

2. 地震による天井の脱落被害

本章では、地震による天井の脱落被害について把握するために、アンケート調査（2.1）、現地被害調査（2.2）、文献調査（2.3）を行い、それらについてまとめている（2.4）。

東日本大震災による天井被害のアンケート調査は特定行政庁と（一社）日本建設業連合会に対して行い、それぞれ2.1.1と2.1.2にまとめている。前者については、2.2で実施した現地被害調査の事例の選定につなげている。

東日本大震災による天井脱落被害の現地調査では13事例について情報収集・整理を行った。その中でやや特別なものを除いた11事例について、情報を横並びに整理した上で更に詳細な整理・検討を行った。

地震による天井脱落の文献調査は、新聞、テレビ、インターネット等から情報収集を行うとともに、（一社）日本建築学会の地震被害調査報告、国土技術政策総合研究所および建築研究所が実施した地震被害調査報告、建築基準整備促進事業による過去の調査報告からも情報収集を行った。

以下、それぞれの調査結果について各節で記述する。

2. 1 東日本大震災における天井脱落被害のアンケート調査

2.1.1 16 都県の特定行政庁へのアンケート

(1) 調査概要

1) 調査目的等

本アンケートは、東日本大震災による天井被害建築物の概要を緊急に把握するとともに、現地調査を行うための基礎資料とすることを目的として実施したものである。

なお、本アンケートは、下記2)に示すとおり地震による天井脱落等の被害の情報があった建築物を対象として実施したものであるため、天井被害があった建築物の全容を把握するものではないことに留意する必要がある。

2) 調査対象

平成23年5月17日現在において、新聞、テレビ、インターネット等で同年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震、3月12日に発生した新潟県中越地方を震源とする地震、3月15日に発生した静岡県東部を震源とする地震により、天井が脱落したと報道された建築物及び日本建築学会ホームページ等により情報を入手した建築物で、建設地及び名称が特定された建築物を対象とした。なお、当協会に設置した「地震による天井脱落対策に関する検討委員会」委員及びW G委員による現地調査が行われた建築物及び現地調査を行う予定が明らかな建築物については本アンケート調査の対象外とした。

3) 調査方法

国土交通省から対象建築物のある16都県の特定行政庁にアンケート票を送付し、67の特定行政庁から回答を得た。

なお、調査票の記入にあたっては、可能な範囲で現地調査、所有者又は管理者等へのヒアリング等を行って記入いただくよう依頼した。

4) 調査年月日

平成23年5月20日～5月27日

5) 有効回答件数

151件

6) アンケート結果

有効回答件数151件についてアンケート項目別の単純集計を行った結果は以下のとおりである。

(2) 単純集計結果

1) 建物の諸元

①建築時期 (図2.1)

昭和56年以前が42件(28%)、昭和56年以降(新耐震基準施行)が106件(71%)であった。

なお、技術的助言「大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について」が出された平成13年以降は19件であった。

②地上階数 (図2.2)

1階が18件、2階が50件、3階が34件、4階が21件、5階が10件、6～10階が14件、11階以上が2件であった。

2) 被災場所の諸元

①被災場所の用途 (表 2.1)

体育館・体育室が 72 件 (48%)、エントランスホール・コンコース・展示場・食堂・礼拝堂が 39 件 (26%)、事務所・会議室・教室が 10 件 (6.6%)、会議場・裁判所が 6 件 (4%) であり、その他の用途の件数は表 2.1 のとおりである。

②被災場所のおおよその広さ (図 2.3)

100 m²未満が 16 件 (11%)、100~500 m²未満 が 30 件 (20%)、500~1,000 m²未満が 38 件 (25%)、1,000 m²超が 54 件 (36%) であった。

③被災場所のおおよその天井高さ (図 2.4)

5m未満が 42 件 (28%)、5.1m~10m以下が 27 件 (18%)、10.1~15m以下が 65 件 (43%)、15m超が 7 件 (5%) であった。

3) 被災天井の諸元

①天井下地 (図 2.5)

金属が 89 件 (59%)、システム天井が 25 件 (17%)、木製が 6 件 (4%)、直天井が 7 件 (5%) であった。

②天井仕上げ材料 (図 2.6)

ボードが 104 件 (69%)、グラスウールが 18 件 (12%)、金属が 8 件 (5%)、木が 2 件 (1%) であった。

③クリアランス措置 (図 2.7)

ありが 18 件 (12%)、なしが 75 件 (49%)、不明が 9 件 (6%) であった。

④振れ止めの設置 (図 2.8)

ありが 34 件 (23%)、なしが 53 件 (35%)、不明が 11 件 (7%) であった。

*クリアランス措置及び振れ止め設置の両方を措置していたと回答したものは 12 件あった。

なお、アンケートでは「措置あり」とされている建築物でも、当協会による現地調査では振れ止めの措置状況が部分的に限定されていた建築物もあった。

4) 被害状況の諸元

①被害の発生した時期 (図 2.9)

本震によるものが 93 件 (62%)、本震と余震によるものが 47 件 (31%)、余震によるものが 3 件 (2%) であった。

②天井落下の状況 (図 2.10)

天井の多くが落下 43 件 (28%)、天井の一部落下が 86 件 (57%)、天井の一部破損 (落下なし) が 17 件 (11%) であった。

③人的被害の有無 (図 2.11)

死者ありが 3 件 (2%)、負傷者ありが 7 件 (5%)、死傷者なしが 135 件 (89%) であった。
(*原因が落下した天井部材であったかどうかは不明)

2. 地震による天井脱落被害

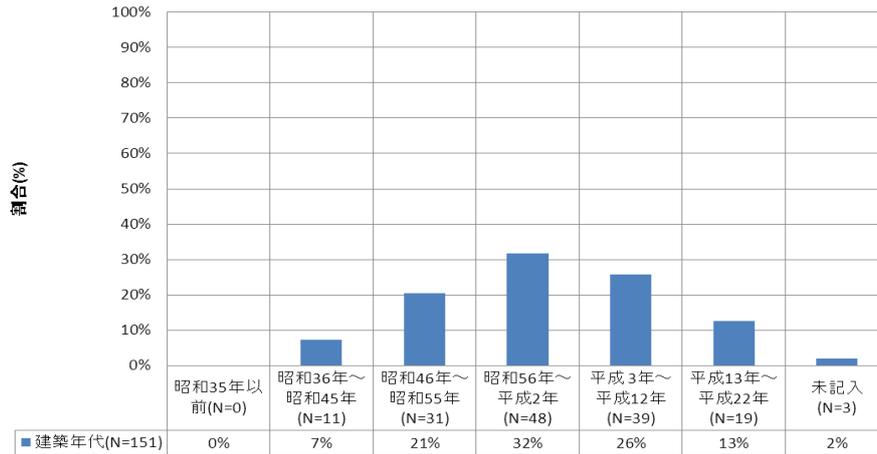


図 2.1 建築時期

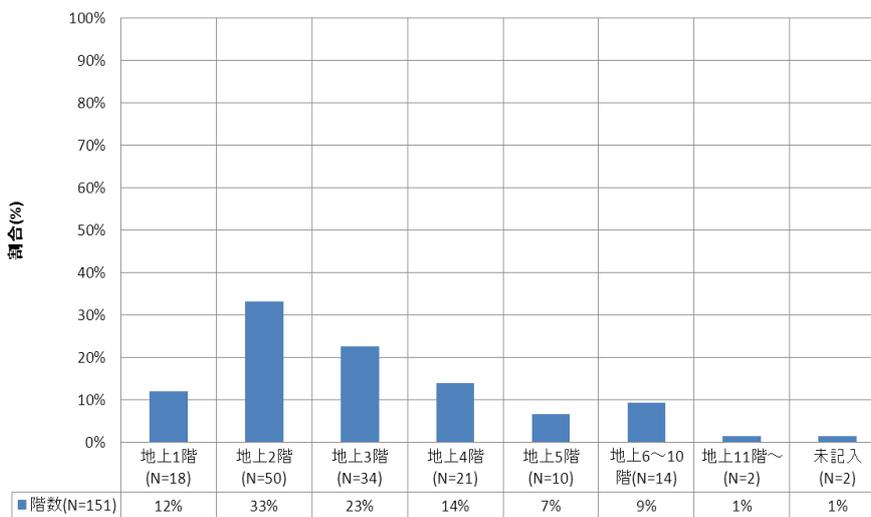


図 2.2 地上階数

表 2.1 被災場所の用途

用途	件数	割合
体育館（アリーナ、弓道場などを含む）、体育室	72	47.7%
エントランスホール、コンコース、展示場、食堂、礼拝堂	39	25.8%
事務所、会議室、教室	10	6.6%
会議場、裁判所	6	4.0%
プール	5	3.3%
劇場、映画館	4	2.6%
工場、給食センター	3	2.0%
通路、トイレ	3	2.0%
店舗	2	1.3%
倉庫	2	1.3%
ボーリング場	2	1.3%
未記入	3	2.0%
計	151	100.0%

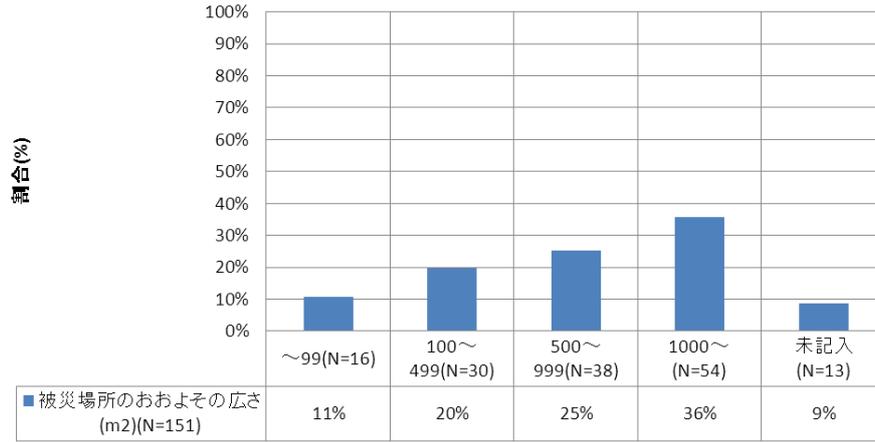


図 2.3 被災場所のおおよその広さ

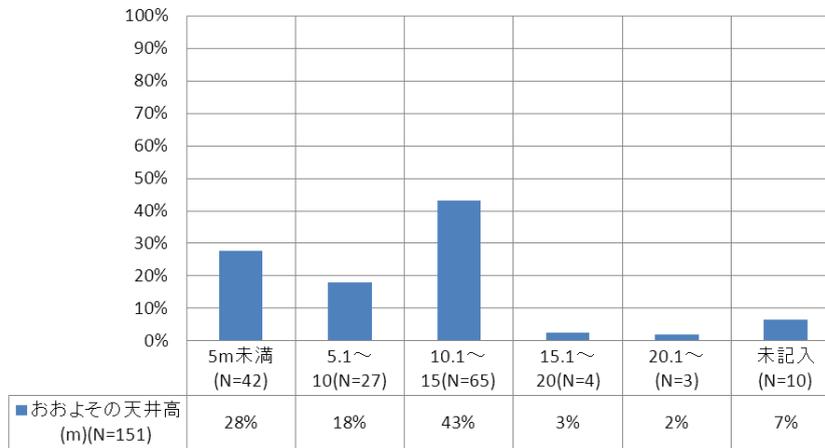


図 2.4 被災場所のおおよその天井高 (m)

