

耐震工学:第9回

耐震設計法1

被害事例と損傷モード

工学部 都市工学科 災害軽減研究室
吉川弘道

1:構造物の被災メカニズム？

1. 震源断層:

マグニチュード、震源深さ、震源の種類

2. 距離減衰:

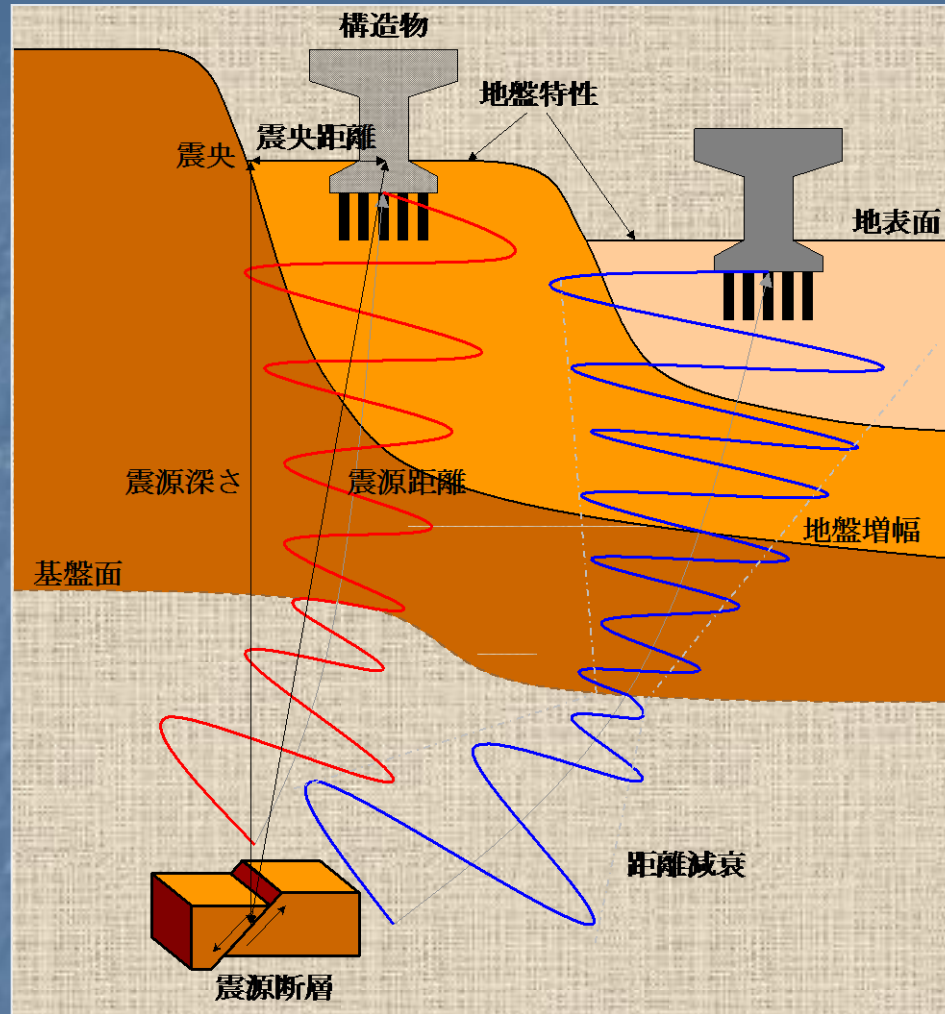
数km～数100kmの基盤を伝播する

3. 地盤増幅:

構造物直下の地盤により、増幅する

4. 構造物の応答:

構造物の固有周期/粘性、免震/制震etc.



