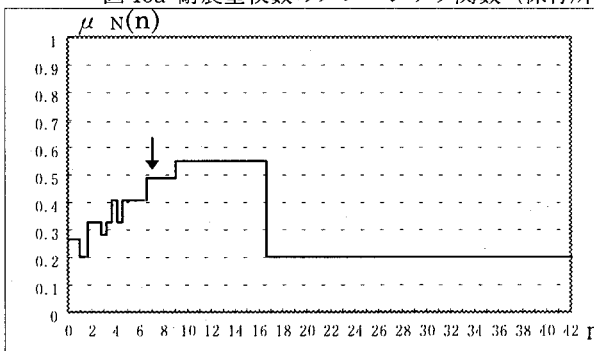


図15c 耐震壁枚数のメンバシップ関数(庁舎)

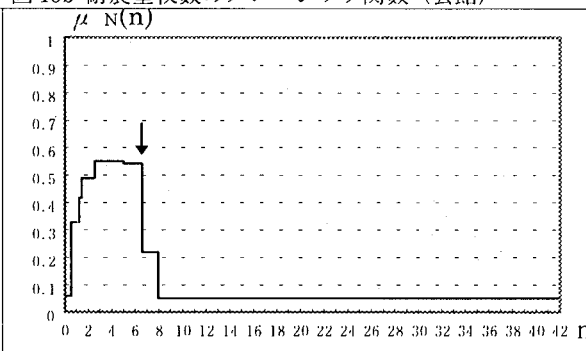


図15d 耐震壁枚数のメンバシップ関数(消防署)

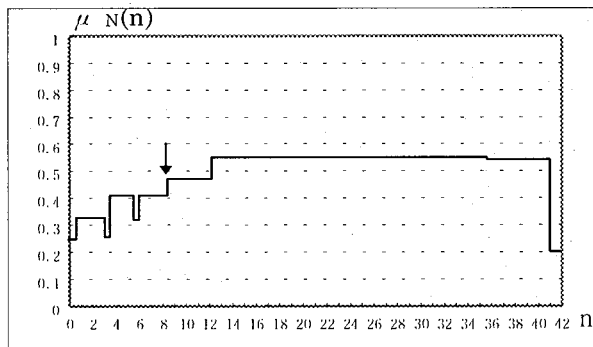


図 15e 耐震壁枚数のメンバシップ関数 (病院)

(5) 損傷レベル、地震動加速度による耐震安全性評価

今度は図 16(a) (b) のような流れのファジィ最大化決定のケーススタディを図 17 に示すような庁舎を用いて行う。図 16(a) に示す流れのケーススタディでは、パルス応答解析により、神戸市民が想定する最大の地震の震度によって生じる変位を求め、それから損傷レベルのメンバシップ関数を求め、それと神戸市民が許容する主体構造の損傷のメンバシップ関数で最大化決定を行い、許容出来る主体構造の損傷のレベルをメンバシップ関数で与える。図 16(b) に示す流れのケーススタディでは、神戸市民が許容できる主体構造の損傷が生じる加速度をパルス応答解析の逆算により求め、それから加速度のメンバシップ関数を求め、それと、神戸市民が想定する最大の震度のメンバシップ関数から求めた想定すべき加速度のメンバシップ関数で最大化決定を行い、想定すべき加速度をメンバシップ関数で与える。図 5 に示すように各損傷レベルに対応する層間変位角には幅があるため、その範囲の上限、下限、平均についてそれぞれ検討した。ここでも a 、 d 、 n の関係は、パルス応答解析からクリップで

