

山陰防災フォーラム

2011年春の講演会

時間：平成23年4月9日（土）13:30 - 17:00

場所：島根大学総合理工学部3号館210室 多目的ホール

13:30-14:20

「西日本における短時間強雨の発現について」

田坂 郁夫（島根大学・法文学部・教授）

14:20-15:10

「島根県の土砂災害対策」

大賀 隆宏（島根県土木部・砂防課・企画幹）

休憩（15:10-15:30）

15:30-16:20

「中国地方の地震と現在の建築耐震設計」

丸田 誠（島根大学・総合理工学部・教授）

16:20-17:00

総合討論（主宰：横田修一郎 山陰防災フォーラム議長）

西日本における短時間強雨の発現について

田坂郁夫(島根大学・法文学部)

1. はじめに

日本では梅雨や台風による大雨が頻発し、各地で災害が発生してきたが、「IPCC第4次評価報告書(2007)」が“大雨の頻度はほとんどの陸域において増加しており、引き続き増加する可能性がかなり高い”と指摘したのに加え、気象庁も“日降水量100mm以上および200mm以上の日数は106年間で有意な増加傾向にあり、このような長期的な大雨日数の増加には地球温暖化が関係している可能性がある”としている(気象庁Webサイトより)。ここで指摘されているのは日単位での大雨頻度の増加であるが、アメダスやレーダー観測など即時性の高い観測網の展開もあり、時間単位、10分単位の強雨が頻発していることも伝えられている。

本報告はアメダス(AMeDAS, Automated Meteorological Data Acquisition System, 地域気象観測網)の1時間降水量値を用い、西日本(中国, 四国, 九州, 南西諸島)における短時間強雨の発現状況(分布特性, 経年変化, 年変化)を検討したものである。対象とした短時間強雨は、気象庁が防災の観点から示した「雨の強さと降り方」において“山崩れ・崖崩れが起きやすくなり危険地帯では避難の準備が必要。都市では下水管から雨水があふれる”とし、“激しい雨”と表現している1時間30mm以上の降水である。

2 アメダスデータについて

アメダスは気温, 降水量, 風向・風速, 日照量を10分単位でリアルタイムに得ることができる優れたシステムであるが、次のような欠点を有している。それは、

- ・アメダスは1974年から運用が開始されたが、1979年に全国的な展開が完成するまでは、観測所の分布密度が低い。
- ・アメダスは防災上必要な観測値を得るという設置目的から、設置場所の見直しが随時なされ、観測点の廃止, 新設, 移設が行われている。例えば、2006年度に全国の空港に設置されている観測システムがアメダスに組み込まれた。また、雲仙普賢岳や三宅島の噴火活動では土石流防止, 有毒ガス対策のため、臨時観測点が設置され、一部は廃止された。
- ・アメダスでは北日本を中心に寒候期に観測を休止し、通年のデータが得られない地点が多数みられる。
- ・計器や通信設備の故障による短期間の欠測がある。

これらの結果、気候学的な分析, すなわち、一定の密度で分布する固定された観測点の長期的な観測データに基づく分析を行うには、観測点の取捨選択を行うことが必要となる。今回は

- ・1980年～2008年までを対象期間とし、その80%にあたる24年以上観測している地点を

対象とする

- ・観測所が移動した観測点は、「気象観測統計の解説(気象庁, 2005)」を参考に、その移動距離が5 km以下である場合は継続しているとした。そして、移動前後の観測期間が24年を超える観測所は分析対象とした。
- ・短時間強雨は暖候期を中心に発現するものの、九州、南西諸島などでは寒候期にも発生することがあるので、寒候期に観測を休止している観測所では短時間強雨の発生を捉えきれていないと判断し、分析対象外とした。
- ・測器や通信設備の故障による短期の欠測地点は分析対象とした。
今回分析対象とした地点は322地点である。

3. 短時間強雨の発生頻度にみられる分布特性

時間雨量30mm以上(以下, 30mm強雨), 50mm以上(以下, 50mm強雨), 80mm以上(以下, 80mm強雨)の3段階で発生頻度をみた。

- ・30mm強雨は四国の太平洋側及び九州中南部以南の地域で多く発生し、中国地方西部及び九州北東部地域がこれに次いで多い。一方、中四国の瀬戸内沿岸地域及び山陰の沿岸地域ではその発生は極めて少ない(最多地点:宮崎・えびの(391回, 13.5回/年), 最少地点:岡山・玉野(5回, 0.2回/年)。発生頻度の多寡は山地の配列や海岸線の形状など地形条件, すなわち, 強雨(大雨)の発生に不可欠な水蒸気の流入しやすさに関係している。
- ・50mm強雨の発生頻度にみられる基本的な分布パターンは30mm強雨と同じであるが、九州地方では山間部の発生頻度が相対的に減少する一方、九州北西部の発生頻度が増加している。また、中国地方西部の多頻度域の中心が瀬戸内側から日本海側に移っている。最多地点は30mm強雨と同じ宮崎・えびの(81回, 2.8回/年)であるが、瀬戸内周辺域を中心に全体の6%にあたる20地点では対象29年間に50mm強雨は発生していない。
- ・80mm強雨は今回の対象地域・期間に287回(9.9回/年)発生している。最多地点は高知・佐喜浜の11回, 次いで鹿児島・屋久島が9回である。一方、全体の60%にあたる194地点では発生せず, 限られた地点で多く発生する傾向がある。30mm強雨の発生頻度に対する80mm強雨の発生比率をみると, 九州北西部, 山陰西部, 四国南東部など特定の地点で高い値を示す。これらのことから, 80mm強雨の発生には水蒸気が流入しやすいと言った条件に加え, その地点周辺の微地形など小スケールの条件が関係していると考えられる。

短時間強雨の原因を低気圧, 前線, 台風, 大気的不安定に大別し, 発生頻度を集計した。天気図分析は気象年鑑に掲載されている毎日9時の簡易天気図およびそれに付記されている記事を参考にして行った。天気図の分類基準は以下の通りである。