地震波の発生/伝播/増幅/構造物の応答/被害

2. 地震被害の事例

(コンクリート構造物を中心に)

Phase1:地震被害



地震被害/兵庫県南部地震(1995)におけるRC橋脚の地震被害

Phase1:地震被害

阪神大震災(1995年 M7.3)



(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。



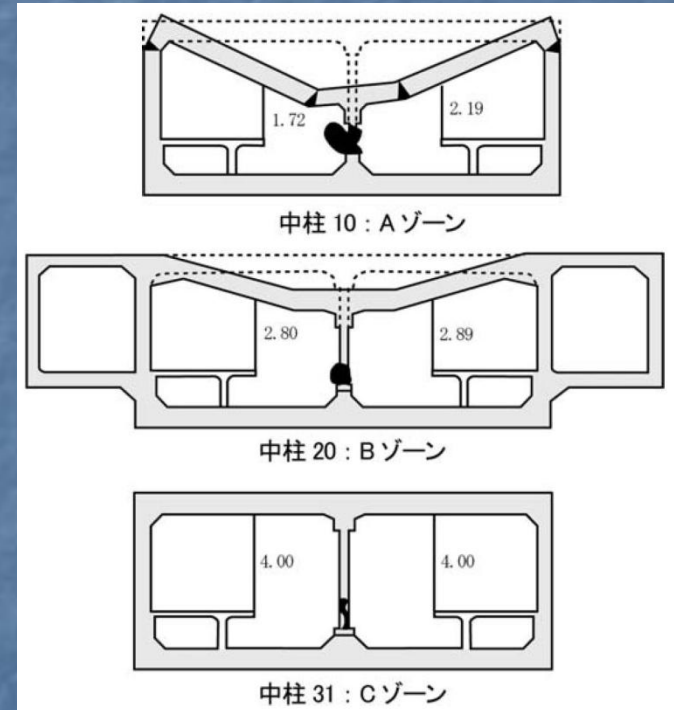
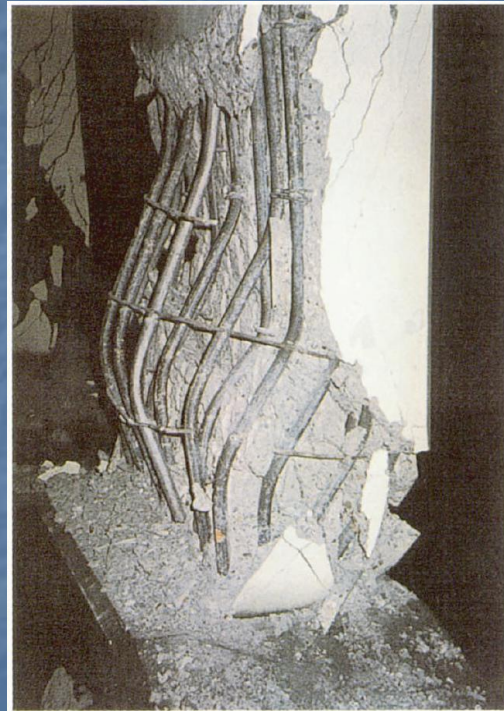
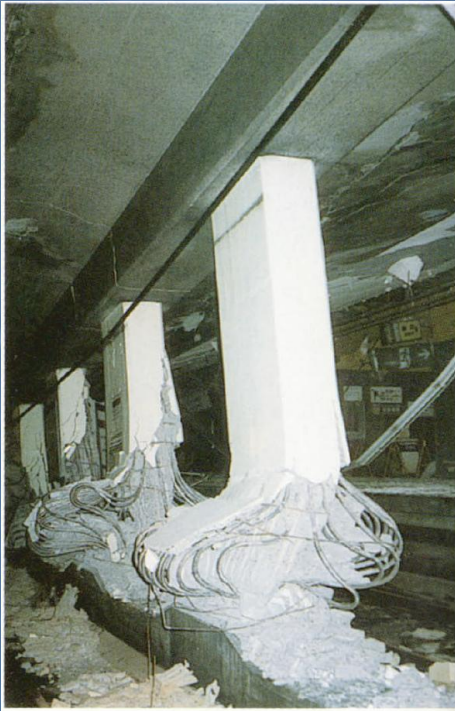
ピルツ橋の倒壊/兵庫県南部地震(1995)



