

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11 大規模空間における吊り天井の施工調査

正会員 佐々木智大^{*1} 同 清家剛^{*2} 同 石川種俊^{*3} 同 磯部孝行^{*3} 同 ○高岡昌史^{*4}
同 青井淳^{*1} 同 梶原浩一^{*1} 同 荒井智一^{*5} 同 金井貴浩^{*6} 同 岩下裕樹^{*7}

吊り天井	人工調査	作業効率
施工工程	耐震天井	E-ディフェンス

1. はじめに

東日本大震災での天井等の脱落被害を受け、国土交通省は、天井落下防止対策を義務付けるために建築基準法施行令を改正し、平成26年4月より施行された(以下この基準をH26技術基準とする)¹⁾。H26技術基準では、これら天井落下防止対策のために、クリアランスの確保、ブレースの設置、ブレース近傍の金具の固定などが義務付けられており、旧来の吊り天井と比較して、施工手間が増加している。H26技術基準に従って設計された天井(以下耐震天井とする)はこれから施工されるものであり、施工上の課題や留意点などの洗い出しが急務である。本研究では、防災科学技術研究所が実施した大規模空間吊り天井の加振実験に用いた実大試験体の製作工事の施工調査を実施し、耐震天井の施工性や、施工上の課題、留意点などを明らかにする事を目的としている。

2. 調査方法

平成26年1月には試験体内部に耐震対策のない吊り天井(未対策天井)を設置した状態での実験を、同年2月にはJIS規格材を主たる部材とし設計水平震度を1.1とした1.1G耐震天井と、JIS規格よりも高強度な部材で構成し設計水平震度を2.2とした2.2G耐震天井の2種類の耐震天井を設置した状態での実験を実施した。本研究では、これら3種類の吊り天井を対象とし施工調査を行った。これらの詳細な仕様はその2~その4を参照いただき、ここ

では、施工性に関する情報を表1にまとめる。天井の施工は建物が震動台上に設置された状態で行われ、天井施工のために全面に足場を設置した。また、天井工事では、設備工事などの他の作業との干渉がなかった。現実の施工現場とは異なる条件下での工事であった点には注意が必要である。

調査方法は、毎日の作業内容および作業人員数を記録した作業日報によって天井施工に係る工程を俯瞰的に把握したほか、詳細な作業内容は施工立ち会いによる実態調査により作業内容を抽出した。

3. 吊り天井の施工工程

3種類の吊り天井の施工調査により作業工程を明らかにし、天井施工の課題をまとめる。吊り天井の施工調査結果を表2に示す。

3.1 吊り天井の作業内容と手順

吊り天井の施工工程は、躯体への吊りボルト設置から下地材の固定までの下地施工と、野縁に石膏ボードや吸音板を設置するボード施工に分けることが出来る。下地施工は以下の手順で行われた。

(下地施工の工程)

- 1 車体と吊りボルトの設置
- 2 吊りボルトへのハンガー取り付け
- 3 ハンガーと野縁受け接合
- 4 野縁受けのジョイントによる接合(1.1G、2.2Gはビス留め)
- 5 クリップによる野縁受けと野縁の接合(1.1G、2.2Gはビス留め)
- 6 ブレースの設置(1.1G、2.2Gのみ)

ブレースの設置やジョイント、クリップ等のビス固定の有無が未対策天井と耐震天井の大きな違いである。なお、下地施工は、基本的に1から6の手順で実施されるが、ブレースの設置は、施工性の問題から全ての野縁を接合する前に設置された。ボード施工の手順は次の通りである。

(ボード施工の工程)

- 1 基準となる段の石膏ボードの石膏ボード用ビスによる固定
- 2 その他の石膏ボードの石膏ボード用ビスによる固定
- 3 間材や端部等のボードの採寸・裁断・固定
- 4 見切りの設置
- 5 基準となる段の岩綿吸音板の貼り付け
(接着材を塗布し、タッカーで固定)
- 6 その他の岩綿吸音板の貼り付け(同上)