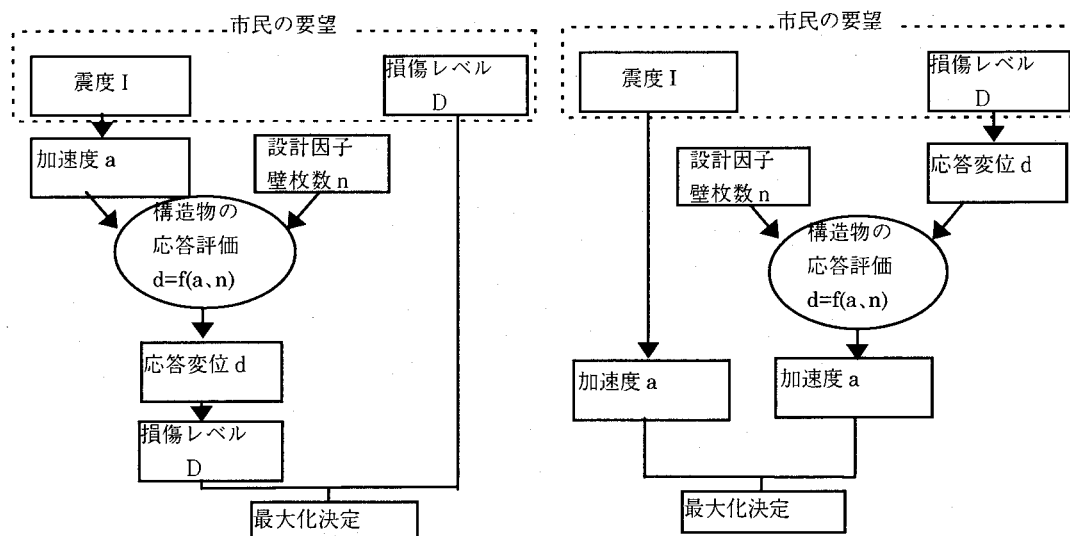


図 16(a) 損傷レベルの最大化決定の流れ 図 16(b) 地動加速度の最大化決定の流れ

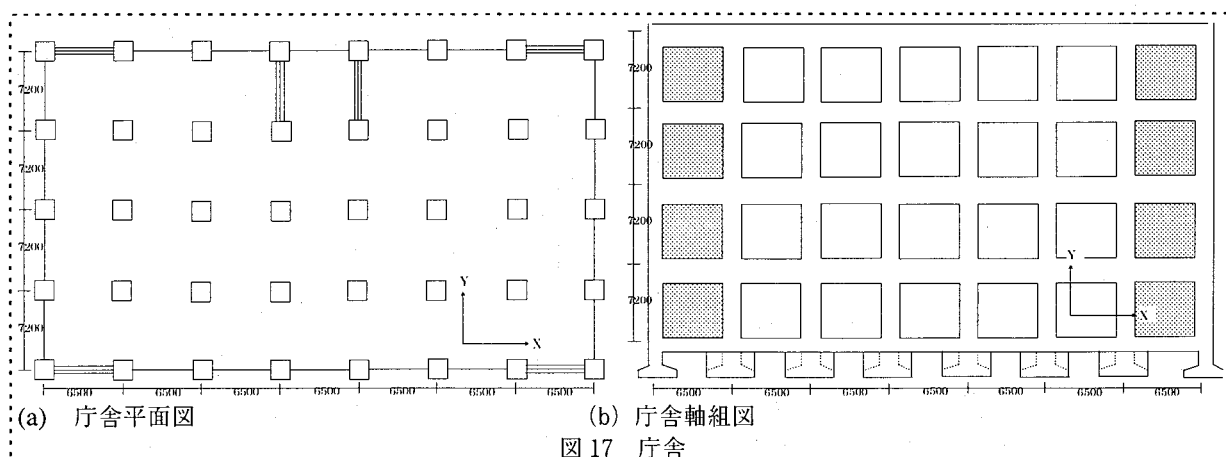


図 17 庁舎

与えられているため $\mu_R(a, d, n)=1$ となる。なお、図4の復元力特性の各値は $P=6960(\text{tf})$ 、 $P_c=5500(\text{tf})$ 、 $D_y=1.87(\text{cm})$ 、 $cD_y=1.79(\text{cm})$ である。

最大化決定の結果、損傷レベルについては図18(a)に示すようにD2とD3、すなわち損傷レベル「若干損傷：補修不要」と「相当損傷：補修必要」の間に上限、平均、下限それぞれ $\mu_{D1}=0.41$ 、 $\mu_{D2}=0.38$ 、 $\mu_{D3}=0.35$ の値を得ることが出来た。また、加速度については図18(b)に示すように震度6と震度7の間に、上限、平均、下限それぞれ 650gal、688gal、733gal に、 $\mu_{a1}=0.33$ 、 $\mu_{a1}=0.35$ 、 $\mu_{a1}=0.36$ の値を得ることが出来た。