P126(Asランク:再構築)



地震被害に学ぶ：地中構造物



神戸高速鉄道大開駅の被災



曲げ破壊
flexural failure



せん断破壊
shear failure

RC梁の小型静的載荷実験（試験体の終局状況）



RC単柱の静的載荷実験：構造実験棟/1998年

3. 耐震設計と設計照査

耐震設計法の重要性

➤耐震設計法は、地震大国日本では、最も重要な設計法である。

(構造設計、耐久性設計、耐風設計、疲労設計、etc.)

➤多くの荷重・作用の中でも、地震荷重は強大かつバラツキが多い(予測が困難)。

➤このため、欧米/日本において、耐震設計の手法/手順が研究されてきた。

➤現在では、性能設計法が主流となっている。

耐震設計とは

➤ 耐震設計(seismic design):

- ・簡単にいうと→

「構造物が地震に対して壊れないように設計すること」

- ・工学的には→

「構造物が設定した設計地震動に対して、所定の耐震性能を有するように設計すること」

➤ 耐震設計の実施:

地震荷重(seismic load)、構造物の耐震性能(seismic performance)を算定し、設計照査(OKか, NGか)を行う:

- ・地震荷重 < 耐震性能 ⇒ OK

- ・地震荷重 > 耐震性能 ⇒ NG(不可)