低気圧: 温暖・寒冷前線によるものを含む。前線をもたない小低気圧は大気不安定に含めた。

前線：移動する低気圧に伴う温暖・寒冷前線は除く。ただし、低気圧の南西側に長く延びる寒冷前線によるものは前線に含めた。

台風：台風が天気図上にみられ、それより近くに前線・低気圧などがいない場合。台風から温帯低気圧に変わった場合はその時刻により分類。

大気不安定：天気図上に総観規模擾乱がない場合。

- ・短時間強雨の発生頻度は原因ごとに大きく異なり、特に九州地方の差異が顕著である。すなわち、前線を原因とする短時間強雨は九州山地の西側に多く発生するのに対し、台風を原因とするそれは九州山地の東側に限られる。中国地方西部においても、前線を原因とする強雨が日本海側に多く発生するのに対し、台風を原因とするものは瀬戸内側に限られる。このように、原因が異なることによる総観場の違い、気流系の違いによって発生域は大きく異なっている。
- ・低気圧を原因とする短時間強雨はいわゆる南岸低気圧の経路に沿った地点に多く発生する。大気的不安定を原因とする短時間強雨は少数であるが、四国の太平洋側地域では比較的まとまった多頻度域が認められる。
- ・発生頻度の最も高い原因を地点ごとにみると、九州山地の東側及び四国では台風が、九州の屋久島・種子島及び四国の太平洋沿岸域では低気圧が最多要因であり、それ以外の所は前線が最多頻度原因となっている。

4. 短時間強雨発生頻度の経年変化と年変化

- ・対象地域において、30mm強雨、50mm強雨、80mm強雨は対象29年間にそれぞれ25465回、3704回、287回、年平均では878.1回、127.7回、9.9回発生している。
- ・短時間強雨の発生頻度は10年程度の周期的変動をしながら、全体として増加傾向にある。30mm強雨、50mm強雨の経年変化パターンは比較的似ているのに対し、80mm強雨のそれは異なった特徴をみせる。このことは30mm強雨など低いレベルの強雨の発生機構と、80mm強雨の発生機構が異なっていることを予想させる。
- ・短時間強雨の発生日数と発生頻度には相関関係が認められる($r=0.575$ 、1%で有意)。このことから、短時間強雨の発生頻度はその原因となる擾乱が多く発生することによって増加するのであって、1つ1つの擾乱が強まり、その影響範囲・時間が増大することによるものではないといえる。しかし、2004年のように発生日数は平年並みにもかかわらず、頻度は平年の約2倍に達した年もあり、両者の関係については別なる検討が必要である。
- ・発生頻度の年変化を降水原因別にみると、短時間強雨は6～9月に集中して発生する。この4ヶ月の発生回数は月120回以上、すなわち、毎日4カ所以上で短時間強雨が発生することになる。その原因は6・7月には前線による強雨が多く、8・9月は台風による短時間強雨が多く発生する。低気圧を原因とするものは1年を通じて発生する一方、大気的不安定を原因とするものは8月を中心とする暖候期に限られる。

5. まとめ

時間降水量30mm以上の短時間強雨について、その空間的分布と時間的分布の特徴を調査した。その結果、西日本における短時間強雨の空間的・時間的分布特性を概括的に捉えることができたと考えるが、メカニズムに迫るような検討は行っていない。今後は、近畿以東における検討に加え、一段と小さなスケールの地形条件との対応関係の検討などを通して、短時間強雨発生メカニズムに迫ることが必要である。

[文献]

気象庁(2005)：『気象観測統計の解説』．気象庁HP(PDF版)，136頁．

気象庁(2007)：『IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約』．気象庁HP(PDF版)，24頁．

田坂郁夫(2006)：短時間強雨の発現に関する一考察．島根地理学会誌，**40**，1-11．

田坂郁夫(2007)：中国・四国地方における短時間強雨の発現について．社会文化論集，第4号，41-51．

田坂郁夫(2011)：九州地方における短時間強雨の発現について．社会文化論集，第7号，121-132．

安田清美(1970)：日本における強雨(50mm/hr以上)の気候学的特性．天気，17，539-548．

島根県の土砂災害対策

島根県土木部砂防課 大賀隆宏

1. はじめに

島根県では、過去から数多くの災害が発生しています。昭和 58 年、昭和 63 年、平成 18 年など、豪雨災害が幾多も発生し、人的被害についてはその 8 割が土砂災害によるものとされています。昨年 7 月には松江市鹿島町で土砂災害が発生し、尊い命が失われました。

県内の土砂災害危険箇所数は、2 万箇所を超え、その数は全国で 2 番目の多さです。地形的に居住エリアが限られているのが一因と考えられます。

そのような状況における島根県の土砂災害対策（ソフト対策）の取組についてご紹介いたします。

2. 土砂災害対策の課題と方針

(1) 課題

県内の土砂災害危険箇所は、22, 304 箇所あります。その内、対策が必要とされる「要対策箇所」は、5, 897 箇所、整備済みとされているのは、17%程度です（平成 21 年度末）。全国平均とされる 22% に比べ対策が遅れているのが現状です（表 1）。

平成 21 年 7 月に発生した山口県防府市の土砂災害において、特別養護老人ホームの入所者が被災するなど、災害時要援護者関連施設に係る土砂災害対策の推進は、土砂災害から住民の生命及び身体を保護する上で喫緊の課題となっています。

一方、国・地方を通じた厳しい財政状況の中、近年の本県公共事業費は、ピーク時（平成 10 年）の 3 分の 1 程度に縮減されています（図 1、図 2）。

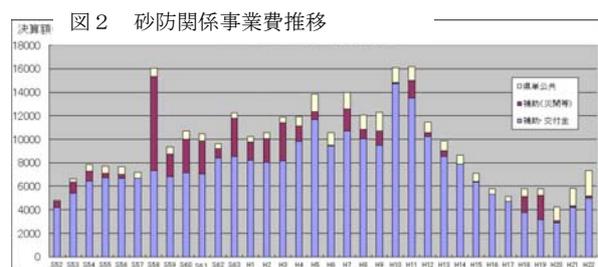
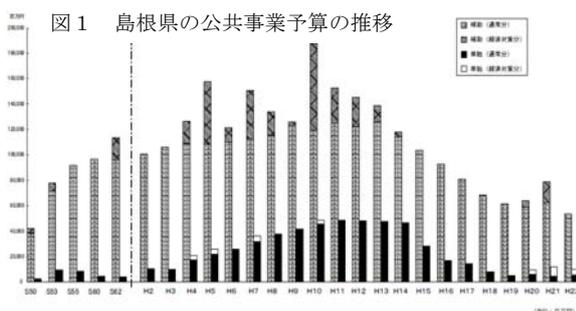
表 1 島根県の土砂災害危険箇所（全国上位 3 県）

