

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9 2.2G耐震天井の応答

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

吊り天井 耐震天井 斜め部材
2.2G 応答 E-ディフェンス

1. はじめに

本報ではその1~その8に引き続き、E-ディフェンスを用いた大規模空間吊り天井の加振実験における2.2G耐震天井(天井面水平加速度2.2G想定)の加振時の天井面の応答および変形等について報告する。

2. 実験結果

2.2G耐震天井の加振ケース毎および天井面応答加速度3成分の最大値および天井面水平変位をまとめたものを表1に示す。

K-NET 仙台波 25%および50%加振時には、ハンガー等の若干の位置ずれが見られた以外に目立った損傷はなく、ほぼ無損傷状態であった。

K-NET 仙台波 80%の加振時にも目立った損傷は生じていないが、ブレースの上部取付金具に若干の変形が見られた。K-NET 仙台波 80%加振後の状況を写真1、写真2に示す。

K-NET 仙台波 100%加振にて、一部のブレースの上部取付金具がずれ下がったが、それ以外に目視で確認できる損傷はなかった。

JMA 神戸波 100%では、2.2G耐震天井はブレースの上部取付金具が一部破断すると共に激しい振動によって岩綿吸音板が3枚程度脱落した。

JMA 神戸波 150%加振時には、2.2G耐震天井では、大半のブレースに座屈や上部取付金具もしくは取付部吊りボルトの破断が生じ、同時にブレースが取り付けられた野縁受けも変形し、多数の天井ボードが落下した。JMA 神戸波 150%加振終了後の最終的な天井の損傷状況を写真3、写真4に、脱落範囲を図1に示す。

表1 2.2G耐震天井面応答加速度の最大値

加振ケース	天井面応答加速 (G)			天井面変位 (mm)	
	梁間 方向	桁行 方向	鉛直 方向	梁間 方向	桁行 方向
K-NET 仙台波 25%	0.77	0.68	0.88	15.26	8.42
K-NET 仙台波 50%	1.55	1.44	1.99	37.83	19.75
K-NET 仙台波 80%	2.05	1.81	3.25	56.75	33.89
K-NET 仙台波 100%	2.51	1.84	3.47	-	-
JMA 神戸波 100%	2.40	2.07	3.62	-	-
JMA 神戸波 150%	4.90	3.26	7.11	-	-

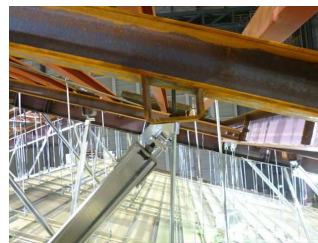


写真1 ブレース上部 (K-NET 仙台波 80%)



写真2 ブレース下部 (K-NET 仙台波 80%)

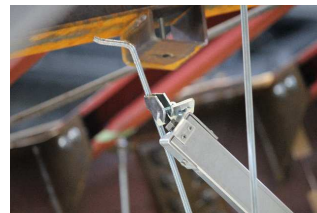


写真3 ブレース上部 (JMA 神戸 150%)



写真4 ブレース下部 (JMA 神戸 150%)

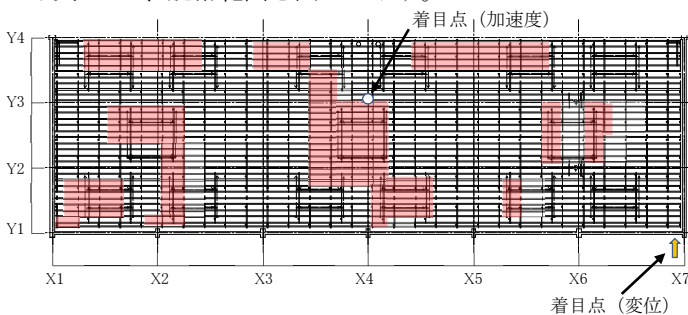


図1 天井脱落範囲 (耐震天井)

Development of Damage Mitigation Technique for Wide-area Suspended Ceiling Systems using E-Defense
Part9 Response of Seismically Designed Ceiling with Design Force of 2.2G

Tomokazu ARAI, Toshio KOBAYASHI, Tomohiro SASAKI, Atsushi AOI, Hiroyuki TAGAWA, Koichi KAJIWARA, Takahiro KANAI, Masashi TAKAOKA, Yuki IWASHITA

梁間方向のブレースでは、上部金具および吊りボルトの変形・破断が多く生じた。また、ブレース下部（野縁受け取付け部）のビスの破断もあり、2本のブレースに脱落が生じた。X2～X3 通り間、X3～X4 通り間でそれぞれ1本のブレースが座屈した。

桁行方向のブレースでは、上部金具の（吊りボルト軸方向への）下がりが多く生じた。また、吊りボルトおよび追加野縁受けの変形が全体に見受けられた。X6 通り付近では、ブレース下部が追加野縁受けから外れ、仕上げ材ボードと接触した。

K-NET 仙台波 100%加振の時点で設計水平震度以上の天井面応答加速度が生じたにも関わらずほぼ無損傷状態を保っていた。設計想定以上の外力が作用した場合、1.1G 耐震天井とは天井脱落に至る経緯に差異は見られたものの、ブレースが損傷した後に野縁や野縁受けが変形し、この変形に追従しきれなくなった天井ボードがビスの頭抜けを起こして脱落に至ることがわかった。

