



建設ICTマスター養成講座  
基礎養成編 選択分野別ソフトウェア実習 地震・津波

# 入門講座 都市の地震防災：

ー地震・耐震・津波・減災を学ぶー

東京都市大学 名誉教授、『都市の地震防災』編著

吉川弘道

# 第1章: 序論:都市の地震防災



横浜



東大阪JCT

地震災害に強い都市の構築: Disaster Resilient Cities

## 1.1 地震と暮らす 地震列島

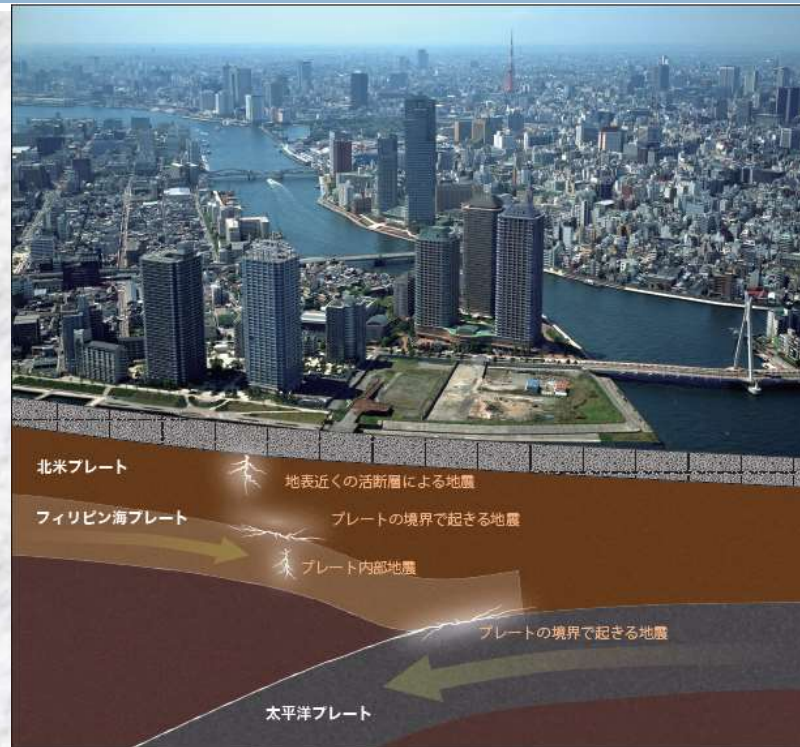


図1 : 3枚のプレート上に位置する首都東京  
(概念図)

## 1.1 地震と暮らす 地震列島

- 日本列島：  
環太平洋地震帯に属し、4枚のプレート上に位置する。
- 地震の分類(一般的):  
内陸型(直下型)地震、海溝型地震
- 地震の分類(地震学):  
活断層による地震、プレート間地震、プレート内地震
- 首都直下地震:  
18タイプの震源/震度分布を設定⇒被害想定の実施/公表