平成 21 年度末現在

順位	県名	土石流危険渓流	地すべり危険箇所	急傾斜地崩壊危険箇所	合計 ※1	左記のうち要対策箇所※2	箇所整備率 (%)
1	広島	9,964	80	21,943	31,987	10,550	32
2	島根	8,120	272	13,912	22,304	5,897	17
3	山口	7,532	285	14,431	22,248	6,221	22
	全国	183,863	11,288	330,156	525,307	192,385	22

※1 保全対象家屋が 1 戸以上の土砂災害危険箇所

※2 保全対象家屋が 5 戸以上または 5 戸未満であっても公共施設がある土砂災害危険箇所



また、近年ゲリラ豪雨とも呼ばれるような、局地的な集中豪雨が頻発しており（図3）、平成19年には隠岐地方で時間131mmという県内観測史上最大の豪雨を記録するなどして、数多くの土砂災害が発生しています（図4）。

（2）対策の方針

土砂災害危険箇所が多く、土砂災害が頻発している本県では、厳しい財政状況の中、効率的で効果的な土砂災害対策を講ずる必要があります。

このため、ハード面（施設整備）では、災害時要援護者関連施設の対策に重点的に取り組むとともに、ソフト面（警戒避難と適切な開発）の対策について、より一層充実させていくこととしています。

3. 土砂災害対策（ソフト対策）の取組

土砂災害対策は、「施設整備」といったハード対策と警戒避難などソフト対策を適切に組み合わせて行うことが基本とされ、ハード対策の「施設整備」、ソフト対策の「警戒避難」と「適切な開発」は、土砂災害対策の3本柱と呼ばれています（図5）。

（1）警戒避難

警戒避難とは、避難により人命を保護するというものです。施設整備は、事象を想定し一定の技術基準により設計するものであり、100%の安全を保障するものではありません。当然のことながら想定を上回る事象も出現します。マグニチュード9.0を記録した東北地方太平洋沖地震の規模は各種耐震設計の想定を遙かに上回り、構造物等の被害は甚大なものとなっています。施設整備済箇所であっても、人命保護のためには適切な避難が重要になります。

防災対策の基本は、自分の安全は自分で守る、ということです。いわゆる自助と呼ばれていますが、この自助の働きを啓発していくことが重要であり、そして、自助とともに共助が広がっていくことが望まれます。適切に避難できる体制、仕組み、仕掛けを作るという作業がソフト対策

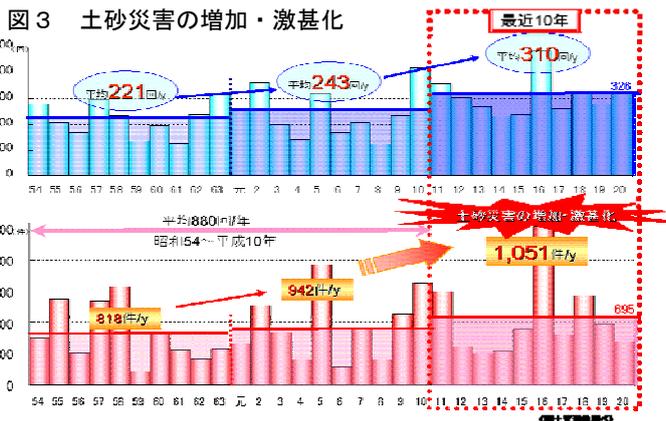


図4 土砂災害発生件数（H13～H22）

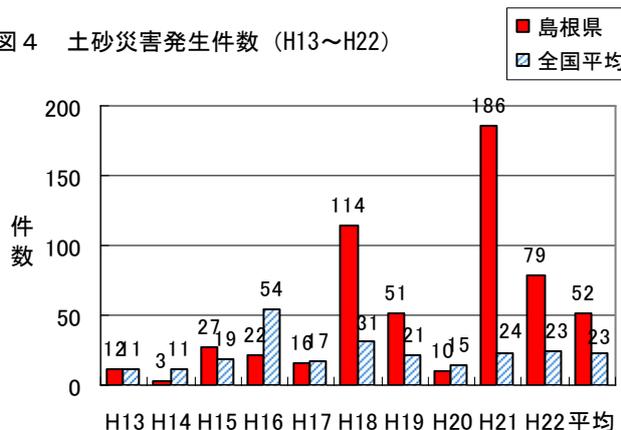
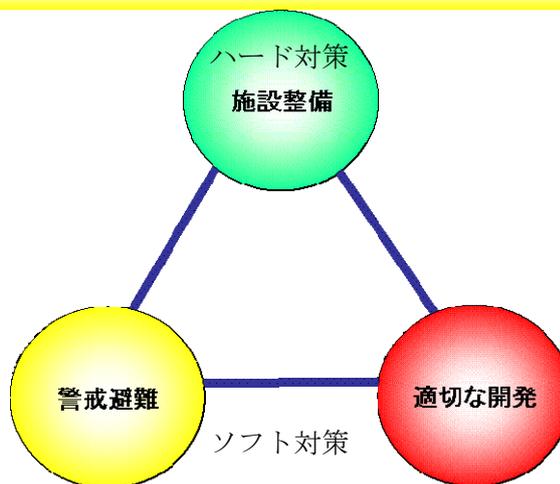


図5 土砂災害対策の3本柱



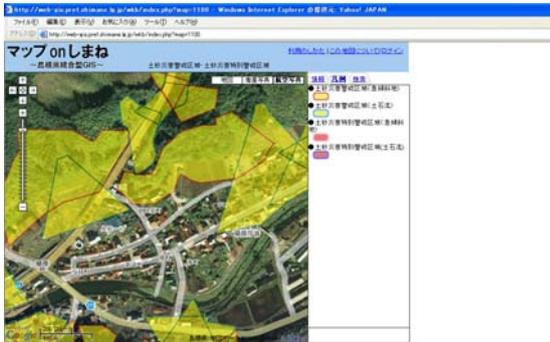
の「警戒避難」であり、土砂災害防止法の目的の一つでもあります。

土砂災害の特徴として、①危険性が判断しにくい、②正確な予測が困難である、③人命を奪う可能性が高いということが挙げられますが、①②の理由により住民の避難が難しいと言われています。住民一人一人が土砂災害に対して的確な判断をし、行動するためには、行政は専門的かつ技術的な事項について、的確な情報を提供する必要があります。本県の取組は表2のとおりです。