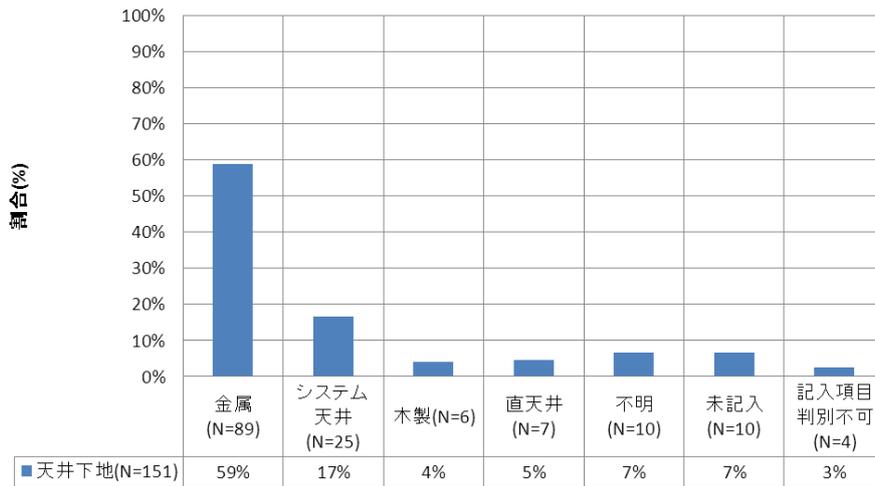


図 2.5 天井下地

2. 地震による天井脱落被害

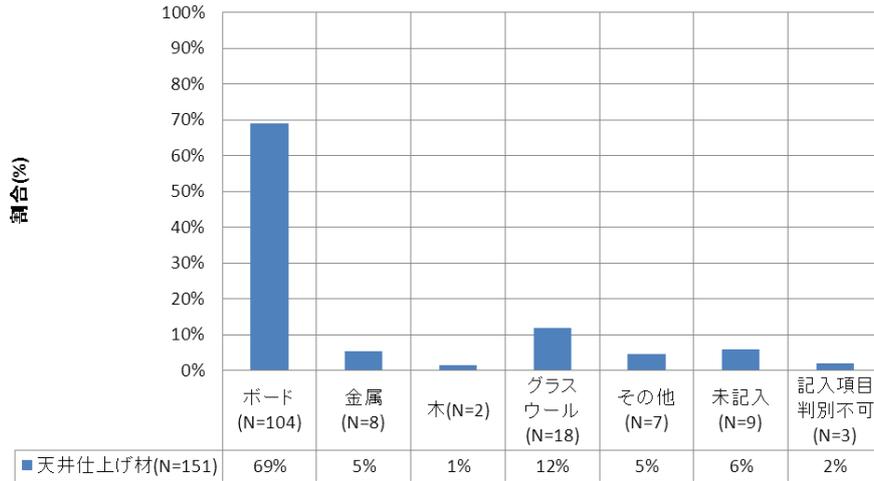


図 2.6 天井仕上げ材

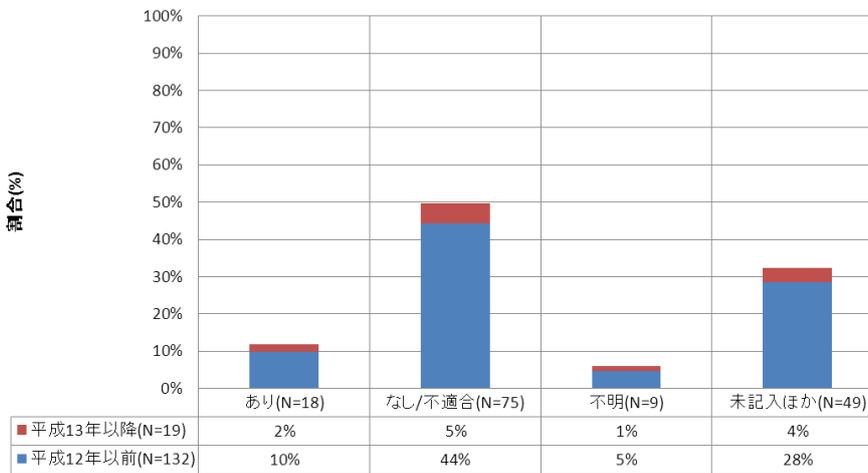


図 2.7 クリアランス措置

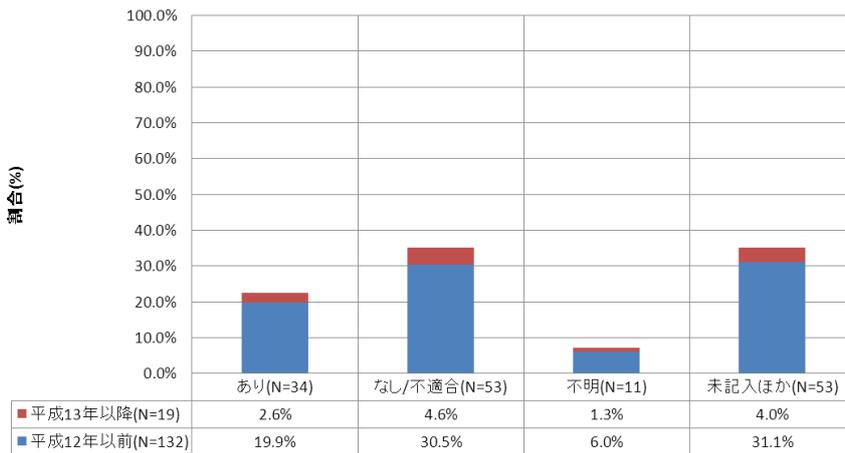


図 2.8 振れ止めの設置

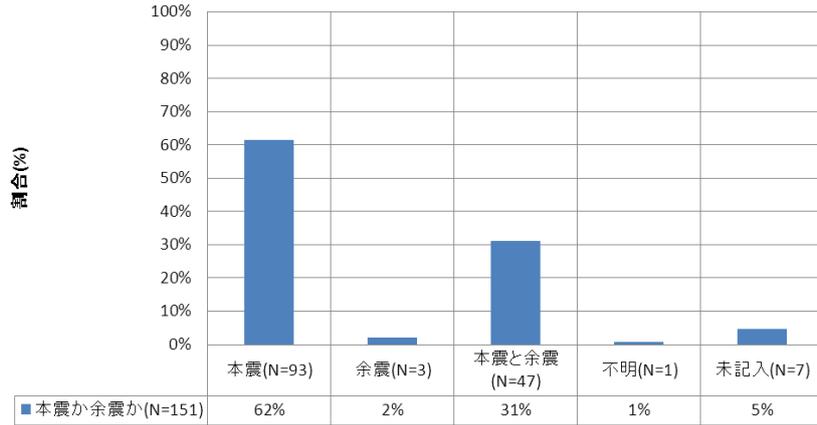


図 2.9 被害の発生した時期

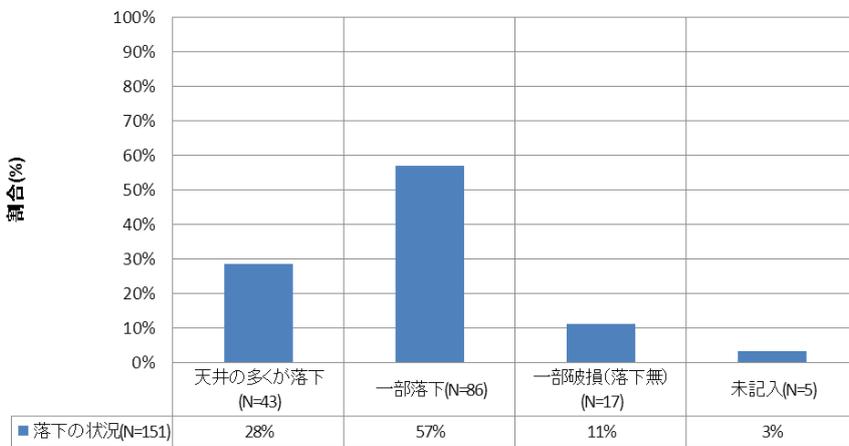


図 2.10 天井落下の状況

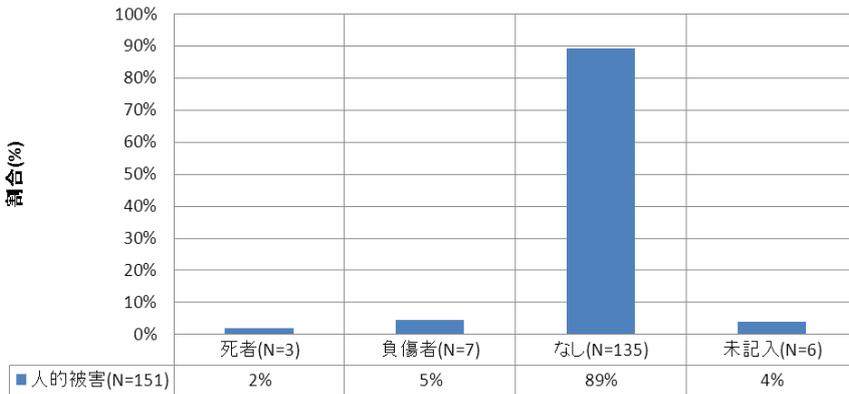


図 2.11 人的被害の有無

2.1.2 (一社) 日本建設業連合会へのアンケート調査

(1) 調査概要

本アンケート調査は、平成23年8月8日に当協会より、(一社) 日本建設業連合会へ依頼を行い、18社より回答を得た。

本調査の回答によると、東日本大震災において天井に被害が生じた件数は18社で約2,000件に上ることが分かった。さらに、個別の被害状況等を把握するため、別紙1(pp.2-10~2-11)の調査票による抽出調査を実施した。対象建築物については、以下の①と②に該当する建築物がおおよそ半数程度ずつとなるよう依頼し、215件の回答を得た。

① 不特定多数の人が利用する大空間を有する建築物(体育館、ホール、映画館等)

② ①以外の建築物で、天井について顕著な被害が見られた建築物(多様な用途が含まれるよう依頼) 集計結果を以下に示す。(215件中4件は被害無しとの回答であったため、211件について集計した。)

(2) 集計結果

1) 所在地と震度

① 所在地(問3)

宮城県が78件(40%)と多く、地域的には東北地方(岩手県、山形県、宮城県、福島県)で118件(56%)であった。

② 所在地の震度(問4)

震度6弱が最も多く(83件/39.3%)、震度5強以上が179件(84.8%)であった。

2) 建築物概要

③ 構造(問6)と構造躯体の被害有無(問35-1)

構造はS造が138件(65.4%)が多かった。構造躯体の地震被害は無しとの回答が173件(82.0%)であった。

④ 建築時期(問13)

1996(平成8)~2003(平成15)年が67件(31.8%)、2004(平成16)年以後が55件(26.1%)と多い。

⑤ 地上階数(問9-1)

地上階数は、1~2階が100件(47.4%)、3~5階が76件(36.0%)と多い。

3) 被災場所・天井の概要

⑥ 被災場所の主要な用途(問18)

店舗・売り場36件(17.1%)、事務所35件(16.6%)、ホール12件(5.7%)、工場12件(5.7%)となっており、これら用途が全体の45%を占めている。

⑦ 被災場所の室のおおよその広さ(問27)

500㎡未満が63件(29.9%)、500~1,000㎡未満が35件(16.6%)、5,000㎡以上が24件(11.4%)である。

⑧ 被災場所の天井下地(問28)

金属製下地が172件(81.5%)、システム天井(ライン)が18件(8.5%)である。

⑨被害の概要（問 34-1、問 34-2）

在来工法：仕上材のみ落下が 102 件（26.4%）、クリップ外れが 114 件（29.5%）、ハンガー開きが 63 件（16.3%）と多い。

システム天井：パネルのみ落下が 20 件（44.4%）と多い。

⑩天井仕上げ材の重ね枚数（問 30）

1 枚張りが 135 件（64.0%）と多く、2 枚張りは 63 件（29.9%）である。

⑪天井面のおおよその形状（問 33）

床面に対する天井面の形状は、水平・フラットが 172 件（67.5%）と多い。

⑫天井落下の状況（問 22）

天井の多くが落下が 46 件（21.8%）、一部落下が 117 件（55.5%）である。

⑬天井落下の発生した場所の天井面内での位置（問 23）

平天井の端部での脱落が 133 件（36.1%）、天井面の中央部分が 75 件（20.4%）、段差部・折れ曲がり部が 49 件（13.3%）、設備機器との取り合いが 71 件（19.3%）である。

4) 振れ止め、クリアランスの措置について

⑭振れ止めの設置について（問 44）

振れ止めは、設置なしが 93 件（44.1%）、設置有りが 110 件（52.1%、うち 29 件（13.7%）はブレースの設置状況不明）。

⑮クリアランスの措置について（問 41～問 43）

天井面と周囲の壁等間に十分な隙間があるか（問 41）については、無しが 185 件（88%）と多い。

段差などでの隙間や、設備のとの隙間については、該当する段差や設備があるかを含めて聞いている。段差など天井面の剛性が異なる部分相互に隙間があるか（問 42）については措置無しが 107 件であり、段差などがあるとする回答（措置あり又は措置なしと回答があったものの）の総数に対して 88.4%を占める。天井面と設備の間に隙間があるか（問 43）については 169 件が措置なしであり、天井面に設備があるとする回答（措置あり又は措置なしと回答があったもの）の総数に対して 90.9%を占める。

調査票（別紙 1）およびそれらの各問に対する集計結果を次ページ以降に示す。なお、問 1（会社名）、問 2（建築物の名称）、問 40（現地調査の可否）は、以下のアンケート集計では除外している。

2. 地震による天井脱落被害

【調査票No.】

別紙1

2. 東日本大震災における天井被害に関する調査票(個別票)

下記事項につきましてご回答のほど、ご協力をお願いします。

■本調査票の記載者情報

1 会社名

■天井被害のあった建築物の情報をご記入下さい。

2 建築物の名称(可能であれば、ご記入をお願いいたします。)

3 所在地 都道府県

4 所在地の震度 1. 4以下 2. 5弱 3. 5強 4. 6弱 5. 6強以上

5 所在地 区.市.町.村(可能であれば、ご記入をお願いいたします。)

-----以下の質問に対し、右端の欄に番号でご回答下さい(一部、数値、文字記載もあります)----- 回答欄↓

6 構造 (壁がRC造、屋根がS造の場合は 4. S+RC造になります)	1. S造 2. RC造 3. SRC造 4. S+RC造 5. S+SRC造 6. RC+SRC造 7. S+RC+SRC造 8. その他(回答欄に具体的に記載)	
7 天井の吊り元	1. スラブ 2. 鉄骨大梁 3. Cチャンネル 4. ALCパネル 5. 鋼板製屋根 6. その他(回答欄に具体的に記載)	
8 吊り元との接合	1. インサートねじ込み 2. 接合金物(引っ掛ける形のもの) 3. インサート金物 4. 溶接 5. その他(回答欄に具体的に記載)	
9 階数	地上階数	
	地下階数	
10 高さ	m単位でお答え下さい	
11 延べ面積	m ² 単位でお答え下さい	
12 建築物の用途(確認申請に準じた用途)	体育館、ホテル、劇場、百貨店、工場、博物館等具体的にご記入下さい	
13 建築時期	西暦でお答え下さい	
14 耐震改修の有無	1. 有 2. 無	
15 天井の改修の有無	1. 有 2. 無	
	1. 有 の場合は改修時期(西暦でご記入下さい)	
16 改修ありの場合は改修内容をご記入下さい		
■被災状況についてご記入下さい。		
17 1棟内の被災箇所	1. 一箇所 2. 複数箇所	
18 被災場所の主要な用途	ホール、アリーナ、プール、廊下通路、事務室、等具体的にご記入下さい	
19 被災場所の存する階	16. で答えた場所の存する階をご記入下さい	
20 被害の発生した日時(本震か余震か)	1. 本震(3月11日14:46) 2. 余震 2. 余震 とお答えの場合、その日時をご記入下さい	
21 被災時の利用状況	1. 在室者あり 2. 在室者なし 3. 不明	
22 天井落下の状況	1. 天井の多くが落下 2. 一部落下 3. 一部破損(落下は無し)	
23 天井落下の発生した場所の天井面内での位置(該当するものを選択(複数選択可))	1. 平天井の端部で脱落 2. 天井面の中央部分で脱落 3. 段差部・折れ曲がり部で天井が脱落 4. 設備機器との取り付け部分で脱落 5. その他()	
24 人的被害の有無	1. 有 2. 無 1. 有 とお答えの場合の死者数をご記入下さい 1. 有 とお答えの場合の負傷者数をご記入下さい	
25 被災場所のおおよその天井高さ	m単位でお答え下さい	
26 被災場所の天井ふところのおおよその高さ	m単位でお答え下さい	
27 被災場所の室のおおよその広さ	m ² 単位でお答え下さい	
28 被災場所の天井下地(わかる範囲で)	1. 木製下地 2. 金属製下地 3. システム天井(ライン) 4. システム天井(クロス) 5. 直天井 6. 不明 7. その他(回答欄に具体的に記入ください)	
29 被災場所の天井仕上げ材料(わかる範囲で)	1. 木製板(合板等) 2. ロックウール吸音板 3. せつこうボード 4. けい酸カルシウム版 5. 金属 6. 不明 7. その他(回答欄に具体的に記入ください)	
30 被災場所の天井仕上げ材の重ね枚数	1. 1枚(直張り) 2. 2枚 3. 3枚以上 4. その他	
31 天井落下に影響した(可能性のある)設備(該当するものを選択(複数選択可))	1. 空調 2. 照明 3. スピーカー 4. スプリンクラー 5. 給排水設備 6. 不明 7. 無 8. その他(回答欄に具体的に記入ください)	
32 上記設備の振れ止め等の耐震対策の有無	1. 有 2. 無	
33 天井面のおおよその形状(該当するものを選択(複数選択可))	床面に対し 1. 水平・フラット 2. 傾斜 3. 曲面 4. 段差あり 5. その他(回答欄に具体的に記入ください)	
34 被害の概要(該当するものを選択(複数選択可))		

	<p>【在来工法】（複数選択可）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 天井仕上材のみの落下（野縁から仕上材のみが脱落） 2. 野縁と野縁受けを接合するクリップの外れ 3. 野縁受け同士をつなぐ接合部の（金物、溶接）の外れ 4. 野縁受けとつりボルトを接合するハンガの開き、破断、外れ 5. プレースの接合部（溶接、金物）の外れ 6. つりボルト自体の破断 7. 吊りボルト上部の接合金物の外れ 8. つりボルトの溶接接合部の破断 9. その他の被害（回答欄に具体的にご記入ください） 	<p>（上記の被害の中で特に顕著に見られた被害を下欄にご記入下さい。）</p>
	<p>【システム天井】（複数選択可）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 天井パネルのみの落下 2. パー同士の継手接合部、クロス接合部の破断、外れ 3. Tバーとつりボルトを接合するTハンガの開き、破断、外れ 4. Tバーと野縁受けを接合するCTハンガの開き、破断、外れ 5. Hバーと野縁受けを接合するCHクリップの外れ 6. 野縁受けとつりボルトを接合するハンガの開き、破断、外れ 7. プレースの接合部（溶接、金物）の外れ 8. つりボルト自体の破断 9. つりボルトの溶接接合部の破断 10. その他の被害（回答欄に具体的にご記入ください） 	<p>（上記の被害の中で特に顕著に見られた被害を下欄にご記入下さい。）</p>
	<p>【その他の天井】</p> <p>被害内容（回答欄に具体的にご記入ください）</p>	
35 構造躯体の被害の有無	<p>1. 有 2. 無</p> <p>（複数選択可）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 主要な柱の破壊 2. 大梁の破壊 3. 耐力壁の破壊 4. 基礎の破壊 5. 基礎ぐいの破壊 6. 小屋組の破壊 7. 土台の破壊 8. 斜材の破壊 9. 床版の破壊 10. 屋根版の破壊 11. その他の被害（回答欄に具体的にご記入ください） 	<p>（上記の被害の中で特に顕著に見られた被害を下欄にご記入下さい。）</p>
被害ありの場合は右欄から選択してください		
36 上記構造躯体の被害内容の詳細（可能であれば、ご記入をお願いします。）		
37 復旧の状況	<ol style="list-style-type: none"> 1. 復旧済 2. 復旧工事中 3. 被災時のまま（落下物撤去済） 4. 被災時のまま（落下物未撤去） 	
38 復旧の方法（可能であれば、ご記入をお願いいたします。）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 従前と同じ仕様で復旧 2. 従前と違う仕様で復旧（落下防止対策等を講じるための仕様の変更） 3. 従前と違う仕様で復旧（落下防止対策を目的とするものではない仕様の変更） 	
39 2. 従前と違う仕様（落下防止対策等を講じるための仕様の変更）で復旧した場合、その落下防止対策		
40 現地調査の可否（可能であれば、ご記入をお願いいたします。）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可能 2. 不可 3. 不明（施主に問い合わせが必要） 	
■クリアランスの措置状況、振れ止めの設置状況		
41 クリアランスの措置について（天井面と周囲の壁等の間に、十分な隙間があるかどうか）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 措置なし 2. 措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい） 	
42 クリアランスの措置について（凹凸、段差など天井面の剛性が異なる部分相互に、隙間があるかどうか）	<ol style="list-style-type: none"> 0. 天井面の剛性の異なる部分なし 1. 措置なし 2. 措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい） 	
43 クリアランスの措置について（天井面と設備の間に、隙間があるかどうか）	<ol style="list-style-type: none"> 0. 天井面に設備なし 1. 措置なし 2. 措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい） 	
44 振れ止めの設置について（つりボルトにプレースを設置する等）※水平部材は振れ止めには含まない。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設置していない 2. 設置あり（つりボルトの大半にプレースを設置） 3. 設置あり（つりボルトの半数程度にプレースを設置） 4. 設置あり（つりボルトの2～3割程度にプレースを設置） 5. 設置あり（つりボルトのごく一部にプレースを設置） 6. 設置あり（プレースの設置状況不明） 	
45 当該建築物は、天井崩落対策に係る技術的助言（平成13年6月1日国住指発第357号、平成15年10月15日国住指発第2402号）を参考としていましたか	<ol style="list-style-type: none"> 1. 参考としていた 2. 参考としていない 3. 不明 	
<p>■天井落下の被害状況が分かる写真をご提供いただける場合は、ワードファイルに写真データを貼り付けたものをご提供をお願いいたします。</p> <p>（写真イメージ）</p> <p>天井落下の被害の概要が分かる写真、天井の吊り方が分かる写真、周囲との壁との取り合いが分かる写真、天井板や下地材などのような材料が落下したのか分かる写真</p> <p>ご協力ありがとうございました。</p>		

