

5月14日：断層から構造物被害まで：構造物は、なぜ壊れるのか

講義概要：

都市の地震防災 -地震・耐震・減災を学ぶ-

Introduction to Earthquake/Seismic Engineering & Disaster Prevention

まえがき:「地震は忘れても忘れなくてもやってくる」

我が国は、前々世紀より、多くの都市型地震災害を経験している。濃尾地震(1891)、関東大震災(1923年)、兵庫県南部地震(1995年)、そしてM9.0を記録した東日本大震災(2011年)など、未だ記憶に新しい。これを列挙すると、改めて地震災害の恐ろしさを再認識するものであるが、一方では、多くの災害経験と知見を集積したと言える。

これらは、異なる地震規模、異なる被災形態を呈し、その教訓と経験を、正しく理解することが重要である。

日本列島の特異な地質構造/基盤構造に加えて、都市における社会インフラの集積が著しく、当然の帰結として、地震リスクの極度な増大を招いていることは否めない。言い換えると、地震の発生そのものは自然現象であり、現状の技術では防止できないが、地震に起因する災害は社会と大きく関わり、予防し得るものである。

このような経験、認識、警鐘のもとに、多くの工学報告書・学術図書・Webコンテンツが充実しつつあるが、専門化、細分化が著しいことも事実である。これらの工学技術と専門知識を理解/消化するためには、きちんとした基礎知識が必要であることを強調したい。これは、専門用語の理解から始まり、工学的理学的概念、専門技術の習得と演習など基礎体力強化が肝要である。

そこで、本講座では、「都市の地震防災 -地震・耐震・減災を学ぶ-」と題して、安全・安心社会の構築のための基礎講座と位置づけ、講義を行うものである。

本講座の流れ：地震・耐震・減災

それでは、工学分野での地震防災を理解するためには、どのような内容を、どのような順序で学習すればよいのか。このためには、地震工学、耐震工学、減災/防災技術、を主要3テーマとして、順次学習することにする。

5月14日：断層から構造物被害まで：構造物は、なぜ壊れるのか

➤ 地震工学(Earthquake Engineering) :

自然現象である地震の発生に関わるメカニズム、および地震動の伝播/増幅など、構造物への入力なども含む工学分野（単純に言うと、地震と地震動を扱う）。この分野は、耐震技術、防災分野を含むことが多いが、ここでは、後続の2テーマの関連から、地震学(seismology)の理学的分野を含む狭義の地震工学として定義した。

➤ 耐震工学(Seismic Engineering) :

地震入力に伴う構造物への影響（地震応答、地震被害）、および工学的措置に扱う工学分野。従って、応答解析、地震被害調査、および耐震補強、免震/制震技術を主要テーマとするものである。

➤ 減災技術(Disaster Prevention) :

地震工学と耐震工学を両輪として、今度は、減災/防災技術を学習することが肝要である。減災技術とは、地震災害を低減させるための工学技術に対する総称である。一般的には、防災技術⇒地震被害を防止するための予防技術、減災技術⇒地震被害をゼロに抑えることはできないが、事前の周到な準備の基にて、被害を最小限に抑える技術、のように区別することがある（厳密に考える必要はない）。

★ キーワード

- 地震工学、耐震工学、減災技術

第5回 断層から構造物被害まで：構造物はなぜ壊れるのか

1 地震と耐震：断層から構造物の揺動まで

これまで大小多くの震災を受けたが、地震被害とはどういうメカニズムによるものだろうか。このため、被災する構造物から震源域まで遡り、図1のような模式図を描いてみた。震源断層から発生した地震波は、数 km から数 100km に及ぶ距離の基盤を伝播し、建設地点の地盤にて変化/増幅する。ついには、地震波が基礎より入力することにより、構造物は激しく応答/振動し、時に大きな被害を招く。