表2 島根県の取組

区分	内容	備考
どこが危ないか	土砂災害警戒区域等地図情報（※1） （土砂災害ハザードマップ）	GIS（地理情報システム）
いつ危ないか	土砂災害警戒情報（※2）	気象台と共同
	土砂災害危険度情報（※3）	インターネット
	リアルタイム雨量	インターネット
防災意識の啓発（基礎情報の提供）	土砂災害の前兆現象などの周知	チラシ（※4）、広報誌、新聞、テレビスポットCM、防災学習会（※5）など

※1



※4



※2

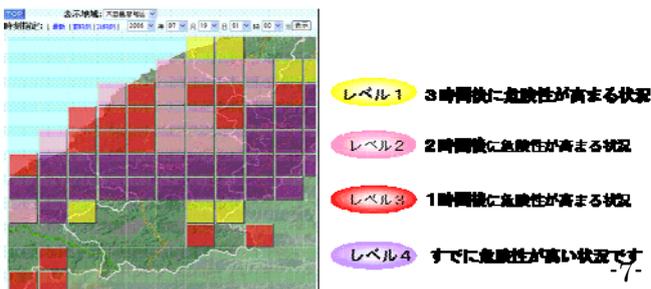
土砂災害警戒情報



※5



※3



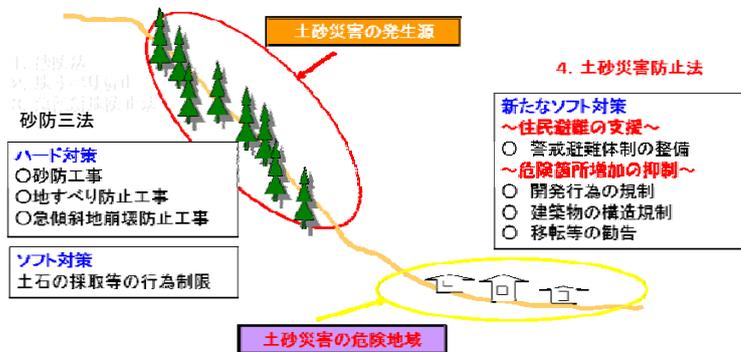
(2) 適切な開発

砂防、地すべり、急傾斜地法による指定地では標識・標柱を設置し、災害を誘発・助長する恐れのある土地の形状変更、樹木の伐採、土砂の採取等の行為を規制しています。これら砂防三法は、災害原因地対策であり、ハード面（施設整備）も規定されています。

また、土砂災害防止法は、被害地に着目して土砂災害警戒区域等を指定し、土砂災害のおそれのある区域の周知、警戒避難体制の整備、特定開発行為の規制、建築物の構造規制等を行うソフト面の法律です（図6）。

県では平成13年度から基礎調査に着手し、平成17年度から土砂災害警戒区域、平成19年度から土砂災害特別警戒区域の指定を始めました。土砂災害警戒区域については平成21年度末で全県の指定（土石流、急傾斜）を行ったところです（表3）。現在、土砂災害特別警戒区域（土石流・急傾斜地）の指定に向けて、調査済みの市と協議を進めています。また平成23年度には土砂災害警戒区域の内、「地すべり」についての基礎調査に着手する予定です。

図6 土砂災害関係4法のイメージ



法律名	指定地名	箇所数
砂防法	砂防指定地	2, 0 4 2箇所
地すべり等防止法	地すべり防止区域	1 2 5箇所
急傾斜地法	急傾斜地崩壊危険区域	8 8 6箇所
土砂災害防止法	土砂災害警戒区域（土石流、急傾斜地）	3 0, 8 7 7箇所
	土砂災害特別警戒区域（土石流、急傾斜地）	9 1 2箇所

表3 土砂災害関係4法の指定状況

(注)本文中においても法律名は略称を使用しているものがあります。

平成23年3月末時点

4. おわりに

3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震が、今後の土木行政にどのような影響を与えるのか想像できませんが、がけ崩れ、土石流、地すべりは日常的に発生するものです。土砂災害の被害軽減のためには、防災意識の啓発、警戒避難体制整備など日頃の実施を継続する必要があります。

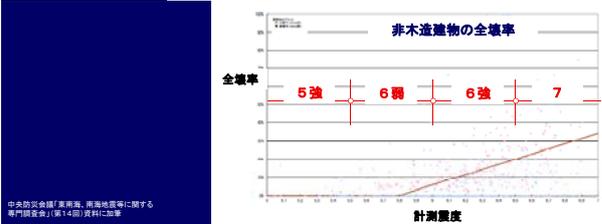
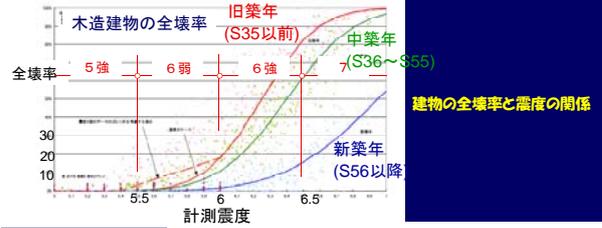
この「山陰防災フォーラム」における多様な交流、情報交換などを通じて、より一層の土砂災害対策の推進について検討していきたいと考えています。

フォーラムの皆さまには今後ともご指導のほどよろしくお願いします。

中国地方の地震と最近の建築耐震設計

H23. 04. 09

総合理工学部
材料プロセス工学科
丸田 誠



1995年～現在(2011/3)までの16年間 最大震度6弱以上の地震(本震のみ)