ボード施工は未対策天井と耐震天井で大きな違いはない。ただし、耐震天井でのみボード施工と並行してクリ

表1 調査対象の吊り天井の仕様(一部)

	未対策天井	1.1G耐震天井	2.2G耐震天井
天井見付面積	583m ² (30×19.4m)	279m ² (29.7×9.4m)	279m ² (29.7×9.4m)
吊りボルト	1.2×1.0m間隔 630本	0.9×1.0m間隔 377本	0.9×1.0m間隔 377本
ハンガー	630個 固定無し	491個 ビス2本/箇所	497個 ビス2本/箇所
野縁受け ジョイント	92箇所 ビス固定無し	62箇所 ビス4本/箇所	46箇所 ビス4本/箇所
野縁 ジョイント	286箇所 ビス固定無し	224箇所 ビス固定無し	176箇所 ビス固定無し
クリップ S:シングル W:ダブル	握りクリップ S:1394個, W:449個	耐風圧クリップ S:294個, W:186個 耐震クリップ S:336個, W:168個	耐風圧クリップ W:947個 耐震クリップ W:270個
ブレース用 吊りボルト	なし	114本	120本
ブレース	なし	27組	30組

アランスの確認と調整を行っている。

3.2 各仕様による作業の課題

- 未対策天井、1.1G 耐震天井、2.2G 耐震天井の施工の比較から明らかになった課題について整理する。
- 耐震天井の施工にあたり、各金物の固定に必要なビスが複数種あり、確認に手間取った。
 - 固定部分の金物は複数の部品が重なるため、固定箇所が厚くなり、ビス固定が困難であった。一部はドリルにより下穴を空けてからの固定を行った。
 - 吊り元付近と追加野縁受け付近のプレースの取り付け作業について、1人作業で可能な金具を使用し取り付けるようにしたが、取り付け部の周囲の状況によっては吊り元付近まで手が届かない場合もあり、やむなく2人で作業した場所もあった。
 - 石膏ボード貼り付け時、ボードジョイント部の野縁に軽微なずれがあり、補正した。固定しているクリップもあり、これらを緩めてから行うなど、旧来の天井よりも手間がかかった。
 - 車体と天井のクリアランスが60mmを下回り、数回調整を行った。自重で天井面が斜面下方向に下がる他、勾配天井でクリップ等が傾いていたために頂部が飛び出していた。

4. 各吊り天井の作業効率

各吊り天井の施工性を把握するため、作業日報により表2のように作業毎に把握された人工数を集計した。まとめ方としては、それぞれの天井について各作業に要した人工数を集計し、同時間帯における複数の作業は作業

人数に比例配分し、不可分な作業は等分した。

各吊り天井の下地施工とボード施工にかかる全体の人工数を比較した結果を図1に示す。なお、施工面積の違いによる差異をなくすため、未対策天井の人工数は0.5倍して示している。ボード施工には大きな差はみられないが、下地施工は未対策天井の場合に比較して、1.1G 耐震天井で3倍、2.2G 耐震天井では4倍を超える結果となった。ただし、2.2G 耐震天井では、プレースを取り付ける吊りボルトの位置がずれており、その手直しが発生したために作業量が増えたものであるが、それらの影響を除いても1.1G 耐震天井と同程度の作業量が必要である。

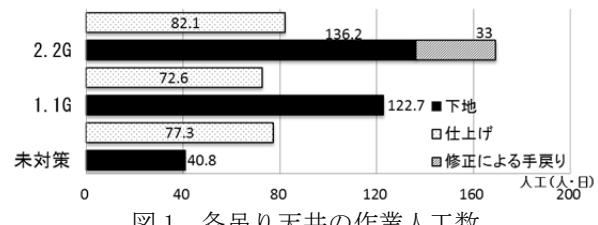


図1 各吊り天井の作業人工数

5. まとめ

E-ディフェンス振動実験に使用する試験体の施工調査を行い、平成26年4月施行の技術基準に従い設計した天井の施工性を明らかにし、施工における課題を洗い出した。これらの課題は現実の作業現場でも起こり得る問題と考えられ、さらなる技術開発が望まれる。

参考文献

- 一般社団法人 建築性能基準推進協会：建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説、2013.

