

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	E-ディフェンス高層建物試験体の長期振動モニタリング（その5）鉄骨梁破断に伴う建物層剛性の低下量の評価
Title	
著者(和文)	飯野夏輝, 金澤健司, 尾野勝, 佐藤大樹, 北村春幸, 長江拓也
Authors	Kenji KANAZAWA, daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol. B-2, , pp. 875-876
Citation(English)	, Vol. B-2, , pp. 875-876
発行日 / Pub. date	2011, 8
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: http://ci.nii.ac.jp/naid/110009519051

E-ディフェンス高層建物試験体の長期振動モニタリング
その5 鉄骨梁破断に伴う建物層剛性の低下量の評価

剛性 鉄骨造 構造ヘルスモニタリング
震動台実験 高層建物 損傷検知

1. はじめに

近年、損傷検知技術のひとつとして振動特性評価に基づく構造ヘルスモニタリングに関する研究が注目されている。しかし、現状では、建物の損傷と振動特性の関係が解明されていないために実用化には至っていない。本研究では、鋼構建造物の構造ヘルスモニタリングの基礎的検討として、(独)防災科学技術研究所の E-ディフェンスで実施された実大震動台実験において建物試験体の常時微動計測と加振実験観測を実施し、地震経験に伴う実大鉄骨建物の振動特性の変化を分析してきた。

本報(その 5)では、地震損傷と耐震設計指標、層剛性の関係を分析し、剛性モニタリングによる建物損傷の検出可能性を検討した。

2. 実験概要

対象とした実験は、2008 年 3 月に実施された高層建物実験である。試験体の立面図と平面図を図 1 に示す。

本実験では、4 日間で計 37 回の加振実験が実施されており、主な入力波は長周期地震動の想定三の丸波や試験体の振動特性を調べるためのホワイトノイズ波である。表 1 に加振概要を示す。また、本実験の特徴として、加振実験最終日には、想定三の丸波加振 100%により試験体のいくつかの梁端部に破断が発生している。詳細には、地震波番号 27 番の三の丸波加振で X 方向の梁端部に破断が発生し、その後に Y 方向のみに三の丸波を 2 回入力したことにより地震波番号 33 番で Y 方向の梁端部も破断した。梁端部の損傷状況を図 2 に示す。

実験では、加振実験観測として、各階の柱のひずみや加速度、層間変位が観測された。また、常時微動計測として、各階での加速度を試験体建設初期段階から実験終了後までの長期間にわたり連続して観測した。サンプリング周波数はいずれも 200Hz である。図 1 に観測位置を示す。

3. 建物性状に関する評価結果

ホワイトノイズ波加振時に計測された記録を小地震記録とみなし、試験体の層剛性を評価した。層剛性は、加振実験時に観測された柱ひずみ記録と層間変位記録から実架構部について計算した¹⁾。

