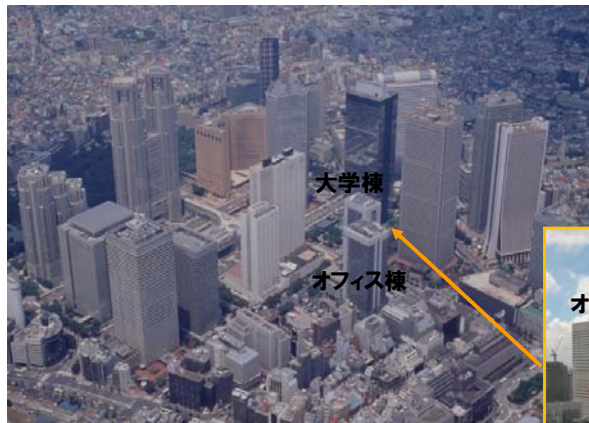


東日本大震災での新宿・超高層ビルの揺れと被害、 および今後、首都圏で想定される地震と地震動について +防災・減災への取組



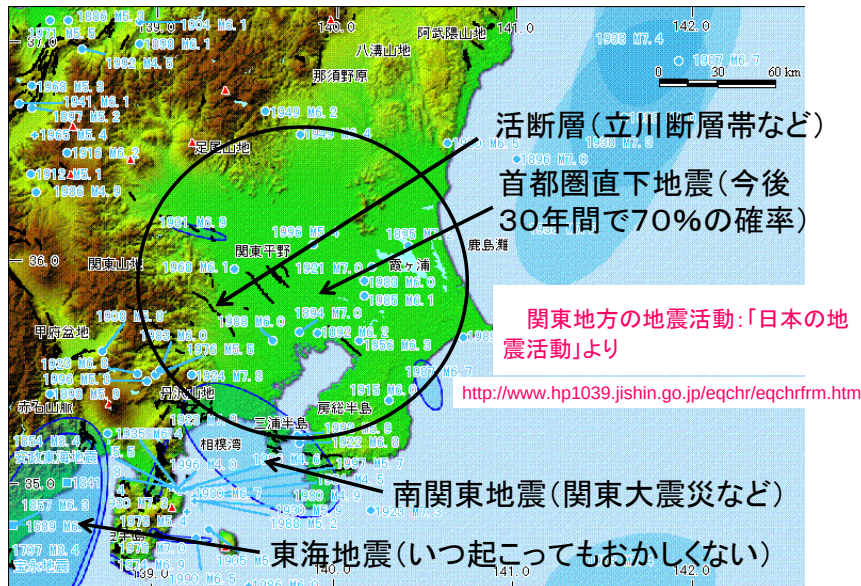
久田嘉章
(工学院大学建築学部)

概要

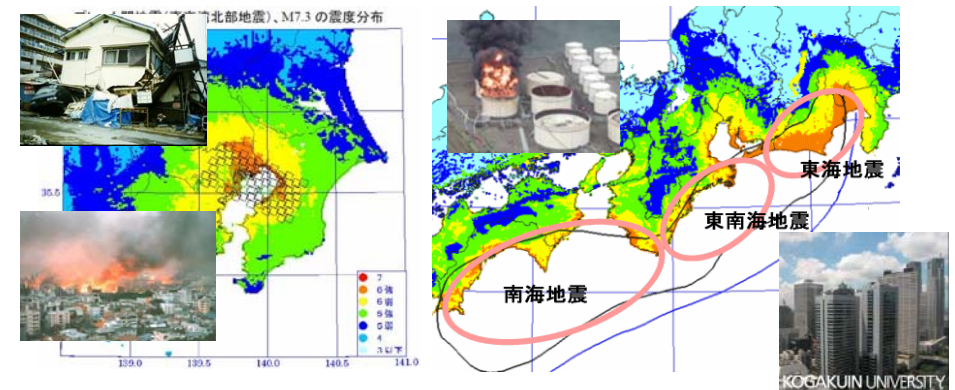
- ・首都圏で想定すべき地震と地震動
 - ・首都圏で想定すべき地震(首都圏直下地震・海溝型巨大地震・活断層)、及び、特徴的な地震動(ランダム・コヒーレント波形)
- ・被害地震からの地震防災への教訓
 - ・被害地震と教訓(1923年関東大震災、1995年阪神・淡路大震災など)→自助・共助
- ・新宿駅周辺地域における取組(ハード・ソフト対策)
 - ・新宿駅周辺の地域特性と想定される被害
 - ・自助の取り組み:高層建築の揺れ・被害・対応
 - ・共助の取り組み:地域連携による防災・減災の取組
 - ・防災訓練:超高層ビル・地域連携
- ・東日本大震災による超高層ビルの揺れ・被害・教訓
 - ・工学院大学新宿校舎の揺れ・被害
 - ・新宿駅西口高層ビル街における教訓

2

首都圏・関東平野の歴史地震



首都圏で想定すべき地震と被害想定(内閣府)



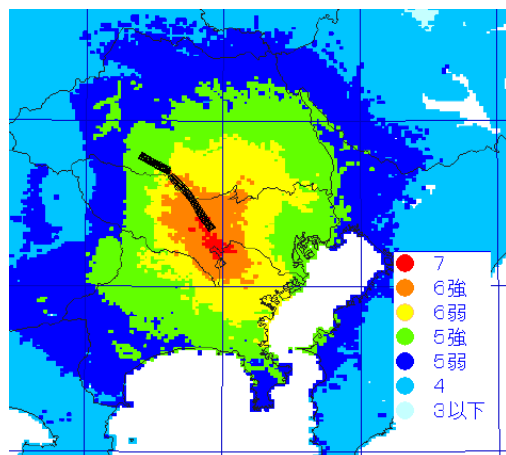
震源域の強い地震動(震度6弱・6強)
首都圏直下の地震:全体の30年発生確率は70%
(中央防災会議、地震調査研究推進本部)

長周期地震動(高層建築の大きな揺れ)
南海トラフ海溝型巨大地震の30年発生確率:
東海地震:87%、東南海地震:60%

死者1万以上、負傷者約21万人、うち重傷者約4万人
全壊・焼失家屋約85万棟、帰宅困難者650万人(東京で390万人)
→但し、列車事故や高層ビルの被害・負傷者は含まない

立川断層帯の地震による想定被害

(内閣府、地震調査研究推進本部)



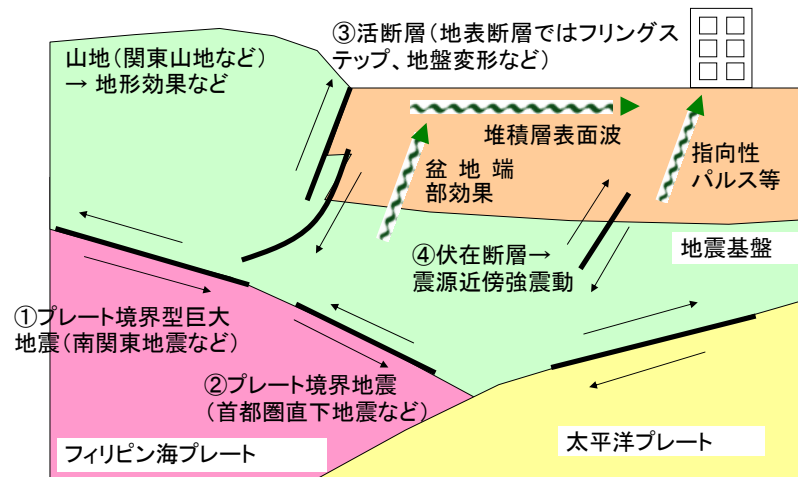
地震規模: M7.3程度
 30年発生確率は1-2%程度
 (今回の地震で確率上昇?)
 震度分布: 断層に近い地域は
 6強以上(一部、震度7)
 被害概要(18時、風速15 m/s)
 ・死者数: 約6,300名
 ・全壊家屋: 約480,000棟
 揺れ家屋: 約120,000棟(24%)
 焼失家屋: 約340,000棟(71%)
 急傾斜崩壊: 約5,700棟(1%)
 液状化被害: 約20,000棟(4%)

→地震動の揺れによる被害。地表断層出現による被害は未考慮

中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会・第13回」資料より

5

地震タイプ別の地震動特性 (関東平野の断面を模式化)

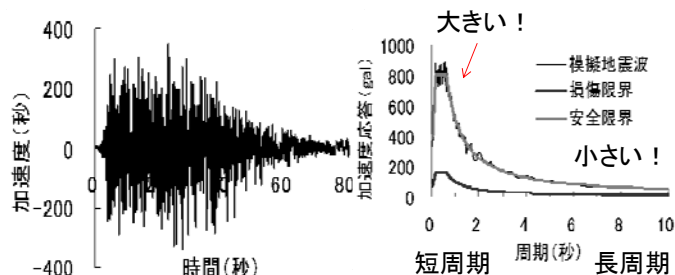


強震動特性と建物への影響 (ランダム特性とコヒーレント特性)

・ランダム特性(短周期側): 標準的入力地震動

エルセントロ波、タフト波、告示波...

→短周期強震動が卓越、建物への破壊力は特に大きくない



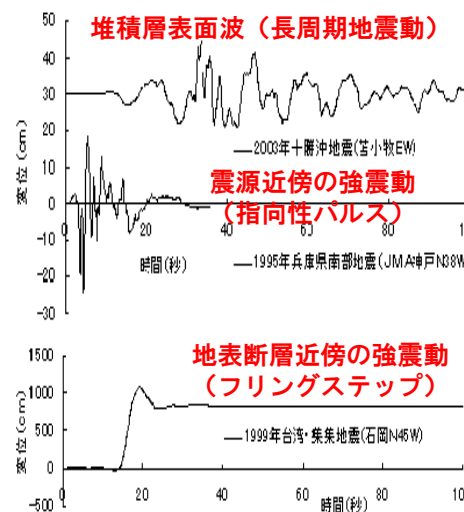
告示波の例(加速度波形と応答スペクトル)
 :短周期ランダム波の卓越



ガタガタ揺らすが
 倒壊させにくい

特徴的な特性を持つ強震動

コヒーレント(整合性・論理一貫性)な波形性状



→想定される地震動と対策は?



2003年十勝沖地震の苫小牧市におけるナフサタンクの全面火災

→卓越周期・長い継続時間



1995年兵庫県南部地震における神戸市の木造家屋の倒壊

→震度7、なぎ倒す

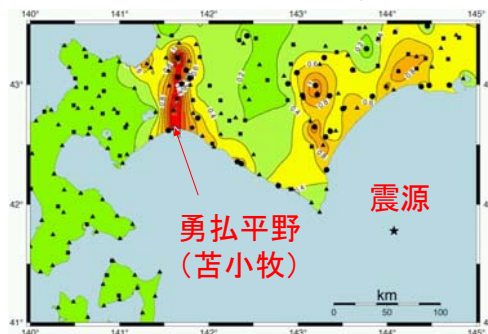


1999年台湾・集集地震による地表断層上のRC建物の傾斜

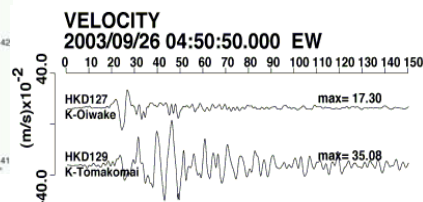
→移動・傾斜

堆積盆地における長周期地震動 (やや長周期地震動)

• 2003年十勝沖地震

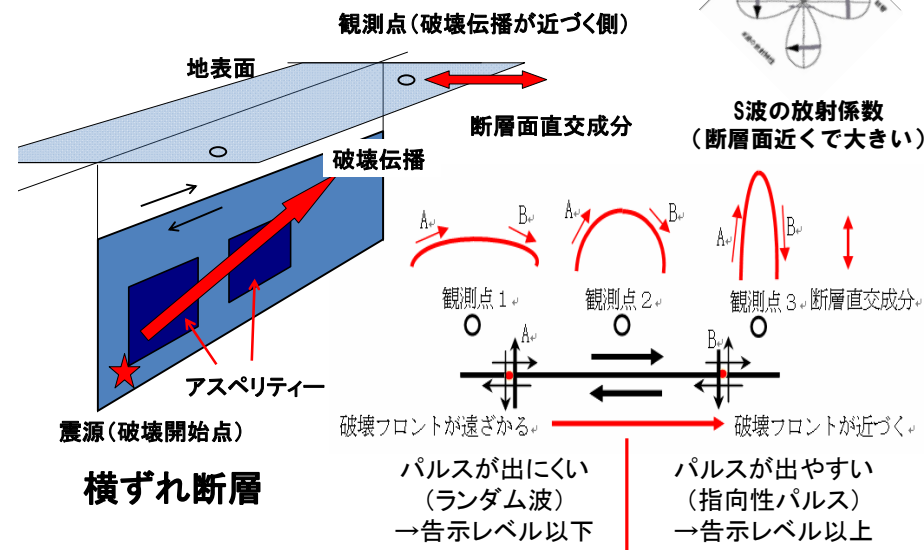


速度応答スペクトル ($h=1\%$, 7秒
EW成分: 畑山・座間, 2004)