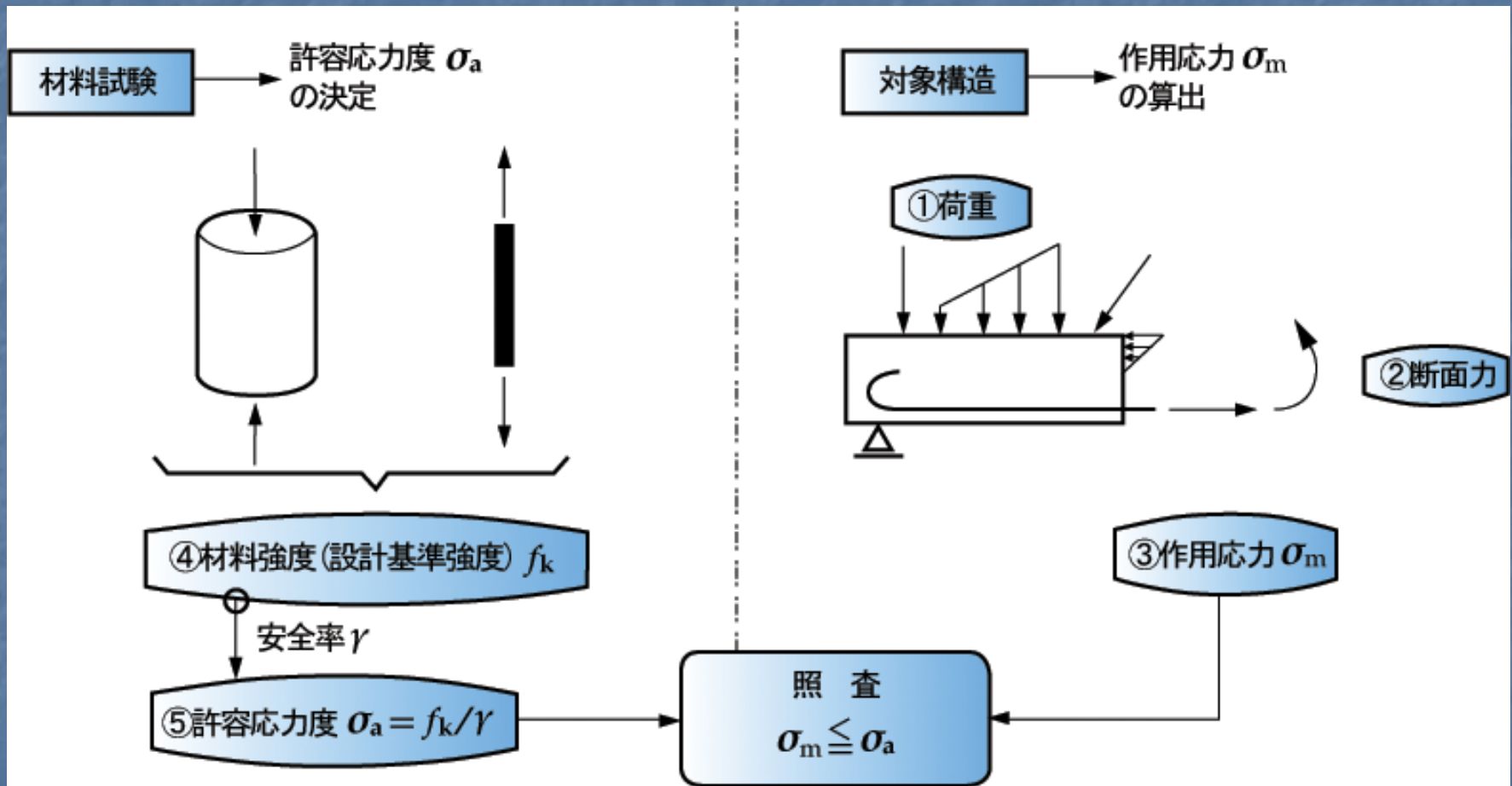
耐震設計法 小史

- 第1段階 静的解析：
20世紀前半(～1950年頃まで)
- 第2段階 応答スペクトル法：
1930年代から始まる
- 第3段階 動的解析：
概ね1970年ころ始まる
- 現在：20世紀⇒21世紀
許容応力度設計法、
限界状態設計法、
性能設計法