表2 各吊り天井の作業工程と人工数※人工数；相談時間・修正作業時間を含む、休憩時間は除く

部位	未対策								1.1G								2.2G											
	下地				仕上げ				下地				仕上げ				下地				仕上げ							
作業内容	吊りボルト	ハンガーハンガーボルト	野縁受け	野縁	石膏ボード貼り	見切り	吸音板貼り	吊りボルト	ハンガーハンガーボルト	野縁受け	野縁	クリップ	フレース	石膏ボード貼り	見切り	吸音板貼り	吊りボルト	ハンガーハンガーボルト	野縁受け	野縁	クリップ	フレース	石膏ボード貼り	見切り	吸音板貼り			
	設置	ボルト締め	ハンガーハンガーボルトへの接合	野縁受け	位置決め	位置決め	吸音板貼り	吊りボルト	設置	ハンガーハンガーボルト	野縁受け	野縁	クリップ	フレース	石膏ボード貼り	見切り	吸音板貼り	吊りボルト	設置	ハンガーハンガーボルト	野縁受け	野縁	クリップ	フレース	石膏ボード貼り	見切り	吸音板貼り	
人工数(人・時)	32.0	11.5	11.5	26.7	67.0	13.0	74.5	42.5	7.6	18.0	33.3	9.6	20.1	35.9	7.3	29.5	41.4	23.3	31.3	35.3	11.3	19.3	42.2	9.7	30.2			
1日AM	10.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	1.1	3.8	6.7	5.0	5.0	2.9	2.9	1.1	7.5	1.5	21.0	12.0	7.0	12.0	7.0	5.0	7.0	4.0	4.5	8.6	
1日PM	17.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	15.2	17.5	20.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	2.4	2.4	7.2	
2日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.5	24.5	9.0	12.0	12.0	7.5	8.8	7.5	12.0	12.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.5	3.5	7.0	
2日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	18.0	18.0	6.0	7.0	7.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
3日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	20.0	2.9	9.0	12.0	12.0	7.5	8.8	7.5	12.0	12.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.5	3.5	7.0	
3日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	24.5	3.0	10.5	10.5	10.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	18.0	18.0	6.0	7.0	7.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	18.0	18.0	7.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
5日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	12.0	12.0	12.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
5日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	17.5	17.5	17.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
6日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	9.0	9.0	9.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
6日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	10.5	10.5	10.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	9.0	9.0	9.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
7日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	7.5	7.5	7.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
8日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	10.5	10.5	10.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
8日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	9.0	9.0	9.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
9日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	12.0	12.0	12.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
9日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	15.0	15.0	15.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
10日AM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	10.5	10.5	10.5	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
10日PM	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	9.0	9.0	9.0	0.4	0.4	0.4	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
下地完了(未対策)								下地完了(1.1G)								下地完了(2.2G)								全工程完了(未対策)				
																								全工程完了(2.2G)				
																								全工程完了(2.2G)				
																								全工程完了(2.2G)				

*1 (独)防災科学技術研究所

*2 東京大学准教授

*3 東京大学

*4 オクジュー

*5 桐井製作所

*6 三洋工業

*7 八潮建材工業

*1 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

*2 Associate Prof., The University of Tokyo.

*3 The University of Tokyo.

*4 Okuju Corporation

*5 Kirii Construction Materials Co., Ltd

*6 Sanyo Industries, Ltd

*7 Yashio Kenzaikogyo Co., Ltd