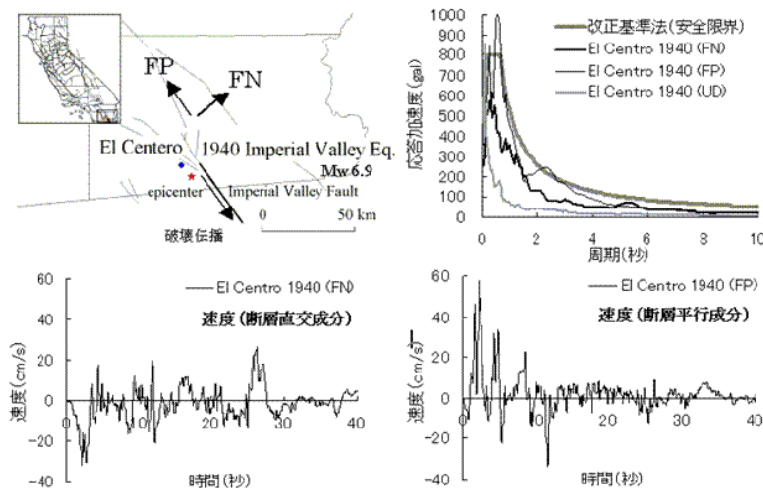


http://www.fri.go.jp/bosai/tokachi_lpgm.html

震源近傍の強震動: 指向性パルス 1995年兵庫県南部地震の教訓

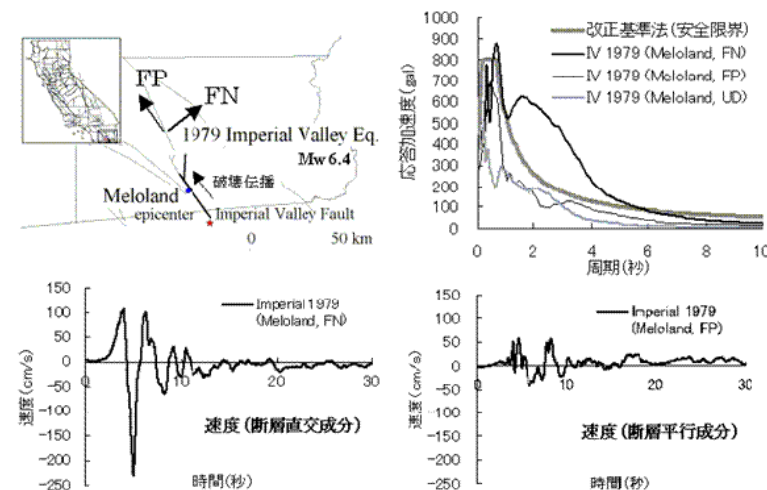


1940年Imperial Valley 地震(横ずれ断層) El Centro波→ランダム波



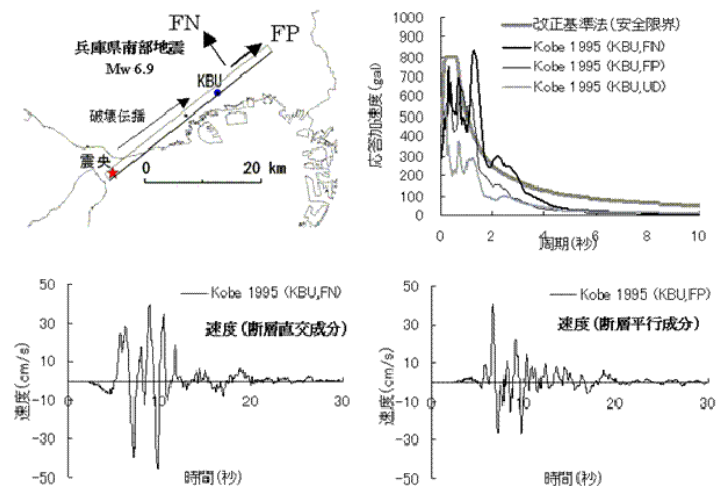
(久田、2001)

1940年Imperial Valley 地震(横ずれ断層) Meloland波→指向性パルス波



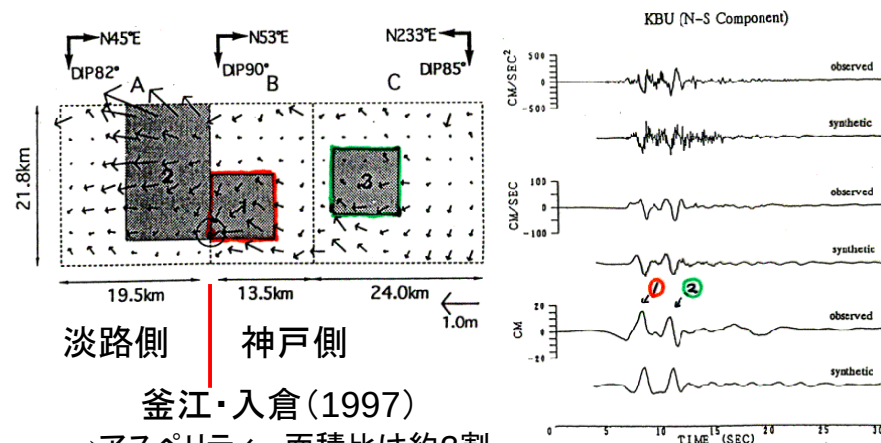
(久田、2001)

1995年兵庫県南部地震(横ずれ断層) 神戸大学波→指向性パルス

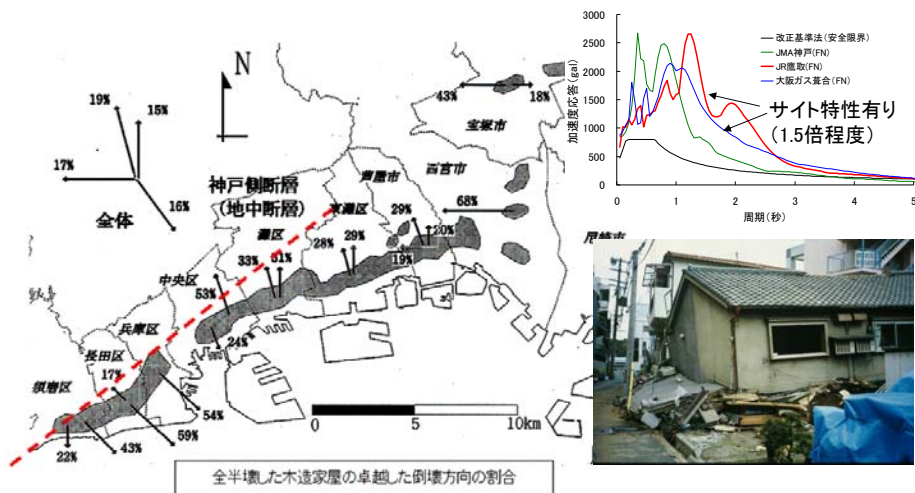


(久田、2001)

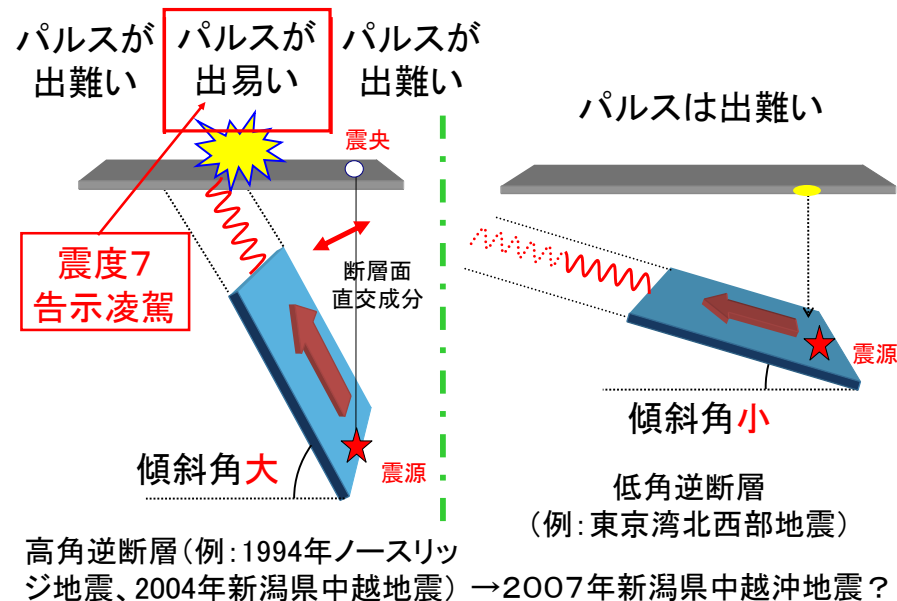
1995年兵庫県南部地震 アスペリティーと指向性パルス



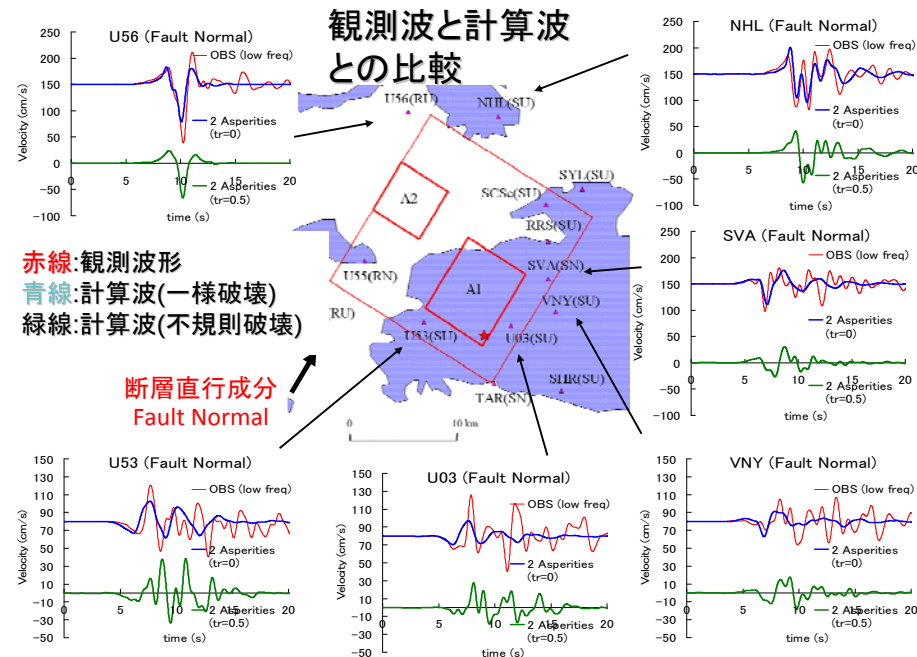
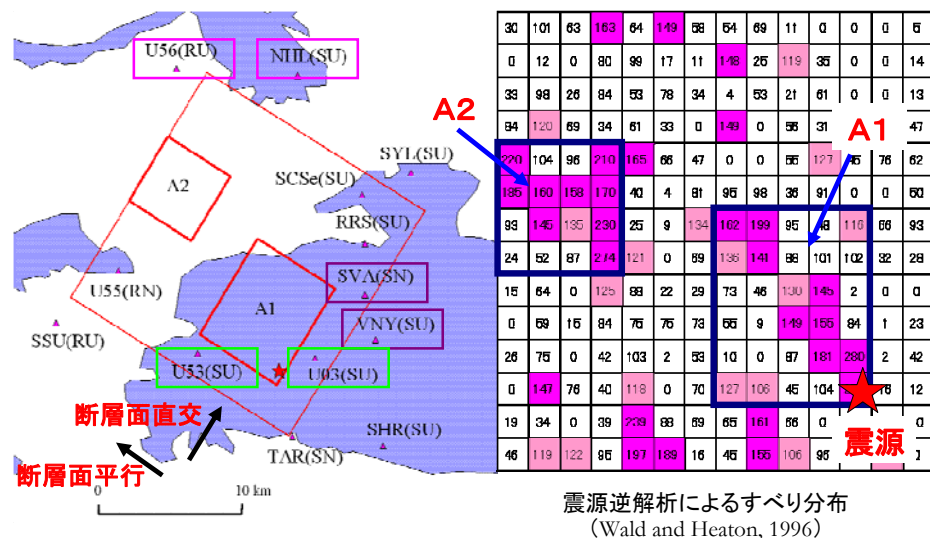
1995年兵庫県南部地震による 木造家屋の倒壊方向



