

E-ディフェンス実験に基づく大規模空間吊り天井の脱落被害低減技術開発

その7 未対策天井の損傷

正会員 ○岩下裕樹*1 同 佐々木智大*2 同 青井淳*2 同 田川浩之*2
同 梶原浩一*2 同 荒井智一*3 同 金井貴浩*4 同 高岡昌史*5

大規模空間 吊り天井 クリップの破損
脱落被害 実大加振実験 E-ディフェンス

1. はじめに

E-ディフェンス震動台を用いて行われた加振実験における、未対策天井の天井面応答、および損傷について報告する。

2. 実験結果

2.1 未対策天井の応答

実施した加振実験の加振ケースおよび震動台加速度と天井面の応答加速度3成分の最大値を表1に、計測位置を図1に示す。天井面応答加速度の最大値は40HzのLPFでフィルタ処理を施した時刻歴波形を用いて算出した。K-NET 仙台波 25% 加振における天井面応答加速度は梁間方向で0.8Gであるのに対し、K-NET 仙台波 50% 加振時には1回目、2回目共に4Gを超えている。これは天井面構成部材の接合金物の損傷や天井の脱落の影響により天井全体が大きく振動したためと考えられる。より詳細な応答特性についてはその10で述べる。

2.2 未対策天井の損傷

K-NET 仙台波 25% 加振ではハンガーやクリップなどの接合金物の僅かな滑り、野縁受けの蛇行等の軽微な損傷に留まり、天井面としては無損傷に近い状態で試験を終えた。試験後の状況を写真1(a)に示す。その後のK-NET 仙台波 50% (1回目) 加振において天井が損傷した。加振時の天井面応答加速度の時刻歴波形を図2に示す。この加振では最初の激しい振動により南北両側の天井頂部に設置された多数のハンガーが野縁受けの材軸方向に大きく滑り、天井重量を負担できない状態となった。これらのハンガーにはこの時点で既に開きなどの変形が生じていたものと考えられる。(①: 頂部ハンガーの滑り) その後揺れが小さくなり、続けて再び激しい振動を受けた際には、南側天井面の梁間の中腹部中央周辺の天井面が大きく波打ち、近傍

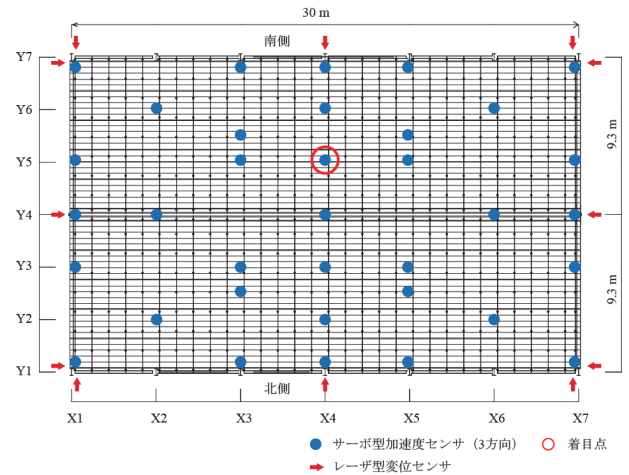


図1 天井面応答加速度の計測位置

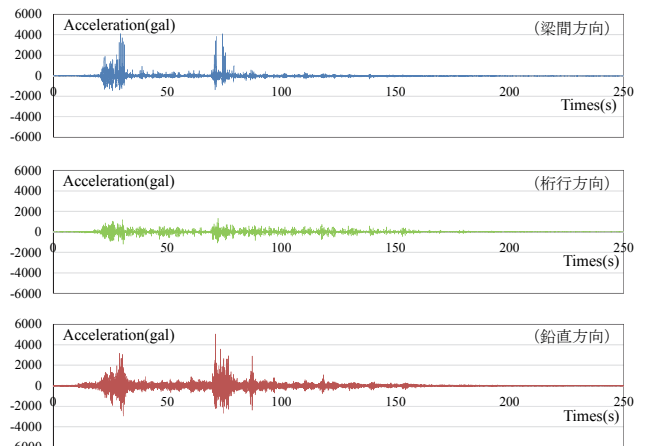
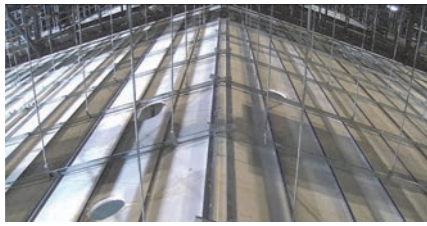


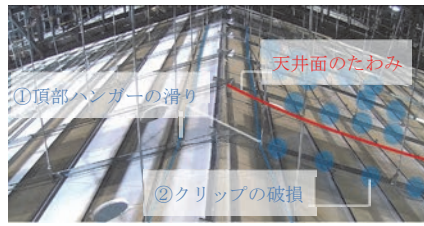
図2 天井面応答加速度時刻歴 (X4-Y5)
K-NET 仙台波 50% (1回目) 加振