- (1) 1995.01.17 平成7年兵庫県南部地震(M7.3, 震度7)
- (2) 1997.05.13 鹿児島県薩摩地方を震源とする地震(M6.4, 6弱)
- (3) 1998.09.03 岩手県内陸北部を震源とする地震(M6.2, 6弱)
- (4) 2000.07.01 新島・神津島近海を震源とする地震(M6.5, 6弱)
- (5) 2000.10.06 平成12年鳥取県西部地震(M7.3, 6強)
- (6) 2001.03.24 平成13年茨予地震(M6.7, 6弱)
- (7) 2003.05.26 宮城県沖を震源とする地震(M7.1, 6弱)
- (8) 2003.07.26 宮城県北部を震源とする地震(M6.4, 6強)
- (9) 2003.09.26 平成15年十勝沖地震(M8.0, 6弱)
- (10) 2004.10.23 平成16年新潟県中越地震(M6.8, 7)
- (11) 2005.03.20 福岡県西方沖地震(M7.0, 6弱)
- (12) 2005.08.16 宮城県沖を震源とする地震(M7.2, 6弱)
- (13) 2007.03.25 平成19年能登半島地震(M6.9, 6強)
- (14) 2007.07.16 平成19年新潟県中越沖地震(M6.8, 6強)

- (15) 2008.06.14 平成20年岩手・宮城内陸地震
- (16) 2008.07.24 岩手沿岸
- (17) 2009.08.11 駿河湾地震
- (18) 2011.03.11 東北地方太平洋沖地震 (M9.7)

1982年～1994年の13年間 旧震度6以上の地震(本震のみ)

- (1) 1993.01.15 平成5年釧路沖地震(M7.8, 震度6)
- (2) 1994.10.04 平成6年北海道東方沖地震(M8.1, 震度6)
- (3) 1994.12.28 平成6年三陸はるか沖地震(M7.5, 震度6)

最大震度6弱(旧震度6)以上の地震(本震)発生回数

1982年～1994年 3回

1995年～現在 18回

近年の多発する大地震 (活断層地震)

迫りくる巨大地震 (海溝型地震)



中国地方の地震

中国地方各県別
被害を及ぼした主な地震

鳥取県		M	被害			
発生日	地域(名称)		死者	負傷	全壊	半壊
1710/10/03	伯耆・美作	6.5	75	—	1,092	—
1711/03/19	伯耆	6.1/4	4	—	380	—
1854/12/24	安政南海地震	8.2/5	0	0	10	—
1943/03/04	鳥取沖	6.2	0	軽11	68	—
1943/09/10	鳥取地震	7.2	1,082	3,259	7,485	—
1946/12/21	南海地震	8	2	3	16	—
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	0	141	389	2,470
2001/03/24	菟予地震	6.7	0	0	0	0
			Σ 1,163		9,440	

鳥根県		M	被害			
発生日	地域(名称)		死者	負傷	全壊	半壊
880/11/23	出雲	7	—	—	—	—
1676/07/12	石見	6.5	7	35	133	—
1854/12/24	安政南海地震	8.4	0	0	150	—
1859/01/05	石見	6.2	—	—	56	—
1859/10/04	石見	6~6.5	—	—	—	—
1872/03/14	浜田地震	7.1	551	582	4,506	—
1946/12/21	南海地震	8	9	16	71	—
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	0	11	34	567
2001/03/24	菟予地震	6.7	0	3	0	0
			Σ 567		4950	

http://www.hp1039.johri.go.jp/eqchrtb-1.htm
のデータより作成

山口県		M	被害			
発生日	地域(名称)		死者	負傷	全壊	半壊
1707/11/21	防長	5.5	3	15	289	—
1793/01/13	長門・周防	6	—	—	—	損壊多数
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	0	1	0	一部損壊
2001/03/24	菟予地震	6.7	0	12	7	26
			Σ 3		296	

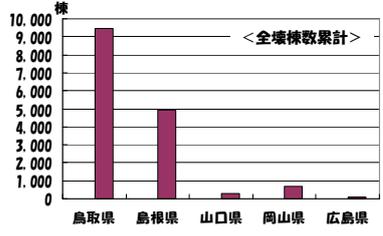
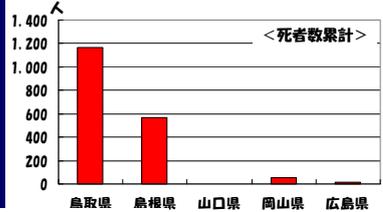
岡山県		M	被害			
発生日	地域(名称)		死者	負傷	全壊	半壊
868/08/03	播磨・山城	≥7	—	—	—	—
1707/10/28	宝永地震	8.4	—	—	—	—
1710/10/03	伯耆・美作	6.5	2	—	200e	—
1854/12/24	安政南海地震	8.4	—	—	—	—
1946/12/21	南海地震	8	51	187	478	—
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	0	18	7	31
2001/03/24	菟予地震	6.7	0	1	0	0
			Σ 53		685	

http://www.hp1039.johri.go.jp/eqchrtb-1.htm
のデータより作成

広島県		M	被害			
発生日	地域(名称)		死者	負傷	全壊	半壊
1649/03/17	安芸・伊予	7	—	—	—	—
1686/01/04	安芸・伊予 (宝永地震)	7~7.4	2	—	—	—
1707/10/28	(宝永地震)	8.4	—	—	—	—
1854/12/24	(安政南海地震)	8.4	—	—	—	—
1857/10/12	伊予・安芸	7.4	—	—	—	—
1872/03/14	浜田地震	7.1	0	3	20	—
1905/06/02	菟予地震	7.4	11	160	56	—
1946/12/21	南海地震	8	0	3	19	—
1949/07/12	安芸灘	6.2	2	—	—	—
2000/10/06	鳥取県西部地震	7.3	0	0	0	一部損壊
2001/03/24	菟予地震	6.7	1	194	60	497
			Σ 16		95	

http://www.hp1039.johri.go.jp/eqchrtb-1.htm
のデータより作成

中国地方各県別
地震被害数累計



鳥取地震(1943, M7.2)

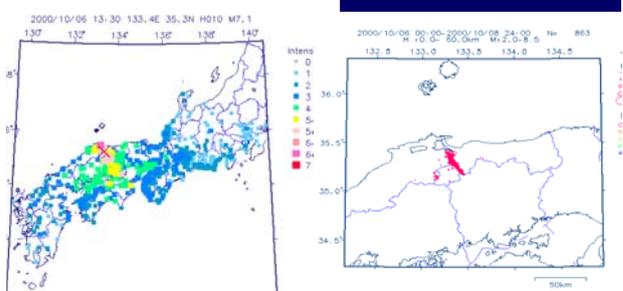


震度分布

町村別家屋全壊率

http://www.hp1039.johri.go.jp/eqchrtb.htm

2000年鳥取県西部地震(2000, M7.3)