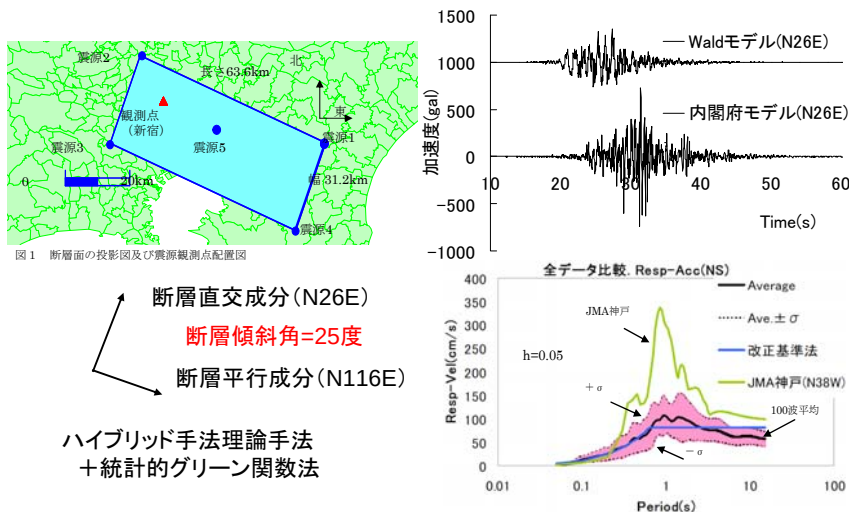
逆断層による指向性パルス



1994年ノースリッジ地震(Mw6.7)の 震源近傍強震動(中規模地震の例) 断層モデルと震源の特性化



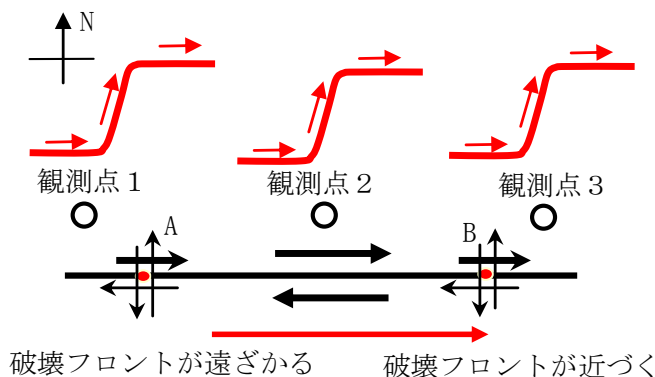
東京湾北西部地震(M7.3)による強震動 (新宿・工学院大学→指向性パルスは出にくい)



→ 新宿では、強い地震動(6弱程度)は15秒間程度継続、
新宿校舎では、最上層で最大1g、80cm程度の激しい揺れ

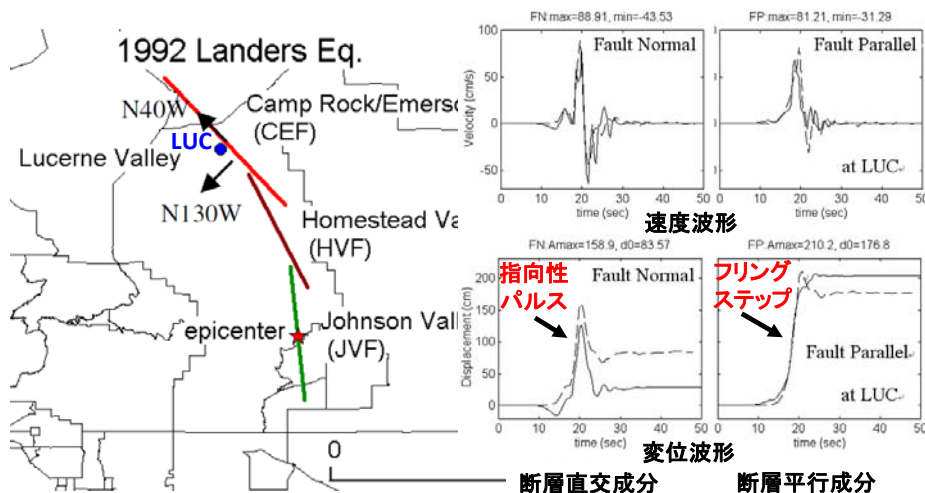
震源特性：震源近傍の強震動 地表断層とフリングステップ

横ずれ断層



震源逆解析結果による計算波形

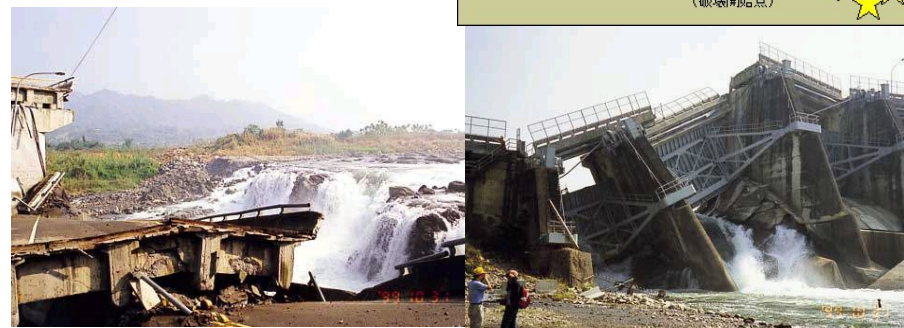
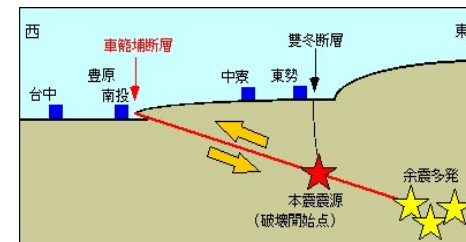
破線: 観測波形 実線: 計算波形



Wald and Heaton(1994)の震源・地盤モデルを使用 (Hisada and Bielak, 2004)

1999年台湾集集地震による被害

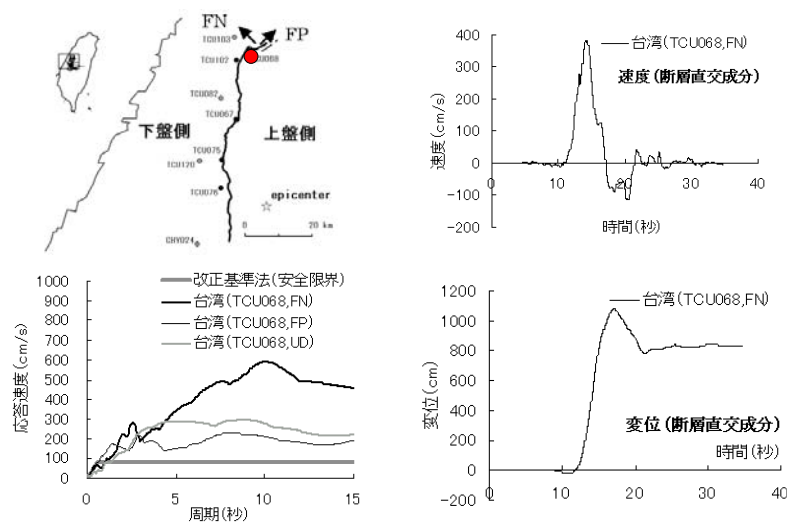
- ・ 巨大な地表断層出現による被害



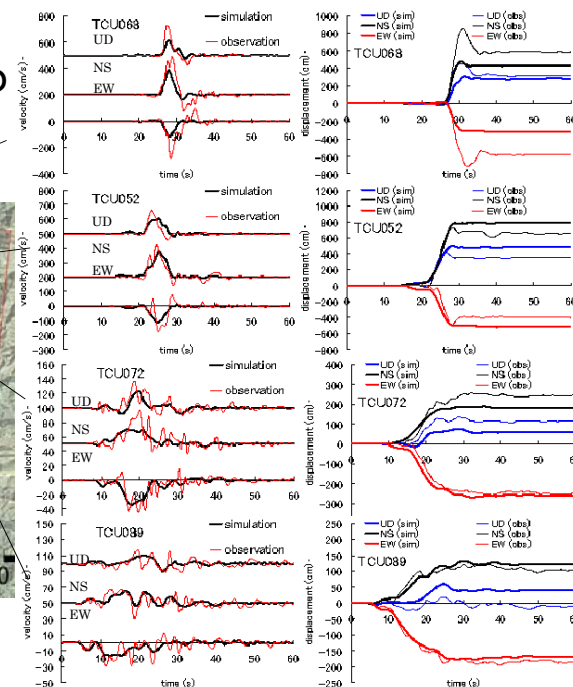
日本大学理工学部のホームページより

地表断層出現とフリングステップ

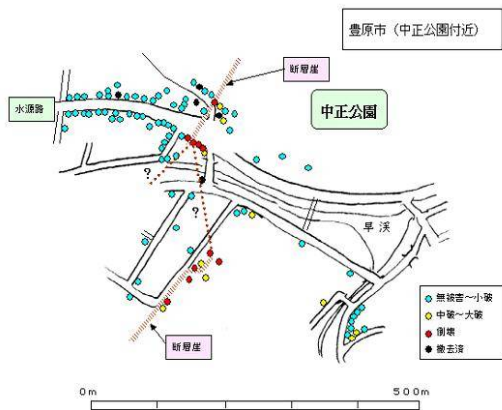
1999 台湾・集集地震 (逆断層・上盤側)



Wuモデルによる計算 (上盤)



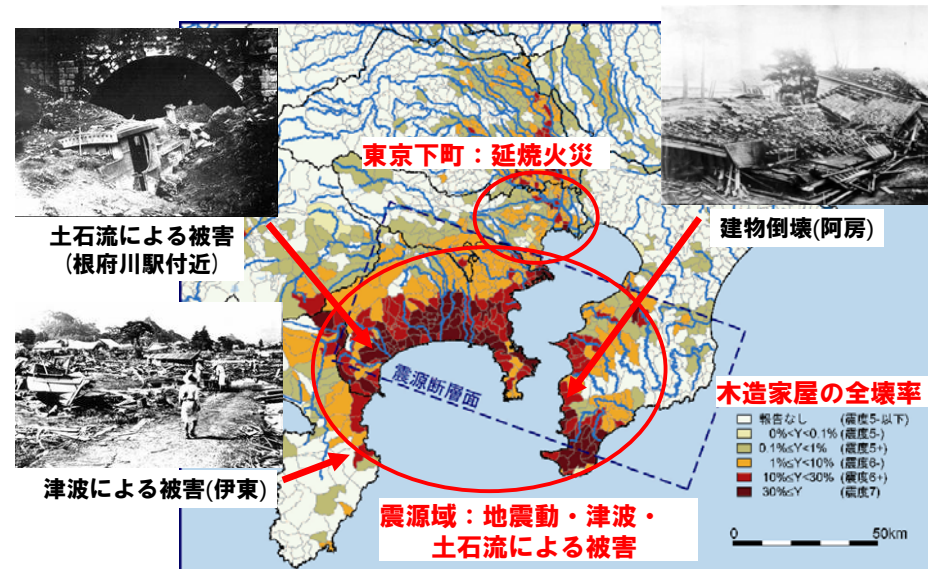
1999 台湾・集集地震 地表断層による地震被害



断層直上における断層すべり変位による被害
→建物傾斜・倒壊、ライフライン・交通の切断
→断層直上以外には、あまり大きな被害なし



1923年関東大震災の震源断層と被害



写真：国立科学博物館資料室

図：武村雅之：関東大震災（鹿島出版会 2003）より

1923年関東大震災 東京市の大火災：震災対策の原点

地震発生：1923年9月1日正午

東京市：死者数 71,615名

圧死者数 3,668名(5%)

焼死者数 56,774名(78%)

水死者数 11,233名(16%)

→ 95%の死者は火災による
(ただし、大規模延焼火災発生は
震災発生から4～5時間後)

- ・耐震・耐火対策(市街地建築物法の改正、1924)
- ・初期消火と避難→空地・広域避難場所の整備
→消火・避難訓練(“逃げる対策・訓練”)



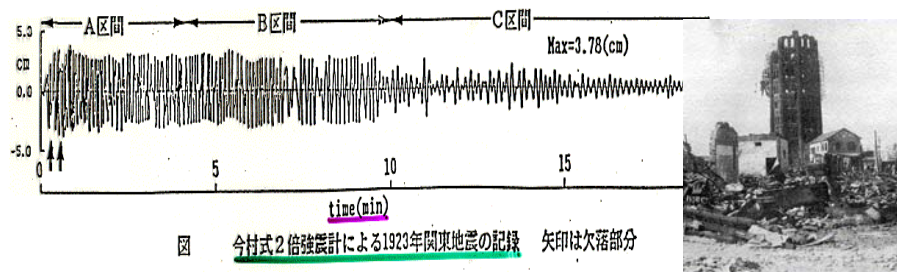
地域防災マップ→避難所地図？



1923年関東地震の長周期地震動

- 1923年関東地震の本郷の今村式・ユース・式変位計による記録(振り切れているものの長周期地震動を記録)

→ 真島(柔構造)×佐野・武藤(剛構造)の剛柔論争



浅草12階の倒壊

1995年阪神・淡路大震災の被害

1995年1月17日 5時46分

阪神・淡路大震災(M7.3)

死者:6,434名 負傷者:43,792名

直接死 5,520名

約8割:建物倒壊による圧死

約1割:家具類等の転倒による圧死

約1割:焼死

関連死 914名

仮設住宅孤独死者数:233名

災害復興住宅孤独死者数:396名



約20秒の揺れ

震災の帯に被害が集中



同時多発火災(285件)



建物被害:512,882棟



多くの病院も被災

死者の主な要因



被害は古い弱い建物に集中

家具の転倒防止対策など

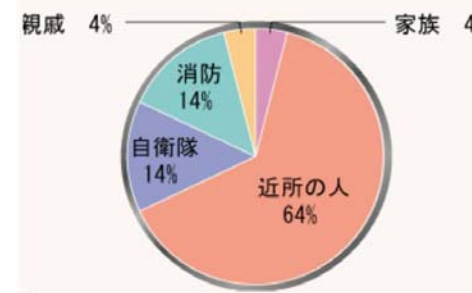
(阪神大震災全記録、毎日ムックより)



転倒防止

31

阪神大震災では誰に助けられたか?



