

# 長周期地震動によるRC造超高層建築物の地震応答(1)



独立行政法人建築研究所 構造研究グループ主任研究員 加藤 博人

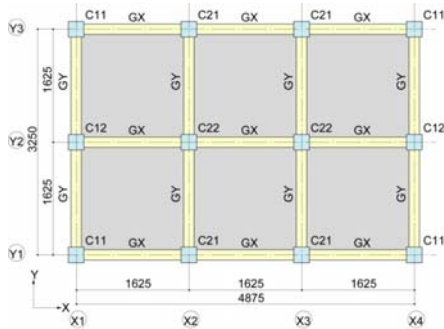
## 長周期地震動に対する超高層RC造建築物の構造安全性

- 2011年東北地方太平洋沖地震では、震源から遠く離れた東京や大阪に建つ超高層建築物が、大きな変形で長時間揺れ続けた。
- 南海トラフ地震などの巨大地震発生が懸念される中、超高層建築物の限界性能を把握し、長周期地震動に対する構造安全性を検証する手法の確立が求められている。

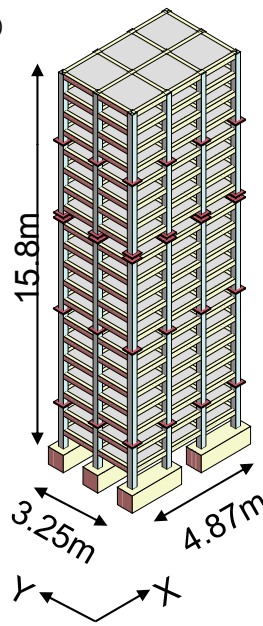
## 超高層RC造試験体の震動台実験

### 試験体

- 1990年代後半の標準的な耐震設計 (New RC指針)
- 純ラーメン構造 2×3スパン、高さ15m (20層)、1/4縮小模型
- 柱: 225×225mm、梁: 150×200mm
- コンクリート:  $F_c$ 30, 36, 48, 60
- 鉄筋: SD390, SD490, 685N/mm<sup>2</sup>級高強度鉄筋



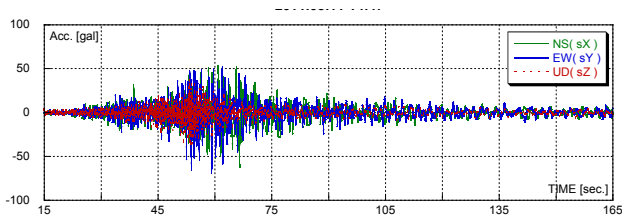
実験用試験体



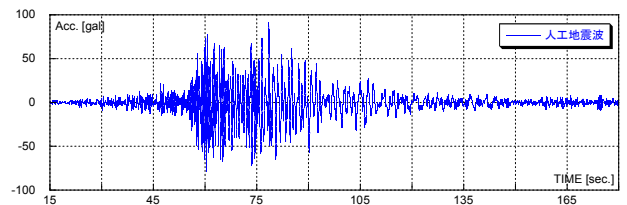
### 入力地震波

入力地震波は2種類。応答目標 ( $R_{max}$ ) に合わせて入力振幅を調整。

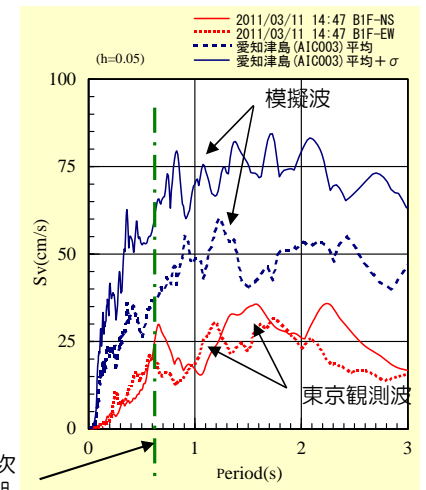
- L1レベル  $R_{max} \approx 1/200$ 程度、東京観測波の100%
- L2レベル  $R_{max} \approx 1/100$ 程度、東京観測波の200~300%
- L3レベル (終局)  $R_{max} \approx 1/50$ 程度、模擬波の150~200%



2011.3.11 東京都内観測波(東京観測波)



愛知津島模擬波(模擬波)



試験体1次固有周期

疑似速度応答スペクトル

### 実験結果概要

- L1およびL2レベルの応答値は、通常的设计クライテリアよりやや大きめであったが、試験体は安定した応答性状を示した。
- L3レベルでは、最大応答層間変形角は約1/35に達し予測を大きく上回る結果となったが、試験体耐力は最後まで低下することなく、安定した挙動を示した。

### 実験結果の最大値一覧

応答レベル	入力加速度	最大層間変形角 R	ベースシア係数 $C_B$
L1レベル	東京観測波200%	1/137	0.18
L2レベル	東京観測波300%	1/86	0.33
L3レベル	模擬波200%	1/35	0.40