表1 天井面応答加速度3成分の最大値

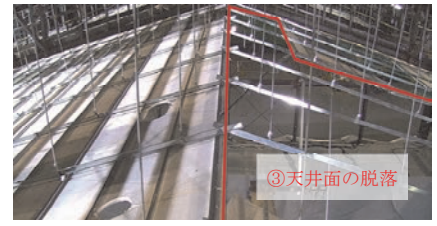
加振ケース	計測震度	震動台加速度(G)			天井面応答加速度(G)		
		梁間方向	桁行方向	鉛直方向	梁間方向	桁行方向	鉛直方向
K-NET 仙台波 25%	5+ (5.1)	0.35	0.20	0.09	0.81	0.60	0.74
K-NET 仙台波 50%	6- (5.7)	0.76	0.44	0.20	4.21	1.35	5.16
K-NET 仙台波 50%	6- (5.7)	0.77	0.45	0.21	5.54	2.33	6.05



(a) K-NET 仙台波 25%



(b) K-NET 仙台波 50% (1回目)



(c) K-NET 仙台波 50% (2回目)

写真1 加振後の頂部の状況

のクリップが外れた。これにより天井面はたわみ、周囲の健全なクリップも、損傷したクリップが負担していた天井重量を負担することとなり、継続時間の長い地震動であったために鉛直方向に振動し続けたため、多数のクリップが連鎖的に外れてしまい、広範囲に渡り天井が損傷した。(②:クリップの破損) 加振後はたわんだ天井面を周囲がかろうじて支えている状態であり、結果的に加振によって天井は脱落には至らなかったが、いつ脱落が生じてもおかしくはない状態となった。加振後の状況を写真 1(b)に示す。その後余震を想定し再度 K-NET 仙台波 50% (2 回目) 加振を行ったところ、既にクリップが外れ、野縁と天井ボードが支持されず天井面がたわんでいた部分が大きく振動したために脱落した。この脱落に起因して野縁で繋がっている天井面も引きずられて連鎖的に脱落した。(③:天井の脱落) 天井脱落後の状況を写真 1(c)に、加振後の損傷調査により確認した損傷状況を写真 2 に、また天井の損傷過程と脱落範囲を図 3 に示す。なお、脱落していない部分の天井についても、クリップの外れやハンガーの損傷、野縁受けの蛇行、波打ち等が確認されており、今回の実験では北側の天井面において脱落には至らなかったものの、各金物の損傷に同様の現象が見られたことから、南側天井と同様の脱落被害が発生する可能性があったものと考えられる。

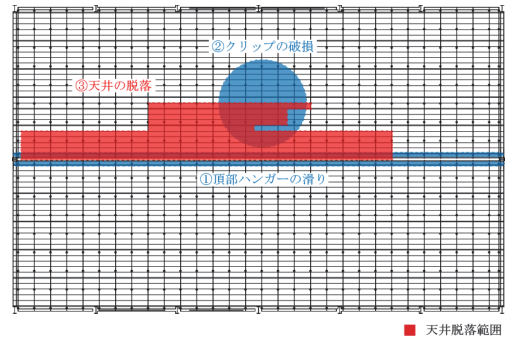
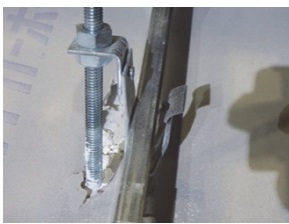


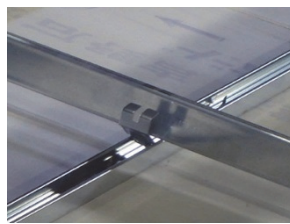
図3 天井の損傷過程と脱落範囲



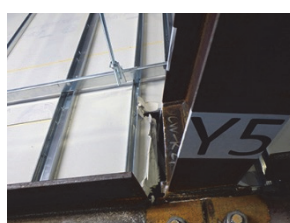
写真3 天井脱落状況全景



(a) 接合金物：ハンガー，クリップの損傷



(b) 野縁受けの蛇行



(c) 柱周りのボード損傷

写真2 実験後の損傷観察

3. まとめ

本試験結果より、写真 3 に示すような勾配天井の頂部付近の天井脱落は過去の地震被害で報告された脱落被害をうまく再現することができたものと考えられる。また、地震時に建物応答等により激しい振動が生じると、ハンガー、クリップ等の接合金物の損傷に起因して脱落に至ることなど、既往の研究成果を大空間吊り天井にて確認することができた。今後は被害メカニズムの解明に向け、より詳細な解析を進める。

参考文献

- 1) 山田他.東北地方太平洋沖地震等で被災した鉄骨造文教施設の調査 - 調査の概要 -,日本建築学会技術報告集第18巻第40号2012.
- 2) 脇山他.地震被害を受けた体育館の天井脱落挙動に関する実験的研究(その1~3),日本建築学会大会学術講演梗概集2010.

- *1 八潮建材工業
- *2 (独)防災科学技術研究所
- *3 桐井製作所
- *4 三洋工業
- *5 オクジュー

- *1 Yashio Kenzaikogyo Co.,Ltd
- *2 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention
- *3 Kirii Construction Materials Co., Ltd
- *4 Sanyo Industries, Ltd
- *5 Okuju Corporation