救助された人の内訳



読売テレビ:ビジュアル版幸せ運ぼう

埼玉県消防課: <http://www.pref.saitama.lg.jp/A05/BC00/tenken/point8.htm>

- 大規模震災→同時多発災害→公助・自助・共助
- 避難訓練(逃げる訓練)→発災対応型訓練(戦う訓練)
- 地域・企業の防災リーダーの育成(防災管理者など)
- 地域特性に応じた対策(木造密集地・高層ビル街・・)
- 夜間人口の被害が集中、昼間人口の被害は??

32

■ 新宿駅周辺の地域特性



夜間人口(約2万)に比べ、昼間人口(約30万)が圧倒的に多い。首都直下地震により新宿駅周辺地域で、駅周辺滞留者約17万人、帰宅困難者約9万人が想定

【地域特性】

- 新宿駅の状況
鉄 道：6事業者11路線
利用客：約340万人/日
- 4地下街(商店街)と地下歩行者通路がはりめぐらされている
- 西口は地区内残留地区であり、30棟の超高層ビル(100m以上)が存在する
- 東口は歌舞伎町や新宿三丁目など大規模商業地域であり避難に危険を伴う



西口地域

東口地域

■ 首都直下地震による新宿区の想定被害状況(東京都)

■ 想定地震

〔種類〕：東京湾北部地震 〔規模〕：M7.3
〔震源の深さ〕：約30～50km 〔時期〕：冬の夕方6時
〔震度〕：主として震度6弱(一部、6強)

■ 被害想定(新宿区全域)

〔物的被害〕：建物全壊8,008棟
〔人的被害〕：死者90人 負傷者7,061人(重症937人)
〔ライフライン関係〕：電力停電率13.2% 通信不通率7.7%
ガス供給停止率0.0% 上水道断水率30.4%
下水道管被害率19.8%

■ 被害想定(新宿駅区域)

〔帰宅困難者数〕：90,594人 〔滞留者数〕：167,197人
〔エレベーター閉込め台数〕：593台
〔地下街の被災〕：滞留者：24,197人 負傷者：7人

→但し、列車事故や高層ビルなどの昼間人口の負傷者は含まない

■ 新宿区の防災対策の現状―「地域防災計画」

・ 災害対策施設・設備

- ― 防災関係機関との災害情報収集連絡のための地域防災無線の配備、情報伝達のための屋外拡声子局の整備、防災ラジオの配備

・ 地域防災力の向上

- ― 町会・自治会を基盤とする防災区民組織の育成

・ 避難所の整備

- ― 区内51カ所の小中学校等を避難所として整備し、食糧・水などの備蓄及び地域による自主管理運営体制を構築

・ 災害用備蓄

- ― 区内32カ所の備蓄倉庫に災害用資材、生活用品等を備蓄

・ 災害医療活動

- ― 区内10地域の避難所のうち1カ所を医療救護所として指定し、医療資器材・薬品などを備蓄、新宿区医師会等の協力により災害医療活動を行う。

地域住民のための防災対策

新宿駅周辺をはじめとする昼間人口約80万人を対象とする防災対策は殆ど無い！
(新宿駅周辺の地域住民約2万人、昼間人口は約30万人)

自助：超高層建築の地震防災対策

・ 柔構造で安全？ 防災センターで安心？

・ 2009年改正消防法の施行と対応

(対象：11階以上・述べ面積1万m²以上ほか)

火災を主対象とした防火計画から、
震災などをも対象とした防災計画へ

- P：被害想定、防災計画・マニュアル作成・
- D：自衛消防組織、災害対策本部、応急救護・
- C：防災訓練の実施(火災・震災)

A：防災計画・マニュアル・体制等の改善

→現実には容易ではない(ずっと火災対策)！

被害想定(建物・設備・什器・人...)は？

火災から震災への具体的な対策は？

震災を想定した危機管理システムは？

(防災センターは主に日常事故・火災対応...)



工学院大学新宿校舎
(28階S層)

2009年改正消防法：消防計画から防災計画へ(火災)

状況	火災時	火災・煙探知器→自動検知 消火器・消火栓→初期消火 スプリンクラー作動→消火 電話・非常電話→通報 消火失敗・煙→基準階避難	屋上
発災	一箇所(火災)		28F
館内	エレベータ稼働、 通信通話可能		27F
周辺	平常、消防・警察出動		26F
状況把握	可能(防災センター)		25F
初動対応	通報、防災センターによる避難誘導、消防隊到着・消防活動		24F
意思決定	防災センター・消防隊		23F
避難者	基準階、帰宅、自宅待機		22F
対策・訓練	防火管理者、消防計画、消防組織、消防用設備、		21F
			20F
			19F
			18F
			17F
			16F
			15F
			14F
			13F
			12F
			11F
			10F
			9F
			8F
			7F
			6F
			5F
			4F
			3F
			2F
			1F
			B1F
			B2F



防災センター・警備室

- ・防災センター職員、消防・警察が駆けつけ
- ・組織トップが不在でも対応可能→人任せ
- ・初期消火訓練・避難訓練→逃げる訓練

2009年改正消防法：消防計画から防災計画へ(震災)

状況	地震時	
発災	同時多発(火災、建物・設備損傷、什器転倒、天井・ガラス等落下、閉込め、傷病者…)	
館内	エレベータ停止、ライフライン遮断、通信輻輳	
周辺	広域な同時多発災害、傷病者、延焼火災、交通マヒ、ライフライン損傷、通報不可、消防・警察対応困難、大量の滞留者、治安悪化…	
状況把握	困難(現場のみ)	
初動対応	消防・防災センター対応困難、現場対応(初期消火、傷病者の救援救護、閉込め者救出、避難、不明者捜索、安否確認…)	
意思決定	防災センターは機能麻痺・意思決定不可、現場(自衛消防組織)、災害対策本部(責任者)	
避難者	館内収容、帰宅困難者、数日滞在	
対策・訓練	耐震診断・補強、転倒防止、防災管理者・防災計画・BCP策定、緊急時対応組織(現場・災害対策本部)、備蓄・資機材、非常時通信…	



周辺大混乱・治安悪化

- ・リーダー(意思決定できる人)がいなければ機能せず
- ・発災対応訓練→被害に立ち向かう訓練→自律的体制
- ・建物内・地域連携が無いと対応が困難

工学院大学の地震防災・減災活動の取組み

- 研究:地震防災・環境研究センター(EEC:2001-2008年度)、都市減災研究センター(UDMC:2009-2014年度)
- 地域貢献活動:新宿区西口地域現地本部(新宿区)、広域避難場所(八王子市)、学生ボランティア活動協定(予定)
- 防災活動・訓練:新宿駅周辺滞留者対策訓練、新宿・八王子キャンパス防災訓練、東京都北区・新宿区などの発災対応型防災訓練→平成20年度「防災隣組」育成促進モデル事業(内閣府)
- 教育:学生教育:文科省・学生支援GP:いのち・つながり・ちから-学生連携型地域防災拠点の構築-
- 大学間連携:神戸学院大学、神戸女子大学・神戸女子短期大学、大妻女子大学、兵庫医療大学、東北福祉大学との協定
- 社会人教育:文科省・新規学習ニーズ対応プログラム:首都直下地震に備える施設管理者への減災対策および復旧復興マネジメント教育プログラム→新都心の減災セミナー、応急救護講習会など

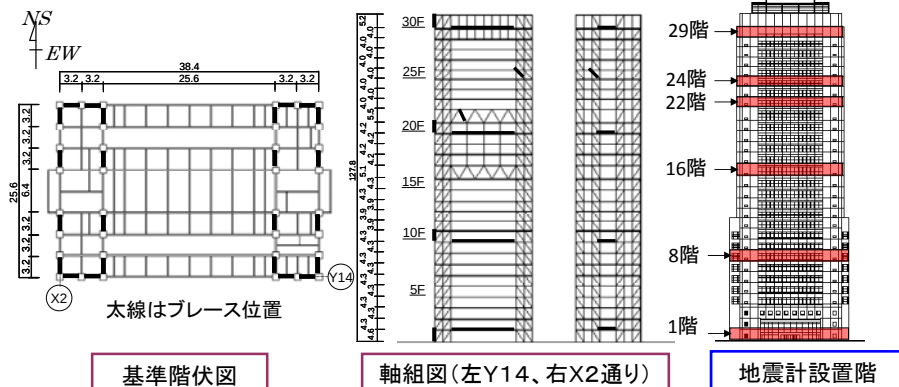
工学院大学新宿校舎概要

建物名称	大学棟(工学院大学高層棟)
建築場所	東京都新宿区西新宿
竣工年	1989年
基準階面積	1170m ²
階数	地上29階、地下6階、塔屋1階
アスペクト比	NS:5.59、EW:3.73
構造種別	地上:鉄骨造(ブレース付ラーメン架構) 地下1~2階:鉄骨鉄筋コンクリート造 地下3~6階:鉄筋コンクリート造

- ・東西コアを結ぶ25.6mの大スパン梁
- ・EW方向16階、21階にスーパーフレーム

固有周期(秒)

	微動		構造計算書	
	NS	EW	NS	EW
1次	2.8	2.6	3.3	3.1
2次	0.83	0.87	1.08	1.08



基準階伏図

軸組図(左Y14、右X2通り)

地震計設置階

3次元立体フレーム・弾塑性モデル(311前)

柱

・柱は塑性化しないと仮定

梁(材端バネモデル)

・全ての部材を合成梁として正負で異なる全塑性モーメントを指針を元に算出 ※1

・履歴特性はバイリニア形とし2次剛性は1次剛性の1/10⁵

ブレース

・座屈を考慮した柴田・若林の履歴特性を使用

・座屈荷重、座屈後安定耐力は、基準及び指針より算出※2,3

減衰

・加振実験より減衰定数1%のレーリー減衰と仮定※4

その他

・各階の床は剛床

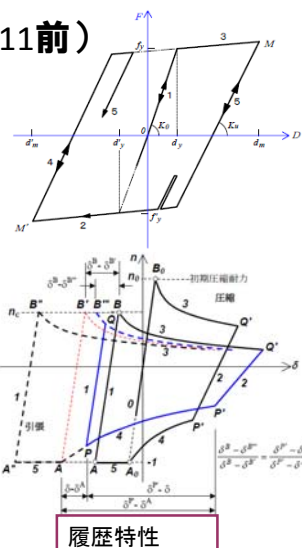
・パネルゾーンは剛域

・柱脚の支持条件は固定

解析ソフト ・SNAP

表 立体モデル固有周期

NS		EW		ねじれ
1次	2次	1次	2次	
2.91秒	0.93秒	2.83秒	0.99秒	2.1秒



履歴特性

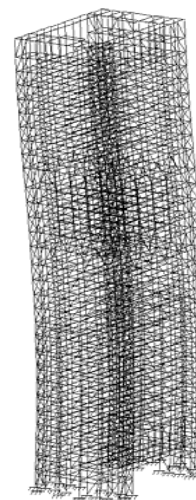
※1: 日本建築学会編:各種合成構造設計指針・同解説

※2: 日本建築学会編:鋼構造設計基準

※3: 日本建築学会編:鋼構造限界状態設計指針・同解説

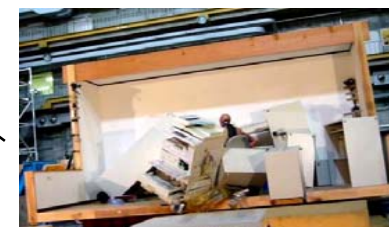
※4: 島村賢太他:日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、構造Ⅱ、pp.817-818