## 1.1 地震と暮らす

### 震源断層から構造物まで:被災のメカニズム

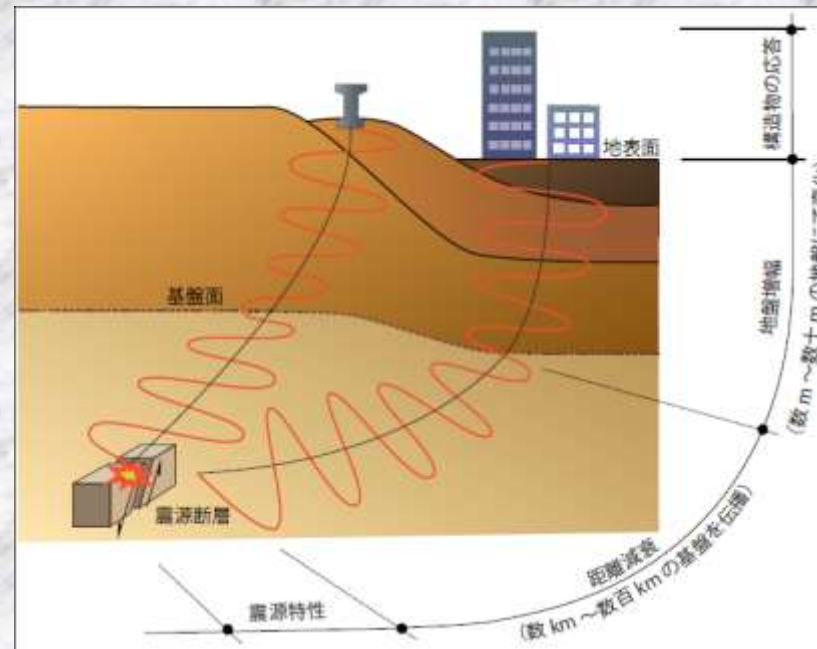


図2 震源断層から構造物の地震応答までのメカニズム

## 1.1 地震と暮らす

# 震源断層から構造物まで:被災のメカニズム

- 地震とは:  
地球内部における岩石の急激な破壊現象。
- 地震動とは:  
地震により引き起こされる基盤及び地表面の震動。
- 構造物の震動の大きさ(どれだけ揺れるか):  
4つの要素:震源特性、伝播特性、地盤増幅、応答特性

## 1.1 地震と暮らす 津波被害のメカニズム

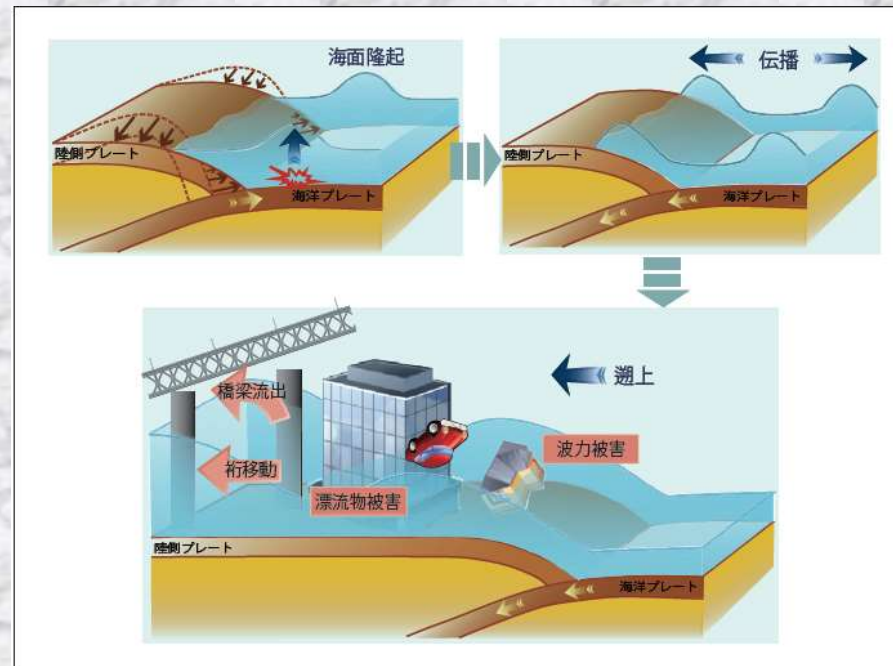


図3 津波発生メカニズム(発生→伝播→遡上→被災)

## 1.1 地震と暮らす 津波被害のメカニズム

### ➤津波の発生:

海底地殻変動に伴う海面変動と周囲の水位差から発生

### ➤津波の特徴:

地震発生から到達まで、大小のタイムラグがある

沿岸に近くづくにつれて津波高が大きくなる

陸域地形に依存した遡上特性をもつ

長周期の波である。長時間の浸水が繰り返される。

### ➤津波/近年の進展:東日本大震災(2011)の教訓

津波波力の算定法(耐津波設計、耐津波工学の進展)