正会員 ○飯野夏輝*¹ 同 金澤健司*²
同 尾野勝*³ 同 佐藤大樹*¹
同 北村春幸*¹ 同 長江拓也*⁴

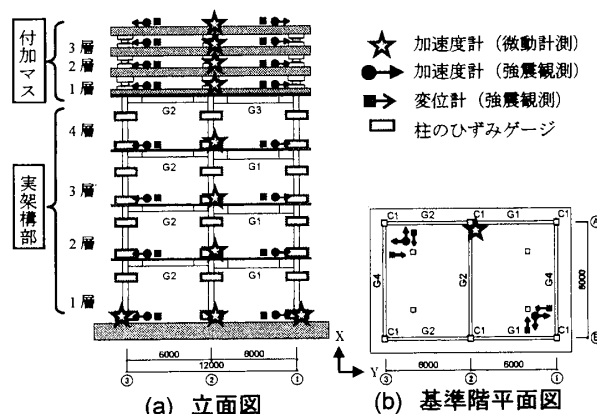


図 1 試験体立面図、平面図および観測位置

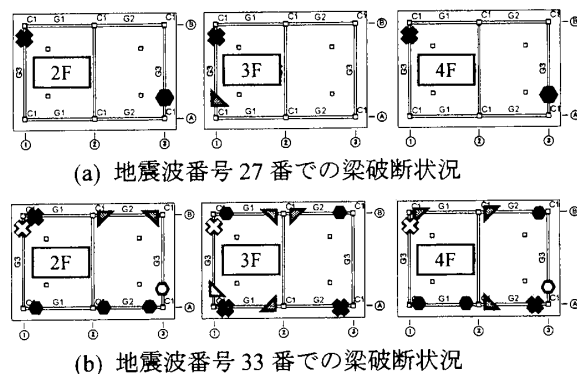


図 2 三の丸波加振による試験体の梁端部損傷状況

3.1. 加振経験に伴う剛性の推移

試験体の Y 方向における層剛性の推移を図 3 に示す。図 3 より、加振初期および梁端部の破断時に大きな剛性の低下が確認される。このうち加振初期における層剛性の低下は、試験体が初めて加振を経験したことにより床スラブに微小なひび割れや部材間になじみが発生し、床スラブなどの剛性が低下したためと考えられる。また、鉄骨梁破断時には、実架構の各層で大きな剛性低下が確認された。

3.2. 設計指標と剛性変化の関係

耐震設計の評価指標として一般的に用いられる最大層間変形角および累積塑性変形倍率と前節で求めた層剛性を比較し、試験体の損傷や設計指標と層剛性の関係を分析する。ここでは、特に、2 層と 3 層の Y 方向の剛性に注目して

表 1 高層建物実験(2008 年 3 月)における加振ケースの一覧

地震波番号	加振波	加振方向	備考
2008年3月17日			
1	ホワイトノイズ波 W-1	X,Y	
2	W-2	X,Y	
3	W-3	X,Y	
4	パルス波 X1	X	
5	パルス波 X2	X	
6	パルス波 X3	X	
7	パルス波 Y1	Y	
8	パルス波 Y2	Y	
9	東扇島波 30%	X,Y	
10	東扇島波 50%	X,Y	
11	三の丸波 20%	X,Y	
12	三の丸波 35%	X,Y	
13	エルセントロ波 30%	X,Y	
14	エルセントロ波 50%	X,Y	

地震波番号	加振波	加振方向	備考
2008年3月18日			
15	W-1	X,Y	
16	W-2	X,Y	
17	周波数スイープ Y1	Y	
18	周波数スイープ Y2	Y	
19	周波数スイープ X1	X	
20	周波数スイープ X2	X	
21	気象庁波 60%	X,Y	
22	気象庁波 100%	X,Y	
23	エルセントロ波 100%	X,Y	
2008年3月19日			
-	W-1	X,Y	欠測
-	W-2	X,Y	欠測
24	東扇島波 100%	X,Y	

地震波番号	加振波	加振方向	備考
2008年3月21日			
25	W-1	X,Y	
26	W-2	X,Y	
27	三の丸波 100%	X,Y	X梁破断
28	W-1	X,Y	
29	W-2	X,Y	
30	三の丸波 100%	Y	
31	W-1	X,Y	
32	W-2	X,Y	
33	三の丸波 100%	Y	Y梁破断
34	W-1	X,Y	
35	W-2	X,Y	