高層建物内での震度と被害は？ 工学院大学新宿校舎の地震応答解析と振動台実験



Building Response

首都直下地震による28階建て超高層建築の揺れ



28階の振動台実験(震度7)

Video



1階の振動台実験(震度6弱)

Video

協力: NHK、建築研究所

42

首都直下地震による西新宿高層ビル街の 負傷者推定の例

(2010年度新都心の地域減災害セミナーより)



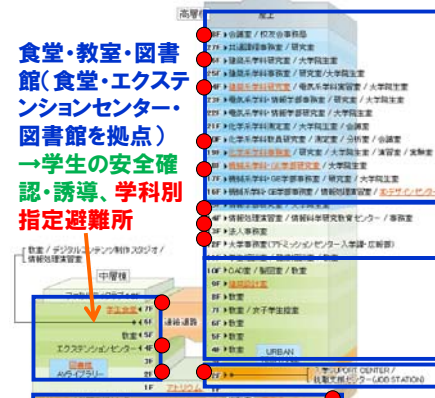
室内負傷者数推定ソフト(工学院大・久保氏作成)で計算(但し、1995年阪神・淡路大震災による家屋の被害データで推定)

新宿駅西口・超高層ビル内(123,000人)のうち、家具固定なしの場合、負傷者は約15,000人、そのうち重傷者が約16%(約2,400名)発生する可能性あり。一方、家具固定の場合、負傷者が約900人(約144名)

→ 今回の震災での実態や、振動台実験による結果を用い、家具だけでなく、天井落下などを含めてより精度を高める予定。

地域医療従事者と事業者が連携し、各ビルでの応急救護所と、地域の医療救護所は必須。

防災センター・警備室・災害対策本部と 学科・フロア単位での自立分散した緊急対応体制



初期消火、傷病者・要援護者の救援救護と搬送、閉じ込め者(室内、フロア内、EV内など)の救出、被災情報等の把握、緊急情報の通報など

研究室(学科事務室を拠点)

→学科別指定避難所へ誘導、安否確認・不明者確認、一時収容、帰宅困難対応など

事務室(法人・大学事務室を拠点)

→本部参集、教室階の支援、非常階段内の安全確認など

教室(各教室・教員)

→学生の安全確認・誘導、学科別指定避難所

事務室(大学事務室を拠点)→災害対策本部

生協・体育館など(生協・警備室を拠点)→要援護者の受入?



防災センター



自衛消防組織

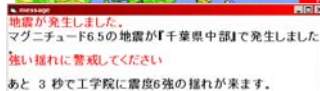


学科事務室



災害対策本部

発災直後における緊急時対応組織の早期立ち上げ、EV制御、全館非常放送による安全確保など→緊急地震速報・リアルタイム地震観測システムの活用

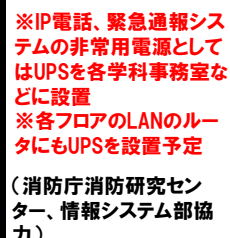


長周期地震動も考慮した緊急地震速報
(協力:防災科学技術研究所)

- ・防災センター（地階）で把握
- 危険からの退避・パニック防止
- ・全館避難などを指示する館内放送

[illegible]

各フロアにある非常電話(屋内消火栓併設)に加え、本部、防災センター・警備室、各学科事務室などに携帯無線機・IP電話&FAXなどを配備し、通信手段を多重化



館内IP網を利用し、緊急情報の速やかな把握と緊急通報を一齐同報できる緊急情報システムの導入(本部、防災センター・警備室、各学科事務室に配備中)

新宿・八王子間
約35km

八王子キャンパス 新宿キャンパス

音声情報、FAX情報、文字情報、映像情報の共有

4.9GHz帯IEEE802.11J、Alvarion製
長距離無線LAN(消費電力小、PoE給
電)、8~11Mbpsの通信速度を確保
※本年度に両キャンパス間常設完了

音声情報、FAX情報、文字情報、映像情報の共有

WebGISによる広域情報(被災・交通・帰宅支援等)の共有

2010年度セミナー・講習会・訓練など (学生・教職員・地域事業者..)



学生への教育・訓練の様子（東京消防庁・日赤などの協力：上級救命士などの資格）



社会人向けのセミナー・講習会・訓練
(東京都・新宿区・新宿消防署・東京医科大学・日赤・参加企業などの協力)

49

共助：新宿駅周辺地域における震災対策

2002年 新宿区帰宅困難者対策推進協議会、報告書(2004)
2007年 新宿駅周辺滞留者対策訓練協議会、訓練実施(2008)
2009年 新宿駅周辺防災対策協議会へ改称・訓練実施
2010年 東口・西口地域地震防災訓練実行委員会・訓練実施

- 滞留者に関する情報共有と避難場所への誘導(2008年度まで)
- 事業者の応急活動・業務復旧活動の拠点(2009年度以降)
- 駅周辺地域での多数傷病者への対応(2010年度)

西口地域防災対策研究会・西口地域応急救護研究会

現地本部(西口：工学院大学、東口：新宿区役所分庁舎)

→新宿ルール(公助、共助、自助)策定、訓練の実施・見直し

協議会構成員(2010)：新宿区(事務局)、日本赤十字(座長)、工学院大学(副座長)、新宿大通商店会(副座長)、ホテル、集客施設、超高層ビル、学校、鉄道機関、運輸・輸送機関、医療機関、ライフライン機関、郵便局、警察署、消防署、国土交通省、環境省、東京都(オブザーバー)



2007年度(滞留者誘導) 2008年度(情報共有)

■ 「新宿ルール」 — 震災時の混乱防止に向けて

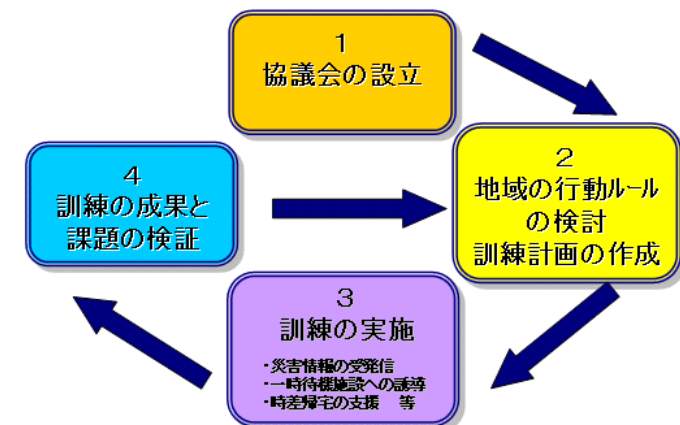
【行動の基本原則】

- ① 組織は組織で対応する(自助)
 - 事業所、施設、学校その他組織単位で、従業員・顧客・学生等に対応する。
 - ※ 事業継続計画(BCP)の策定が重要
- ② 地域が連携して対応する(共助)
 - 買物客等来街者や通勤通学途上者等に地域で対応する。
 - ※ 駅周辺で混乱している人々の避難誘導・応急救護・情報伝達等を地域協力して行うための役割等を考える。
- ③ 公的機関は地域をサポートする(公助)
 - 新宿区、都、国が連携・協力し、地域の対応を支援する。
 - ※ 避難誘導・応急救護・情報伝達等の基盤づくりを行う。

..... 新宿ルールにもとづく訓練を実施、2011年度改定予定

51

新宿駅周辺防災対策協議会の取り組み



協議会構成員(2011)：新宿区(事務局)、日本赤十字(座長)、工学院大学(副座長)、新宿大通商店会(副座長)、ホテル、集客施設、超高層ビル、学校、鉄道機関、運輸・輸送機関、医療機関、ライフライン機関、郵便局、警察署、消防署、国土交通省、環境省、東京都(オブザーバー)

駅前滞留者対策事業実施駅(東京都)

年度	実施駅		協議会参加団体数	訓練実施日	参加者数
19	北千住駅	足立区	25団体	20.1.22	約1,200人
	新宿駅	新宿区	41団体	20.1.25	約2,100人
20	池袋駅	豊島区	47団体	21.1.23	約4,500人
	品川駅	港区	36団体	21.1.27	約1,200人
21	渋谷駅	渋谷区	101団体	21.11.18	約2,400人
	上野駅	台東区	53団体	22.1.19	約2,000人
22	八王子駅	八王子市	48団体	22.11.23	—
	蒲田駅	大田区	40団体	22.12.2	—

2008年度新宿駅周辺地域防災訓練

他地域との情報共有
 工学院大学八王子キャンパス
 ・情報受発信訓練(八王子地域情報)
 大妻女子大学、星陵女子短期大学
 ・情報受発信訓練(広域情報)

東京都庁・議会棟1階
 ・災害時要援護者受入れ訓練
 ・学生ボランティア活動訓練

新宿中央公園
 ・角舎特別出張所 現地本部
 ・西口地域情報提供拠点
 ・学生ボランティア活動訓練
 ・体験型訓練

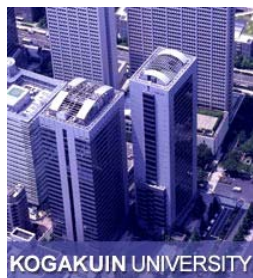
工学院大学新宿キャンパス
 ・超高層ビル発災対応型訓練
 ・西口地域現地本部活動訓練
 ・傷病者対応訓練(トリアージなど)
 ・→東京医科大学病院・東京DMATと協働
 ・災害時要援護者受入れ訓練
 ・広域情報共有訓練(八王子など)
 ・体験型訓練、講演、展示など

非常時通信網を使った相互の情報共有

新宿区役所
 ・情報受発信訓練

新宿校舎における発災対応型 防災訓練(2008年10月)

- ・高層階(5階以上)で発災対応訓練の実施
- ・各階で小火・怪我人・閉じ込めなどが発生
- ・教職員・学生全員参加で緊急対応
- ・学科事務室で情報集約、災対本部に連絡
- ・フロア確認の後、避難開始
- ・学科単位で低層階教室に収容、安否確認
- ・その後、体験型訓練(応急救護など)に参加



発災対応型訓練 災害対策本部訓練

中層棟	
8階	ファカルティクラブ
7階	食堂
6階	図書(専門学科) 情報処理演習(渡り廊下)
5階	120名 教室 セキュアシステムラボラトリー(渡り廊下)
4階	図書(専門学科) エクステンションセンター
3階	図書館
2階	図書館(緊急脱出・避難・救助セ(通路)
1階	アトリウム(図書館)
B1階	図書館(・防災センター) 生協売店、学生ホール、学習支援センター(AED、緊急脱出・避難・救助セ(図書館)

木曜日4限目現在館者数想定:約1300人

2008年度防災訓練(自助:工学院大学)



発災対応訓練(負傷者対応) 発災対応訓練(初期消火) 発災対応訓練(緊急通報)



避難・安否確認訓練(低層階) 防災センター対応訓練(地下) 災害対策本部訓練(2階)

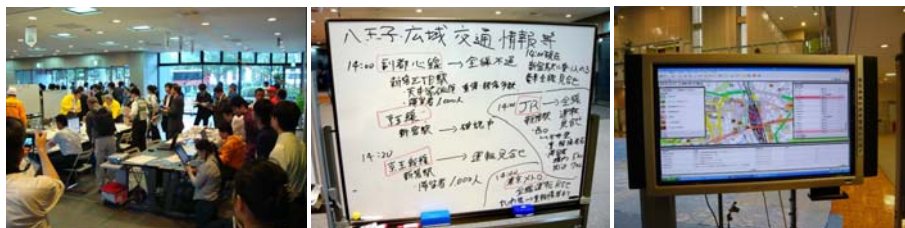
発災対応型訓練

災害対策本部訓練

2008年度防災訓練(共助)

現地本部訓練

トリアージ訓練



新宿駅西口現地本部(1階:区・都・事業者、情報収集・共有、Web GIS)