## 1.2 地震被害から学ぶ

### (e)新潟県中越沖地震(2007年 M6.8)



#### (e) 青海川付近の大規模崩壊（提供 パスコ）

高精細広角デジタルカメラの撮影により、崩壊の状況把握・分析を行い、事後対応と早期復旧に役立っている。

## 1.2 地震被害から学ぶ

### (g) 東日本大震災(2011年 M9.0)



**(g) 宮城県名取市の被災状況**

(左:2009年8月14日

(提供 JSI) ©GeoEye, aDigitalGlobe company

右:2011年3月12日)

地球観測衛星による画像が多く報道され、震災前後の比較画像が有用な工学的役割を果たした。

## 1.2 地震被害から学ぶ 被害調査報告



写真2 関連学会による地震被害報告書の事例

## One Point Advice

## 地震と震災：大規模地震には2つの名前がある

発生年	地 震	震 災
1703年 (元禄16年)	元禄関東地震 1703 Genroku earthquake	-----
1923年 (大正12年)	大正関東地震	関東大震災 1923 Great Kanto earthquake
1995年 (平成7年)	兵庫県南部地震 Kobe earthquake The Southern Hyogo prefecture earthquake in 1995	阪神・淡路大震災 The Great Hanshin earthquake The Han-Shin Awaji Earthquake disaster
2011年 (平成23年)	東北地方太平洋沖地震 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake	東日本大震災 The Great East Japan Earthquake

## One Point Advice

### 地震と震災：大規模地震には2つの名前がある

#### ➤1923年(大正12年)発生：

大正関東地震 1923 Kanto earthquake

関東大震災 1923 Great Kanto earthquake

#### ➤1995年(平成7年)発生：

兵庫県南部地震 Kobe earthquake

阪神・淡路大震災 The Great Hanshin earthquake

## One Point Advice

### 地震と震災：大規模地震には2つの名前がある

- **地震**: Earthquake ⇒ **自然現象**  
⇒ 現在の技術では、防止させることは不可能
- **震災**: Disaster ⇒ **社会現象**  
⇒ 人類の叡智で、防止・減少させることができる！
- 近い将来、確実な地震予知と十分な防災技術により、  
“大地震(Earthquake)は起きても、震災(Disaster)は発生させない”、ことが実現することを期待したい。