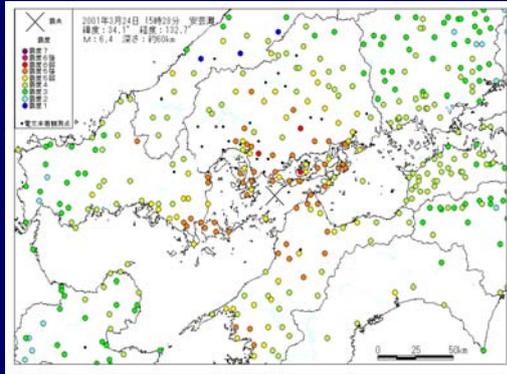


震度分布

余震活動
(2000/10/06-10/08)

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kopics/tottori/index1.html

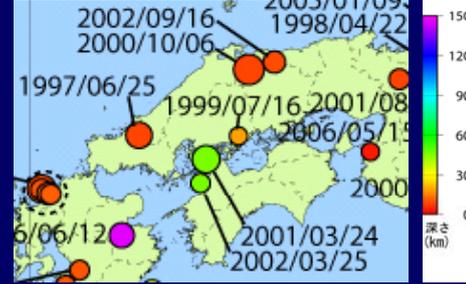
2001年荻予地震 (M6.7)



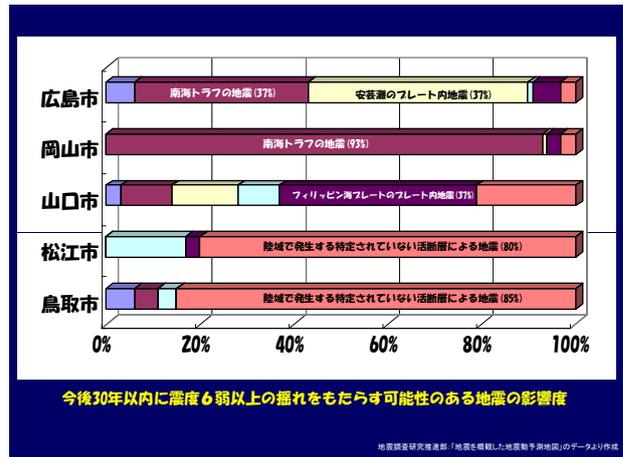
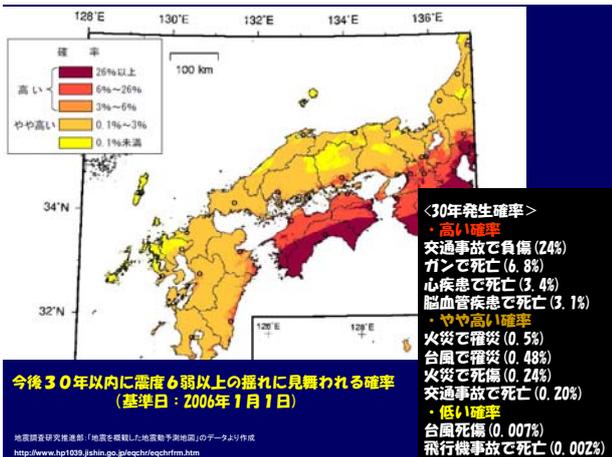
震度分布

http://www.adp.or.jp/shindo/index_ahhnda.html

(1996年~2007年11月)に発生した被害地震



発生	震央or地震名	M / 震度	人的被害	建物被害
1997	山口県北部	M6.6 / 5強	負2	全壊1、半壊2
1999	広島県南東部	M4.5 / 4	負1	なし
2000	鳥取県西部地震	M7.3 / 6強	負182	全壊435、半壊3101
2001	荻予地震	M6.7 / 6弱	死2 負774	全壊70、半壊774
2002	伊予灘	M4.7 / 4	負1	なし



中国地方の地震・まとめ

- 中国地方における被害地震の発生確率は、他の地域に比べて低い
- 中国地方での過去最大の被害地震は鳥取地震
- 各県での震度6弱以上の地震発生確率が最も高い地震:
 鳥取県・島根県: 特定されていない断層による内陸直下型地震
 岡山市: 南海トラフの海溝型地震
 広島県: 安芸灘・伊予灘のスラブ内地震
 山口県: フィリピン海プレート内の地震

最近の建築耐震設計



1923年関東大震災での銀座の被害

1948年福井地震での大和百貨店の崩壊

1964年新潟地震でのアパートの転倒被害



1968年十勝沖地震での函館高校の躯体崩壊



1978年宮城県沖地震でのアパートのピロティ破壊



1995年兵庫県南部地震での三宮アパートの中間階崩壊



H23年度 東北地方太平洋沖地震

日経アーキテクチャより

YOMIURI ONLINE より

市街地建築法(1919) 日本最初の建築法規—構造なし
 関東地震 (1923)

- 米国流鉄筋コンクリート(RC)建物は大被害
- 水平震度0.1 (自重の10%の水平力を想定) で設計したRC建物の被害は軽微 → 耐震構造の出発点

佐野利器 (としかた) 「家屋耐震構造論 (1914)」

- 東京ではRC造709棟中
 - 全壊: 15 (2.1%)
 - 半壊: 20 (2.8%)
 - 大破: 49 (6.9%)
- 他の構造に比べれば低い被害率

↓

- 「RCは耐震的」

日本興業銀行(1号館 1F廊下の写真)

- 改正市街地建築物法 (1924)
 - 世界初の耐震規定、水平震度0.1
- 建築学会RC構造計算規準 (1933)
- 建築基準法 (1950)
 - 水平震度0.2 許容応力度も2倍
- 新潟地震 (1964)
 - 液状化
 - 「上部構造は過剰設計」の声も

十勝沖地震 (1968)