# 長周期地震動によるRC造超高層建築物の地震応答(2)



独立行政法人建築研究所 構造研究グループ主任研究員 加藤 博人

## 試験体の弾塑性地震応答解析

長周期地震動を受ける超高層RC造建築物の地震応答を通常の設計で使われる手法やプログラムによって解析し、実際の応答性状をどこまで評価できるか検討する。

### 解析ケース

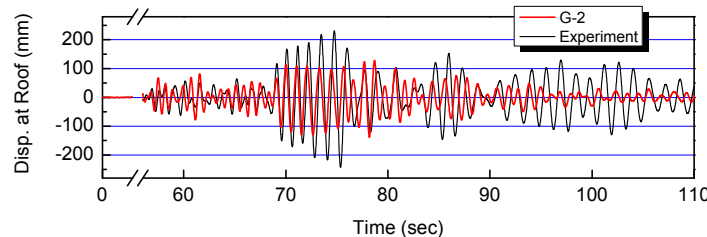
右表に示すG-1とG-2の2種類の条件で、地震応答解析を実施した。実験結果に合わせるような特別な操作は行わない。

解析パラメータ		解析ケース	
		G-1	G-2
材料	コンクリート	設計基準強度	実強度
	鉄筋	JIS規格値の1.1倍	実強度
梁	剛性	RC規準のスラブ有効幅	スラブ全幅
	曲げ降伏強度	略算式、 柱幅分のスラブ筋考慮	ACIストレスブロック法、 全幅のスラブ筋考慮
	降伏点剛性低下率	菅野式	
柱	曲げ復元力特性	ファイバーモデル	
柱、梁せん断強度		荒川mean式	

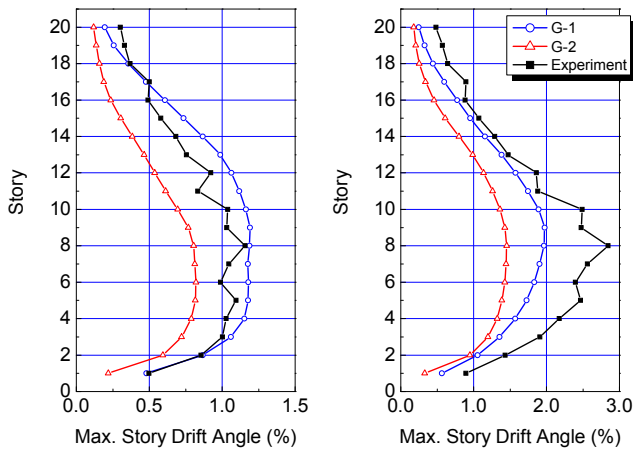
### 実験と解析結果の比較

- L2レベルでは、解析G-1の最大値と実験値はほぼ一致したが、解析G-2では試験体強度を大きく算定した結果、応答変形は小さく評価され、実験値を過小評価した。
- L3レベルでは、実験の最大値は約1/35に達したのに対して、解析ではG-1、G-2とも応答変形をいずれも過小評価する結果となり、実験の応答性状を精度よく再現するには到らなかった。
- 試験体の層せん断力ー層間変形関係は履歴面積の小さい逆S字型の形状となり、強度が上昇したにも関わらず応答変位も大きくなった。解析では、RC造の履歴復元力モデルとしてよく用いられる武田モデルを用いていたので、履歴減衰の違いが応答結果に影響したと推測される。

試験体固有周期の比較 (sec)			
	G-1	G-2	実験
X方向1次	0.557	0.489	0.51
Y方向1次	0.614	0.544	0.56
ねじれ1次	0.515	0.445	—



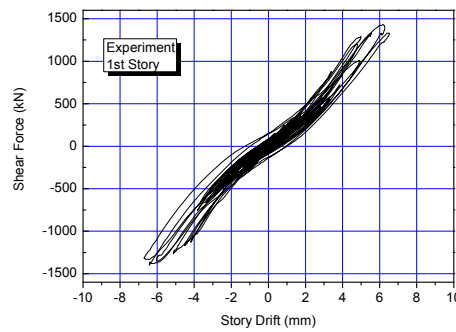
試験体頂部の応答変形時刻歴(L2レベル)



L2レベルの応答

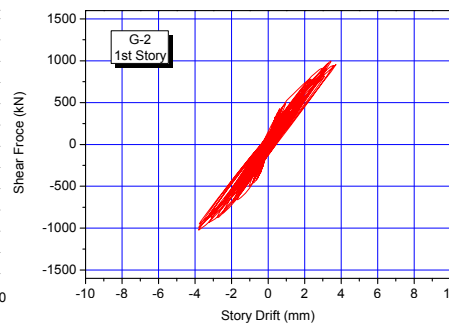
最大応答層間変形角分布

L3レベルの応答



実験

1層層せん断力ー層間変形関係(L3レベル)



解析G-2

## 今後の検討課題

- RC造超高層建築物の大地震を想定した設計レベルであるL2レベルまでは、長周期地震動に対しても通常の解析手法で地震応答をほぼ精度よく評価できる。
- それを越える大変形領域においては、現状の解析手法では評価が難しい。
- 本実験から得られた大変形領域での構造特性の検証と、それらを適正に反映できるような解析手法の高度化が今後の課題である。

**謝辞：** 本実験は、平成22～24年度国土交通省建築基準整備促進事業の課題27-1「長周期地震動に対する鉄筋コンクリート造建築物の安全性検証方法に関する検討（事業主体：大林組、鹿島建設、小堀鐸二研究所、清水建設、大成建設、竹中工務店）」の一環として、（独）建築研究所との共同研究として実施したものである。また、震動台実験は（独）防災科学技術研究所兵庫耐震工学研究センター（E-Defense）において実施した。ここに記して、関係各位に謝意を表します。