問3：所在地 都道府県

・都道府県名で回答

表 2.2 都道府県別

都道府県	件数
岩手県	13
山形県	3
宮城県	78
福島県	24
栃木県	13
群馬県	1
茨城県	26
千葉県	19
埼玉県	5
東京都	15
神奈川県	8
未回答	6

211

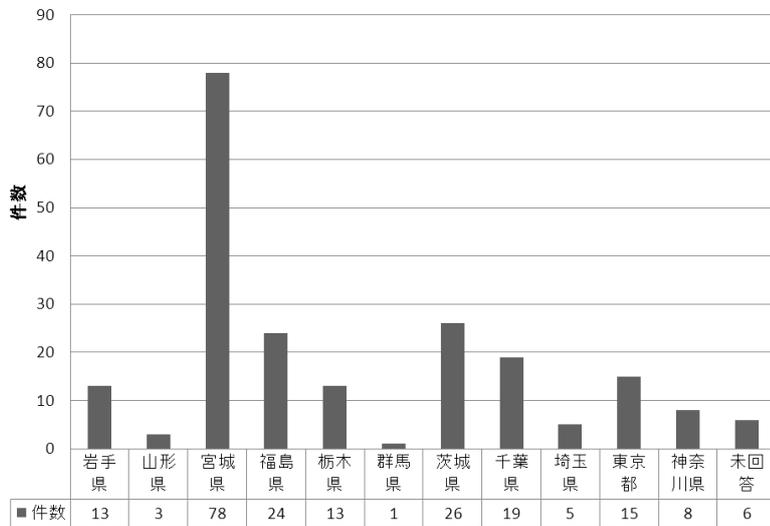


図 2.12 都道府県別

問4：所在地の震度

選択肢・5択／1. 4以下 2. 5弱 3. 5強 4. 6弱 5. 6強以上

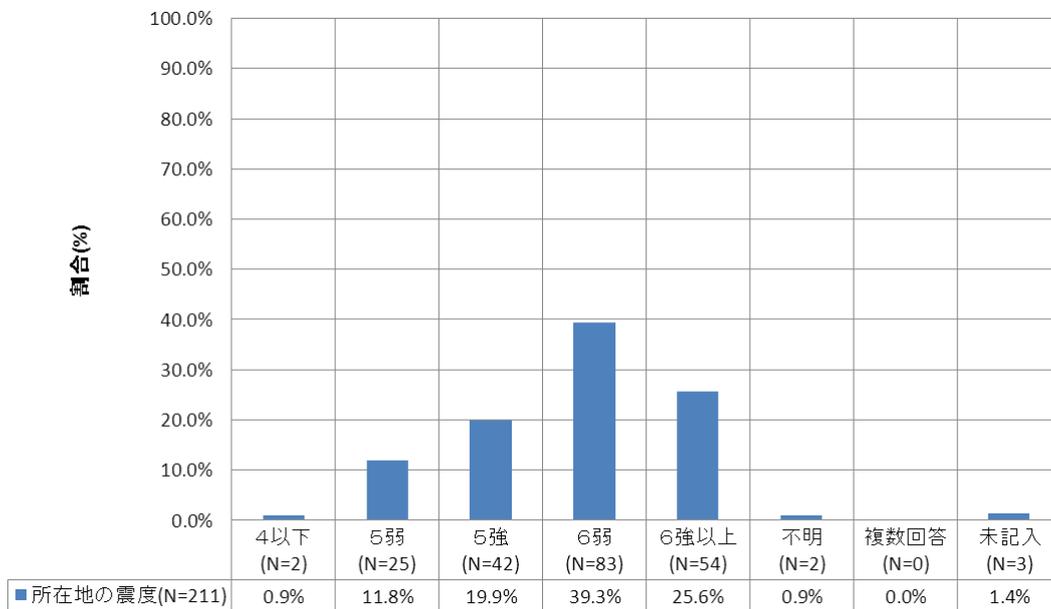


図 2.13 所在地の震度 (N=211)

問6：構造

選択肢・8択（壁がRC造、屋根がS造の場合は 4. S+RC造と回答）

1. S造 2. RC造 3. SRC造 4. S+RC造 5. S+SRC造 6. RC+SRC造
7. S+RC+SRC造 8. その他(回答欄に具体的に記載)

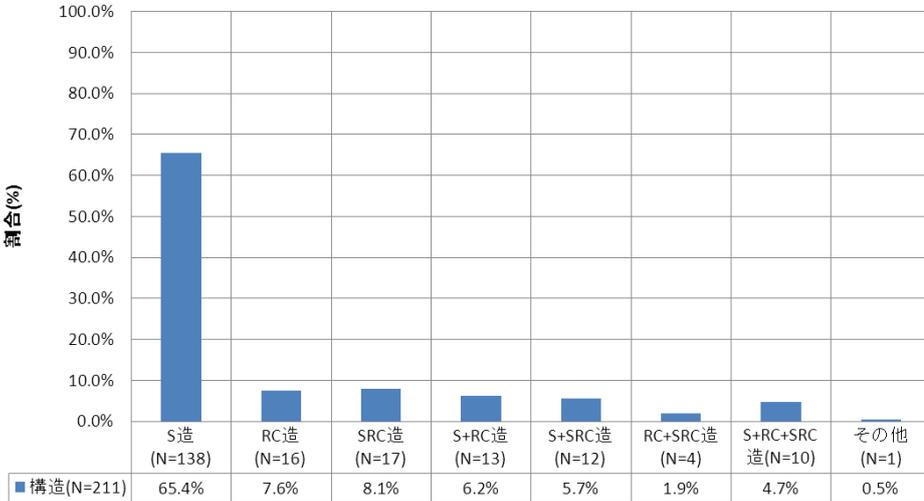


図 2.14 構造 (N=211)

※「8.その他」の回答（1件） 柱CFT,梁S

問7：天井の吊り元

選択肢・6択

1. スラブ 2. 鉄骨大梁 3. Cチャンネル 4. ALCパネル 5. 鋼板製屋根
6. その他(回答欄に具体的に記載)

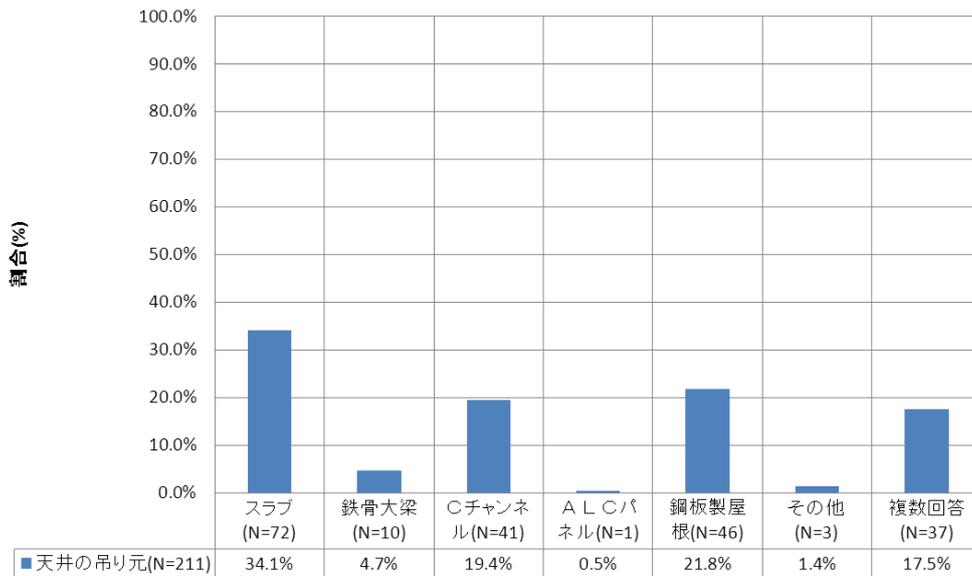


図 2.15 天井の吊り元 (N=211)

※「6その他」の回答：鉄骨下地直天井、鉄骨ぶどう棚、1,2,3の混合、鉄板

問8：吊り元との接合

選択肢・5択

1. インサートねじ込み
2. 接合金物(引っ掛ける形のもの)
3. インサート金物
4. 溶接
5. その他(回答欄に具体的に記載)

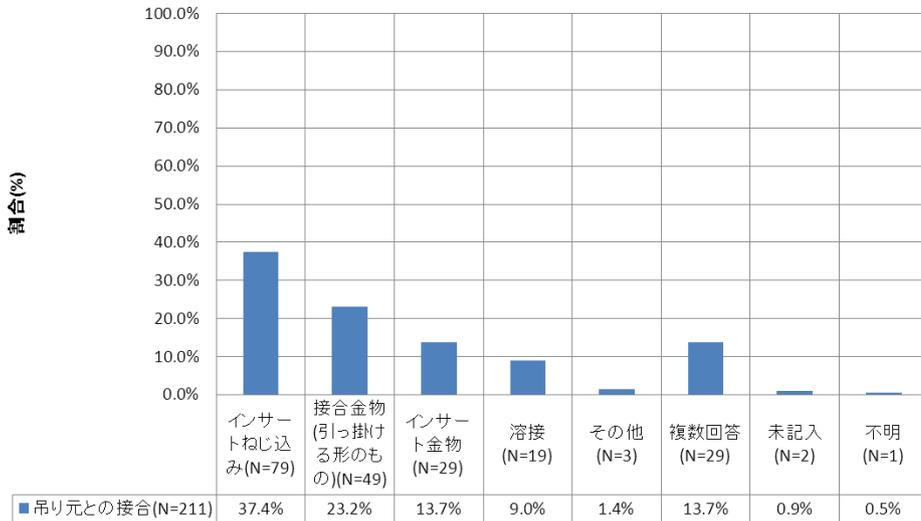


図 2.16 吊元との接合 (N=211)

※「5 その他」の回答：H 鋼挟み込み、折半インサート、ネグロスねじ止め

問9-1：階数 (地上)

※階数で回答→7 分類で集計

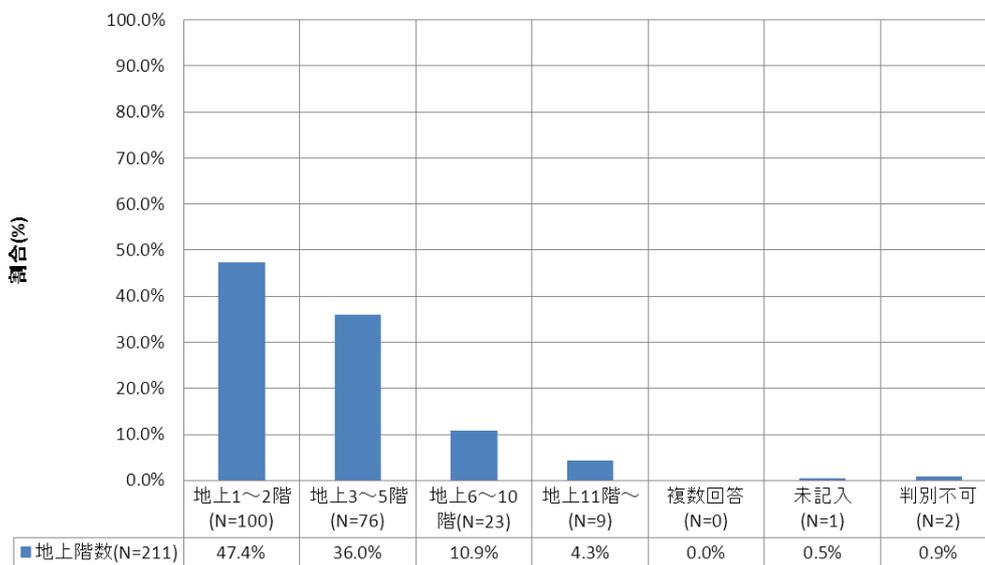


図 2.17 地上階数 (N=211)

問9-2：階数（地下）

※階数で回答→6分類で集計

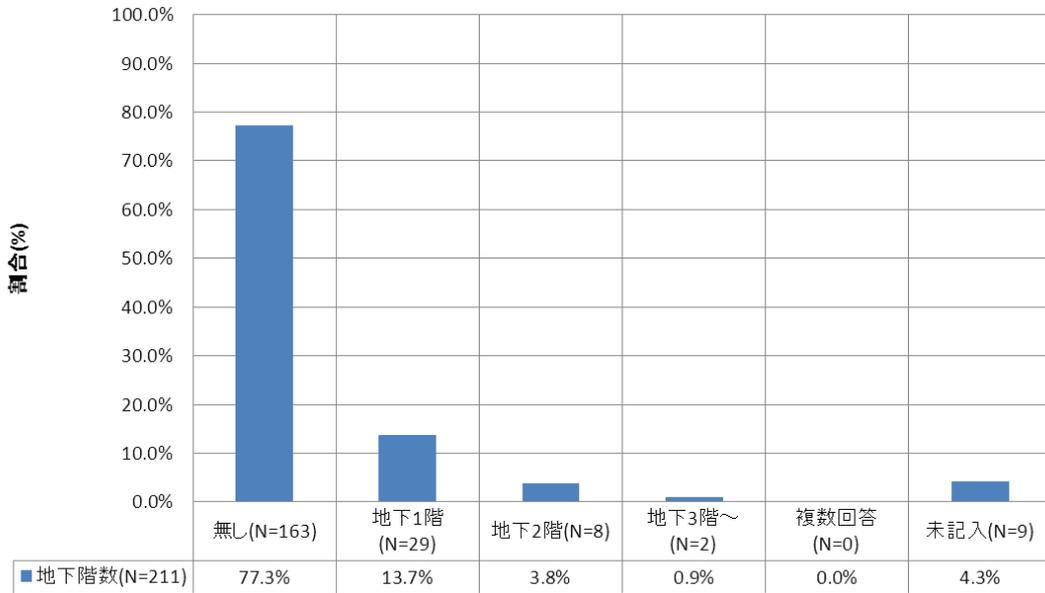


図 2.18 地下階数 (N=211)

問10：高さ

※mで回答→8分類で集計

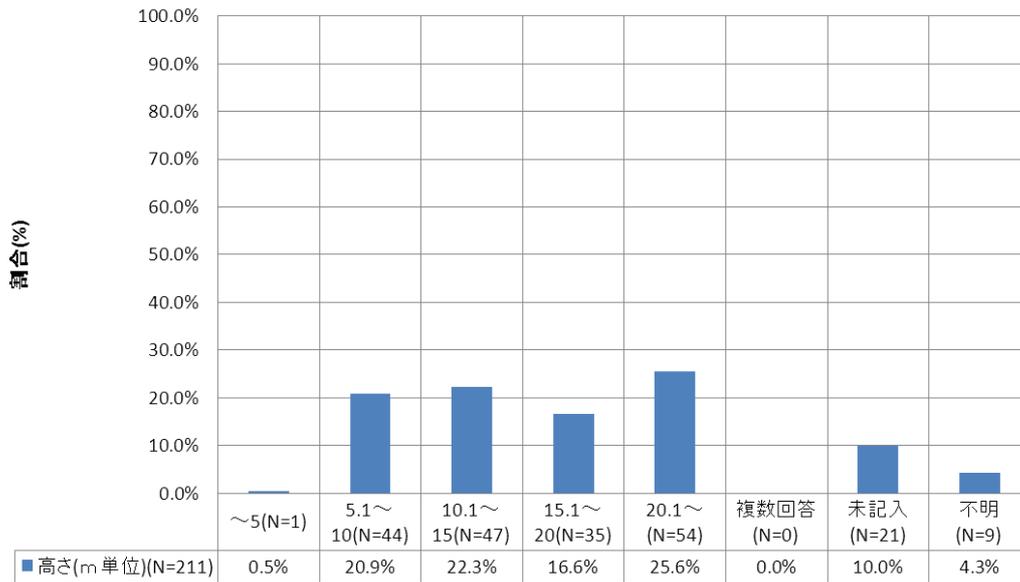


図 2.19 高さ (m 単位) (N=211)