## 1.3 地震に備える 耐震工学への道程

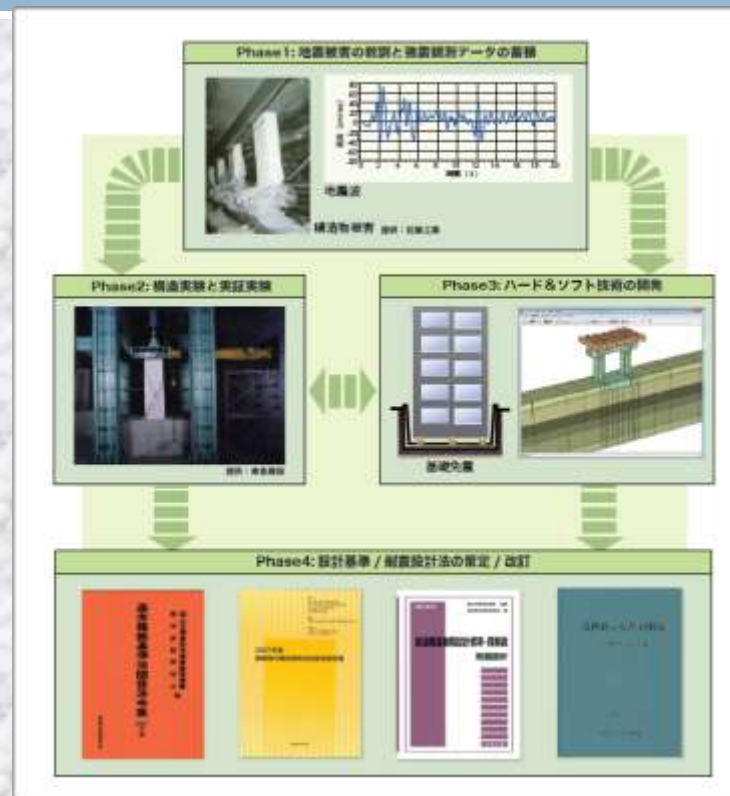


図4 地震工学から耐震工学への道程

## 1.3 地震に備える 耐震工学への道程

### ➤Phase1:地震被害の教訓と強震観測データの蓄積

→多種多様な地震被害の経験、地震波の記録の蓄積

### ➤Phase2:構造実験と実証実験

→構造物の揺れ方・壊れ方の再現、旧基準構造物の載荷試験、補強効果の確認、新構造形式の実証実験

### ➤Phase3:ハード&ソフト技術の開発

→各種耐震補強、免震、エネルギー吸収装置の開発。構造解析、応答解析のプログラム開発など。有限要素法による2次元、3次元解析。

### ➤Phase4:設計基準&耐震設計法の作成/改訂

→耐震設計法の確立、設計基準の策定など。(例として、建築基準法、鉄道構造物等設計基準、道路橋示方書) 性能設計法への移行。

## 1.4 都市の防災と減災 Disaster Resilient City の構築

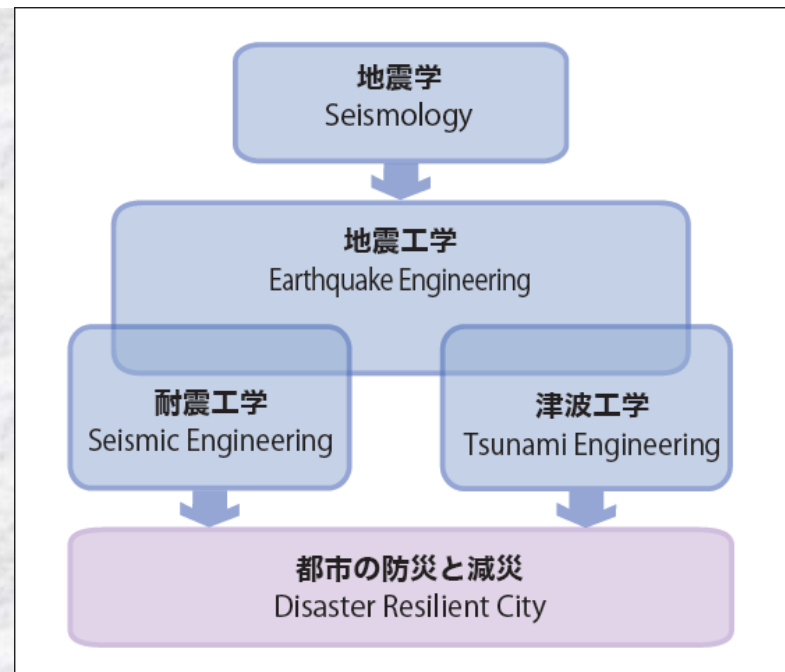


図5 都市の防災と減災:  
Disaster Resilient Cityの構築

## 1.4 都市の防災と減災

### Disaster Resilient City の構築

#### ➤現在の地震防災。

地震学(Seismology)



工学的発展。

地震工学(Engineering Seismology, Earthquake Engineering)

耐震工学(Seismic Engineering)

津波工学(Tsunami Engineering)

援用する。

地震防災

- ・防災/Disaster Prevention: 災害の発生を未然に防止すること
- ・減災/Disaster Reduction: 災害の拡大を阻止すること  
(Disaster Mitigation)

## 1.4 都市の防災と減災

# 地震災害に強い都市の構築

➤ 我が国は、  
社会基盤施設が高度に整備された高機能高集積都市である。

➤ 想定被害(地震リスク)の考え方(平田直教授2011, 2012):

$$\text{想定被害(人的経済的損失)} = \frac{\text{地震力} \cdot \text{津波力} \times \text{人口密度} \cdot \text{資本集積度} \times \text{構造物の脆弱性}}{\text{社会の回復力}}$$