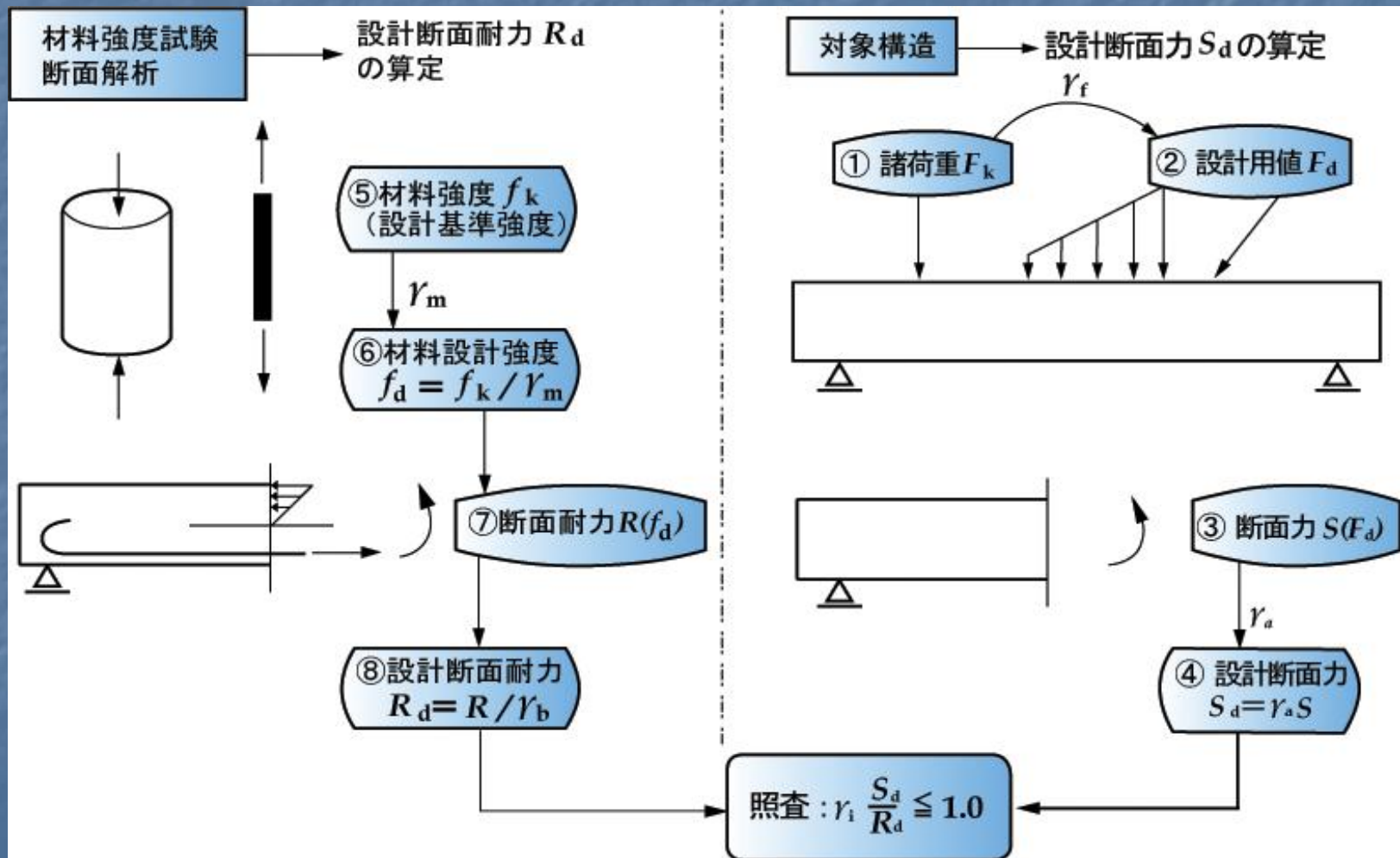
近代の構造物設計法

- 許容応力度設計法: Allowable Stress Design
- 限界状態設計法: Limit State Design
- キャパシティデザイン: Capacity Design
- 性能設計法: Performance-Based Design

許容応力度設計法における設計手順



限界状態設計法における設計手順



性能設計法とは:

- 構造物の建設目的と建設地点の環境によって、発注者/使用者の要求する(必要とする)性能がある。
⇒要求性能
- 一方、構造物は、その構造形状、使用材料の仕様、施工によって、特有の構造性能(達成性能)を有する。⇒構造性能
- 性能(performance)とは、これまでの耐荷力や変形能にとどまらず、安全性、使用性、美観、(貯蔵物の)遮蔽性など、構造物本来の特性、期待される機能を表すもの

性能設計法とは:

- これらの‘要求性能’と‘構造性能’とを対比し、性能レベルにて設計照査する。
- 構造性能が要求性能を上回ることにより、設計照査が達成される。
- または、発注者の求める要求性能をもとに、目標性能を策定し、建造物が設計／施工される。

性能設計法と仕様設計:

- 性能設計(performance-based design)
現在の設計法
- 仕様設計(specification-based design)
従来の設計法

☆ 性能照査の名称

- ‘性能規定型設計’
- ‘性能照査型設計’
- ‘性能明示型設計’

広義のリスクと狭義のリスク

➤ 広義のリスク:

大辞林: ①予測できない危険、②保険者の担保責任

広辞苑: ①危険(リスクを伴う)、②保険で損害を受ける可能性
‘滅多に起こらないが、もし起きると大変なことになる’

➤ 狭義のリスク: Engineering Risk

Risk=被害の発生確率 × そのときの被害

地震リスク=損失の発生確率 p × 損失の規模 D

$$R = \sum_{j=1}^k (p_j \times D_j)$$

Phase4:設計基準/設計示方書



設計基準/design concept, specification, guideline(Phase4)