問 11：延べ面積

※m²で回答→7分類で集計

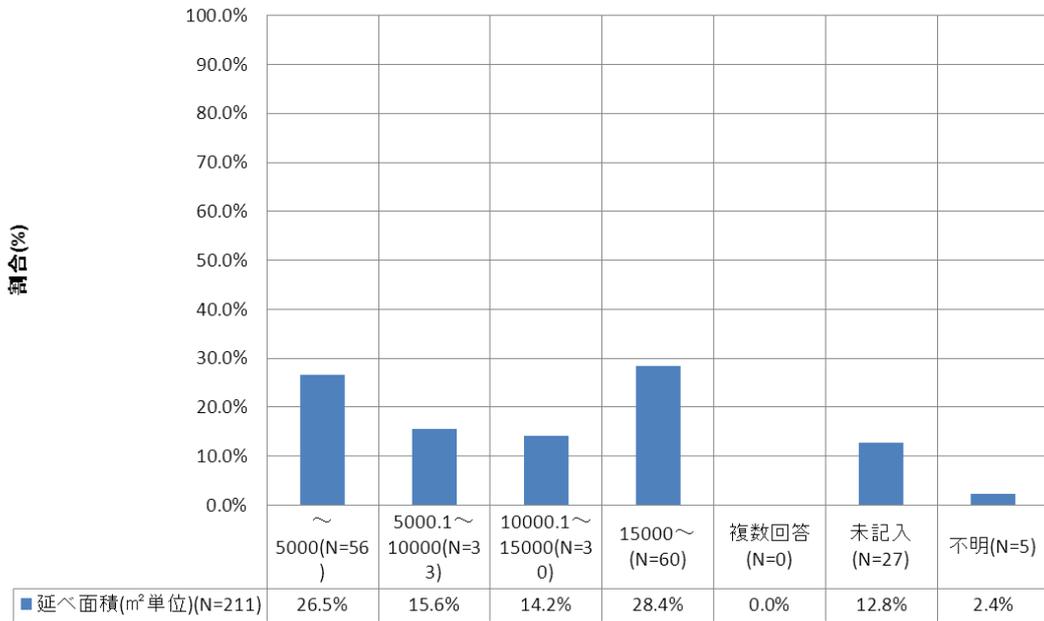


図 2.20 延べ面積 (m²単位) (N=211)

問 12：建築物の用途（確認申請に準じた用途）

※自由記述

※複数用途の回答があった場合には、「その他」に分類

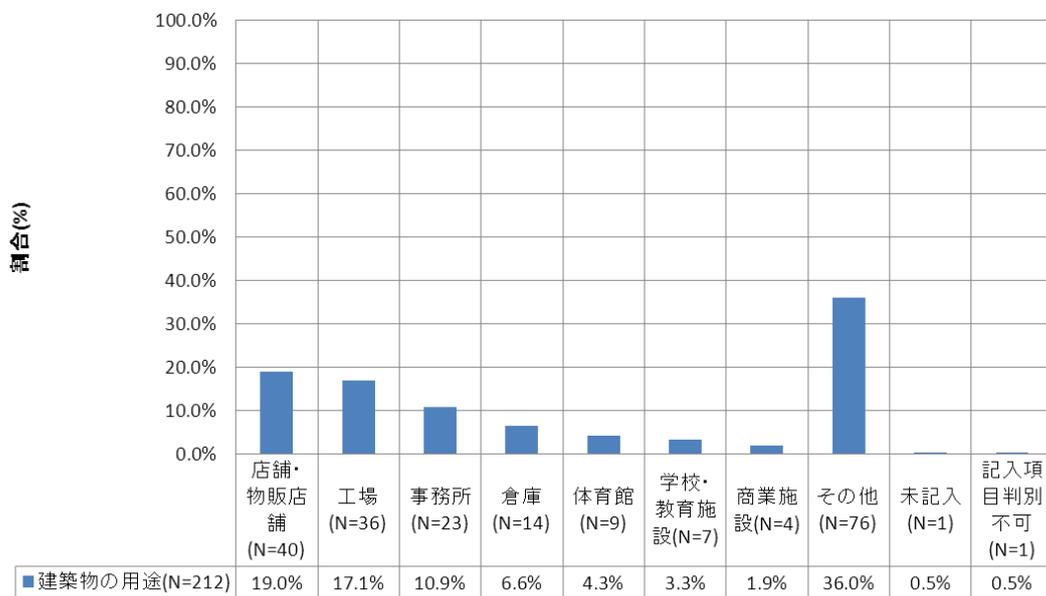


図 2.21 建築物の用途 (N=211)

問 13 : 建築時期

※西暦で回答→10分類で集計

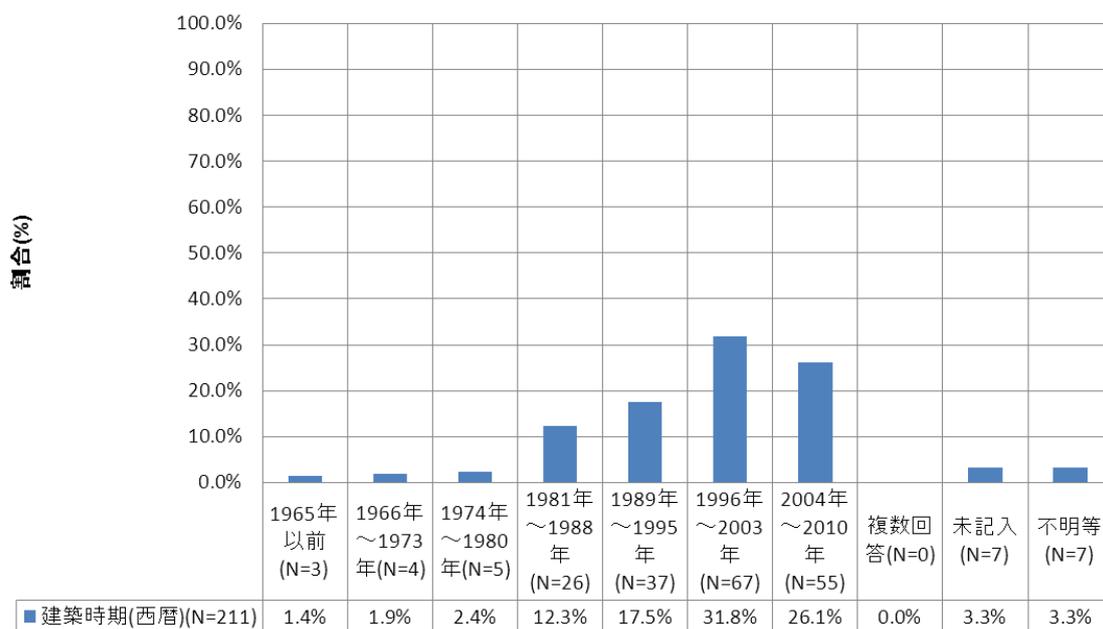


図 2.22 建築時期 (西暦) (N=211)

問 14 : 耐震改修の有無

選択肢・2択／ 1. 有 2. 無

表 2.3 耐震改修の有無

耐震改修の有無	件数	割合 (%)
有	6	3%
無	201	95%
未記入	2	1%
不明	2	1%

計 : 211

問 15-1 : 天井の改修の有無

選択肢・2択／ 1. 有 2. 無

表 2.4 天井の改修の有無

天井の改修の有無	件数	割合 (%)
有	17	8%
無	189	90%
複数回答	0	0%
未記入	3	1%
不明	2	1%

計 : 211

問 15-2 : 天井の改修年

※問 15-1 で有と答えた 17 件について

※西暦で回答

表 2.5 改修時期

改修時期	件数	割合 (%)
～2005 年	7	41%
2006 年～	5	29%
未記入	3	18%
不明	2	12%

問 16 : 改修方法

※自由記述 (回答 問 15-1 で有と答えた 17 件)

- ・耐震ブレース設置 (2 件)
- ・躯体耐震補強、内装改修
- ・テナント変更に伴う内装改修工事
- ・事務所テナント入れ替えに伴う一部天井組替え
- ・天井下地ブレース補強
- ・工場内部天井の新規作成
- ・シネマの天井改修工事
- ・耐震補強改修工事 (1 階～5 階)
- ・サブ核エリアの全面改修
- ・野縁クリップの開き止め、野縁受けハンガーの脱落防止のため、野縁受けで各部を挟みこみ、ビス止め、クリアランス設置
- ・スチールパイプの格子天井撤去。
- ・建築中で有った為全て再度施工を行った。
- ・天井の壁取り合い部にクリアランスをとる
- ・吊りボルトフレ止め
- ・耐震改修 (増設壁)

問 17 : 1 棟内の被災箇所

選択肢・2 択／ 1. 一箇所 2. 複数箇所

表 2.6 1 棟内の被災箇所

1 棟内の被災箇所	件数	割合 (%)
一箇所	25	12%
複数箇所	186	88%

計 : 211

問 18：被災場所の主要な用途

※自由記述

※複数用途の回答があった場合には、「その他」に分類

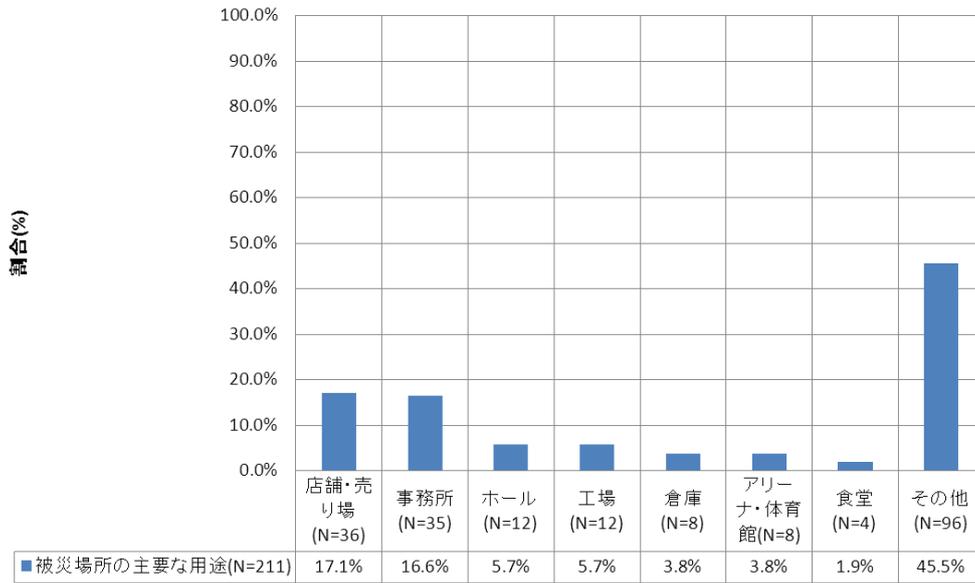


図 2.23 被災場所の主要な用途 (N=211)

問 19：被災場所の存する階

※階数で回答

※被災場所の位置を、概ね3層（下層・中層・高層）に分類、全層のうち7割程度が該当する階がある場合には全層とした。

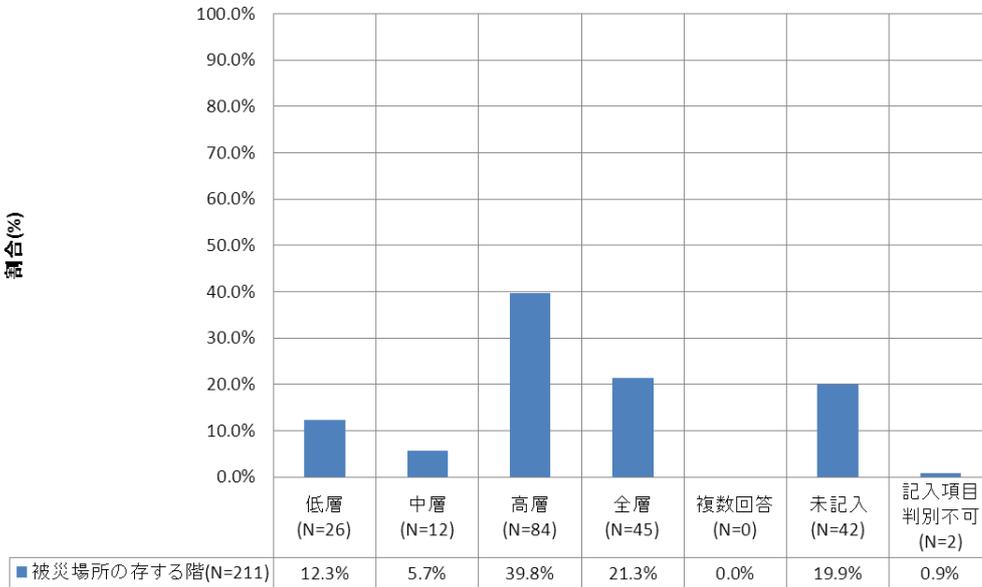


図 2.24 被災場所の存する階 (N=211)

問 20-1 : 被災の発生した日時

選択肢・2択 / 1. 本震 (3月11日 14:46) 2. 余震

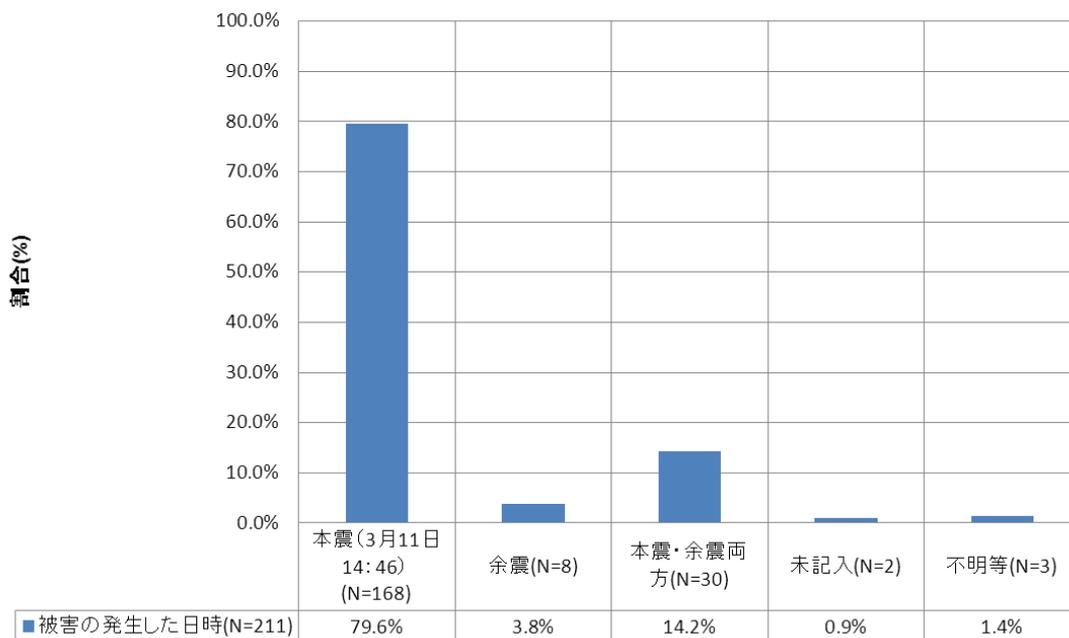


図 2.25 被害の発生した日時 (N=211)

問 20-2 : 余震日時

※自由回答

- ・ 3/11 (2件)
- ・ 4/7 (28件)
- ・ 4/11 (1件)
- ・ 随時 (1件)

問 21 : 被災時の利用状況

選択肢・3択 / 1.在室者あり 2.在室者なし 3.不明

表 2.7 被災時の利用状況

被災時の利用状況	件数	割合 (%)
在室者あり	134	64%
在室者なし	34	16%
不明	39	18%
複数回答	2	1%
未記入	1	0.5%
記入項目判別不可	1	0.5%

