

## 第8回実践講座:

# 耐震設計法:導入 耐震設計法(その2)

日中コンサルタント 海外設計部長

日中構造研究所 技術顧問

吉川弘道 Yoshikawa, Hiromichi

1952年生まれ 66歳 辰年(たつどし) 血液型:O型

1

## 耐震設計講座 (全5回) : 構成と内容

- 導入: 耐震工学序論 (第1講) :
- 第1回: 非線形挙動と靱性評価 (第3講)
- 第2回: 動的応答特性  
-時刻歴応答と応答スペクトル- (第4講)
- 第3回: 耐震設計法 -設計照査と性能設計- (第5講)
- 第4回: 地震リスクとリスクマネジメント (第6講)

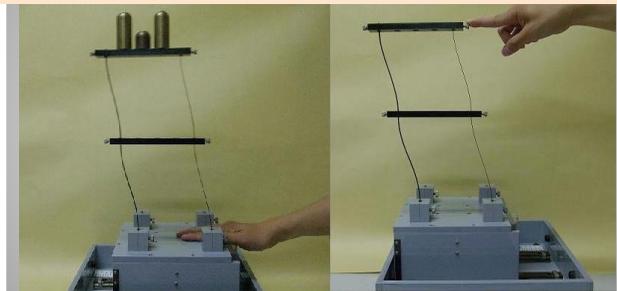
2

## 耐震設計その2 9章時刻歴応答解析

- 9.1 静的荷重 vs. 動的荷重
- 9.2 1質点系の振動特性
- 9.3 不規則振動の解法: Newmark- $\beta$ 法
- 9.4 RC部材の弾性応答解析
- 9.5 RC部材の弾塑性応答解析

3

## 9章 時刻歴応答解析 動的荷重 dynamic problem 静的荷重 Static Problem



振動応答習得機(2層ラーメン構造)による体験

4

### 9.1 静的荷重と動的荷重

(a) 静的荷重と動的荷重—同一柱脚の異なる種類の例—

**(a) 正負交番漸増変位制御型繰返し載荷による模型実験**

**(b) 振動台による動的載荷・頂部質点の応答変位・基部への入力加速度**

\*\*縦軸と横軸に注意せよ！

### 9.1 1質点系の弾性解と振動特性

左図:m, c, kによる1質点モデル、右表:解析解の一覧表

・初期外力による振動:  $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P(t)$ ,  $P(0) = P_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0$  (9.8-1)

・加速度入力による振動:  $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$ ,  $x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0$  (9.8-2)

| 運動方程式                                      | 非定常自由振動   |  | 定常自由振動  |   |
|--|---|--|---|---|
|  | 自由振動  | 強制振動   | 自由振動  | 強制振動  |
| $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$            | $x = \frac{1}{\omega_d} e^{-\gamma t} \sin(\omega_d t)$                         | $x = \frac{P_0}{k} (1 - e^{-\gamma t} \cos(\omega_d t))$         | $x = \frac{P_0}{k} \cos(\omega t)$  | $x = \frac{P_0}{k} \frac{1}{\sqrt{1 - \gamma^2}} \cos(\omega t - \phi)$         |
| $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$ | $x = \frac{1}{\omega_d} e^{-\gamma t} \sin(\omega_d t) + \frac{m\ddot{x}_g}{k}$ | $x = \frac{m\ddot{x}_g}{k} (1 - e^{-\gamma t} \cos(\omega_d t))$ | $x = \frac{m\ddot{x}_g}{k} \frac{1}{\sqrt{1 - \gamma^2}} \cos(\omega t - \phi)$ | $x = \frac{m\ddot{x}_g}{k} \frac{1}{\sqrt{1 - \gamma^2}} \cos(\omega t - \phi)$ |

図 9.2 質量 / ダンパー / バネによって構成される 1 質点モデル

### 9.4 弾性応答解析：多質点多自由度モデル

#### 単柱式T型RC橋脚のモデル化

(a) RC橋脚の地震時の応答変位

(b) 橋脚の質量マトリックス (多質点多自由度モデル)

(c) 橋脚の剛性マトリックス

**(a) 入力地震動 (JMA-KOBE1995EW)**

**(b) 応答加速度 (縦軸: Gal)**

**(c) 応答変位 (縦軸: mm)**

### 9.4 弾性応答解析：多質点多自由度モデル

#### 単柱式T型RC橋脚のモデル化

**(a) 入力地震動 (JMA-KOBE1995EW)**

**(b) 応答加速度 (縦軸: Gal)**

**(c) 応答変位 (縦軸: mm)**

### 9.5 RC部材の弾塑性応答解析

左図:復元力特性と履歴ループの4つの代表例

右図:Tri-linear & Degrading Model (3直線劣化モデル)

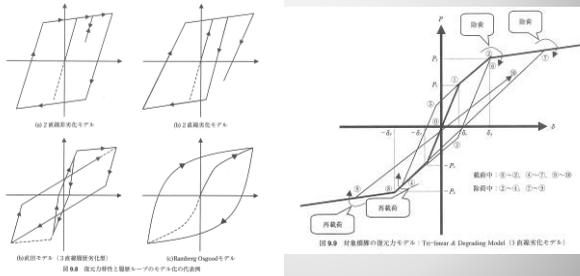


図 9.9 材料標準の復元力モデル Tri-linear & Degrading Model (3直線劣化モデル)