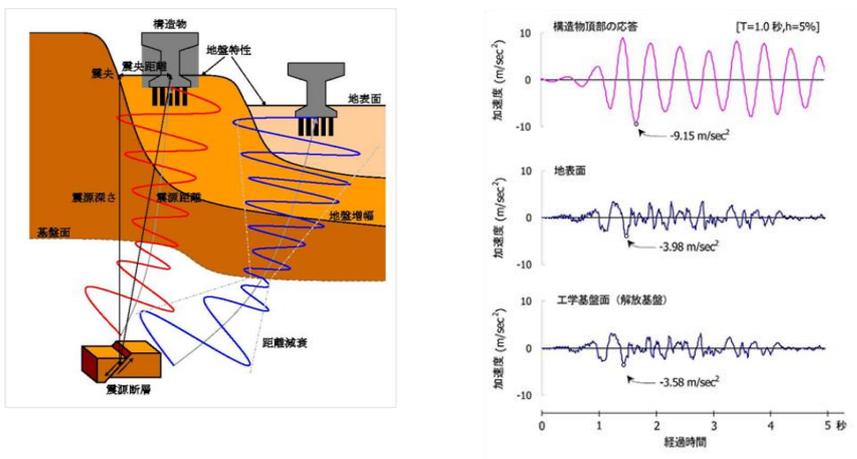


図1 左図*地震波の発生/伝播/増幅/と構造物の応答と被災，右図*時刻歴波形（加速度）

表1 地震発生から被災までの基本用語

基本用語	説明
震源断層	
距離減衰	
地盤増幅	

地震応答	
被災、 被災形態	

このため、土木/建築構造物に対する耐震性能の照査には、震源断層の調査から始まり、伝播/距離減衰、表層地盤における増幅、地盤と構造物の相互作用と入力損失、構造物の応答解析、など異なる固有技術のインテグレーションが必要とされる。さらには、耐震補強、免震/制震、などのハード的対処、加えて、性能設計法、リスク評価、の観点からの探求も近年の特長である。このような知見の集積は、最終的には、基準書（示方書、ガイドライン）として一般化される。しかし一方では、不幸にして甚大な地震被害を経験し、今なお、耐震解析/耐震設計を根源から見直すことを余儀なくされている。

さて、以上をまとめると、地震学/seismology は、地震そのものを取扱う学問分野にて地震工学のスタートとなり、上記の説明は、地震工学/earthquake engineering と耐震工学 seismic engineering（または耐震設計/seismic design）を概観したもので、本書の主要部分となる。これまで、我国の図書/報告書では、この地震工学と耐震設計が、別々に（または重複して）議論されてきたが、本書では、入門書として両工学分野を連携して取扱い、次の地震防災に繋げるものである。

2 地震被害の分類

上記のようなメカニズムにより、地域の施設に大小様々な地震被害を与えるが（または無被害という場合も多い）、その被災種類を整理してみたい。地震被害は、地震動による直接被害、液状化、地滑りなどに起因する 2 次的被害、および津波被害に分類できよう。加えて、地震被害から、各種社会基盤施設、交通車両の逸脱（脱線事故）、原子力発電所と化

5月14日：断層から構造物被害まで：構造物は、なぜ壊れるのか

学プラントの爆発と危険物の漏えいなどを誘発し、都市機能は多くの被災リスクを包含する。

いずれも、震源からの激しい揺れ（強震）が元凶であり、様々な構造物/社会基盤施設が、幾度なく被災を経験し、低頻度/巨大被害の教訓を得てきたと言える。そして、これらの被災形態/被災原因から学ぶことが重要であると考ええる。

表 2 地震被害の種別

被害の種別	被災事例：
1: 直接被害： 激しい地震動による地上/地中構造物の被害	下部工の損傷/倒壊による橋梁の被災， 家屋/建物の被害 トンネル/暗渠/基礎の損傷
2: 間接被害： 地震動による 2 次的被害	地滑りによる家屋の倒壊 地震火災による構造物の炎上 液状化による家屋の傾斜/倒壊
3: 津波被害：	津波による構造物の損傷/流失

3 都市の地震防災：どのようにして防災/減災するか。

さて、地震工学と耐震工学の経験と知見から、今度は、‘どのようにして防災/減災に活かせるかが重要となる。ここでは、まず、関連する専門用語を列挙する。

- ・地震防災技術
- ・減災: disaster prevention
- ・事業継続計画：BCP/BCM
- ・地震リスク評価、地震リスクマネジメント
- ・公助、自助、共助

5月14日：断層から構造物被害まで：構造物は、なぜ壊れるのか

★ 要点&キーワード

- 震源断層、距離減衰、地盤増幅、地震応答、地震被害
- 減災、事業継続計画 BCP, 事業継続管理 BCM、とは何か？
- 地震リスク評価、地震リスクマネジメントとは何か？
- 上記の英語を示せ。

★ 演習問題：

- ・ 表 1 を完成せよ（基本用語に対して、説明せよ）。
- ・