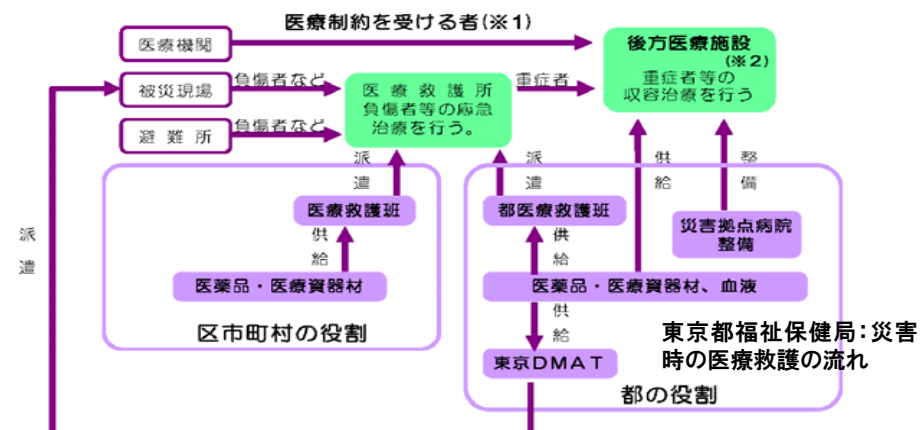
トリアージ訓練(東京DMAT)

情報提供(新宿中央公園)

体験型訓練(工学院大)

57

震災時医療：東京都の災害時医療救護



※1：医療制約を受ける者とは、医療機関の被害により医療を受ける機会を失った者をいいます。

※2：後方医療施設とは、東京都災害拠点病院、救急告示医療機関及びその他の病院で被災を免れたすべての医療機関を指します。

地域住民(夜間人口)が主対象、駅周辺地域で発生する昼間人口による傷病者は想定外 → 大量の「治療困難者」があふれる

58

新宿区の医療救護所・災害拠点病院位置図



★医療救護所は地域住民向け（傷病者数・医師・備蓄）
→ 新宿駅周辺地域など昼間人口用の震災時医療対策が必要

2010年度新宿駅周辺地域防災訓練(西口地域)



60

応急救護所における 医療従事者と 医療サポーターとの連携

- ・震災直後は医師が不足
→ 地域との連携が必須
(2010年度訓練: 傷病者40名、うち、
重症は8名、中等症12名、軽症20名
を2班に分けて実施)
- ・医師・看護師(3名+3名+指導2名):
トリアージ、診察、サポーターへの指示
- ・医療サポーター・ボランティア(33名):
傷病者の搬送
0次トリアージ(歩ける、歩けない...)
傷病者の観察、情報連絡と記録
応急救護(軽傷者・中等症者)
- 事前の講習・訓練が必須
(サポーターは上級救命士など資格あり、
ただし、訓練詳細は直前に実施)

傷病者観察記録シート

観察場所 : 新宿駅西口地域応急救護所
観察日時 : 月 日 AM・PM 時 分
観察者氏名 : _____

傷病者氏名 : _____
年齢・性別 : _____ 歳 男・女

意識レベル : 清明 ・ 煩悶 ・ なし ・ その他 ()
歩行可否 : 可能 ・ 介助により可能 ・ 不可能 ()
既往歴 : なし ・ あり ()

受傷場所 : _____
受傷後時間 : 1時間未満 ・ 1~2時間 ・ 2時間以上
受傷状況 : _____

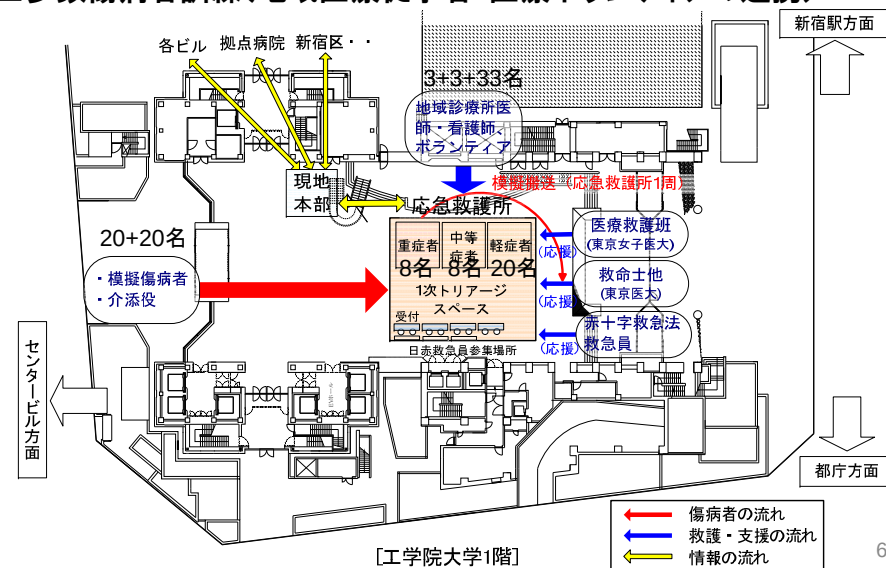
受傷部位 :

観察内容 :

61

地域応急救護所訓練(2010年10月5日)

■多数傷病者訓練(地域医療従事者・医療ボランティアの連携)



2010年10月5日の防災訓練(工学院大学)

自助訓練(自衛消防組織・傷病者対応・避難・安否確認・災害対策本部)



閉じ込め者救援訓練(高層階) 傷病者救護訓練(高層階) 傷病者搬送訓練(1階広場)



安否確認訓練(低層階) 発災対応訓練(防災センター) 災害対策本部訓練(2階)

2010年10月5日の防災訓練(新宿駅西口地域)

共助訓練(ボランティア派遣・新宿駅西口現地本部・地域応急救護所)



トリアージ訓練(地元医師) 応急救護(医師・ボランティア) 情報共有(ボランティア)



救護ボランティア(住友ビル) ボランティア活動(中央公園) 西口現地本部(工学院大)

東北地方太平洋沖地震(M9.0)の概略

一防災科学技術研究所 岡田義光氏の速報(2011/3/25)よりー

表1 東日本太平洋沖における海溝型地震の長期発生予測(地震調査研究推進本部による)

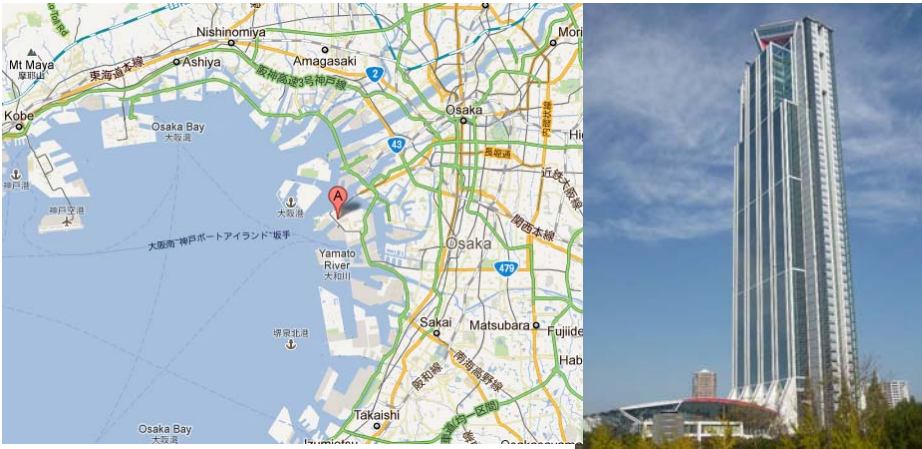
海 域	予想されるマグニチュード	今後 30 年以内 の発生確率	平均発生間隔
三陸沖北部	M8.0 前後 (過去に大地震がなく評価不能)	0.5%~10%	約 97 年
三陸沖中部	M7.7 前後	連動時は 80%~90%	105 年程度
三陸沖南部海溝寄り	M7.5 前後	M8.0 前後 99%	37 年
宮城県沖	M7.4 前後 (複数地震が続発)	7%程度以下	400 年以上
福島県沖	M6.7~M7.2 (過去に大地震がなく評価不能)	90%程度以上	約 21 年
茨城県沖	M8.2 前後 (津波地震)	20%程度	133 年程度
房総沖	M8.2 前後 (正断層型地震)	4%~7%	400~750 年



- ・6つの震源域が連動し、Mw9.0の超巨大地震(津波による大被害)
- ・海溝よりの震源域で50m近い大きなすべり(スケーリング的震源)
- ・強震動は陸側アスペリティー側、振幅は大きくなく、継続時間が長い(カスケード的震源、アスペリティーモデルの限界)
- ・首都圏での長周期地震動も強くはなかった
- ・大阪湾岸地域(震度3)の咲洲庁舎(56階)で地盤との共振による大きな被害(周期約7秒)→地盤の卓越周期把握の重要性

大阪府咲洲庁舎(S造55階)

- ・スプリンクラー破損による漏水、階段壁面のパネル落下、100カ所以上のひび割れ、エレベータによる閉じ込めなど多数の被害
- ・設計周期は約5秒、今回の卓越周期は約7秒(深い杭基礎?)



主な強震観測地震の一覧

2007年~2010年 観測地震

(M3.8~7.6)

地震名称	表示名称	発生時刻	震源深さ	マグニチュード
茨城県沖の地震	同	2008年5月8日1時45分	51km	M7.0
岩手県内陸南部	同	2008年6月14日8時43分	8km	M7.2
福島県沖の地震	同	2008年7月19日11時39分	32km	M6.9
東海道南方沖の地震	同	2009年8月9日19時55分	333km	M6.8
駿河湾の地震	同	2009年8月11日5時07分	23km	M6.5

等、計37地震

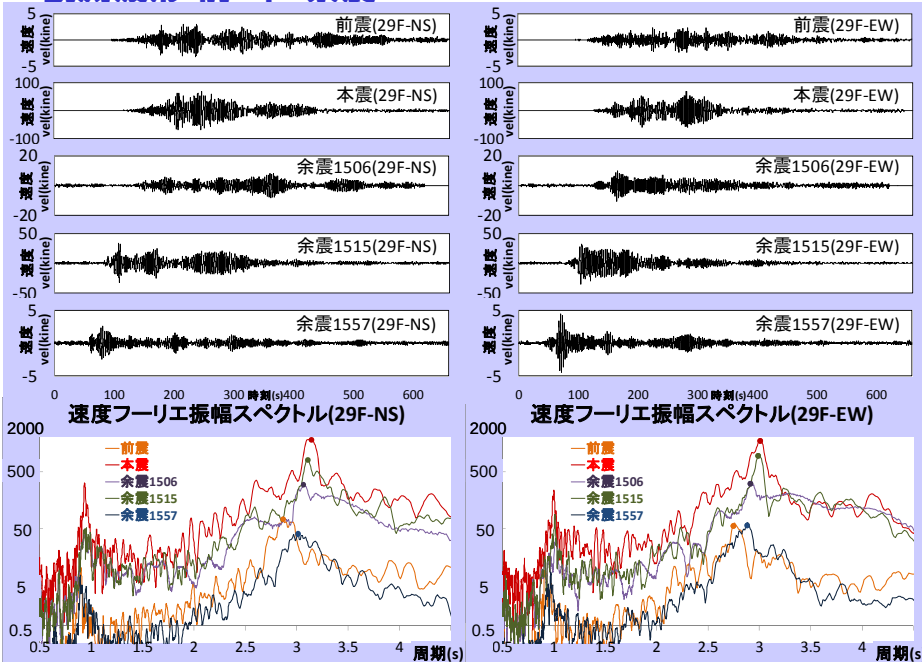
東北地方太平洋沖地震 前・本・余震

(2011年3月9日~4月26日)(M5.0~9.0)

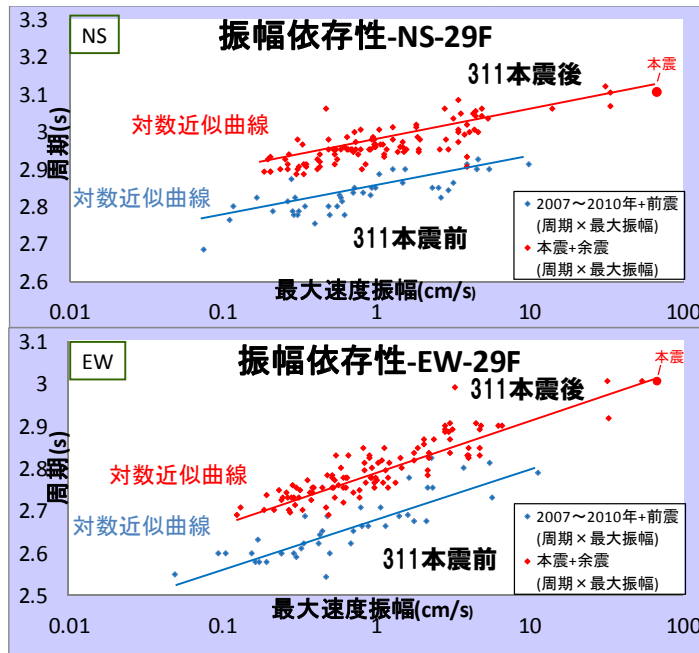
地震名称	表示名称	発生時刻	震源深さ	マグニチュード
三陸沖地震	前震	3月9日11時45分	8km	M7.3
東北地方太平洋沖地震	本震	3月11日14時46分	24km	M9.0
三陸沖地震	余震1506	3月11日15時06分	10km	M7.0
茨城県沖地震	余震1515	3月11日15時15分	80km	M7.4
茨城県沖地震	余震1557	3月11日15時57分	20km	M6.1

