

入門講座 都市の地震防災：

-地震・耐震・津波・減災を学ぶ-

東京都市大学

工学部 都市工学科 災害軽減工学研究室

吉川弘道

第1章： 序論：都市の地震防災



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

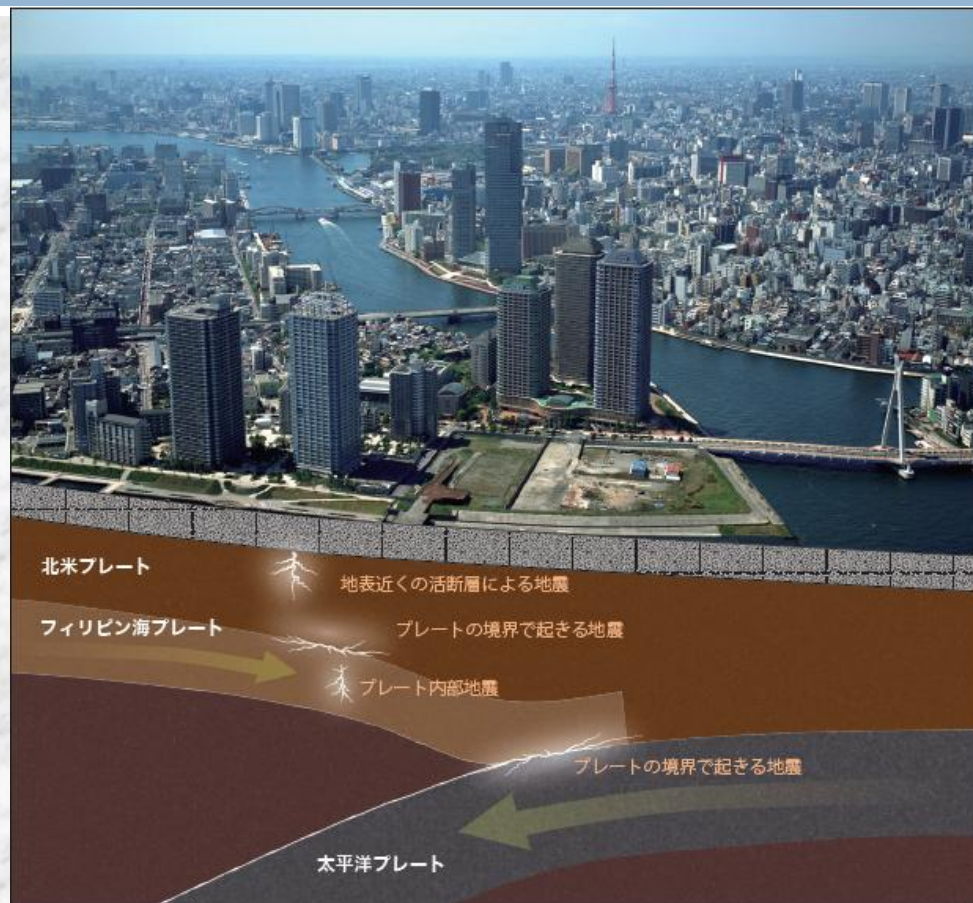


図1：3枚のプレート上に位置する首都東京
(概念図)