問 22 : 天井落下の状況

選択肢・3 択

1. 天井の多くが落下 2. 一部落下 3. 一部破損（落下は無し）

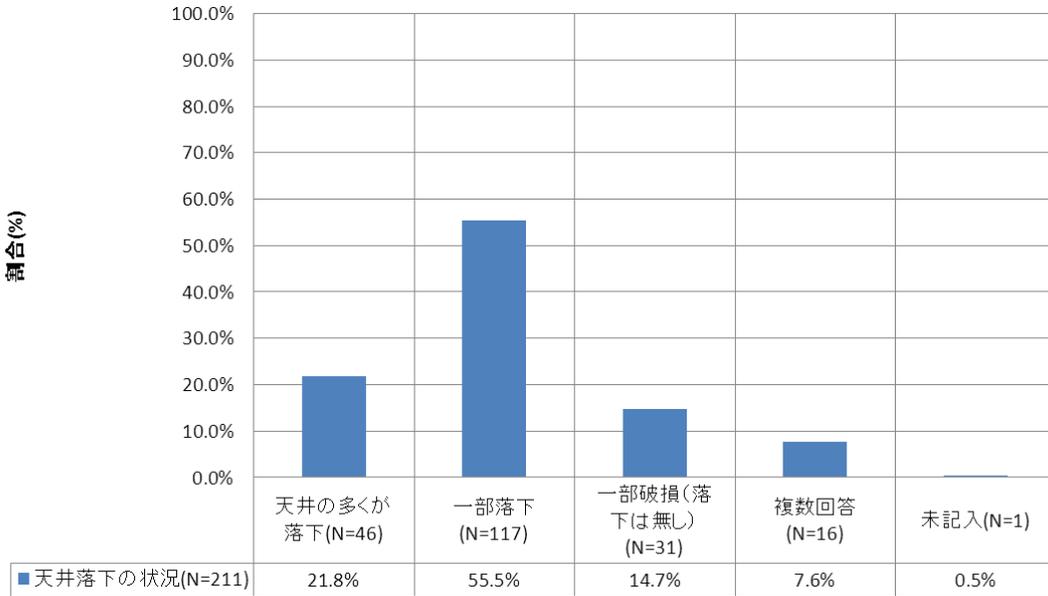


図 2.26 天井落下の状況 (N=211)

問 23 : 天井落下の発生した場の天井面内での位置

選択肢・4 択（複数回答可）

1. 平天井の端部で脱落 2. 天井面の中央部分で脱落 3. 段差部・折れ曲がり部で天井が脱落 4. 設備機器との取り合い部分 5. その他（ ）で脱落

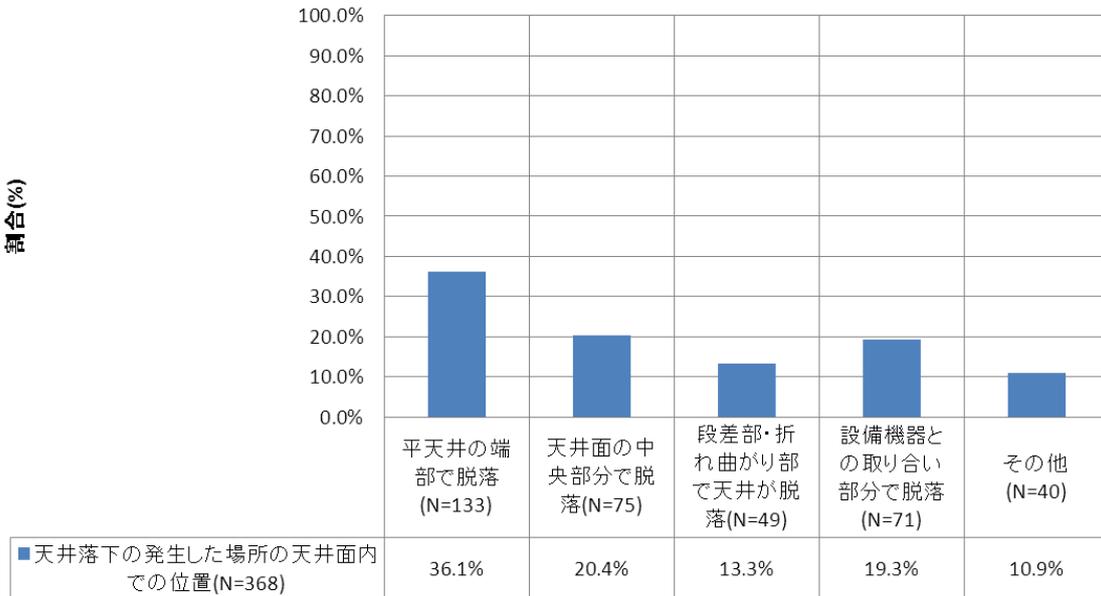


図 2.27 天井落下の発生した場所の天井面内での位置 (N=368)

※「5その他」の回答：

全面／天井ボードの端部が欠け／可動吊り部材と壁が衝突し、壁が一部破損／ぶどう棚と躯体の接合部の破損防火区画壁取合い部で脱落／区画壁の破損による天井ボードの脱落、及び脱落はなかったがハンガークリップの外れ多数／柱廻り／シャッター取合い／パーティション部／落下はなし。吊ボルトが天井を貫通して落下／ユニットなのでユニットでの端部／壁・間柱取合い／軒天全面／脱落なし（2件）

問 24-1：人的被害の有無

選択肢・2択 / 1. 有 2. 無

表 2.8 人的被害の有無

人的被害の有無	件数
有	6
無	197
未記入	8
記入項目判別不可	0

問 24-2：死者数

※人数で回答（問 24-1 で有と答えたものについて）

表 2.9 死者数

死者数	件数
0名	5
未記入	1
記入項目判別不可	0

問 24-3：負傷者数

※人数で回答（問 24-1 で有と答えたものについて）

表 2.10 負傷者数

負傷者数	件数
～2名	1
3名～	5
未記入	0
記入項目判別不可	0

問 25：被災場所のおおよその天井高さ

※mで回答→8分類で集計

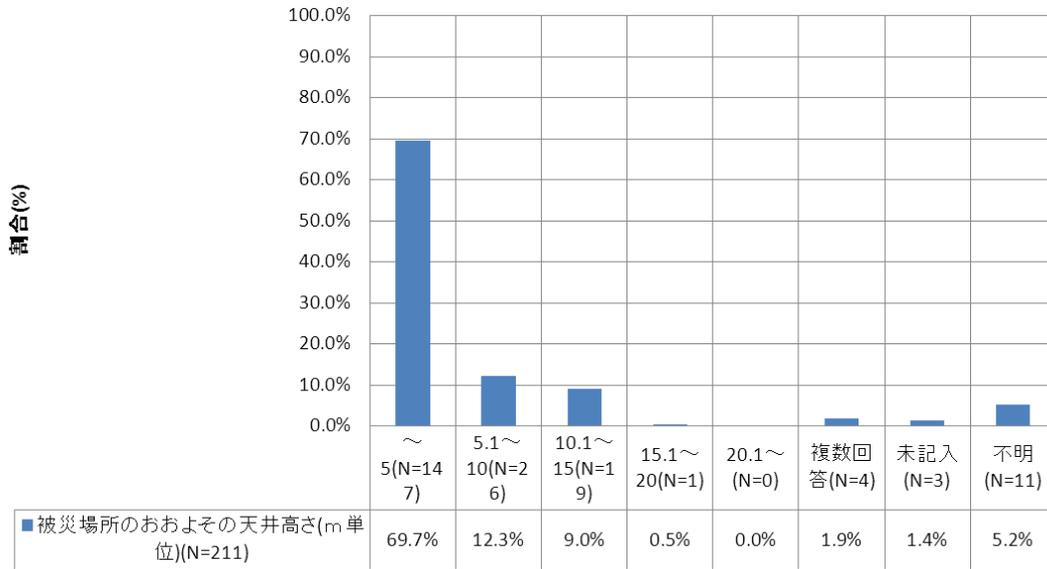


図 2.28 被災場所のおおよその天井高さ (m 単位) (N=211)

問 26：被災場所の天井のふところのおおよその高さ

※mで回答→8分類で集計

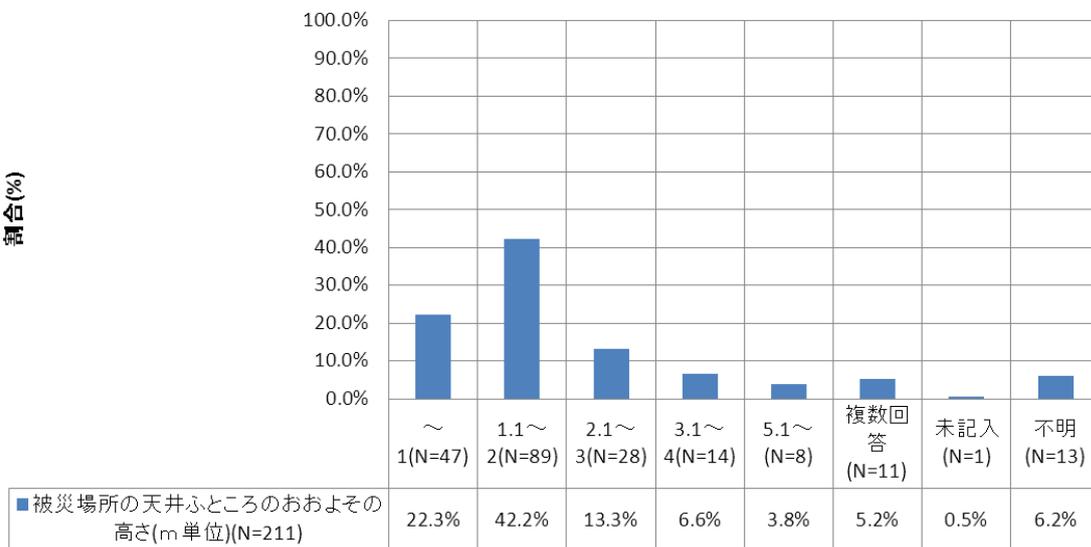


図 2.29 被災場所の天井ふところのおおよその高さ (m 単位) (N=211)

問 27：被災場所の室のおおよその広さ

※㎡で回答→11分類で集計

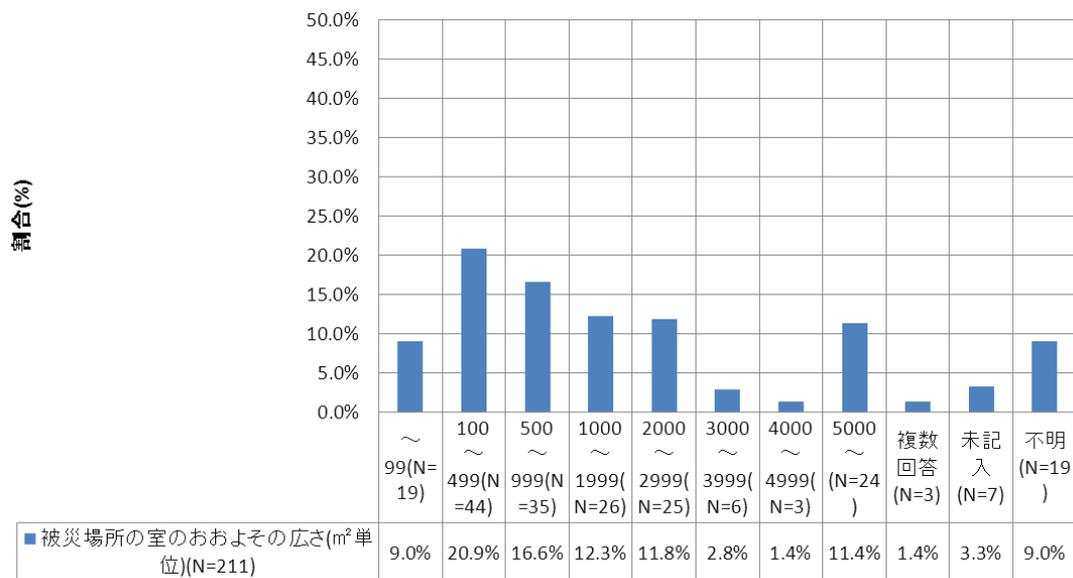


図 2.30 被災場所の室のおおよその広さ (㎡単位) (N=211)

問 28：被災場所の天井下地

選択肢・7択

1. 木製下地 2. 金属製下地 3. システム天井 (ライン) 4. システム天井 (クロス) 5. 直天井
6. 不明 7. その他 (回答欄に具体的に記入)

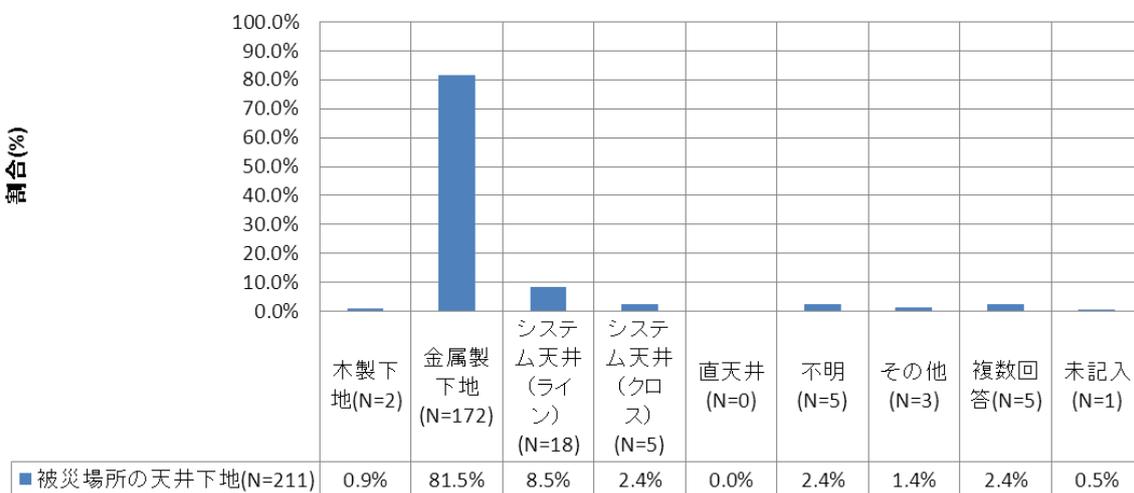


図 2.31 被災場所の天井下地 (N=211)

※「7 その他」の回答：鉄骨下地直天井、EXP 対応(片方吊ボルト、もう1方レール)、アルミスパンドレル専用下地(ステンレス)

問 29 : 被災場所の天井仕上げ材料

選択肢・7択

1. 木製板(合板等) 2. ロックウール吸音板 3. せっこうボード 4. けい酸カルシウム版 5. 金属 6. 不明 7. その他(回答欄に具体的に記入)

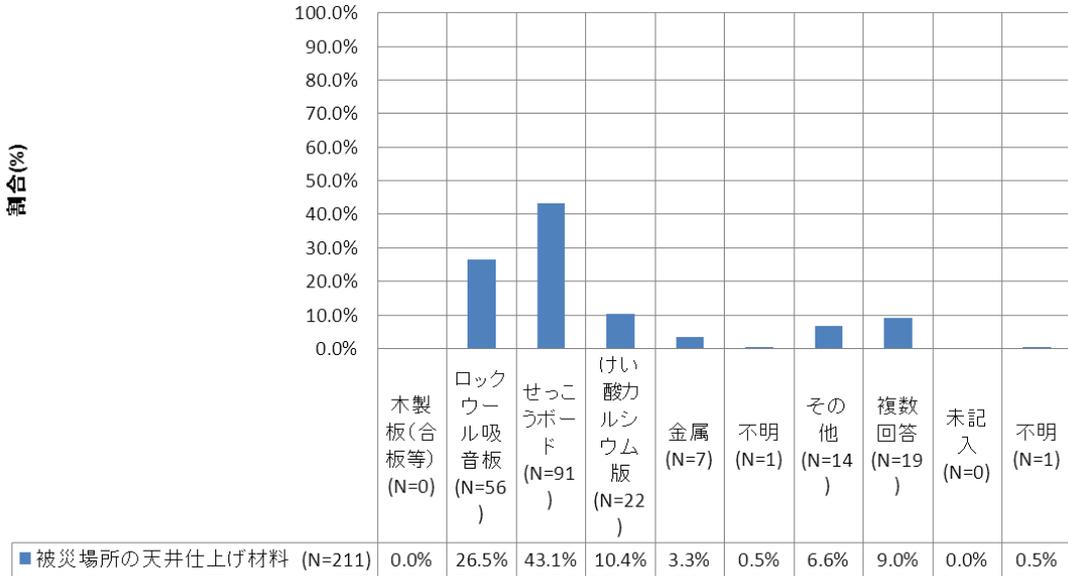


図 2.32 被災場所の天井仕上げ材料 (N=211)