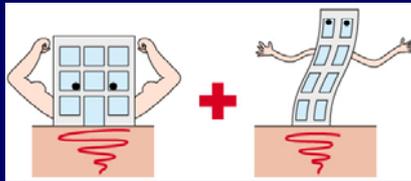
- RC短柱のせん断破壊 (検出) が多発
- RCの研究者・技術者に衝撃

- 建築基準法改正 (1970)、RC規準改定 (1972)
 - せん断設計の強化
- 建築基準法大改正 (「新耐震設計法」、1980)
 - 一次設計 (中地震: 被害を生じさせない、許容応力度設計) と
 - 二次設計 (大地震: 倒壊させない、保有水平耐力)
- 兵庫県南部地震 (1995)
 - 新耐震施行後の建物は被害小 (ピロティを除く)
- 建築基準法改正 (2000)
 - 性能設計法の導入

限界耐力計算法
エネルギー法

建物の耐震性とは？

- 建物の耐震性能とは、地震のエネルギーを吸収できる能力のことで、建物の強さと粘りを組み合わせて判断



建物の強さ(耐力)

建物の粘り(変形能)

耐震設計法(主に水平力)

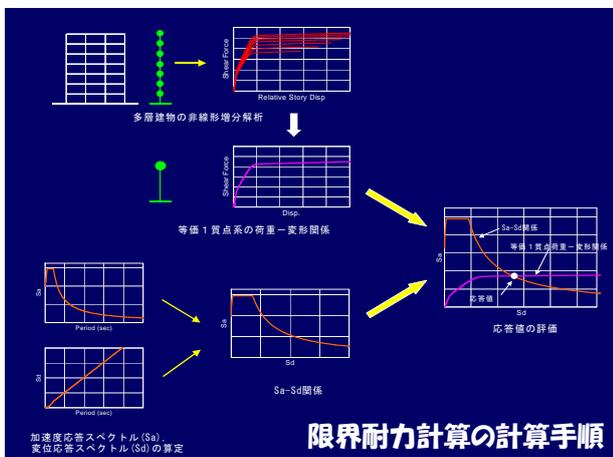
- 1)新耐震設計法
一次設計:許容応力度設計
二次設計:保有耐力計算
- 2)限界耐力設計法
- 3)エネルギー法
- 4)時刻歴応答解析(動的解析)

保有水平耐力計算の概要

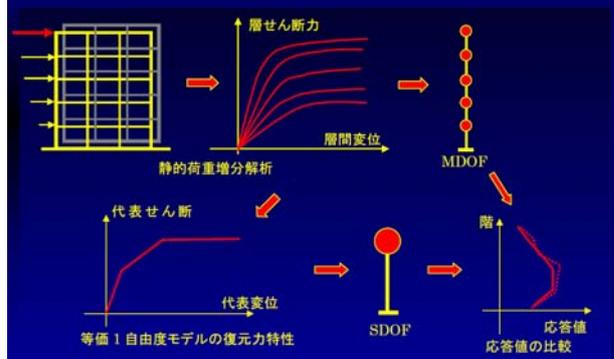
- 大地震により建物が崩壊しないように、安全性の検討を行う。
 - 崩壊メカニズム(抵抗力の増大なし、変形のみ増大)時の柱や耐震壁が負担している水平力の合計→保有水平耐力
計算した必要保有水平耐力 < 保有水平耐力
- ↓
- 力として「安全性」を担保する。
→変形はあまり考慮されていない。
全体変形が規定されていないので性能設計に向かない

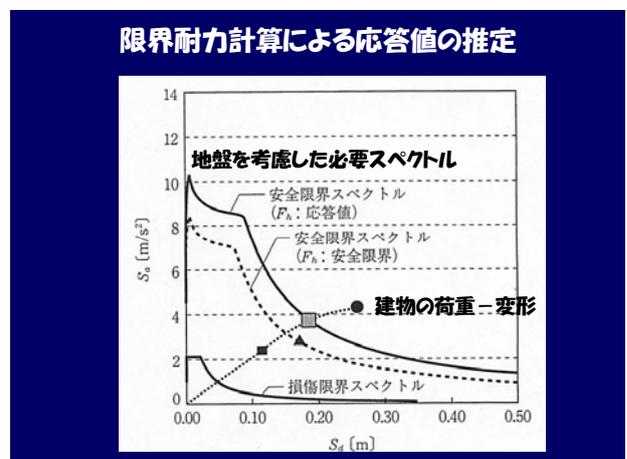
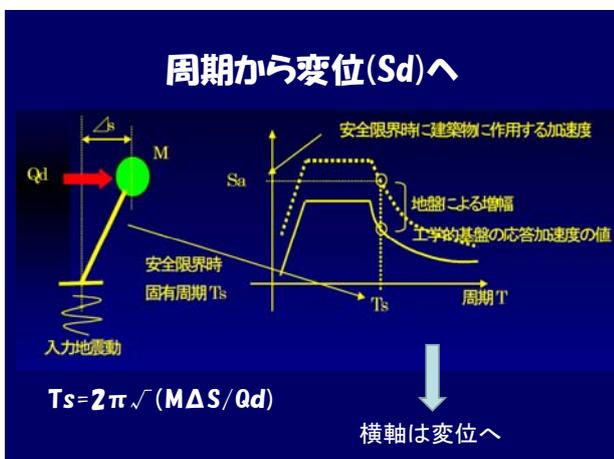
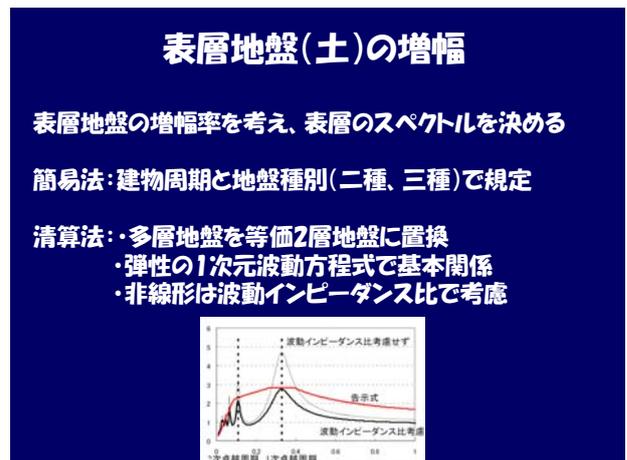
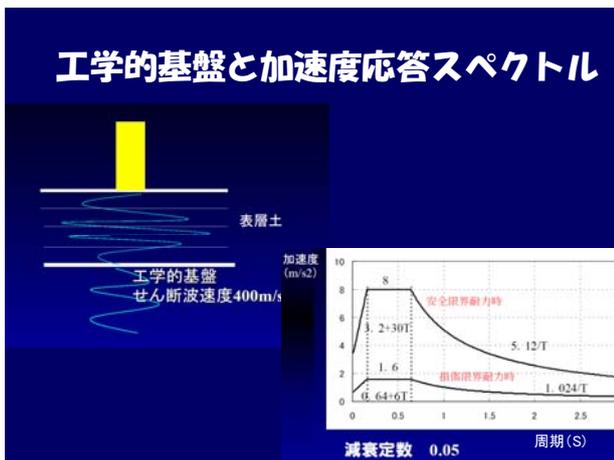
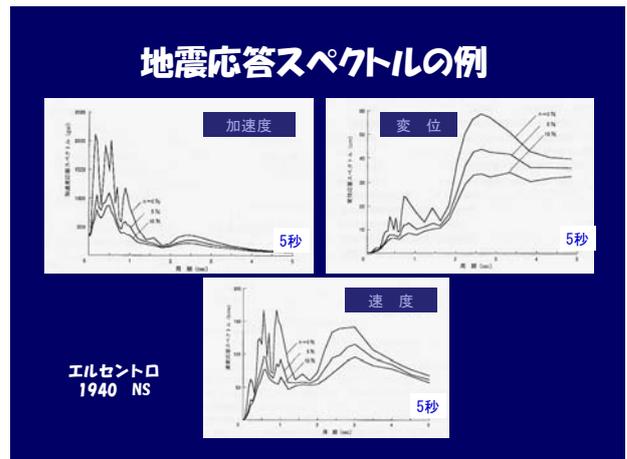
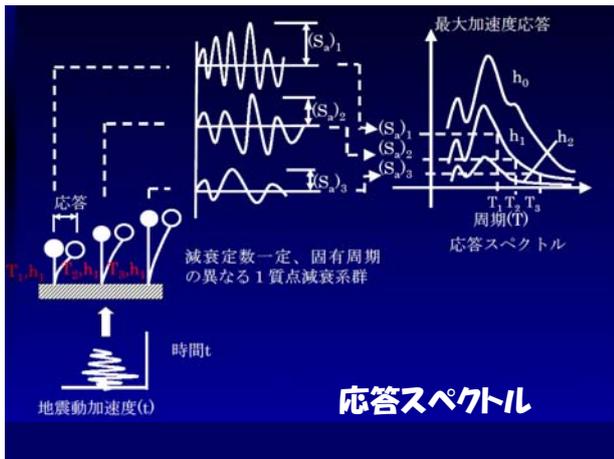
限界耐力計算法の概要