*) W-1,W-2,W-3はホワイトノイズ波を示す。

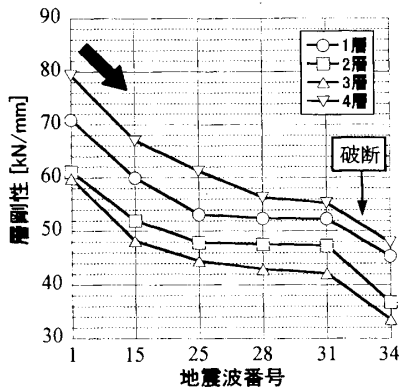
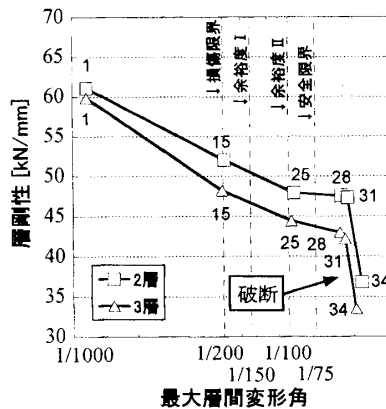
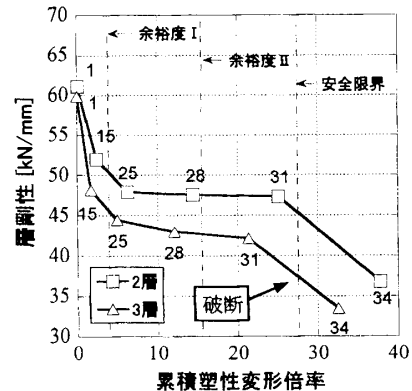


図 3 加振経験に伴う層剛性の推移



(a) 最大層間変形角と層剛性



(b) 累積塑性変形倍率と層剛性

図 4 設計指標と剛性変化の関係

考察する。また、設計時における最大層間変形角と累積塑性変形倍率の性能評価の基準として、JSCA(日本建築構造技術者協会)性能メニューを用いた。

図 4(a)に最大層間変形角と層剛性の関係を示す。ここで、図中の数字は、層剛性を算出した試験の地震波番号を示しており、図 3 の横軸に対応する。図 4(a)より、梁破断発生前までは変形角と層剛性は互いに逆相関の関係にあるといえる。しかし、破断前後の関係を見ると、破断が発生しても変形角が急激に伸びることはなく、その一方で、層剛性は大きく低下する様子が確認できる。すなわち、梁が破断しても同程度の入力波(三の丸波)では変形角は進行しないが、層剛性は破断前後で 30%程度も低下する傾向が確認できる。このことは、構造ヘルスマニタリングの観点に立てば、地震時の変形よりも剛性を評価する方が鉄骨梁破断の損傷検知に適することを示しているといえる。

次に、図 4(b)に試験体が加振期間中に吸収した地震エネルギーの累積値である累積塑性変形倍率 η と層剛性の関係を示す。図より、加振初期である地震波番号 1 番から 15 番のエネルギー吸収量が少ない加振によって層剛性が大きく低下していることがわかる。さらに、破断が発生したとこ

ろで層剛性が大きく低下し、 η は安全限界値を超えた。また、地震波番号 25 番から 31 番の間に経験した三の丸波加振では、累積塑性変形倍率は増加しているが、層剛性はほとんど変化していない。このことは、構造ヘルスマニタリングの観点に立てば、剛性をモニタリングすることで部材が破断したことは検知できるが、鋼材の疲労限界に近づいていることは検知できないことを示している。

4. まとめ

本報その 5 では、鋼構造物試験体を対象として、層間変形角や累積塑性変形倍率といった設計指標と層剛性との関係性を評価し、鉄骨梁破断のような甚大な建物損傷が剛性モニタリングによって検出できることを示した。

謝辞

本研究は、文部科学省が推進する「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」の下で防災科学技術研究所からの委託研究として東京理科大学が実施した「長周期地震動による被害軽減対策の研究開発(その 2)」の研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 尾野勝,金澤健司,森本真史,佐藤大樹,北村春幸,長江拓也:実地震動台実験における高層建物試験体の振動特性評価,日本建築学会構造工学論文集,Vol.56B,pp.247-254,2010.3.

*1 東京理科大学大学院理工学研究科建築学専攻

*2(財)電力中央研究所

*3 元東京理科大学 修士

*4(独)防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター

*1 Tokyo Univ. of Science

*2 Central Research Institute of Electric Power Industry

*3 Tokyo Univ. of Science, Mr.Eng

*4 Hyogo EERC, NIED