問 30 : 被災場所の天井仕上げ材の重ね枚数

選択肢・4択 / 1.1枚(直張り) 2.2枚 3.3枚以上 4.その他

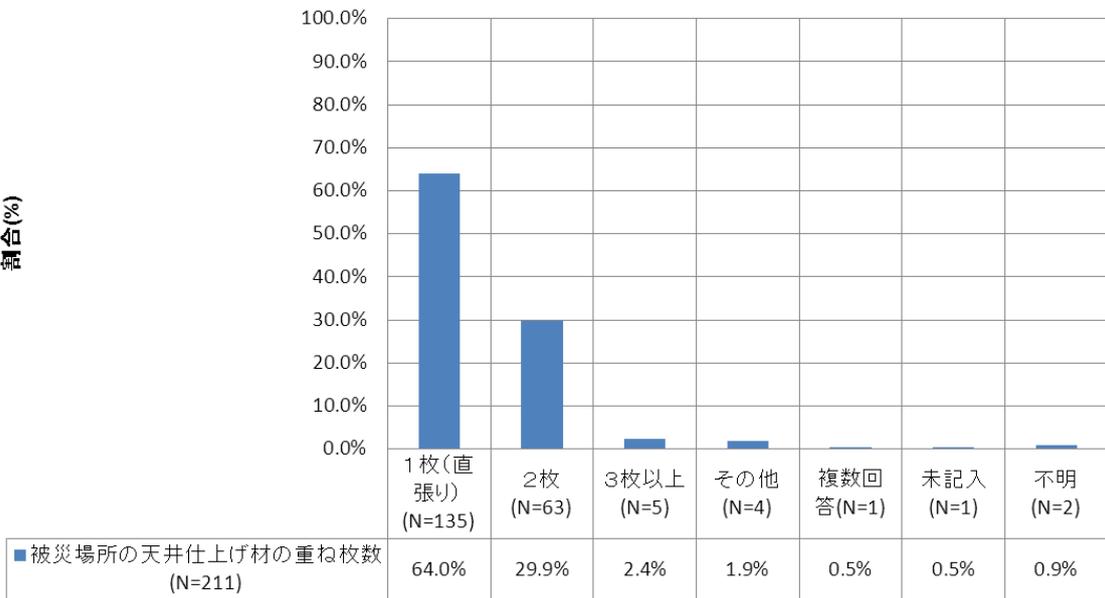


図 2.33 被災場所の天井仕上げ材の重ね枚数 (N=211)

問 31 : 天井落下に影響した (可能性のある) 設備

選択肢・8 択 (複数回答可)

1. 空調 2. 照明 3. スピーカー 4. スプリンクラー 5. 給排水管設備 6. 不明
7. 無 8. その他 (回答欄に具体的に記入)

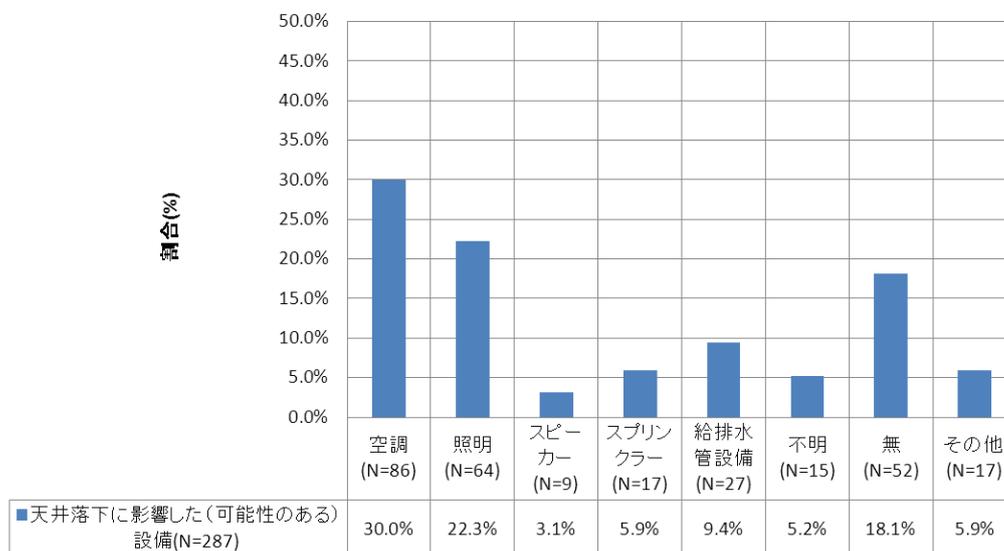


図 2.34 天井落下に影響した (可能性のある) 設備 (N=287)

※「8 その他」の回答：

排煙口、電気ケーブル、ガラス防煙垂壁、テレビモニター他、テレビ会議設備モニター、シャッター、電気ケーブルラック、天井内歩廊、換気ダクト天井突きだし部

問 32 : 問 31 の振れ止め等の耐震対策

選択肢・2 択 / 1. 有 2. 無

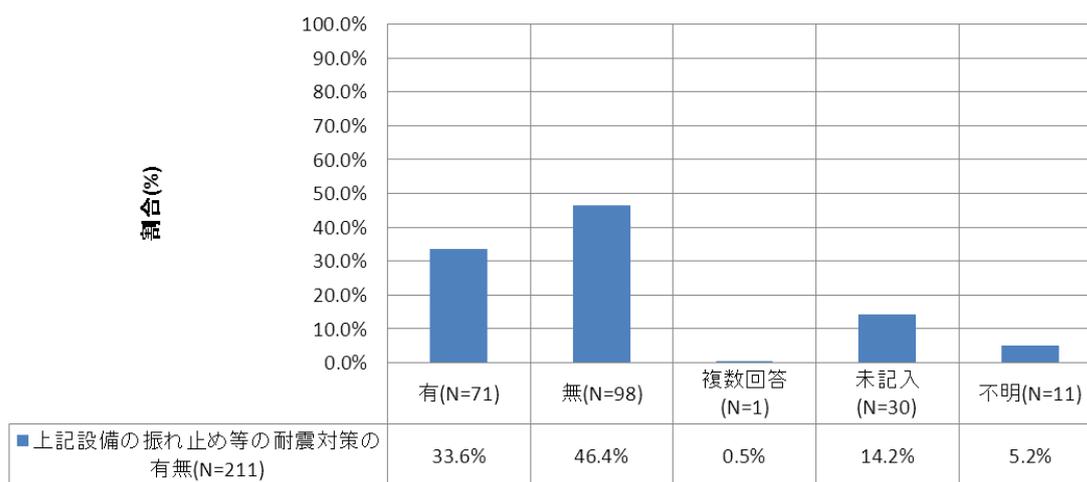


図 2.35 上記設備の振れ止め等の耐震対策の有無 (N=211)

※複数回答の内容：混在していた

問 33 : 天井面のおおよその形状

選択肢・5択（複数回答可）

床面に対し 1. 水平・フラット 2. 傾斜 3. 曲面 4. 段差あり 5. その他（回答欄に具体的に記入）

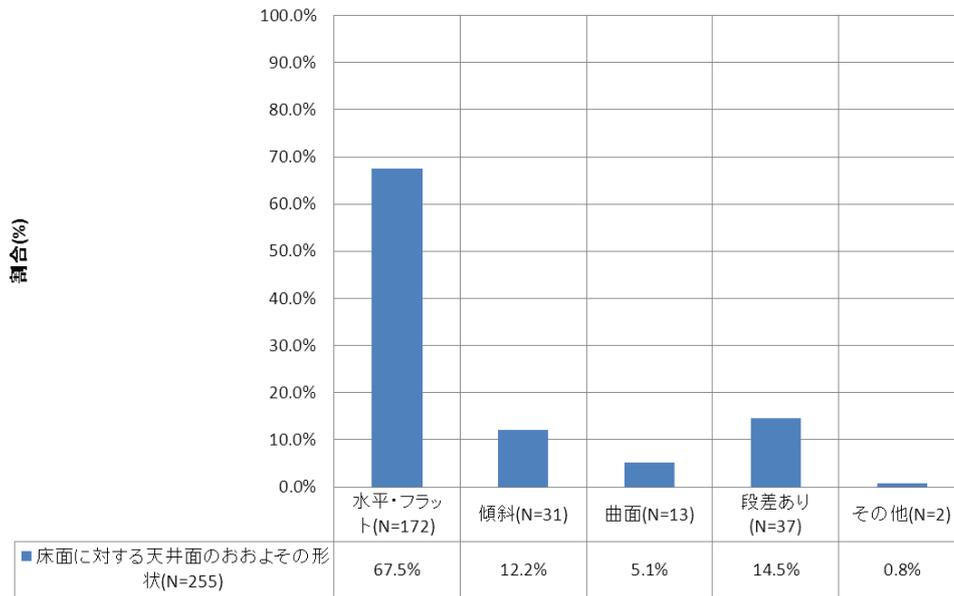


図 2.36 床面に対する天井面のおおよその形状 (N=255)

※「5 その他」の回答：ホールの天井

問 34-1 : 被害の概要 (在来工法)

選択肢・9 択 (複数回答可)

1. 天井仕上材のみの落下 (野縁から仕上材のみが脱落)
2. 野縁と野縁受けを接合するクリップの外れ
3. 野縁受け同士をつなぐ接合部の (金物、溶接) の外れ
4. 野縁受けと吊りボルトを接合するハンガーの開き、破断、外れ
5. ブレースの接合部 (溶接、金物) の外れ
6. 吊りボルト自体の破断
7. 吊りボルト上部の接合金物の外れ
8. 吊りボルトの溶接接合部の破断
9. その他の被害 (回答欄に具体的に記入)

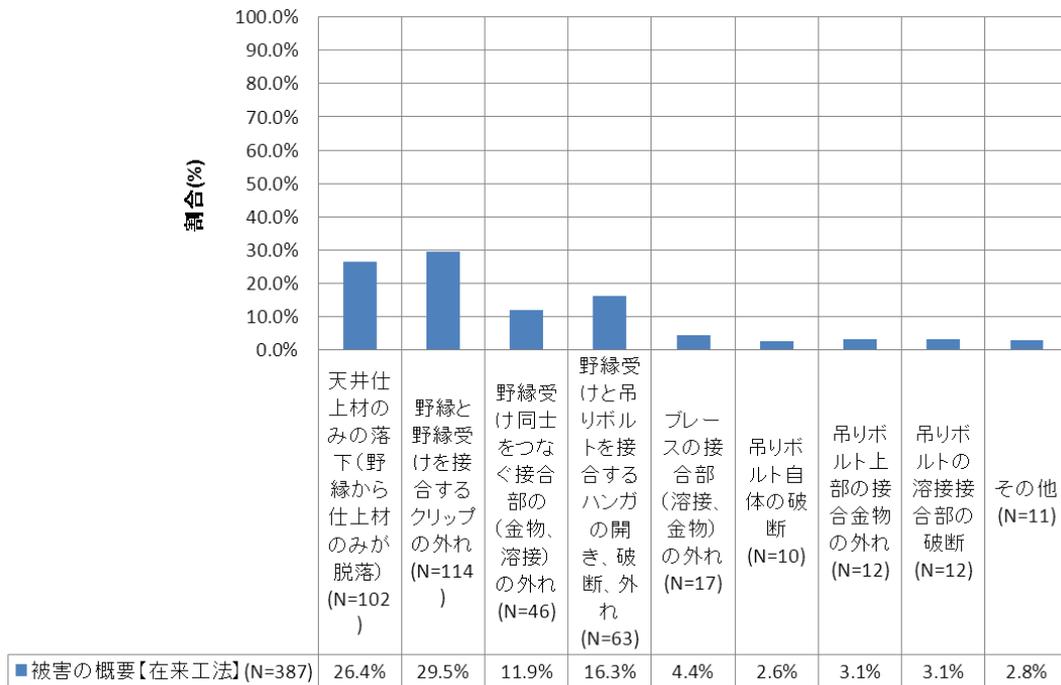


図 2.37 被害の概要【在来工法】(N=387)

※「9 その他」の回答：

内壁と衝突して、野縁、野縁受けが座屈／天井段差間の壁が下地(スタッド)と共に脱落／津波被害あり

表 2.11 顕著に見られた被害状況（在来工法）

顕著に見られた被害状況（在来工法）		件数	割合
1	天井仕上材のみの落下（野縁から仕上材のみが脱落）	14	14%
2	野縁と野縁受けを接合するクリップの外れ	50	52%
3	野縁受け同士をつなぐ接合部の（金物、溶接）の外れ	5	5%
4	野縁受けと吊りボルトを接合するハンガーの開き、破断、外れ	12	12%
5	ブレースの接合部（溶接、金物）の外れ	1	1%
6	吊りボルト自体の破断	0	0%
7	吊りボルト上部の接合金物の外れ	0	0%
8	吊りボルトの溶接接合部の破断	1	1%
9	その他	14	14%

問 34-2 : 被害の概要 (システム天井)

選択肢・9択 (複数回答可)

1. 天井パネルのみの落下
2. バー同士の継手接合部、クロス接合部の破断、外れ
3. Tバーと吊りボルトを接合するTハンガーの開き、破断、外れ
4. Tバーと野縁受けを接合するCTハンガーの開き、破断、外れ
5. Hバーと野縁受けを接合するCHクリップの外れ
6. 野縁受けと吊りボルトを接合するハンガーの開き、破断、外れ
7. ブレースの接合部 (溶接、金物) の外れ
8. 吊りボルト自体の破断
9. 吊りボルトの溶接接合部の破断
10. その他の被害 (回答欄に具体的に記入)

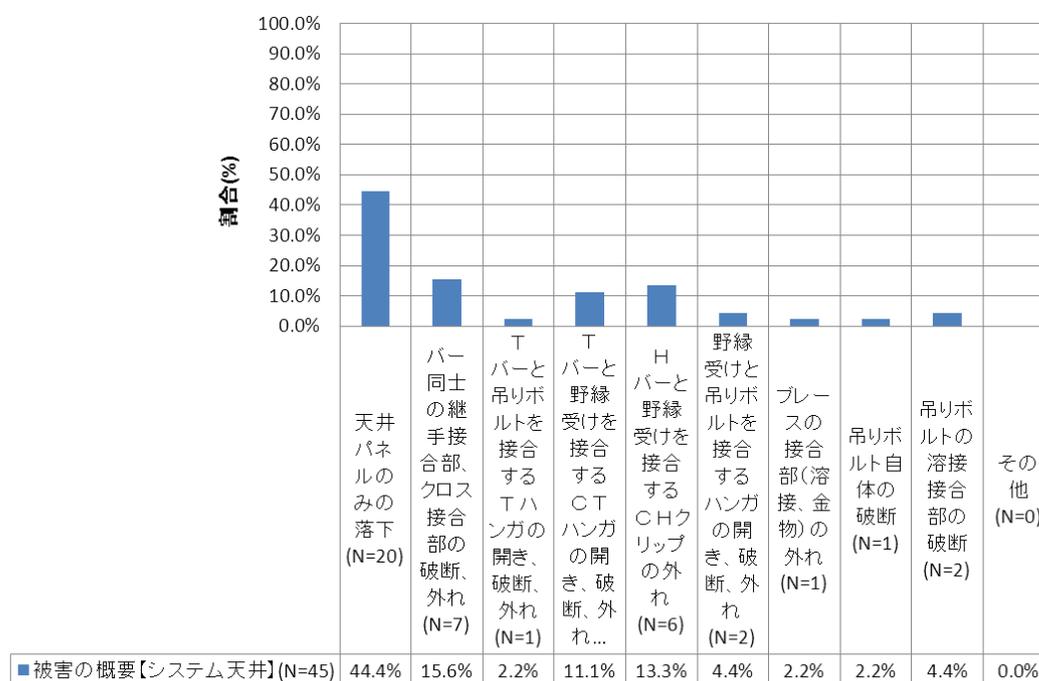


図 2.38 被害の概要【システム天井】(N=45)

※「10 その他」の回答：なし (0件)

表 2.12 顕著に見られた被害状況 (システム天井)

顕著に見られた被害状況 (システム天井)		件数	割合
1	天井パネルのみの落下	8	42%
4	Tバーと野縁受けを接合するCTハンガーの開き、破断、外れ	1	5%
5	Hバーと野縁受けを接合するCHクリップの外れ	2	11%
6	野縁受けと吊りボルトを接合するハンガーの開き、破断、外れ	2	11%
11	その他の回答	6	32%

問 35-1 : 構造躯体の被害有無

選択肢・2 択 / 1. 有 2. 無

表 2.13 構造躯体の被害の有無

構造躯体の被害の有無	件数	割合 (%)
有	21	10.0%
無	173	82.0%
未記入	7	3.3%
不明	10	4.7%

問 35-2 : 構造躯体の被害内容

選択肢・11 択 (複数回答可)