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

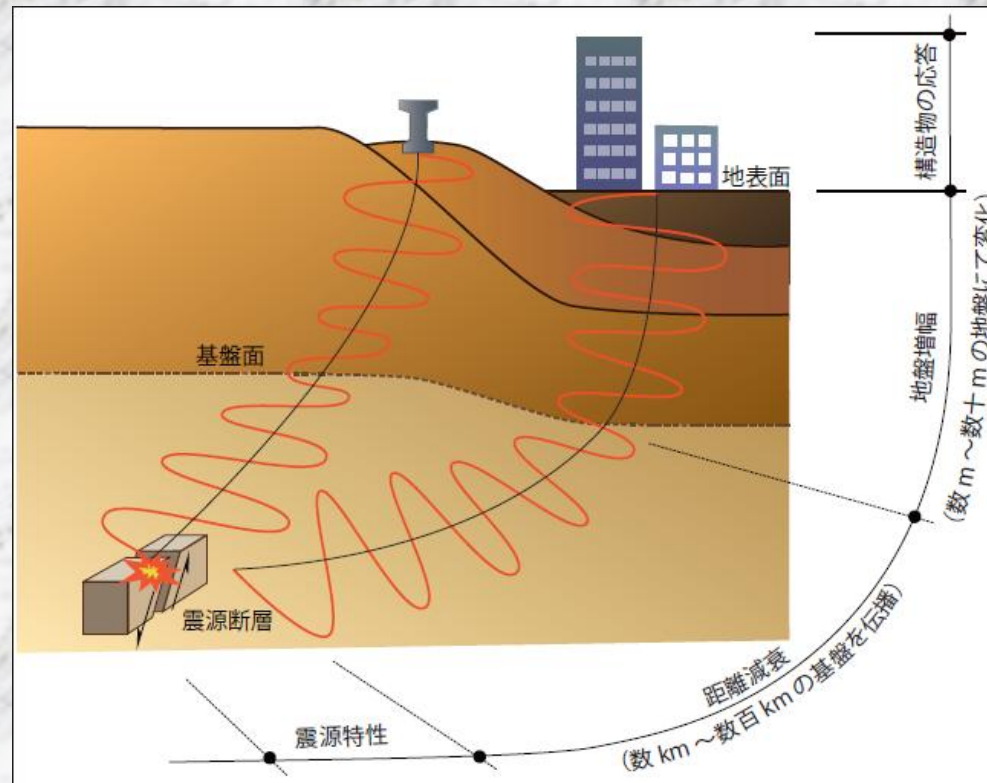


図2 震源断層から構造物の地震応答までのメカニズム

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

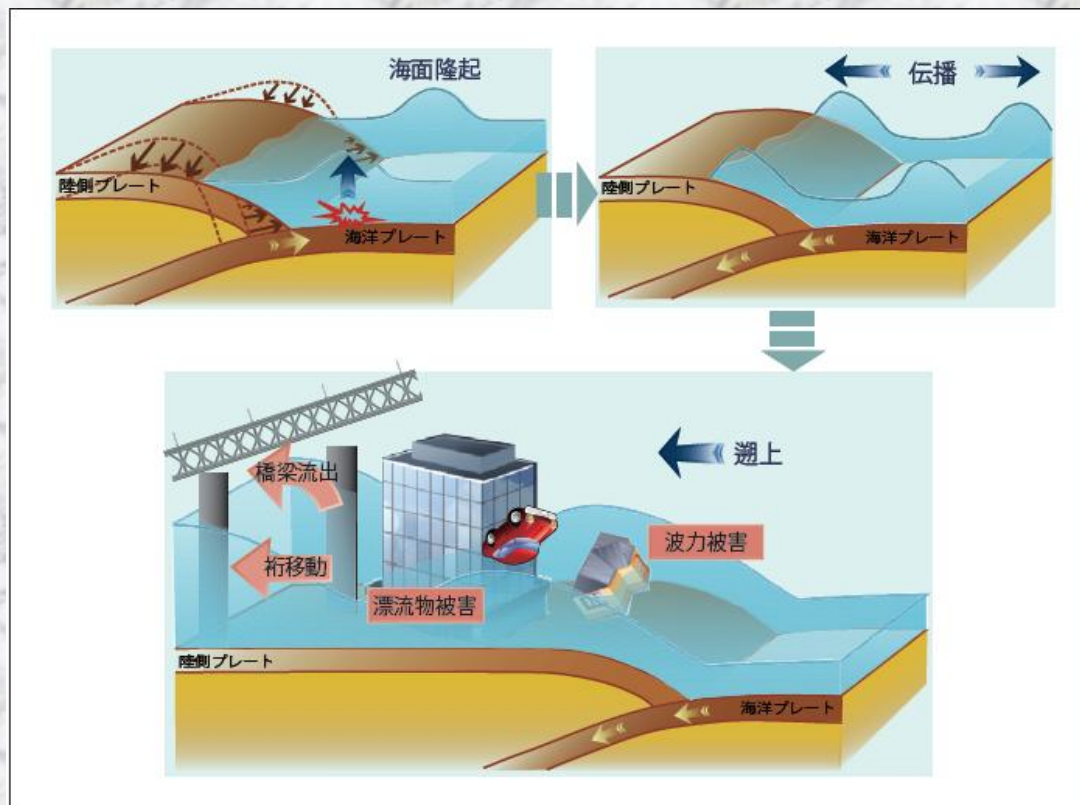


図3 津波発生のメカニズム(発生→伝播→遡上→被災)

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

(a) 関東大震災(1923年 M7.9)

版權のため、画像を省略:教科書にて確認ください。

(a) 地震火災により焼失した街（提供 朝日新聞社）

関東大震災では広域延焼火災が発生し多くの犠牲者が出た。
地震火災に対する大きな教訓となった。

1.2 地震被害から学ぶ

(b) 新潟地震(1964年 M7.5)