等、計113地震

観測波形 前・本・余震



屋上階の最大速度振幅と1次固有周期

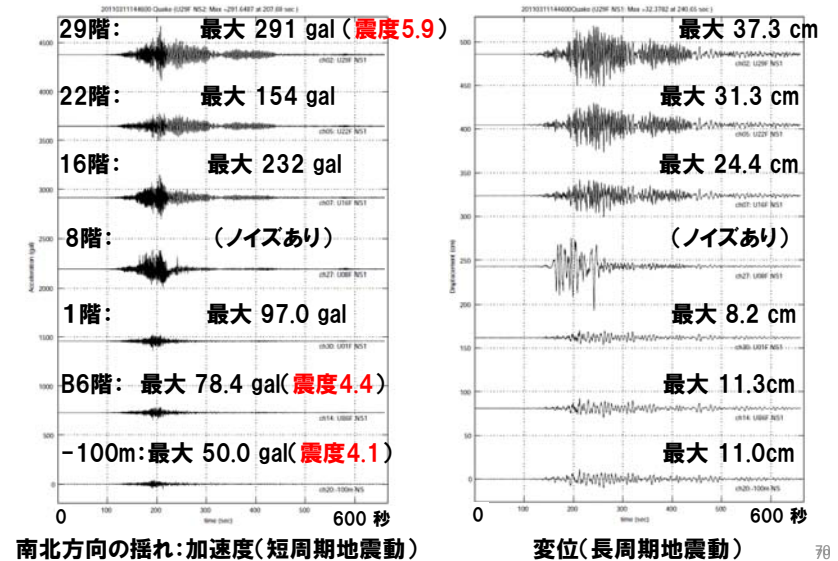


311本震における
固有周期(秒)

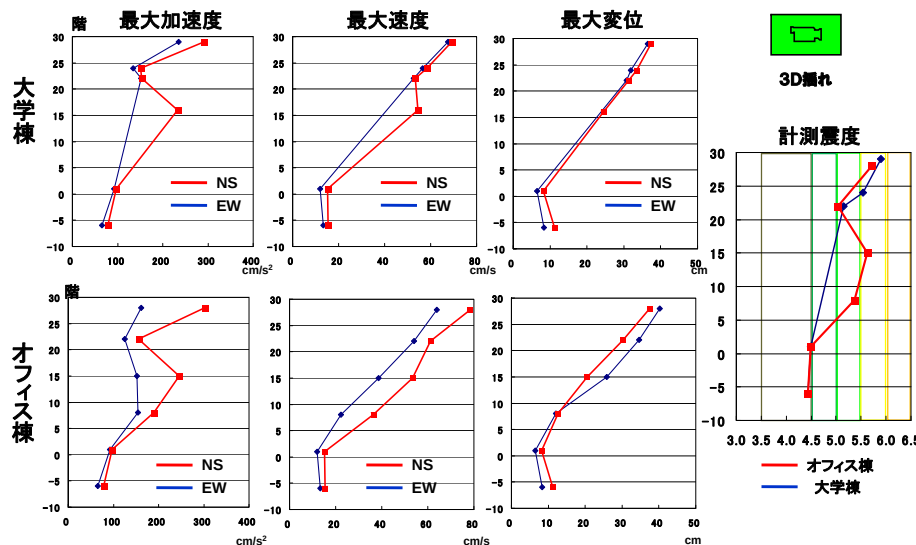
NS 1次	3.11
NS 2次	0.93
EW 1次	3.01
EW 2次	1.00

- 固有周期の伸びを確認
- 最大速度振幅の値が大きくなるにつれ、固有周期が長くなっており顕著な非線形特性を確認

2011年東日本大震災(本震)による揺れ —工学院大学・新宿校舎の加速度と変位波形—

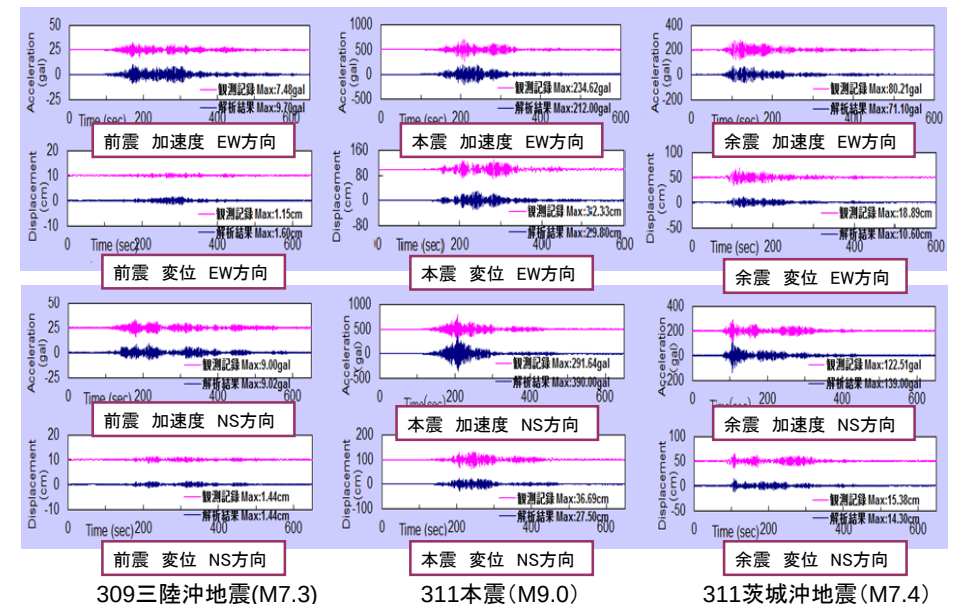


工学院大学新宿キャンパスでの揺れについて (最大加速度、最大速度、最大変位、計測震度)

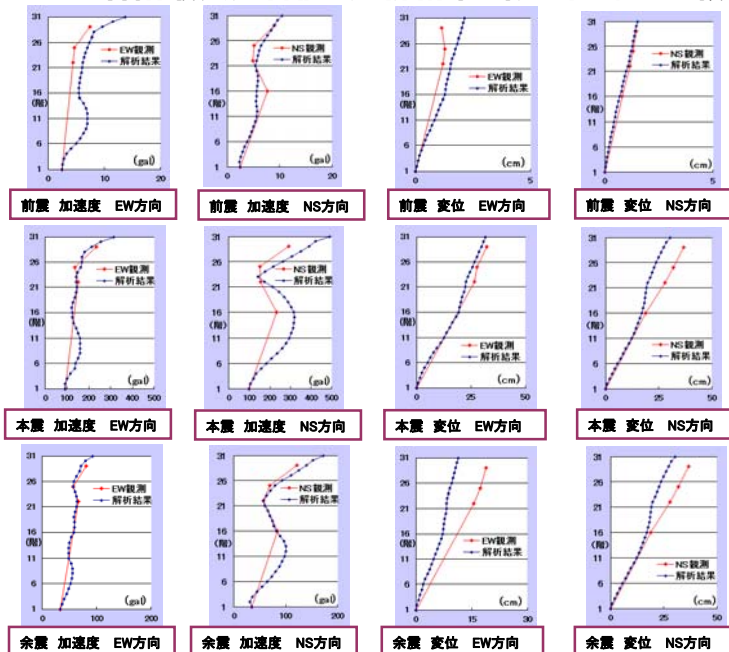


時刻歴波形 解析結果と観測記録の比較例(29階)

※上からNS加速度、NS変位波形、EW加速度、EW変位



各階最大応答値 解析結果と観測記録の比較



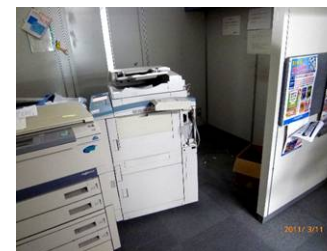
前震

本震

余震

前震では対応した解析結果が、本震後は加速度を過大、変位を過小に評価する傾向有

2011年東日本大震災 —工学院大学・新宿校舎の揺れと被害—



コピー機の移動(25階)



室内の散乱(25階)



キャスター付き重い機器の移動(12階) 高層棟・中層棟のEJカバーの剥落(1階ホール)⁷⁴



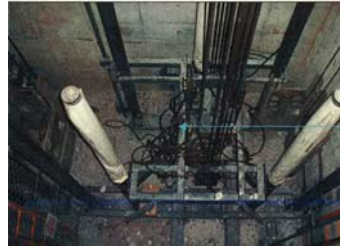
—工学院大学・新宿校舎の揺れと被害—



倒壊しそうになった間仕切り壁(24階:固定していない室内の重い本棚が間仕切壁を押した)



天井の落下:28階



非常用エレベータの被害(テールコード・コンペンロープの引っ掛かり・切断など、復旧に約3週間)

—工学院大学・新宿校舎の様子—



帰宅困難者の受入(外部者の総数約700名)



非常食・水の配布(4階)1

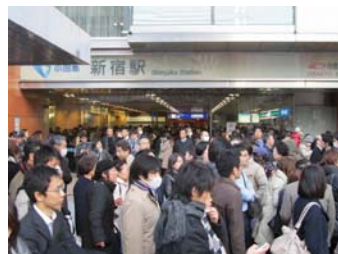


公共交通情報の提供(1階)



災害対策本部の様子(2階)

東日本大震災の後：新宿では・・・



新宿駅西口の様子(滞留者)



主要街道の渋滞(青梅街道)



新宿駅西口の様子(帰宅困難者)



某高層建築の様子(西口本部は機能せず) 77

311震災の教訓と対策 西口地域アンケート・ヒアリング調査等より(1)

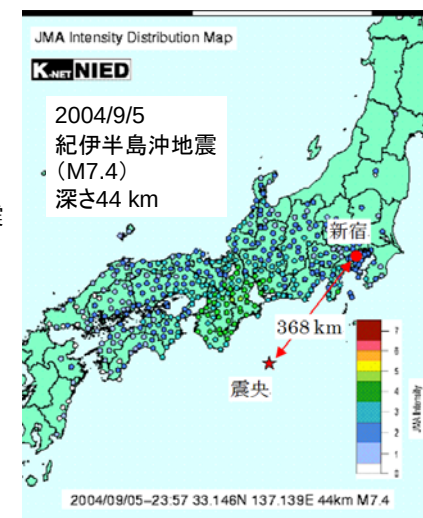
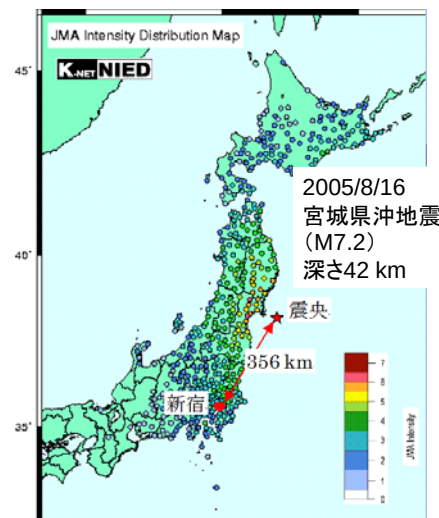
- ・新宿高層ビルの揺れ：地下・震度4～地表・震度5弱
超高層ビルの中層～高層階では震度5強～6弱
構造躯体・火災・重傷者・ライフラインなどの重大な被害なし
- ・高層ビル(管理会社・テナント)における教訓と対策・・・
非構造部材・設備・什器の被害→転倒・落下防止対策の徹底
エレベーター→最新の指針(2009年)での耐震補強が必要
初動判断→緊急地震速報など(但し、学習・訓練・経験必要)
建物被害・避難の判断→地震計を設置、即時被害推定の機能必要
通信障害・状況把握→館内通信(内線・携帯無線)も拡充
安否確認・被災対応→自衛消防組織(助けが来ない前提)
宿泊・帰宅の判断→原則として状況が分かるまで留まる、備蓄整備
駅周辺滞留者→余裕があれば受け入れ、備蓄など公助が必要

