

## 地震による天井の損傷の診断方法に関する研究 一その1 事例調査の分析一

正会員 同	○荒井 智一 1* 八木 尚太朗 3***	正会員 同	水野 貴斗 2** 清家 剛 4****
天井 損傷	診断 点検 非構造部材		

### 1. 背景・目的

東日本大震災での天井の脱落による人的被害などから、非構造部材の耐震性が注目を集めている。非構造部材の脱落は、高所から重い部材が脱落する事態もあり、深刻な人的被害につながる可能性がある。また、損傷の減少により、地震後に拠点となる施設を中心に、安全性に加え地震後の継続利用への要求も高まっている。地震後の継続利用には非構造部材の補修等が必要な場合もあるが、短時間で容易に診断できない場合がある。

そこで本研究では、非構造部材の中でも高所に設置される天井に着目し、地震による天井の損傷の診断に関して、新たな方法の提案を目的とし、その1で事例調査の分析から天井の損傷の傾向について把握し、その2で天井裏の損傷を検出するための新しい診断方法の検証のために、実証実験を行う。

### 2. 事例調査の分析の概要

調査の対象は、日本耐震天井施工共同組合が2017年～2021年に行った185事例(延べ303部屋、859の点検箇所)の診断データとする。なお、これらの診断は、地震発生の有無に関わらず、建物所有者の依頼を受け行われるものである。診断では、専門家が足場などを組み、点検口などから時間をかけて天井裏を含めた目視調査および計測が行われる。分析は、点検箇所ごとに各部材の損傷の有無や状態が写真と共に記載された診断データの中から、22項目に分けられている各部材の損傷の状況に着目し、表1に示す11項目の観点から行った。

表1 分析の項目

①	損傷の種類ごとの割合
②	損傷の種類ごとの相関関係
③	地域別の損傷の比較
④	天井下から視認可能な損傷がある場合とない場合の比較
⑤	点検方法別の損傷の比較
⑥	建築年代別の損傷の比較
⑦	天井の形状別の損傷の比較
⑧	天井の面積別の損傷の比較
⑨	建物用途別の損傷の比較
⑩	天井の重さ別の損傷の比較
⑪	構造種別ごとの損傷の比較

### 3. 事例調査の分析の結果

①「損傷の種類ごとの割合」の点からは、「鋼製下地材等の錆・腐食」、「クリップの緩み・外れ」の二つの損傷が目立ち、また、この二つの損傷は他の損傷に対しての相関性が高かった。

②「損傷の種類ごとの相関関係」の点からは、隣り合う部材同士の損傷や水分に起因する損傷同士の相関性が高いこと、天井下から視認可能な損傷の中でも、「天井板に亀裂や破断、陰影」等が見られる場合、「ハンガーの緩み・外れ」、「吊りボルトの折損・変形」などとの相関が比較的高いことなどが分かった。

③「地域別の損傷の比較」の点からは、「クリップの緩み・外れ」は熊本・大阪とともに他の地域よりも損傷の割合が高く地震の影響が考えられるのに対し、「ナットの緩み・外れ」などは熊本だけが損傷の割合が高い状況から、地震の種類や余震の回数などの影響があるのではないかと考えられる。

④「天井下から視認可能な損傷がある場合とない場合の比較」の点からは、天井下から視認不可能な損傷のみ存在した点検箇所の割合は56.5% (485点検箇所/859点検箇所)であった。図1に示す損傷ごとの割合をみると、「クリップの緩み・外れ」に関して、天井下から視認可能な損傷が「ない」場合でも25%の割合で報告されている。天井下から視認不可能な損傷のみ発生した場合は、地震後の詳細な点検が行われず、天井の落下につながる損傷が見過ごされている可能性がある。

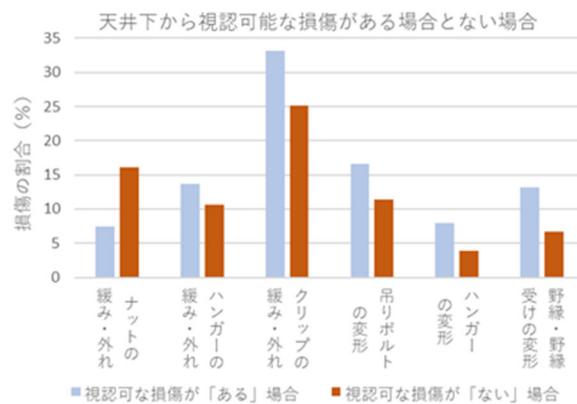


図1 天井下から視認不可能な損傷の見過ごされやすさ

⑤「点検方法別の損傷の比較」の点からは、点検方法ごとに損傷の割合が高い部材に違いが見られ、遠くからでも見やすいなど損傷ごとに視認性の違いがあるのではないかと考えられる。