2.2G 耐震天井ではブレースが座屈する前に上部取付金具や取付いている吊りボルトの破断もしくはブレース下部の野縁受けおよび追加野縁受けが変形した箇所が多く見受けられた。ブレース近傍の損傷状況を写真4に示す。図2に設計レベルのK-NET 仙台 80%加振時の天井面中央部（X4-Y3）の応答加速度と天井端部（X7-Y1）の応答変位の時刻歴を示す。

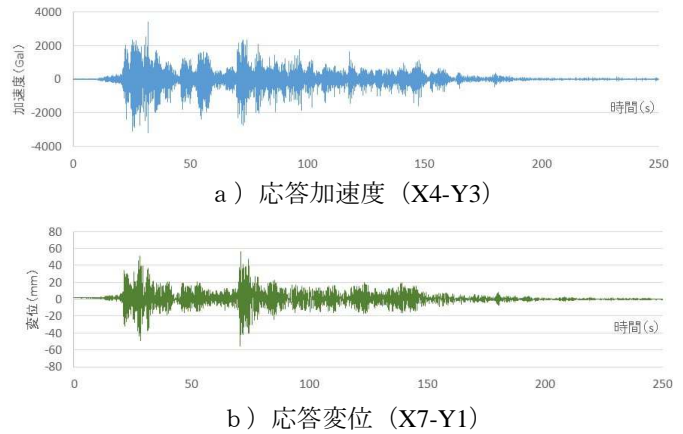


図2 天井面応答加速度および応答変位時刻歴

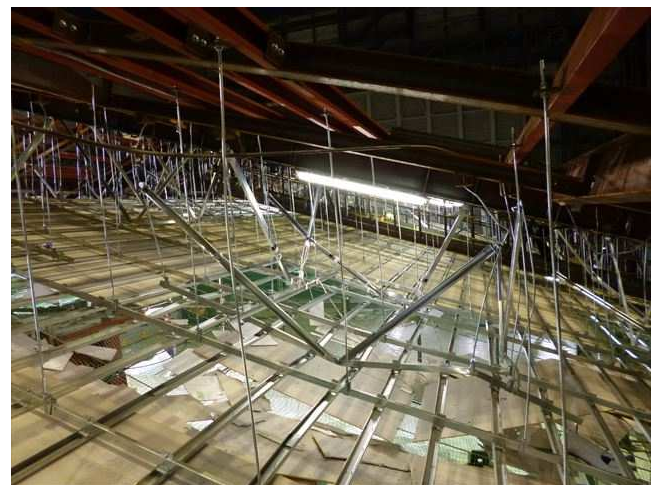


写真4 ブレース近傍の破損状況

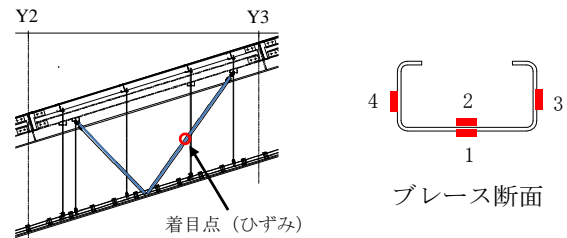


図3 ひずみゲージ設置位置

3. 結果の解析

図3のように梁間方向 X4 通り、Y2-Y3 通り間の 2.2G 耐震天井中央の（長い）ブレースに設置したひずみゲージ 1～4（断面参照）のひずみ度の平均の時刻歴を図4に示す。

圧縮方向のひずみ度（平均）の最大値は、K-NET 仙台 80%加振で 137.63μ であり、ブレース材の断面積 175.2mm^2 、ヤング係数 205000N/mm^2 として、ブレース軸方向の圧縮力に換算すると約 4943N 、K-NET 仙台 100%加振でのひずみ度（平均）の最大値は 244.35μ で、軸方向の圧縮力に換算すると約 8776N となる（図4右軸参照）。

K-NET 仙台 100%加振では、 $150\sim 200\mu$ 程度のひずみ度を示しており、ブレース材の設計用最大荷重 4122.7N （ひずみ度換算で 114.78μ ）を超える軸力が生じている。

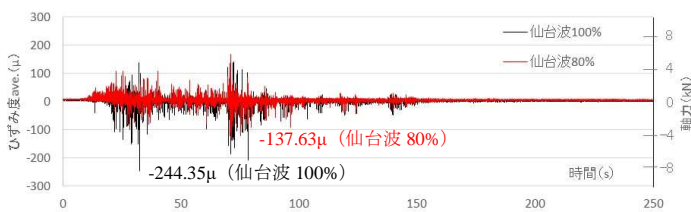


図4 ひずみ度（平均）時刻歴

4. まとめ

今回の実験では、設計レベルに対しては目立った損傷は生じなかったが、設計レベルを超えた加振では、ブレースの座屈よりも接合金具の変形等が目立つ結果となった。天井試験体の設計に際しては安全率を考慮して部材選定を行ったが、実務に際してはバランスのよいブレース設置等を行い、詳細な検証、部材選定が必要である。

実際に生じた軸力とブレース材の座屈耐力の関係等を今後詳細に検討を進める。

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

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