- 損傷限界**は「建築物の耐用年数中に少なくとも1度は遭遇する程度(中程度)の荷重・外力(外乱)の作用後も建築物の安全性や使用性および耐久性が低下しない限界」であり、文字通り、地震後も損傷せず無修復で済む限界である。
- 安全限界**は「建築物の耐用年数中に極めて稀に発生する程度(大規模)の荷重・外力(外乱)に対して、建築物内外の人命に直接及ぼす危険が回避される限界」であり、倒壊しない限界である。つまり鉛直荷重支持能力が保持されることを保障する限界点



等価1質点系





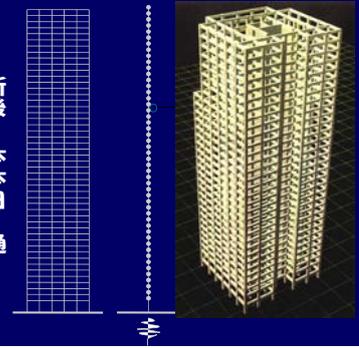
「超高層建物」とは

- 一般通念
 - 100m以上?
 - 住宅: 30階、事務所: 25階程度
- 建築基準法
 - 高さ60mを超える建物
 - 住宅: 20階弱、事務所: 15階程度

	構造計算の方法	手続き
一般建物	静的設計	建築主事の認可
超高層建物	地震応答解析	指定認定機関で評価 + 国土交通大臣の許可

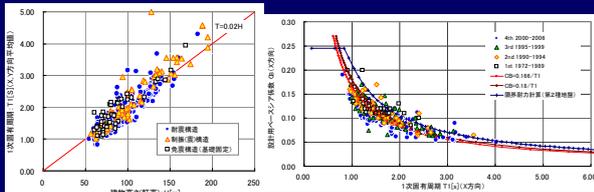
「超高層建物」の定義

- 高さ60mを超える
 - 基準法施行令36条で定義
 - 時刻歴地震応答解析で安全性を検証(後述)
 - 指定認定機関(日本建築センター、日本建築総合試験所、日本ERIなど)で評価を受ける→国土交通大臣の認可が必要



超高層建物の構造的長

- ✓ 長周期(ゆっくり揺れる)・・・地震の卓越周期をかわす大きな変形



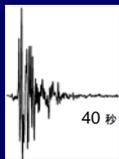
建物高さ一次周期

一次周期とベースシア係数

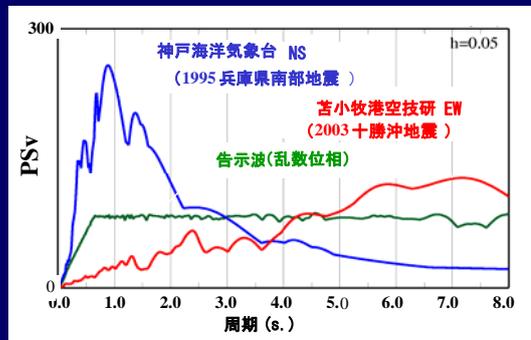
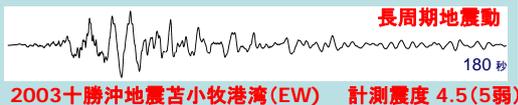
堆積平野の長周期地震動増幅特性



長周期地震動の波形(速度)



(参考)直下型地震
1995兵庫県南部地震神戸海洋気象台(NS)
計測震度 6.4(6強)



擬似速度応答スペクトルPSvの比較