1. 主要な柱の破壊 2. 大梁の破壊 3. 耐力壁の破壊 4. 基礎の破壊
 5. 基礎ぐいの破壊 6. 小屋組の破壊 7. 土台の破壊 8. 斜材の破壊
 9. 床版の破壊 10. 屋根版の破壊 11. その他の被害 (回答欄に具体的に記入)

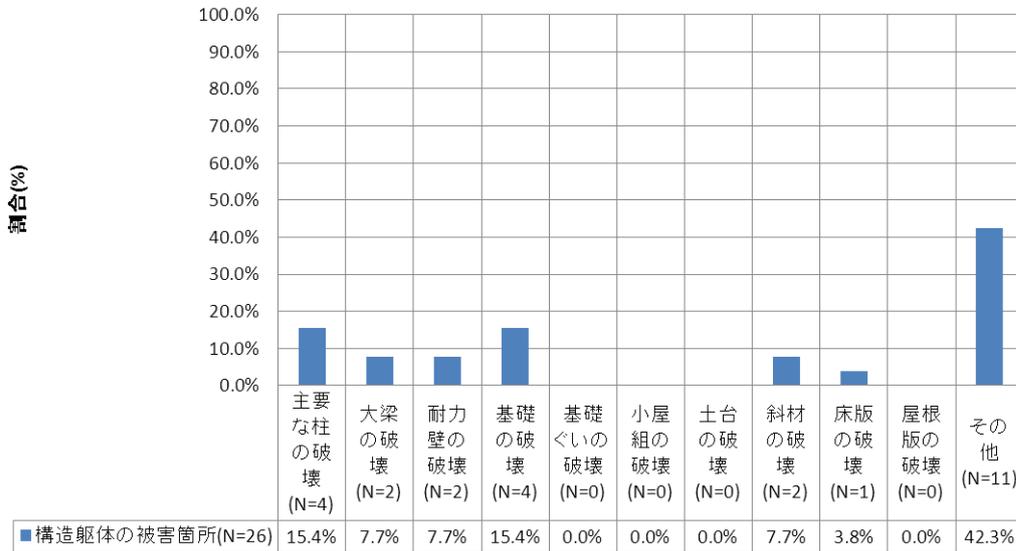


図 2.39 構造躯体の被害箇所 (N=26)

問 36 : 問 35 の構造躯体の被害内容の詳細

回答 : 7 件
筋かい (鋼管ブレース) ガセットプレートの変形 (2 件)
柱壁が RC 造、屋根が S 造+折半屋根の構造で、屋根受け鉄骨仕口廻りに損傷
水平屋根ブレースの破断が該当天井を有する室で各所にみられた。
鉄骨小梁を斜めに架けた場所 1 か所のボルト破断
アンカーボルト降伏
構造体では無いが、間仕切 ALC 板の倒壊有り (2F 分の 1/2 程度)

問 37 : 復旧の状況

選択肢・4 択

1. 復旧済 2. 復旧工事中 3. 被災時のまま（落下物撤去済） 4. 被災時のまま（落下物未撤去）

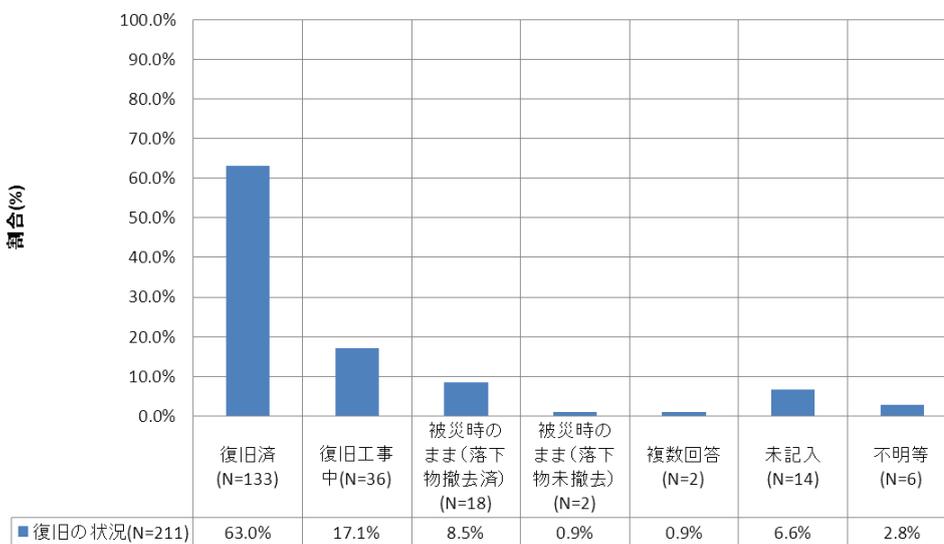


図 2.40 復旧の状況 (N=211)

問 38 : 復旧の方法

選択肢・3 択

1. 従前と同じ仕様で復旧 2. 従前と違う仕様で復旧（落下防止対策等を講じるための仕様の変更）
3. 従前と違う仕様で復旧（落下防止対策を目的とするものではない仕様の変更）

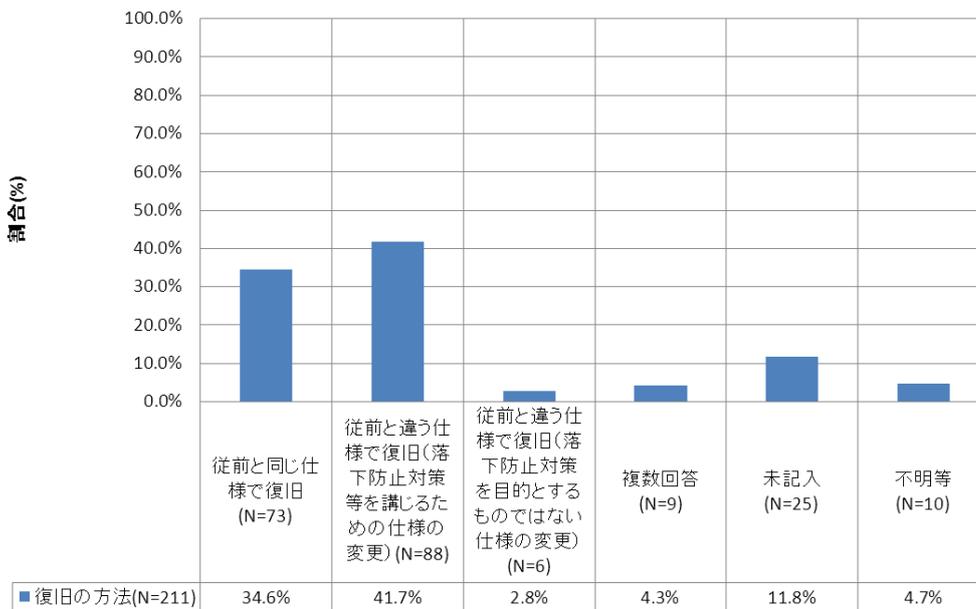


図 2.41 復旧の方法 (N=211)

問 39 : 従前と違う仕様で復旧した場合の落下防止対策

※自由記述

※回答をもとに、以下のとおり（1～17）に分類

表 2.14 落下防止対策

落下防止対策		
	内容	件数
1	振れ止め(耐震ブレース)の設置・補強	49
2	クリアランス設置・変更	21
3	接合金物の補強	16
4	天井下地の補強・耐震化	14
5	設備機器振れ止めの設置・補強	8
6	天井材の撤去・軽量化	8
7	天井材の落下防止金物取付け	5
8	吊りボルト・野縁受けの増強	3
9	躯体の補強	3
10	CTハンガーの補強	3
11	間仕切壁固定の補強	3
12	天井段差部の補強	2
13	天井周囲の固定	2
14	システム天井から在来天井に変更	2
15	在来天井からシステム天井に変更	1
16	天井板の変更	1
17	不明	3

問 41 : クリアランスの措置について（天井面と周囲の壁等の間に、十分な隙間があるかどうか）

選択肢・3択

1.措置なし

2.措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄に記入）

表 2.15 クリアランスの措置について（天井面と周囲の壁などの間に、十分な隙間があるかどうか）

クリアランスの措置について（天井面と周囲の壁等の間に、十分な隙間があるかどうか）	件数	割合（%）
措置なし	185	88%
措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容）	22	10%
複数回答	0	0%
未記入	4	2%

クリアランスに対する回答[（ ）内は件数]：

6mm（1）、10mm（1）、25mm（1）、30mm（1）、50mm（2）、150mm（1）、170mm（1）、50以上（1）、10～20mm（1）、その他（元々ユニット状の天井が吊られており、各ユニットの周囲にクリアランスがある／天井の各パネルには隙間がある）

問 42：クリアランスの措置について（凹凸、段差など天井面の剛性が異なる部分相互に、隙間があるかどうか）

選択肢・3択

- 1.措置なし
- 2.措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄に記入）

表 2.16 クリアランスの措置について
（凹凸、段差など天井面の剛性が異なる部分相互に、隙間があるかどうか）

クリアランスの措置について（凹凸、段差など天井面の剛性が異なる部分相互に、隙間があるかどうか）	件数	割合（%）
天井面の剛性の異なる部分なし	85	40.3%
措置なし	107	50.7%
措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容）	14	6.6%
未記入	4	1.9%
不明	1	0.5%

クリアランスに対する回答[（ ）内は件数]：

5mm（1）、20mm（1）、30mm（1）、その他（段差部分・柱廻り・壁取合いに 50mm のクリアランスを取っている／段差部には見切りがあり、見切りとパネルには隙間があいている

問 43：クリアランスの措置について（天井面と設備の間に、隙間があるかどうか）

選択肢・3択

- 1.措置なし
- 2.措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容を回答欄にご記入下さい）

表 2.17 クリアランスの措置について（天井面と設備の間に、隙間があるかどうか）

クリアランスの措置について（天井面と設備の間に、隙間があるかどうか）	件数	割合（%）
天井面に設備なし	15	7%
措置なし	169	80%
措置あり（クリアランスの間隔など具体的な措置内容）	17	8%
未記入	5	2%
不明	5	2%

クリアランスに対する回答[（ ）内は件数]：

30mm（2）、50mm（1）、その他（設備機器廻りに 50～100mm のクリアランスを取っている／設備配管と天井吊ボルトの間を 300mm～400mm の離隔を取っていた／照明器具とのクリア 12.5mm.）

問 44：振れ止めの設置について（吊りボルトにブレースを設置する等）※水平部材は振れ止めに含まない。

選択肢・6 択

- 1.設置していない
- 2.設置あり（吊りボルトの大半にブレースを設置）
- 3.設置あり（吊りボルトの半数程度にブレースを設置）
- 4.設置あり（吊りボルトの2～3割程度にブレースを設置）
- 5.設置あり（吊りボルトのごく一部にブレースを設置）
- 6.設置あり（ブレースの設置状況不明）

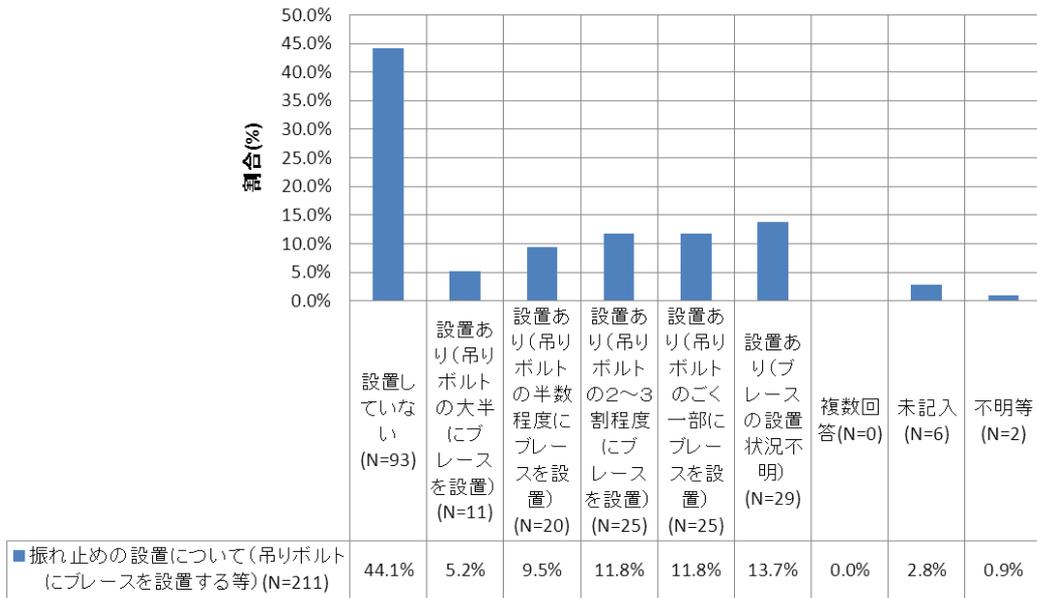


図 2.42 振れ止めの設置について（吊りボルトにブレースを設置する等）(N=211)

問 45：当該建築物は、天井崩落対策に係る技術的助言（平成 13 年 6 月 1 日国住指発第 357 号、平成 15 年 10 月 15 日国住指発第 2402 号）を参考としていましたか

選択肢・3 択

- 1.参考としていた
- 2.参考としていない
- 3.不明

表 2.18 当該建築物は、天井崩落対策に係る技術的助言を参考としていましたか

当該建築物は、天井崩落対策に係る技術的助言を参考としていましたか	件数	割合 (%)
参考としていた	29	14%
参考としていない	121	57%
不明	60	28%
未記入	1	0%

2. 2 東日本大震災における天井脱落被害の現地調査

2.2.1 目的

東日本大震災による天井脱落の情報を収集し、被害防止・軽減のための対策や基準のあり方について検討するためには、天井の種類や被災場所の用途等といった基本的な情報に加え、下地構成を含む天井の仕様、被害箇所・部位、損傷・破壊形態等の詳細な情報についても把握しておく必要がある。これらの詳細な情報を得ることを目的として、現地調査を実施することとした。

なお、本検討は平成 23 年度に開始されたものであり、震災から一定の期間が経過しているため、被害のあった天井の補修・改修等が進んでいるものも多い状況であり、現地調査は被災状況が確認できるものを優先して可能な範囲で実施した。

2.2.2 調査対象

現地調査の対象を絞り込むため、2.1.1 に示したアンケート調査をまず実施し、発生した天井被害に関する基本的な情報を収集した。アンケートでは必ずしも大規模空間に限定することなく、幅広く情報を求めている。アンケートの結果から、被災状況が保存されているものを優先するとともに、建築物の用途、被災場所の規模、天井の損傷・破壊形態等が偏らないように対象建築物の候補を選定した。中には震災後に学会や他機関等で現地調査がなされ被害状況が報告されているものもあるが、被害や地震後の対応に特徴のあるものや、震災前の天井の耐震改修が功を奏したと思われるものは候補に含めた。建築物 A~J については同年 5 月下旬から 7 月中旬にかけて現地調査を実施した。被害のあった天井の補修・改修等が済んでいたものや進められていたものもあるが、現地に赴いて調査を行ったものは、建築物内部の空間構成や構造に加えて天井の仕様等を把握するとともに、被災時の状況に関する詳細な情報を収集している。

表 2.19 に、建築物 A~J について、建築物の諸元、被害発生時の諸元、天井被害発生場所の諸元、脱落した箇所の天井の詳細な仕様、被害状況をまとめて示す。建築物 J では 2 つの場所を取り上げ、計 11 事例について整理した。これらの情報はアンケートの回答と現地調査時の目視や計測、ヒアリング等に基づいているが、天井の仕様等については調査の中で確認できた範囲のものであることを予めお断りしておく。以下、対象建築物やその天井等の概要を述べる。

(a) 建築物及び被災場所の諸元

対象建築物は、宮城県、福島県、茨城県の 3 県にあり、本震の際の震度は 5 強から 6 強である。建設年は、いわゆる新耐震基準が施行された昭和 56 年より前の建築物が 3 件、以降のものが 7 件であり、後者のうち天井に関する最初の技術的助言が出された平成 13 年以降のものは 2 件 (A、E) である。被災場所は、今回の震災前にも天井脱落被害の報告がある空港ロビー、体育館、ホールといった用途に加えて、展示室、観覧席・通路、会議場という用途も選択した。被災場所のおおよその広さは 500m² 未満のものが 1 事例 (I)、天井の脱落防止対策に関して調査対象となる 500m² 以上のもの²⁾が 10 事例 (A、B、C、D、E、F、G、H、J) である。被災場所のおおよその天井高さは、5 m 未満のものが 4 事例 (G、H、I、J (展示室))、10 m 以上のものが 7 事例 (A、B、C、D、E、F、J (ホール)) である。