版權のため、画像を省略:教科書にて確認ください。

(b) 液状化現象で倒壊した集合住宅（提供 朝日新聞社）
新潟地震では液状化現象が発生し、その被害が広く認知されることとなった。

1.2 地震被害から学ぶ

(c) 阪神大震災(1995年 M7.3)

版權のため、画像を省略：
教科書にて確認ください。

**(c) 地震で崩壊した
阪神高速神戸線
(提供 朝日新聞社)**

**戦後最大被害となった都市直下型地震。17基のピルツ橋脚
の倒壊など、衝撃的な光景は全世界の耳目を集めた。**

1.2 地震被害から学ぶ

(d) 新潟県中越地震(2004年 M6.6)

版權のため、画像を省略:教科書にて確認ください。

(d) 地震による上越新幹線の脱線（提供 朝日新聞社）
ライフラインの損壊、岩盤崩壊、河川閉塞などの被害をもたらした。特に、上越新幹線の脱線が記憶に新しい。

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

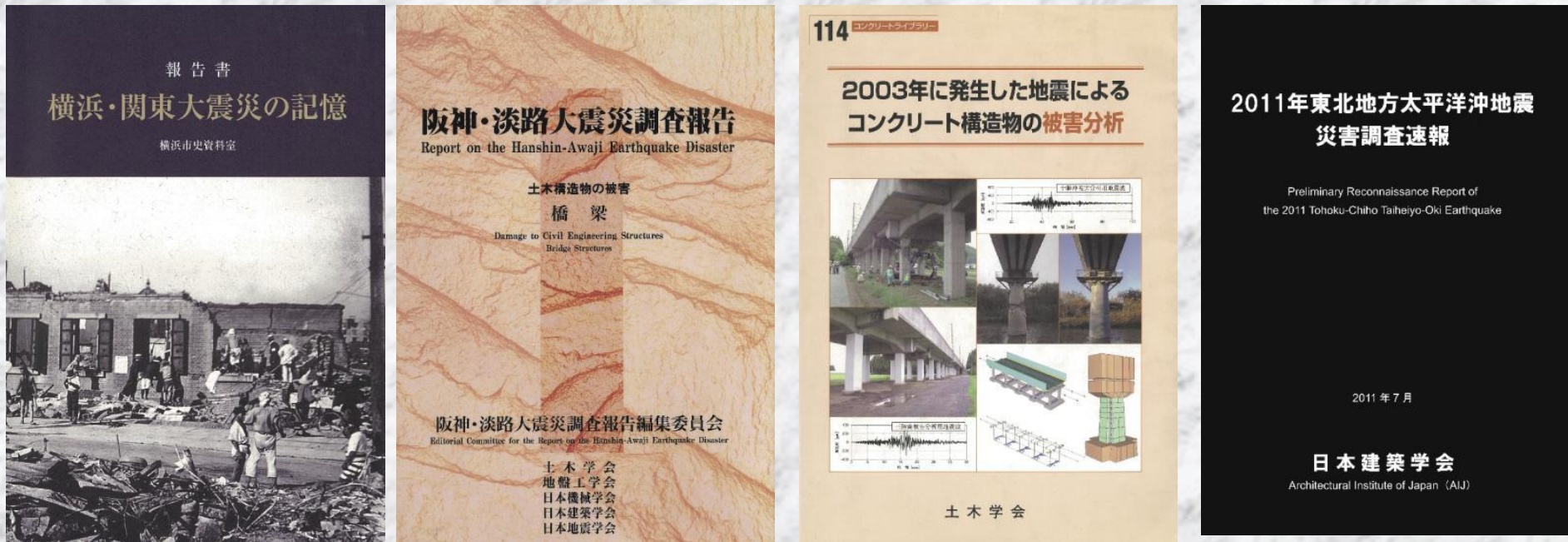