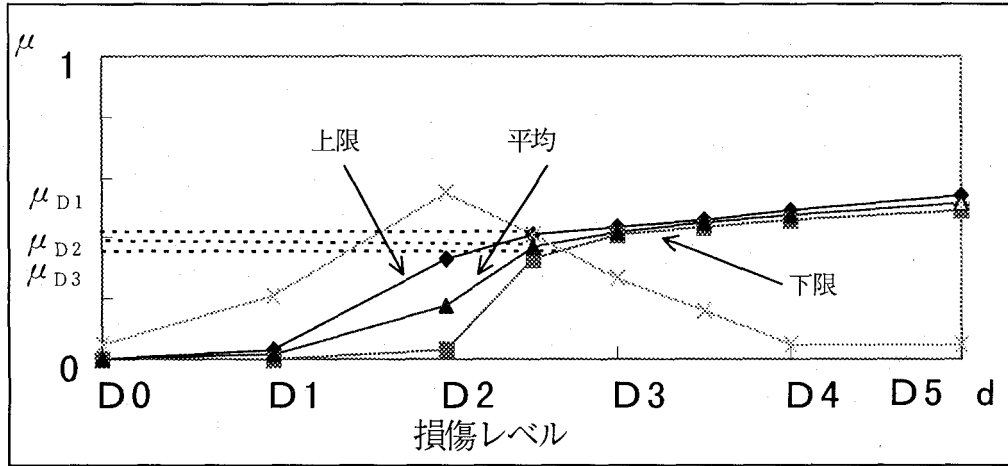


図18(a) 損傷レベルの最大化決定

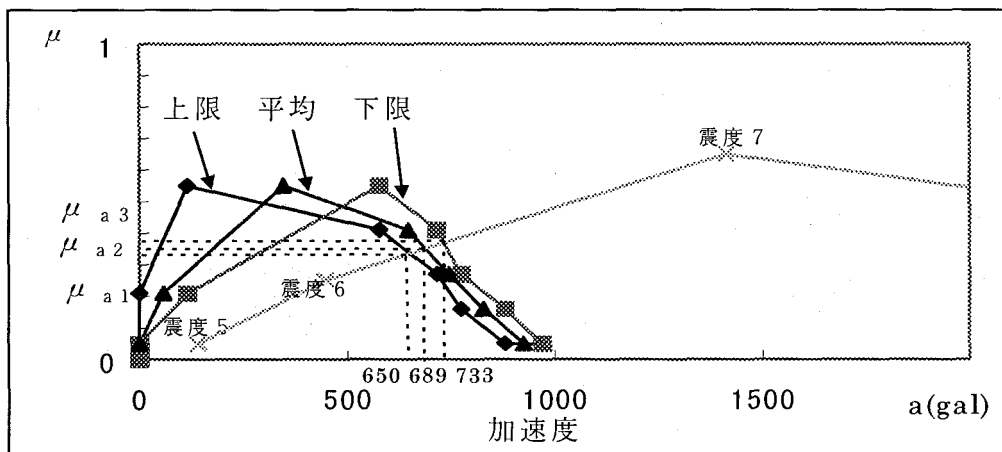


図18(b) 加速度の最大化決定

(6) 章考察

本報では、構造計算を行う際に、不確実で主観的な要素となる部分についてファジィ理論を用いて定量化し、特に公共建築物を対象として社会的合意に基く耐震構造設計へのファジィシステムの活用を図ったものである。

一般市民の意見と構造技術者の専門的知識の両方を満足させる構造特性を求めたファジィシステムを用いることにより、市民の要望を満たす耐震安全性を有するRC公共建築物が、必要とする耐震壁の枚数をメンバシップ関数で与えることが出来た。また、市民が想定する地震と許容する建物の損傷の要望に基づき、目指すべき耐震安全性を損傷レベル、加速度のメンバシップ関数を介してシステムティックに評価出来ることを示した。以上より本研究は合理的な性能型耐震設計法について1つの提案を行ったものである。

3. 地震時情報の発信・受信におけるインターネット・パソコン通信の利用に関する研究

インターネットやパソコン通信等の新しい情報基盤が、建築設計者や建築技術者に震災時にどのように使用されたか、また、今後どのように使用され、どのような位置づけになるのか、等を明らかにする事を目的として、アンケートを行った⁵⁾。その後のこれらの新しいシステムに対する意識の変化を調査するために改めて同様のアンケートを実施した。ここでは、これら2回のアンケート調査結果を比較する事によりインターネットやパソコン通信に対する有効性や展望等について検討を行う。

(1) アンケート実施方法及び内容

アンケートは2回行った。対象者は、第1回、第2回とも建築学会及び建築士会の会員のうち勤務先が神戸市、芦屋市、西宮市、尼崎市、宝塚市、伊丹市、川西市、豊中市の方1145名で、第1回アンケートについては1995年12月に日本建築学会近畿支部情報システム部会ハードサブWGが別途実施した「兵庫県南部地震における情報機器の被害とその対応に関するアンケート」⁶⁾同梱して行い、第2回については1997年4月に本アンケートを単独で送付して、表7に示す回答を得た。各アンケートの設問は表8に示すようになっており、第1回では地震時と地震後のコンピュータやネットワークの使用・導入状況を、第2回ではさらにその状況の推移と災害時の新しい情報基盤への意見を問うように設定してある。