➤ 地震・津波被害は、  
危険因子の規模(Hazard)、人口/資本の集積(Exposure)、  
構造物の脆弱性(Fragility)に比例し、一方、社会の回復  
力(Resiliency)に反比例する。

# 都市の地震防災

-地震・耐震・津波・減災を学ぶ-

FORUM8 PUBLISHING



## 地震・耐震・津波・減災を学ぶ 都市の地震防災：FORUM8 PUBLISHING

### ➤ 執筆の動機：

- 我が国には優れた研究・技術は多いが、あまりにも高度化/専門化し、教育の体系化は至難の業である。
- 地震の脅威は、なお凄まじく、そして気まぐれであるが、過去の地震/津波災害に学ぶことが不可欠である。
- 蓄積された地震防災/減災技術を、正しく次世代に伝え繋ぎたい。

# 地震・耐震・津波・減災を学ぶ 都市の地震防災

FORUM8 PUBLISHING

## ➤本の構成:

序論 都市の地震防災

第1講 地震と地震動を考える(Earthquake Engineering)

第2講 構造物を守る耐震工学(Seismic Engineering)

第3講 都市の津波防災(Tsunami Engineering)

第4講 都市の防災・減災(Disaster Prevention & Reduction)

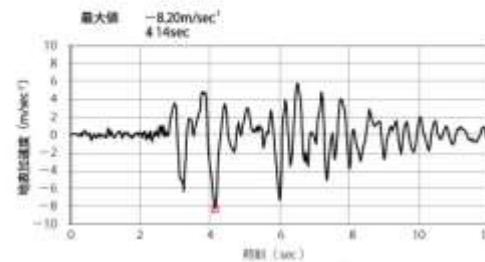
# 1.5 本書の構成

## 序論, 第1講, 第2講, 第3講, 第4講

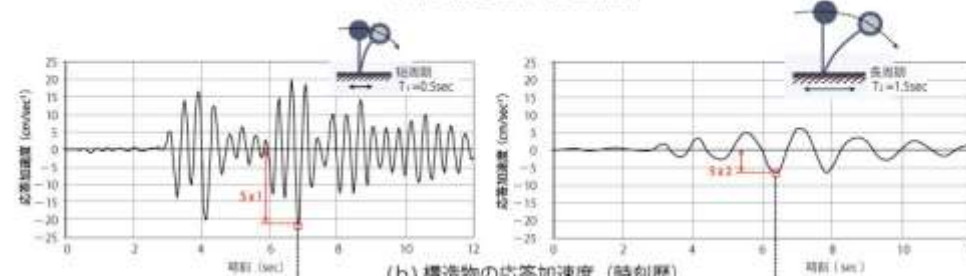
講・章	キーワード
序論 都市の地震防災: Introduction to Earthquake Disaster Mitigation	
1 章 都市の地震防災	地震、津波、被害、耐震、防災、減災
第1講 地震と地震動を考える: Earthquake Engineering	
2 章 震源を知る: 発生メカニズムと震源分類	プレート、活断層、震源、海溝型地震、内陸型地震、地震の周期性
3 章 地震動を読む: 地震波の見方・捉え方	実体波、表面波、距離減衰、地盤増幅、地震動波形、震度
4 章 地震ハザードを読み解く: 地震予測地図の活用法	発生確率、超過確率、ハザードマップ、ハザード曲線、地震動予測地図
第2講 構造物を守る耐震工学: Seismic Engineering	
5 章 構造物の応答: 構造物はどのようにして揺れるか	応答、慣性力、減衰力、復元力、固有周期、応答スペクトル
6 章 建築建物の耐震技術を知る: 耐震・制振・免震	耐震構造、制振構造、免震構造、耐力、じん性
7 章 土木構造物の耐震技術を知る: 耐震設計と耐震補強	照査、耐震設計、耐震補強、性能設計、安全率
第3講 都市の津波防災: Tsunami Engineering	
8 章 津波を知る: 発生・伝播・遡上	津波、発生メカニズム、伝播、遡上、津波挙動
9 章 津波から人と街を守る: 津波被害と津波対策	津波被害、2段階津波レベル、津波浸水シミュレーション、多重防御、粘り強い構造、津波ハザードマップ
第4講 都市の防災・減災: Disaster Prevention & Reduction	
10 章 地震被害を知る: 被害分類と都市災害	地盤災害、液状化、構造物被害、都市災害、直接損害、間接損害
11 章 地震被害を想定する: 地震規模と被害規模	被害想定、首都直下地震、想定地震、ハザードマップ、被害想定、帰宅困難
12 章 地震から都市を守る: 防災と減災	防災、減災、公助・共助・自助、耐震対策、防災体制