写真2 関連学会による地震被害報告書に事例

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

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

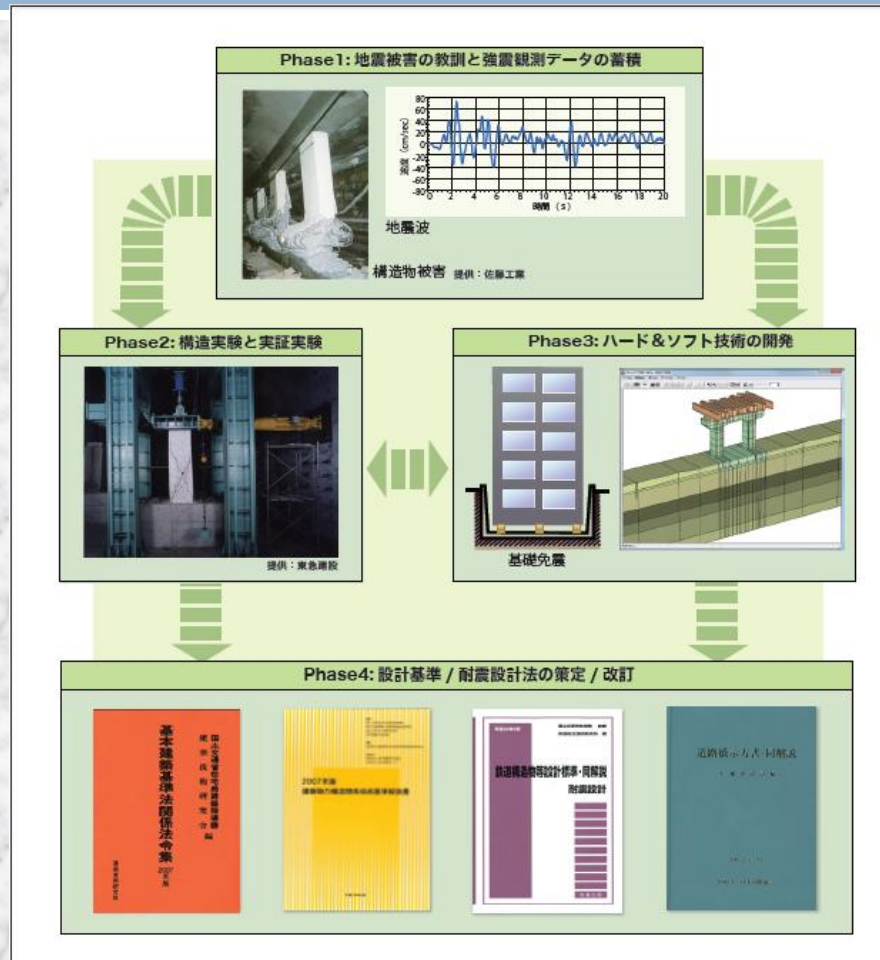


図4 地震工学から耐震工学への道程

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

→耐震設計法の確率、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

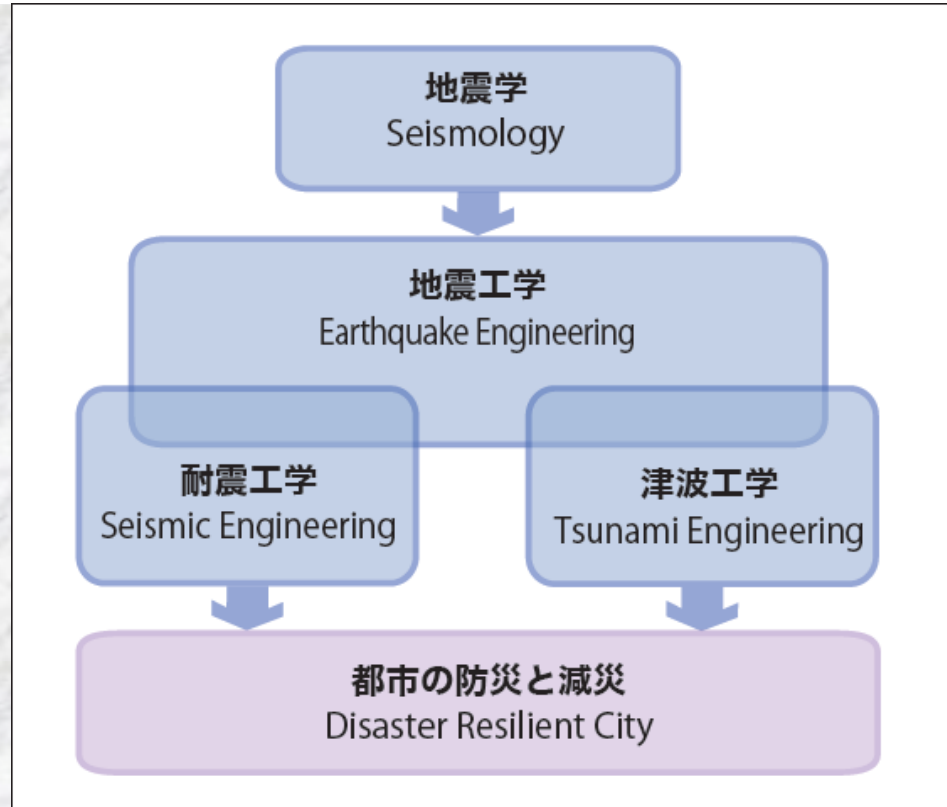


図5 都市の防災と減災:
Disaster Resilient Cityの構築

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

➤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