⑥「建築年代別の損傷の比較」の点からは、多くの損傷の場合、建築年代の古い方の割合が高いものの、「緩みや外れ」、「変形」の損傷に関してはその傾向があまりみられず、築年数の影響は少ないのでないかと考えられる。「吊りボルト」に関しては損傷の割合が、折損が古い方、変形は新しい方が高いことから、「変形→折損」の順で起きているのではないかと考えられる。

⑦「天井の形状別の損傷の比較」の点からは、「緩み・外れ」に関しては、「複数の形状の天井」が絡んだ方が損傷の割合が高くなりやすいこと、「天井面の亀裂又は破断」は「傾斜天井」が絡むと損傷の割合が高いこと、「吊りボルトの変形」に関しては、「段差天井」が絡んでいるものの損傷の割合が高いこと、「野縁・野縁受けの変形」に関しては、「曲面天井」が絡んでいるものの損傷の割合が高いことが分かった。

⑧「天井の面積別の損傷の比較」の点からは、「緩み・外れ」に関しては「ナット」、「クリップ」は面積が小さい方が損傷の割合が高いのに対して、「ハンガー」は面積別に偏りがないことや、「変形」に関しては「ハンガー」、「野縁・野縁受け」は面積が大きい方が損傷の割合が高いのに対して、「吊りボルト」のみ面積が小さい方が損傷の割合が高いといったことが分かった。

⑨「建物用途別の損傷の比較」を表2に示す。プール

表2 建物の用途と損傷の関係

(%)	アリーナ	エントランス	ホール	多目的ホール	シアター	軒天井	プール	ホワイエ	その他
件数	90	70	311	130	41	12	26	89	89
天井板の腐食	2.2 (2/90)	2.9 (2/70)	1.3 (4/311)	0.8 (1/130)	2.4 (1/41)	16.7 (2/12)	0 (0/26)	2.2 (2/89)	2.2 (2/89)
鋼製下地材等の錆・腐食	30 (27/90)	24.3 (17/70)	34.4 (107/311)	36.9 (48/130)	22 (9/41)	66.7 (8/12)	76.9 (20/26)	36(36/89)	27 (24/89)
天井面の水ぬれ	4.4 (4/90)	2.9 (2/70)	2.3 (7/311)	2.3 (3/130)	0 (0/41)	0 (0/12)	11.5 (3/26)	7.9 (7/89)	0 (0/89)
天井面に錆汁	0 (0/90)	0 (0/70)	1.6 (5/311)	1.5 (2/130)	0 (0/41)	16.7 (2/12)	11.5 (3/26)	0 (0/89)	2.2 (2/89)
しみ	11.1 (10/90)	8.6 (6/70)	4.8 (15/311)	4.6 (6/130)	0 (0/41)	0 (0/12)	15.4 (4/26)	2.2 (2/89)	10.1 (9/89)
ナットの緩み・外れ	7.8 (7/90)	15.7 (11/70)	13.5 (42/311)	6.9 (9/130)	53.7 (22/41)	16.7 (2/12)	7.7 (2/26)	13.5 (12/89)	18 (16/89)
ハンガーの緩み・外れ	10 (9/90)	4.3 (3/70)	16.7 (52/311)	5.4 (7/130)	12.2 (5/41)	8.3 (1/12)	0 (0/26)	5.6 (5/89)	16.9 (15/89)
クリップの緩み・外れ	17.8 (16/90)	27.1 (19/70)	27 (84/311)	32.3 (42/130)	34.1 (14/41)	16.7 (2/12)	19.2 (5/26)	18 (16/89)	36 (32/89)
天井板ねじ頭のへこみ	3.3 (3/90)	0 (0/70)	0 (0/311)	0 (0/130)	0 (0/41)	8.3 (1/12)	0 (0/26)	1.1 (1/89)	0 (0/89)
吊り元コンクリートの欠け	1.1 (1/90)	0 (0/70)	0 (0/311)	1.5 (2/130)	0 (0/41)	25 (3/12)	0 (0/26)	0 (0/89)	1.1 (1/89)
吊り元(吊りボルト)折損	5.6 (5/90)	2.9 (2/70)	6.1 (19/311)	2.3 (3/130)	2.4 (1/41)	0 (0/12)	11.5 (3/26)	4.5 (4/89)	2.2 (2/89)
天井面の亀裂又は破断	12.2 (11/90)	11.4 (8/70)	6.1 (19/311)	6.2 (8/130)	0 (0/41)	33.3 (4/12)	0 (0/26)	3.4 (3/89)	7.9 (7/89)
天井板の脱落又は剥離跡	6.7 (6/90)	2.9 (2/70)	2.6 (8/311)	1.5 (2/130)	2.4 (1/41)	8.3 (1/12)	0 (0/26)	4.5 (4/89)	4.5 (4/89)
天井面に陰影	4.4 (4/90)	2.9 (2/70)	0.3 (1/311)	2.3 (3/130)	0 (0/41)	0 (0/12)	3.8 (1/26)	2.2 (2/89)	1.1 (1/89)
天井下地と天井板との間に隙間	4.4 (4/90)	1.4 (1/70)	1 (3/311)	3.1 (4/130)	2.4 (1/41)	8.3 (1/12)	0 (0/26)	0 (0/89)	4.5 (4/89)
吊元の錆・たわみ・損傷	8.9 (8/90)	1.4 (1/70)	3.5 (11/311)	2.3 (3/130)	4.9 (2/41)	25 (3/12)	11.5 (3/26)	3.4 (3/89)	2.2 (2/89)
吊りボルトの変形	15.6 (14/90)	17.1 (12/70)	9.3 (29/311)	13.1 (17/130)	29.3 (12/41)	16.7 (2/12)	19.2 (5/26)	5.6 (5/89)	12.4 (11/89)
ハンガーの変形	2.2 (2/90)	1.4 (1/70)	6.1 (19/311)	5.4 (7/130)	0 (0/41)	16.7 (2/12)	3.8 (1/26)	1.1 (1/89)	9 (8/89)
野縁・野縁受けの変形	5.6 (5/90)	5.7 (4/70)	8 (25/311)	6.2 (8/130)	4.9 (2/41)	8.3 (1/12)	3.8 (1/26)	6.7 (6/89)	19.1 (17/89)
段差部の変形	3.3 (3/90)	0 (0/70)	0.6 (2/311)	0 (0/130)	0 (0/41)	0 (0/12)	0 (0/26)	0 (0/89)	0 (0/89)
吊り金具の変形	4.4 (4/90)	0 (0/70)	3.5 (11/311)	1.5 (2/130)	0 (0/41)	0 (0/12)	0 (0/26)	0 (0/89)	4.5 (4/89)
吊元の接合不良等	6.7 (6/90)	10 (7/70)	6.8 (21/311)	5.4 (7/130)	2.4 (1/41)	16.7 (2/12)	11.5 (3/26)	3.4 (3/89)	1.1 (1/89)