表7 アンケート回答率

	対象者数	回答数	回答率
第1回	1145	244	21.3%
第2回	1145	345	30.1%

表8 アンケート設問

第1回アンケート設問	第2回アンケート設問
地震時のコンピュータの導入状況	1), 2)
地震時のネットワークの使用状況	3)~5)
地震後のコンピュータの導入状況	6)
地震後のネットワークの使用状況	7)~9)
新しい情報基盤に期待すること	10), 11)
回答者のプロフィール	12)

(2) アンケート結果

a) コンピュータ、情報ネットワークの利用状況(図19)

第一回の時点で既にコンピュータを何らかの形で導入していた人が80%を越えている。第2回ではさらに90%を越えている。情報ネットワークについては、第2回アンケート実施時点での利用者の割合は第1回の3倍にも増えている。また、その内訳から家庭での利用が増えていることが分かる。

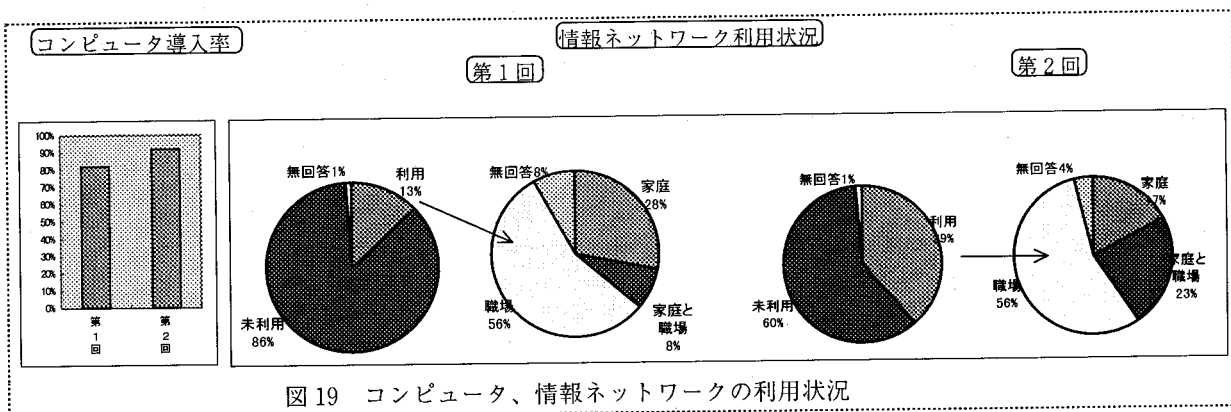


図19 コンピュータ、情報ネットワークの利用状況

b) 災害時の情報ネットワークの使用

第1回アンケートでは阪神・淡路大震災時の実際の情報ネットワークによる受発信の状況を質問し、図20, 21のような特に発信が少なかったという結果を得た。第2回アンケートでは、近い将来災害が発生した際、一般市民として情報ネットワークを利用すると思うか、また、建築設計者、建築技術者としてはどうか、利用すると思うならどのような情報を発信・受信するののかという質問を行った。その結果を図22, 23に示す。災害時に情報ネットワークを活用しないだろうという理由は、他の方法での情報収集で十分であるからというもの、次いで信頼性がないからというものが多かった。一個人として利用すると思うと答えた人に対して建築設計者、建築技術者として利用すると答えた人は少なかった。また、アンケート用紙内に利用すると思うならどのような使用方法かを自由に書く欄を用意していたが、そこに書いてあった使用方法を傾向別に、1)災害情報の収集、2)交通情報の収集、3)建物被害情報の収集、4)技術・データの収集、5)建築行政情報の収集、6)技術者のニーズの把握、7)業務上の連絡、というように7つに分類した結果を図21中に示してある。7つの使用方法は、1)、2)のような新聞・テレビ・ラジオのレベルの情報収集と、3)~7)のような建築分野ならではの使用方法に分類されるが、最も多かったのは1)の災害情報であった。また、1)~6)のような情報の受信を中心としたものと、7)のような、発信と発信を行っていく使用方法に分類できるが、自ら情報を発信するような使用方法を挙げた回答は非常に少なかった。このことから、情報ネットワークは災害時に、一個人としての必要な情報の収集のための手段という意味では支持されているが、建築分野での利用は、常識的な災害の情報の受信のような、一個人としての利用の延長としてしか捉えられていない側面があり、また、受信中心で、情報ネットワークのインタラクティブな特長を生かした方法での活用はあまり考えられていないことが分かる。