### 鉄筋コンクリート部材の弾塑性応答解析 (復元力特性が必要となる)

左図:解析概要とP-δモデル, 右図:(a)応答加速度、(b)応答変位

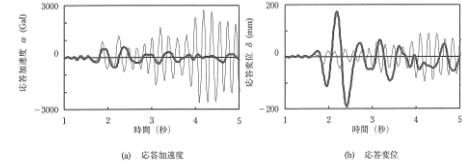
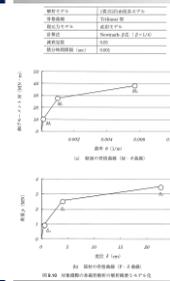


図 9.11 時刻歴応答解析:弾性解析と弾塑性解析の比較(細線:弾性、太線:弾塑性)

時刻歴応答解析:弾性解析と弾塑性解析の比較  
細線:弾性解析 vs. 太線:弾塑性解析

(a)応答加速度:弾性 > 弾塑性

(b)応答変位:弾性 < 弾塑性

### RC部材の弾塑性応答解析 (復元力モデルの違い:履歴ループによる比較)

左図:解析概要とP-δモデル, 右図:応答結果/P-δ曲線

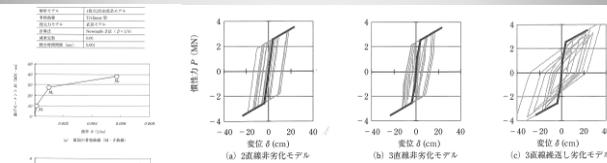


図 9.12 骨格曲線の差異による応答結果 (P-δ 曲線) への影響:3モデルによる比較

時刻歴応答解析結果の比較:3モデルの比較

(a) 2直線非劣化モデル

(b) 3直線非劣化モデル

(c) 3直線繰返し劣化モデル

### RC部材の弾塑性応答解析: 2方向同時入力による動的応答

縦軸:NS方向横軸:EW方向

(a) 入力加速度(単位:Gal)

(b) 応答加速度(単位: Gal)

(c) 応答変位(単位: mm)

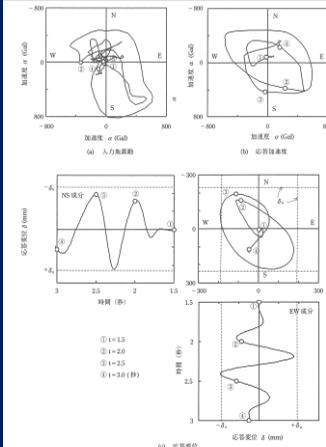
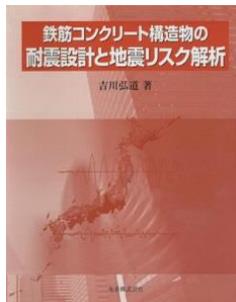


図 9.13 2方向同時入力による動的応答

## 耐震設計講座：このテキストの一部を活用します



- 目次と内容
- ・第1講：耐震工学序論  
(第2講：鉄筋コンクリートの耐荷機構)
  - ・第3講：鉄筋コンクリートの非線形挙動と靱性評価
  - ・第4講：動的応答特性  
-時刻歴応答/応答スペクトル/応答塑性変位-
  - ・第5講：耐震設計法-設計照査法と性能設計-
  - ・第6講：地震リスクとリスクマネジメント

13

## 耐震設計講座：構成と内容

- 導入：耐震工学序論（第1講）：
- 第1回：非線形挙動と靱性評価（第3講）
- 第2回：動的応答特性  
-時刻歴応答と応答スペクトル-（第4講）
- 第3回：耐震設計法-設計照査と性能設計-（第5講）
- 第4回(実施せず)：地震リスクとリスクマネジメント（第6講）

14

### 実践講座メニュー：03月05日更新

\*\*各月第1水曜日（原則）開催：10時～11時（60分間）

\*\*\*毎回、事前にppt原稿を配布します。

- #7（2019年2月6日\*水曜）耐震設計講座\*その1  
\*\*\*構造設計の基礎、荷重～変形関係(P-δ関係)、靱性評価 etc.
  - #8（2019年3月6日\*水曜）耐震設計講座\*その2  
\*\*\*動的応答解析：振動特性、各種時刻歴応答、弾塑性応答解析
  - #9（2019年4月??日\*??曜）耐震設計講座\*その3  
\*\*\*応答スペクトル：弾性応答とスペクトルの作成、スペクトルのバリエーション etc.
  - #10（2019年5月??日\*??曜）耐震設計講座\*その4  
\*\*\*構造設計とは、設計小史、許容応力度設計法、性能設計法、荷重強度設計法 etc.
- \*\*\*これにて、実践講座（全10回）を終了として、6月から新シリーズを再開します

日中構造研究所 吉川弘道

15