## 第2講 構造物を守る耐震工学

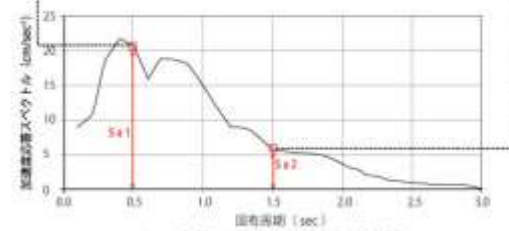
### 第5章: 構造物の応答 時刻歴応答と応答スペクトル



(a) 入力地震動の加速度波形



(b) 構造物の応答加速度 (時刻歴)



(c) 応答スペクトルの作成方法

## 第2講 構造物を守る耐震工学

### 第7章:土木構造物の耐震技術を知る

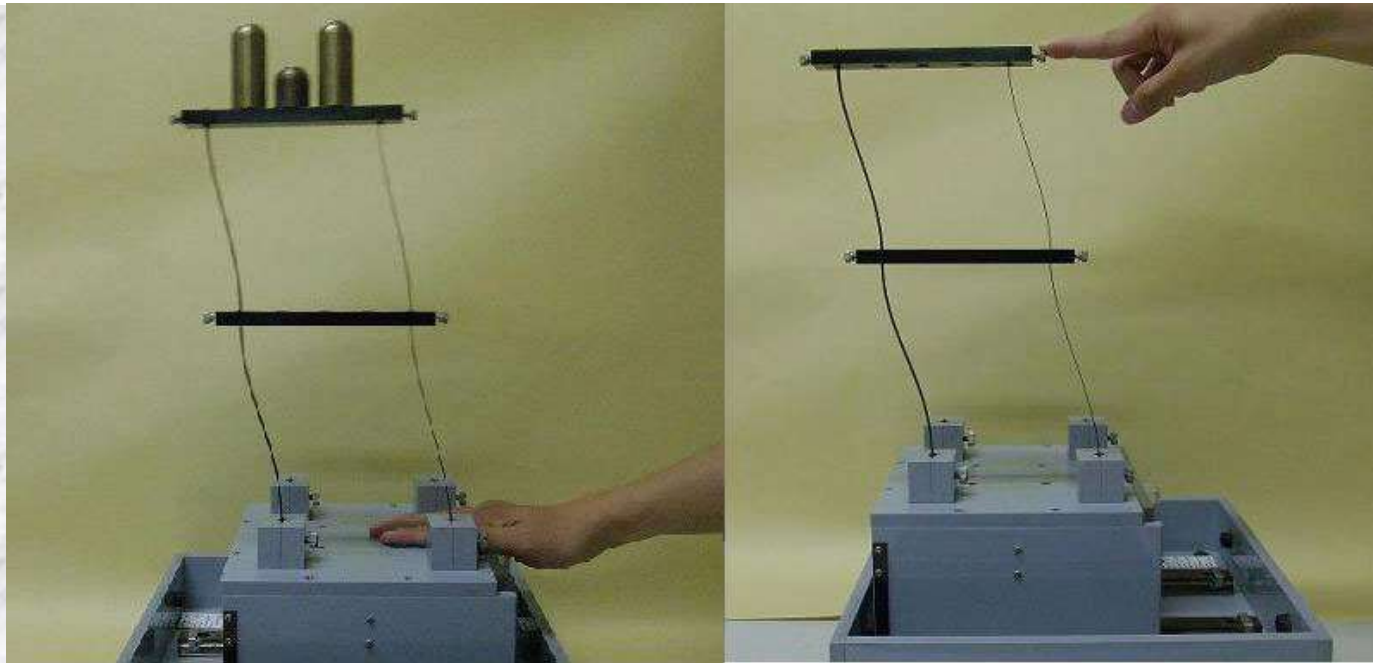


写真1 動的荷重(左)と静的荷重(右):  
振動応答習得機による体験

## 第3講 都市の津波防災

### 第9章: 津波から人と街を守る

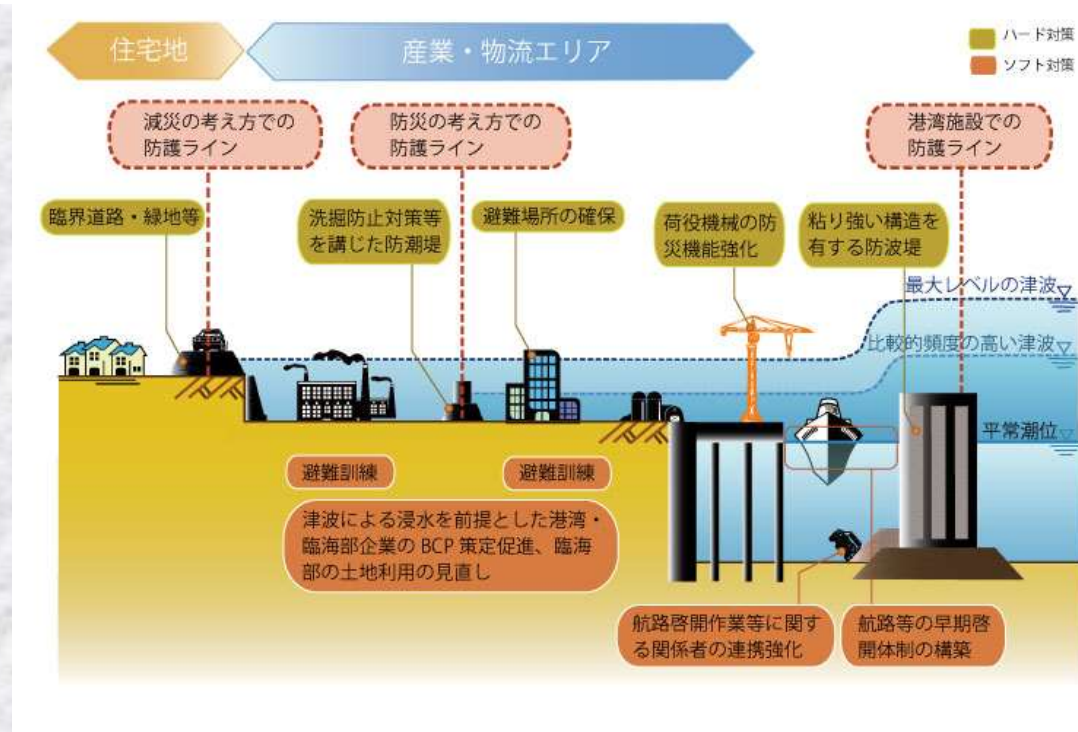


図7 2段階津波レベルに対する多重防護と防護ライン