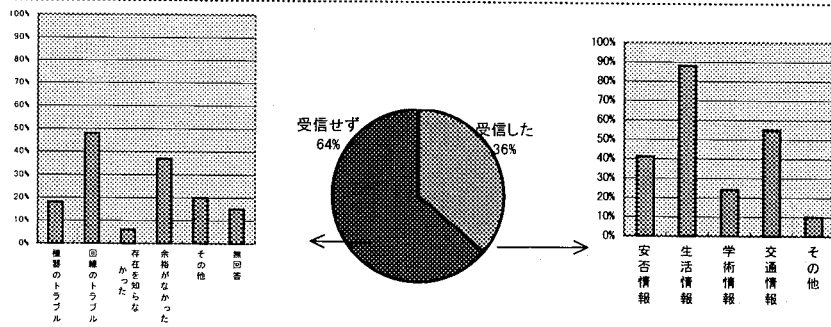


図 20 地震発生時の情報ネットワークの利用(受信・第1回アンケートより)

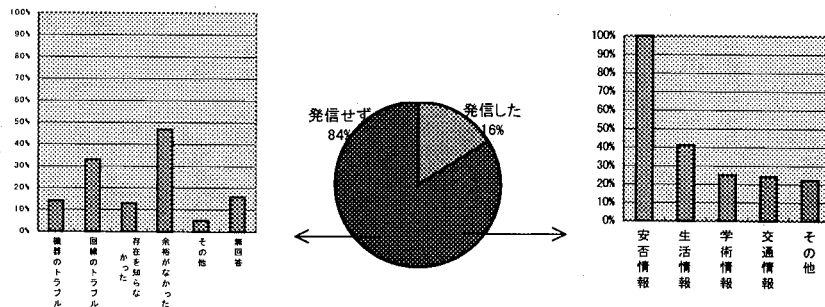


図 21 地震発生時の情報ネットワークの利用(発信・第1回アンケートより)

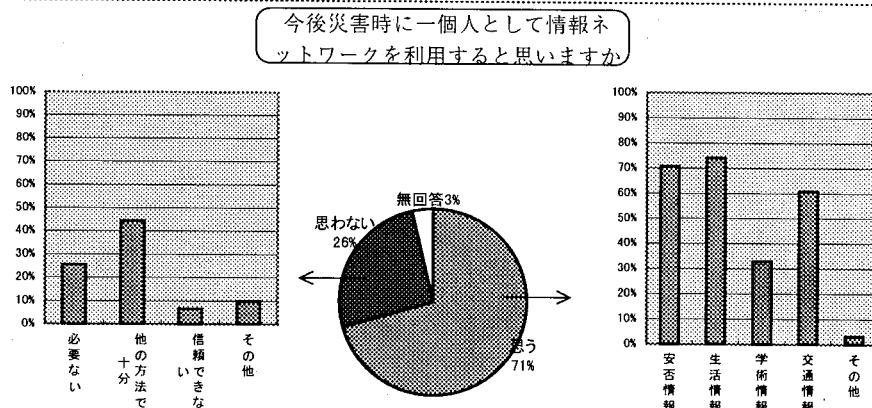


図 22 将来の災害時の情報ネットワークの利用[1]
(第1回アンケートより)