78

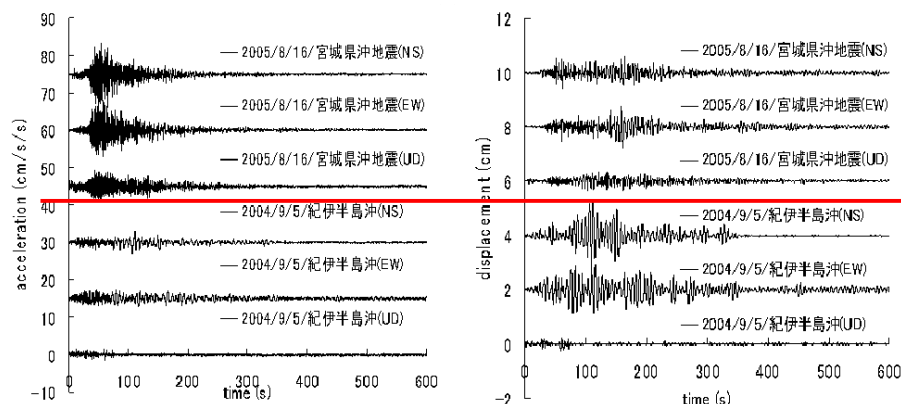
311震災の教訓と対策 西口地域アンケート・ヒアリング調査等より(2)

- ・今回は大丈夫だったが、その日に備えて・・・
- 構造被害→制震・耐震補強など。即時被害推定システム。応急判定や詳細な被災度判定は地域連携で・
- ガスの遮断→今回の地震の際、高層階でガスが止まらない場合あり
→「地震だ火を消せ」の復活？
- 火災→初期消火(消火器、屋内消火栓など)と通報
- 失敗したら全館避難
- 熱射病→猛暑日などで空調停止・・・全館避難・水分補給・・・
- 閉じ込め→エレベーター・執務室・救援救護訓練・・・
- アスベスト→1988年以前(特に1975年以前)の高層建物には可能性あり、粉塵対策
- 傷病者→動けない重傷者を出さないための対策、応急救護・搬送
- 治療難民→医療救護所、地域の医療従事者と事業者・住民の連携

南海トラフ型地震の長周期地震動は首都圏で大きい！？ ：2004年紀伊半島沖地震と2005年宮城県沖地震 での新宿での揺れの違い



南海トラフ地震の長周期地震動は首都圏で大きい！？ ：2004年紀伊半島沖地震と2005年宮城県沖地震 での新宿での揺れの違い

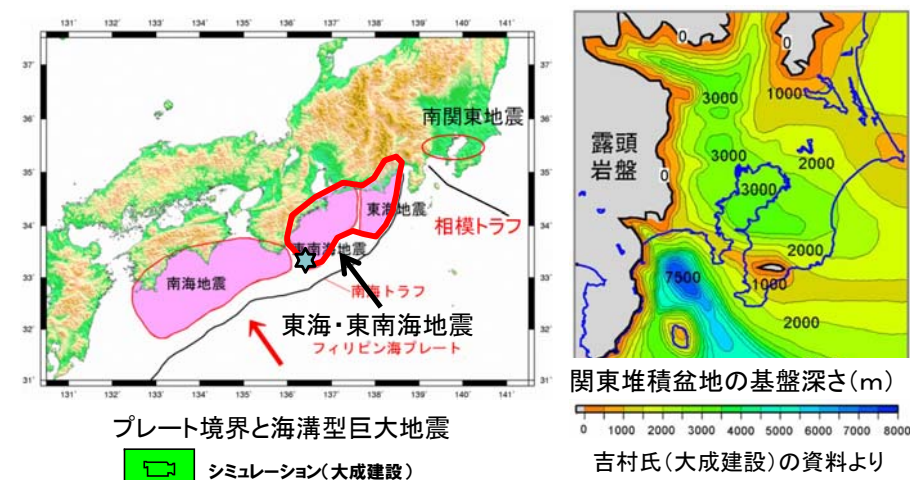


加速度波形(短周期の揺れ)

変位波形(長周期の揺れ)

81

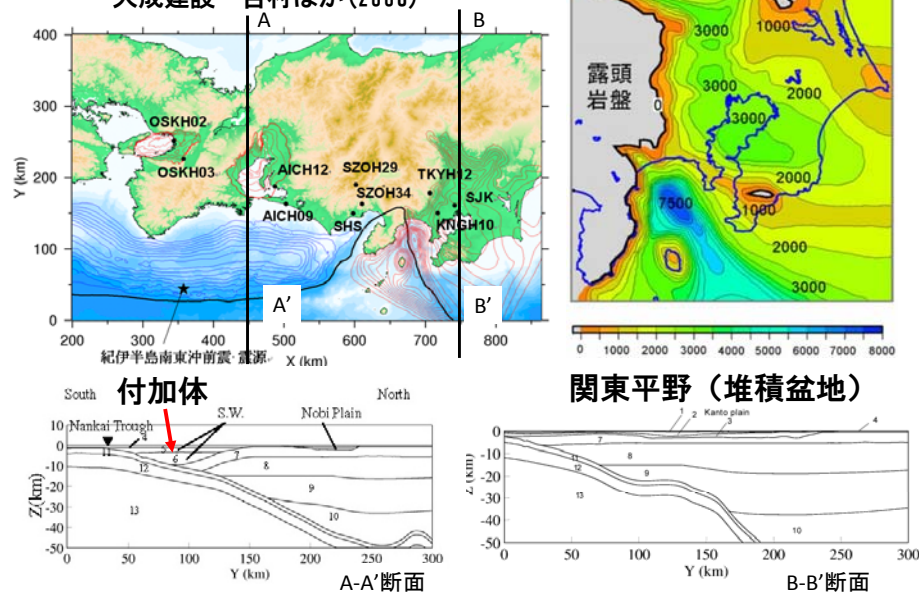
東海・東南海地震と関東平野 (関東堆積盆地)の地震動計算(大成建設)



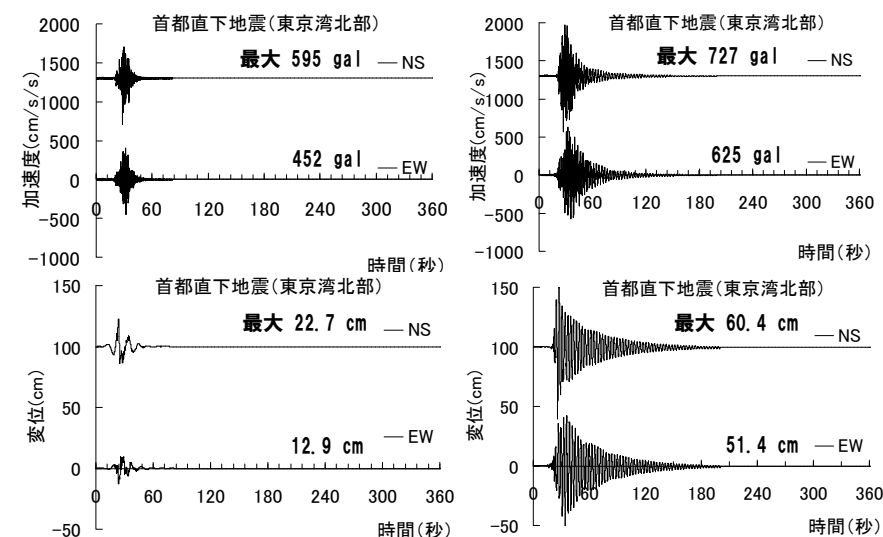
→ 新宿では長周期地震動による継続時間の長い揺れ。
新宿校舎では、最上層で最大1m程度、数10cmの揺れが10分以上継続

82

3次元地盤モデル 大成建設・吉村ほか(2008)

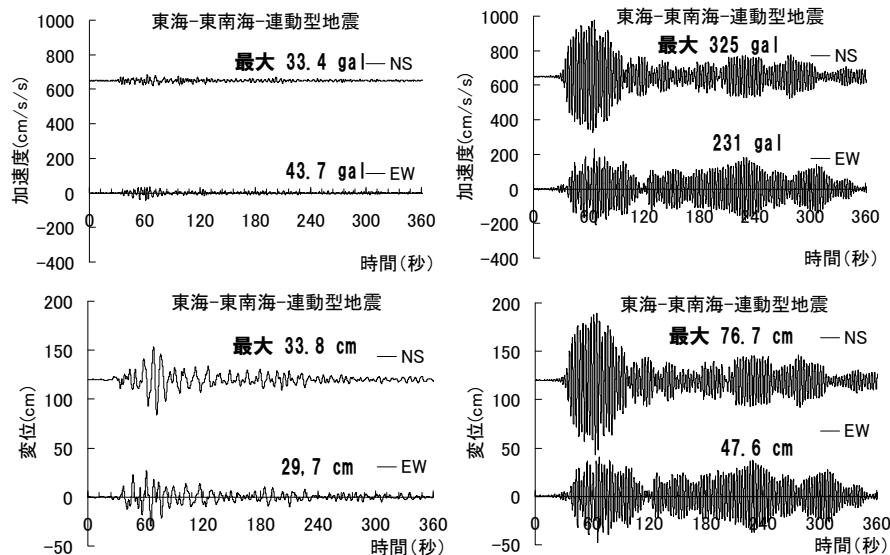


想定首都直下地震(M7.3)による 新宿の揺れ(工学院大学1階と29階)

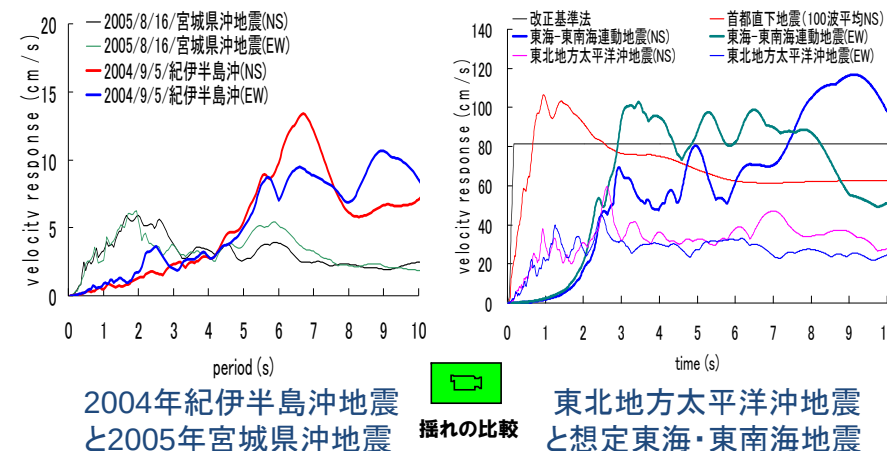


84

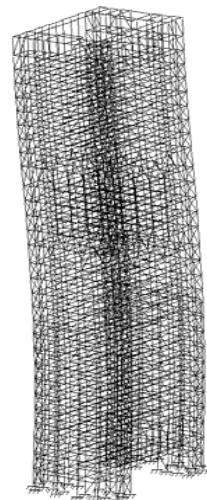
想定東海・東南海連動地震(M8.3)による 新宿の揺れ(工学院大学1階と29階)



新宿での速度応答スペクトルの比較 2004年紀伊半島沖地震と2005年宮城県沖地震 東北地方太平洋沖地震と想定東海・東南海地震



超高層建物内での震度と被害は？ 工学院大学新宿校舎の地震応答解析と振動台実験



Building
Response



Video

東海・東南海連動型地震
(M8.4)

基盤震度：4 (注1)
28階震度：6弱 (注1)

注1：この波形は工学的基盤上
で、かつ短周期地震動は含まれ
ていません



Building
Response



Video

首都直下地震
(東京湾北部地震、M7.3)
地表震度：6弱 (注2)
28階震度：7 (注2)

注2：この波形は工学的基盤上

大変位振動台(工学院大学八王子校舎)による最上階
(28階)の揺れの再現(注：転倒防止対策なし)

想定地震による28階建
て超高層建築の揺れ

協力：テレビ朝日、山下研究室、大成建設

おわりに

- ・ 首都圏で想定すべき地震と地震動特性、被害地震からの教訓
 - ・ 新宿駅周辺地域における取組(ハード・ソフト対策)
 - ・ 東日本大震災による超高層ビルの揺れ・被害・教訓
 - 重大な被害は生じなかったが、多くの教訓あり(ハード・ソフト、自助・共助・・・)
 - 工学院大・制震補強など検討中、地域防災訓練の改善(2012年2月予定)
 - ・ 今後に向けて
 - 311震災より大きな揺れと深刻な被害が想定(より高精度化必要)
 - 都心部の帰宅難民も重要だが、治療難民はもっと深刻！
 - 都心・屋間人口向け対策の遅れ：首都崩壊は日本の崩壊へ・・・
 - 各ビルでの応急救護所(軽症)+地域の医療救護所(トリアージ、中等症)の設置が必須、そのための、地元医療従事者・事業者などの連携等も重要・・・
 - これまで事業者は自助を期待(BCP推進など、法人税はどこに?)
 - 高層建築・街区では最低限の機能継続・速やかな復旧が求められている
 - 共助に加え、地域拠点となる施設は公的支援も必要
- 拠点建物の整備、建物・ライフライン等の耐震診断・補強、備蓄、人材育成(地域マネージャーなど選任)、地域貢献への認証・・・