■ : 50%以上 ■ : 30%以上 50%未満 ■ : 20%以上 30%未満 ■ : 10%以上 20%未満

\*桐井製作所

\*\*東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻 修士課程

\*\*\*国立研究開発法人 建築研究所

\*\*\*\*東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻 教授・博士(工学)

(26件)では湿気、軒天井(12件)では風雨が吹き込むためか、他の用途より多くの損傷で割合が高く、水分に起因する損傷が目立った。「緩み・外れ」に関しての損傷は、他の天井に比べ重い天井が多いためホール系の用途で損傷の割合が高かった。

⑩「天井の重さ別の損傷の比較」では、「単位面積当たりの重さ (kg/m<sup>2</sup>)」の点から、「緩み・外れ」の損傷が「5kg/m<sup>2</sup>以上」で目立ち、重い天井の方が、損傷が発生しやすいのではないかと考えられる。「全体の重量」の点からは傾向は見られず、単位面積当たりの重量の方が損傷への影響が大きいと考えられる。

⑪「構造種別ごとの損傷の比較」の点からは、大きな傾向は見られなかったが、「緩み・外れ」に関して「ナット」は「SRC造」、「クリップ」は「S造」・「RC造」が他より損傷の割合が高くなっていた。「吊りボルトの変形」に関しては、特に「RC造」で吊元が「RCスラブ」での損傷の割合が高くなっていた。

#### 4.まとめ

事例調査の分析から、天井裏にのみ損傷が発生しうることが示唆される。現状地震直後の診断は天井下からの目視調査のみで行われることが多く、このままでは、今後の地震においても天井裏の損傷が見過ごされ、大規模な天井の崩落が多発する可能性がある。そのため、新しい損傷の診断方法の構築が急務であることから、その2で実験を通じて新たな診断方法の検証を行う。

#### 参考文献

日本耐震天井施工協同組合, (2023), 天井耐震診断調査研究報告書—天井の耐震診断から見えてくること—.

\* Kirii Construction Materials Co, Ltd

\*\*Master's Course, Graduate Student, Graduate School of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo

\*\*\* Building Research Institute

\*\*\*\* Prof., Graduate School of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.