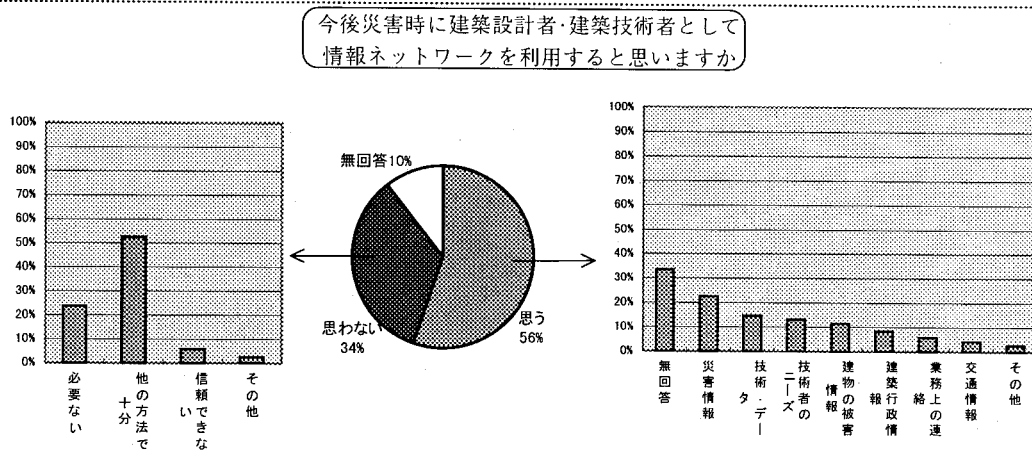


図 23 将来の災害時の情報ネットワークの利用[2]
(第2回アンケートより)

(3) 章考察

コンピュータ・情報ネットワークは、家庭への普及が進み、それらに接する人は増加傾向にある。災害時には一個人としての災害情報の収集の手段として情報ネットワークの使用を考えている人が多かったが、建築設計者・建築技術者として建築分野での利用を考えている人は少なかった。また、情報の受信が中心で情報ネットワークのインタラクティブな特長を生かした方法での活用はあまり考えられていない。災害時に情報ネットワークの利用を躊躇する理由は、その信頼性が不十分であることなどから業務にまで利用の幅を広げることが出来ず、他の情報の入手・交換手段を選ぶというものが多かった。これらのことから、情報ネットワークは建築分野での活用という意味では情報の信頼性をはじめ、まだ十分な環境が整っていないと考えられていることが分かる。日常的に情報ネットワークが利用されていないと、非常時に有効に活用されることはあり得ない。情報の信頼性が確保されないで情報の拠り所が官庁や大企業などに偏ってしまい、情報ネットワークのもつボトムアップ的な特性が損なわれてしまう。災害時に建築分野において情報ネットワークを有効に機能させるためには、日頃から業務上で専門的な情報のやりとりが出来るほどの情報ネットワークへの信頼を確保し、これらを一般的に普及させることが必要であろう。

4. 結

- (1) 公共建築物は震度7の地震に対して、若干損傷するが補修が不要な程度であるのが望ましいと考える人が最も多い。
- (2) 市民の要望を満たす耐震安全性をもつ公共建築物の耐震壁枚数と、また想定した震度に対して許容される損傷レベルをメンバシップ関数で与えることが出来た。
- (3) 建築技術者・建築設計者の間で、情報ネットワークの利用が確実に増えているが、情報ネットワークの建築分野での活用という意味では十分な環境が整っていると考えている人は少ない。
- (4) 情報ネットワークを有効に活用しようと考えている建築設計者、建築技術者の増加により建築分野におけるネットワークによる交流が広がれば、災害時にも、各自の自律分散的行動が自己組織化し、ボトムアップ的な秩序が形成され、効率的に建築物の復旧や救援活動を行うことが出来るであろう。

謝辞：本研究は、平成9年度都市安全研究センター特別プロジェクト研究助成金の援助を受けて行われましたので、関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) Zadeh, L. A: Fuzzy Sets, Information And Control, 1965. 8, pp. 338-353.
- 2) 河村 廣、ヤマ、J. T. P.: 条件付きファジィ集合に基づくファジィシステムの構造工学への応用に関する研究、構造工学論文集、Vol. 36B, 1990. 3, pp. 51-56.
- 3) 河村 廣：地震時構造物応答の極限解析、第27回構造工学シンポジウム、1981. 2, pp. 30-38
- 4) 金井 清他：建築学大系(11)地震・振動学 pp. 25, 1968 彰国社
- 5) 谷明勲、神沢宏明、北芝義己、山本隆彦、上場輝康、河村廣：地震時情報の発信・受信におけるインターネット・パソコン通信の利用に関する研究（アンケート調査を中心として）、第19回情報システム利用技術シンポジウム論文集、pp331-336
- 6) 鈴木厚雄、中川佳久、澤かおり、堤泰彦、長井国雄、河村廣：兵庫県南部地震における情報機器の被害とその対応に関する実態調査、第19回情報システム利用技術シンポジウム論文集、pp325-330

- 筆者：**
- 1) 中島賢二、神戸大学大学院自然科学研究科建設学専攻博士前期課程
 - 2) 河村廣、神戸大学工学部建設学科教授・工博
 - 3) 谷明勲、神戸大学工学部建設学科助教授・博士（工学）
 - 4) 田崎宗邦、大成建設（株）