## 第4講 都市の防災・減災

### 第10章:地震災害を知る

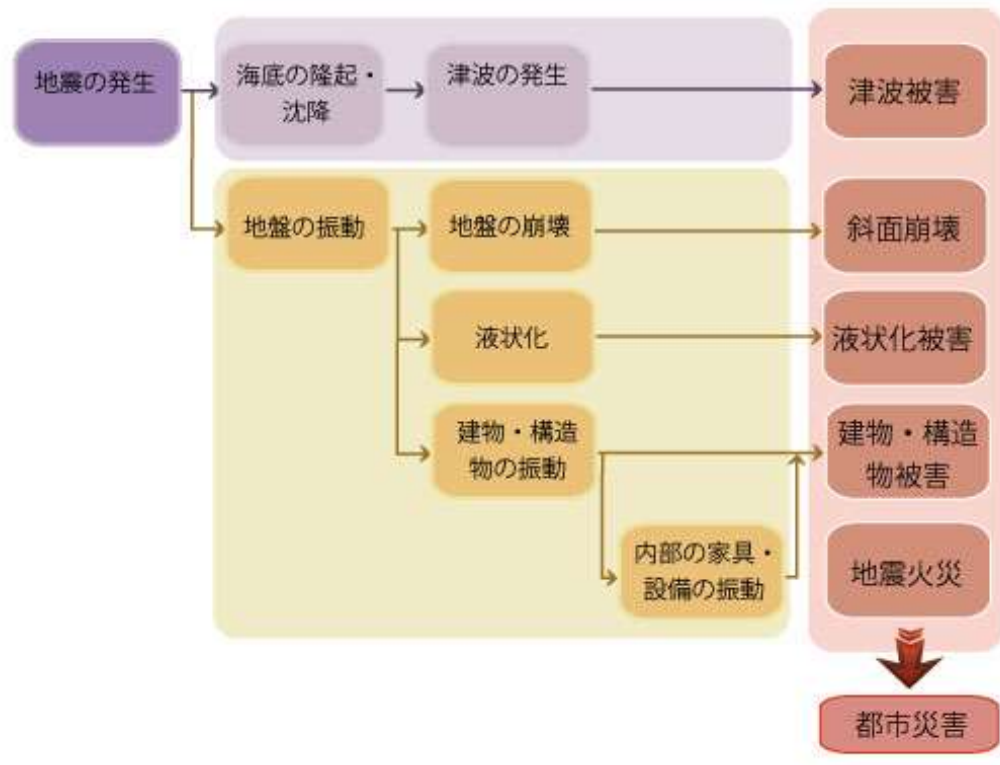


図1 地震被害に関する発生要因と被害形態



# 地震・耐震・津波・減災を学ぶ 都市の地震防災

FORUM8 PUBLISHING

## ➤ 経験豊富な研究者/エンジニアによる執筆:

- ・矢代晴実:防衛大学校(第1講担当)
- ・福島誠一郎:東電設計(第4講担当)
- ・大峯秀人:構造技術研究所(第2講担当)
- ・フォーラムエイト:(第3講担当)

## ➤ 本書の特徴:

- ・4分野を1冊にまとめるため、その記述内容は基本事項と重要事項に絞った。
- ・写真, 表, イラストなど‘目に訴える情報’には、殊のほか腐心した。  
見るだけで伝わるものを多用した。
- ・冒頭から順次読み進む必要はない。興味ある分野/必要とする分野を拾い読みしてよい。
- ・各章は、導入となる画像から始まり、読切り話題One Point Adviceを配した。
- ・大学と工業専門学校の授業で用いる場合、本書から必要箇所を選定して、シラバスを作成する。

# 都市の地震防災

## 最後のまとめとして....

- 都市の地震防災は、100年の計にて完遂される。
- このため、先ずは、地震・耐震・津波・減災の基本を学び、しかる後に興味ある専門分野に進んでもらいたい。
- 本書の裏表紙:Engineering for the Next Generation
- 多くのエンジニア、研究者、行政担当者、地域住民によって、“Disaster Resilient City:災害に強くしなやかな都市”の構築が、真に実現されることを願いたい！