(b) 天井の仕様等に関する詳細な情報

上述の選定経緯の結果として在来工法による天井又はそれに準ずる天井が主な調査対象となった。天井板は在来工法のほとんどが捨て張り工法である。被災場所の天井の形状は一様に水平なもののほか、一様な勾配のあるもの (山形架構の屋根面に平行な勾配天井)、天井の断面形状の一方向が複雑なもの、段差が多いものなどを含んでいる。天井の吊り元は、スラブや鋼板製屋根等である。吊り元との接合は

接合金物やインサートによる。吊り長さは短いもので50cm程度、長いもので4m弱である。ダクト等により部分的に吊りボルトが不足していたと考えられるもの（A、J（展示室））もある。震災前に天井の補強・改修がなされていたものが2事例（C、D）含まれている。

2.2.3 被害

建築物Dを除く全ての10事例で、天井が床面まで落下した。天井板が天井下地と一体で床面まで落下したものが多く、野縁受けより下の部分がハンガーから脱落したのもあった。後述の(b)及び(c)のとおり特定の箇所や部材・接合部の損傷に起因するもののほか、天井の脱落や垂れ等の被害の主な要因としては、山形架構の屋根面に平行な勾配天井の耐震性に関する配慮不足、斜め部材の配置の偏りや量の不足、ダクト等による吊りボルトの不足、が挙げられる。

なお、全ての建築物の構造躯体は軽微なものを除いて特に構造的な被害を被っていない。

(a) 人的被害

10事例のうち7事例が被害発生時に使用中であったが、被災場所に居た人々が被災場所以外の所へ即座に避難したという事例も多く、人的被害は2事例に留まっている。時間帯や曜日、使用状況等によってはより多くの人的被害を生じた可能性があると考えられる。

(b) 被害箇所の天井面内の位置

天井が全面的に脱落（全面・ほぼ全面・区切られた一面の天井が脱落）したものは3事例（A、G、I）である。部分的に脱落した箇所の天井面内での位置は、端部・他の部位との取り合い部が8事例（A、B、C、D、E、F、H、J（展示室））と最も多く、段差部・折れ曲がり部が5事例（C、D、E、H、J（ホール））、天井面の中央部（山形架構の棟と軒との中間部を含む。）が4事例（B、D、E、F）である。その他、エキスパンションジョイント部での天井の脱落も1事例（H）確認された。位置としては従来の被害と同様である。

(c) 部材の被害状況

部材の被害状況としては、従来から指摘されているクリップの外れが多い（A、B、C、E、F、H）が、これまであまり着目されていなかったハンガーの開きやそれに起因すると考えられる天井の脱落がいくつかの事例（B、C、G、H、I、J（展示室））で見られた。

技術的助言に沿った措置が施されていたと考えられる建築物Eについては、H形鋼の梁に取り付けられた吊りボルトの吊り元の金物や、斜め部材の点付け溶接が地震時の振動によって損傷し、多くの箇所で外れてしまったため、天井が脱落するに至ったと思われる。

2.2.4 現地被害調査のまとめ

本節では東日本大震災による天井脱落に関して、天井の仕様等の詳細情報を得るために実施した現地調査について報告した。限られた範囲であるが、調査結果から天井脱落対策等を考える上で着目すべき項目をまとめると次のようになる。

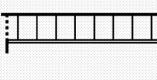
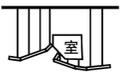
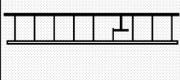
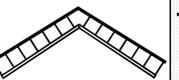
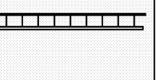
- ・天井の形状： 山形架構の屋根面に平行な天井
- ・天井の箇所： 端部、段差部・折り曲がり部、エキスパンションジョイント部
- ・下地の構成・配置： 斜め部材の配置のバランスと量、接合部（金物、溶接）の外れ、ダクト等による吊りボルトの不足

2. 地震による天井脱落被害

・部材単体： クリップの外れ、ハンガーの開き

- 1)、2) 建築物防災週間に実施されている国土交通省の調査では、500m²以上の空間を有する体育館等の吊り天井が調査対象とされている。(例えば、国土交通省：建築物防災週間において行った各種調査結果について、平成22年12月17日 (以下 URL)
http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000215.html)

表 2.19 現地被害調査対象事例

		建築物A	建築物B	建築物C	建築物D	建築物E	建築物F	建築物G
現地調査日(平成23年)		6/28	6/28	7/3	7/3	7/4	7/4	7/4
建築物の諸元	建設地	茨城県	茨城県	宮城県	宮城県	宮城県	宮城県	宮城県
	建設年	平成22	昭和60	昭和62	昭和48	平成17	平成6	平成12
	構造	S造	SRC造・S造・RC造	RC造・S造	SRC造	S造・RC造	S造	S造
被害発生時の諸元	被害が発生した地震 /本震時の周辺の震度	本震/6弱	本震・余震/6弱	本震・余震/6弱	本震/6弱	本震・余震/6強	本震・余震/6強	本震・余震/6弱
	被害発生時の使用状況	使用中	使用中	使用中	不使用	使用中	使用中	使用中
被災場所の主な用途		空港ロビー	体育館	ホール	ホール	体育館	体育館	展示室
被災場所のおおよその広さ(m ²)/天井高さ(m)		942/14.0	1800/10.7~14.9	1100/14.9	900/15	850/10.7~11.6	942/11.6~14.6	1450/3.6
天井種類	在来工法による天井 及びそれに準ずる天井	○	○	○	○	○	○	○
	システム天井							
	木製下地の天井							
天井の断面形状		一様に水平	一様な勾配	一方向が複雑	一方向が複雑	一様に水平	一様な勾配	一様に水平
天井の断面概要図								
脱落した 箇所の 天井の 詳細な 仕様	吊り元 ※[]内は脱落 箇所以外	スラブ			[○(RCスラブ)]	[○(RCスラブ)]		○(鉄骨フラットスラブ)
		鉄骨大梁				[○]	○	
	吊り元との 接続 ※[]内は脱落 箇所以外	○チャンネル		○(母屋材)	○(シーリング室下横架材)	○(1次下地)		○(母屋材)
		ALCパネル						
	天井板	鋼板製屋根	○				○	
		インサートねじ込み			○	[○]		
		接合金物(引っ掛ける形のもの)		○	○		○	○
	天井の 詳細な 仕様	溶接			[○]	○		
		その他						○
		捨て張り工法	○	○	○	○	○	○
天井の 詳細な 仕様	直張り工法							
	その他							
	おおよその吊り長さ(cm)	160	230~310	50	60	70~100	75	52~53
天井の 詳細な 仕様	吊りボルト等への斜め部材・ 水平部材	斜め部材	○		○(一方向)[両方向]	○	○	
	※[]内は脱落箇所以外	その内、配置に偏りを確認したもの	○			○	○	
	水平部材	○	○					
クリアランスあり	○(一方向)		○(一方向)	○	○		○	
ダクト等による吊りボルトの不足	○							
天井の補強・改修あり ※[]内は脱落箇所以外				[○] [クリップねじどめ・溶接、 斜め部材設置]	○ (全面改修、天井断面形状 変更、天井仕様変更)			
脱落した 箇所の 天井の 被害状況	被害箇所の 天井面内の 位置	全面・ほぼ全面・区切られた一面	○					○
		端部・他の部位との取り合い部	○	○	○	○	○	○
		平面の中央部		○		○	○	○
		段差部・折れ曲がり部			○	○	○	
	部材被害の状況	その他						
		吊り元との接合の外れ				○	○	
		斜め部材の溶接部の外れ					○	
		ハンガーの開き		○	○			○
		ハンガーの吊りボルトからの外れ		○				
		野縁受け継手部の外れ(金物接合)					○	○
野縁受け同士の溶接の外れ			○					
野縁受けのハンガーからの外れ		○	○					
野縁受けがハンガーから外れて落下			○					
クリップの野縁受けからの外れ	○	○	○	○	○	○	○	
天井板が天井下地と一体で落下	○	○	○	○	○	○	○	
天井板が野縁から外れて落下		○	○		○	○	○	
天井の床面への落下	○	○	○		○	○	○	
人的被害の有無				○		○		

※天井の仕様・被害状況は現地調査で確認した範囲について記述。

2. 地震による天井脱落被害

現地調査日(平成23年)		建築物H	建築物I	建築物J		
建築物の諸元		建設地 福島県	建設地 福島県	建設地 福島県		
		建設年 平成5、7	建設年 昭和54	建設年 昭和45		
		構造 S造(一部SRC造)	構造 SRC造	構造 SRC造		
被害発生時の諸元		被害が発生した地震 /本震時の周辺の震度 被害発生時の使用状況	本震/5強 不使用	本震/6強 不使用	本震・余震/5強 使用中 不使用	
被災場所の主な用途		観覧席・通路	会議場	ホール	展示室	
被災場所のおおよその広さ(m ²)/天井高さ(m)		1450/2.5~3.2	207/3.1~4	700/15	500/4.5	
天井種類		在来工法による天井 及びそれに準ずる天井 システム天井 木製下地の天井	○	○	○ ○	
天井の断面形状		段差が多い 部分的に曲面 一様な勾配	段差が多い	一方向が複雑	一様に水平	
天井の断面概要図						
脱落した箇所の天井の詳細な仕様	吊り元 ※[]内は脱落箇所以外	スラブ 鉄骨大梁 Cチャンネル ALCパネル 鋼板製屋根	○(デッキプレート)	○(母屋材) ○	○(デッキプレート) ○	
	吊り元との接合 ※[]内は脱落箇所以外	インサートねじ込み 接合金物(引っ掛ける形のもの) インサート金物 溶接 その他	○ ○	○ ○	○ ○	
	天井板	捨て張り工法 直張り工法 その他	○	○	○ ○	
	おおよその吊り長さ(cm)		140~390	180	(曲面部吊りなし) (2段吊り天井)	
	吊りボルト等への斜め部材・水平部材 ※[]内は脱落箇所以外	斜め部材 その内、配置に偏りを確認したもの 水平部材			○ ○	
	クリアランスあり				○	
	ダクト等による吊りボルトの不足				○	
	天井の補強・改修あり ※[]内は脱落箇所以外					
	脱落した箇所の天井の被害状況	被害箇所の天井面内の位置	全面・ほぼ全面・区切られた一面 端部・他の部位との取り合い部 平面の中央部 段差部・折れ曲がり部 その他	○ ○ ○ ○(Exp.J部)	○ ○	○ ○
		部材被害の状況	吊り元との接合の外れ			
斜め部材の溶接部の外れ						
ハンガーの開き			○(通路)	○	○	○
ハンガーの吊りボルトからの外れ						○
野縁受け継手部の外れ(金物接合)						
野縁受け同士の溶接の外れ						
野縁受けのハンガーからの外れ			○			
野縁受けがハンガーから外れて落下			○	○		○
クリップの野縁受けからの外れ		○				
天井板が天井下地と一体で落下	○	○		○		
天井板が野縁から外れて落下						
天井の床面への落下		○	○	○		
人的被害の有無						

※天井の仕様・被害状況は現地調査で確認した範囲について記述。

建築物 A (茨城県小美玉市)**[基本データ]**

- ・ 建築時期：平成 22 年
- ・ 構造・階数：鉄骨造・地上 2 階（一部 3 階）
- ・ 延床面積：8057.58 m²
- ・ 被災場所の用途：空港ロビー
- ・ 被災場所のおおよその広さ：942 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：14.0m

[建築物概要]

- ・ 吹き抜け上部の鋼板屋根のスパンは 17.7m。

[天井概要]

- ・ スプリンクラーはない。
- ・ 入口側端部に吊りボルトはない。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ クリアランスが確保されていないところもあった。斜め部材は設置されていた。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 本震で、出発ロビーの吹き抜け上部にある 7 枚の天井面のうち、1 枚が脱落し、1 枚の端部が垂れた。
- ・ 被災後に吹き抜け部の天井を撤去して、4 月 1 日には 2 階を含めて再開したとのこと。
- ・ エレベータを登ったところの売店上部の天井が本震で被害を受けて、余震で再び被害を受けたとのこと。
- ・ 天井裏の点検を 4 月 11 日以降に実施した際、天井裏にナットが落ちていたものの、どこから落下したものは分からずじまいだったとのこと。
- ・ 設計者から、「天井は 1.1G に耐えられるようにしているが、今回の地震による揺れを計算すると 1.18G であった」と説明を受けている、とのこと。

[天井以外の被害概要]

- ・ 3 階の設備機器、ダクトの保温カバーに被害が見られた。屋上（3 階）にある電気温水器のコンプレッサーが台座からずれ落ちた。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 搭乗口の方へ退避したこと等により、負傷者は出なかったとのこと。

2. 地震による天井脱落被害



写真 A.1 天井が脱落した後の状況（平成 23 年 3 月 12 日撮影）
赤点線台形内が天井脱落箇所、赤楕円内が天井面が垂れた箇所



写真 A.2 被災後に天井面を張らなくした状況（平成 23 年 6 月 28 日撮影）

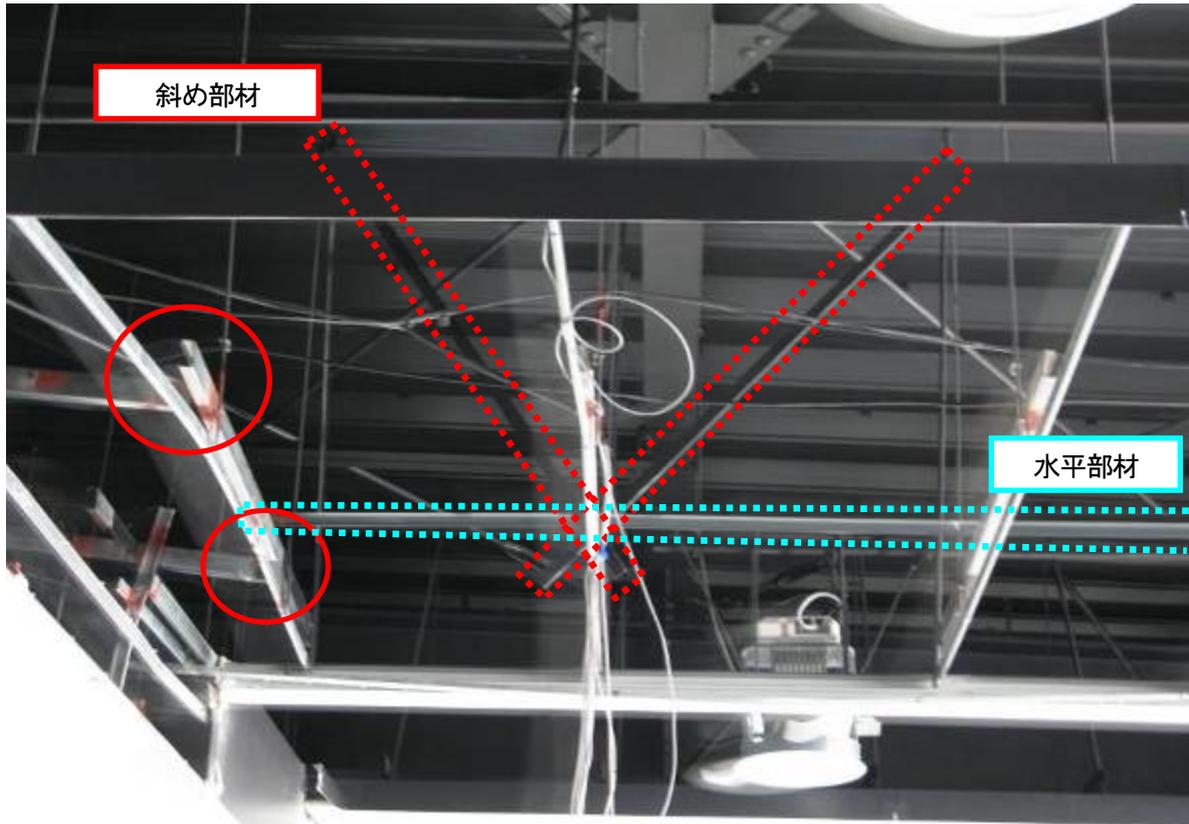


写真 A.3 脱落せずに残った下地の様子（搭乗口側：平成 23 年 3 月 12 日撮影）
赤円内箇所で吊りボルトに取り付けられた水平材に C 形鋼が突き付けられる形になっている

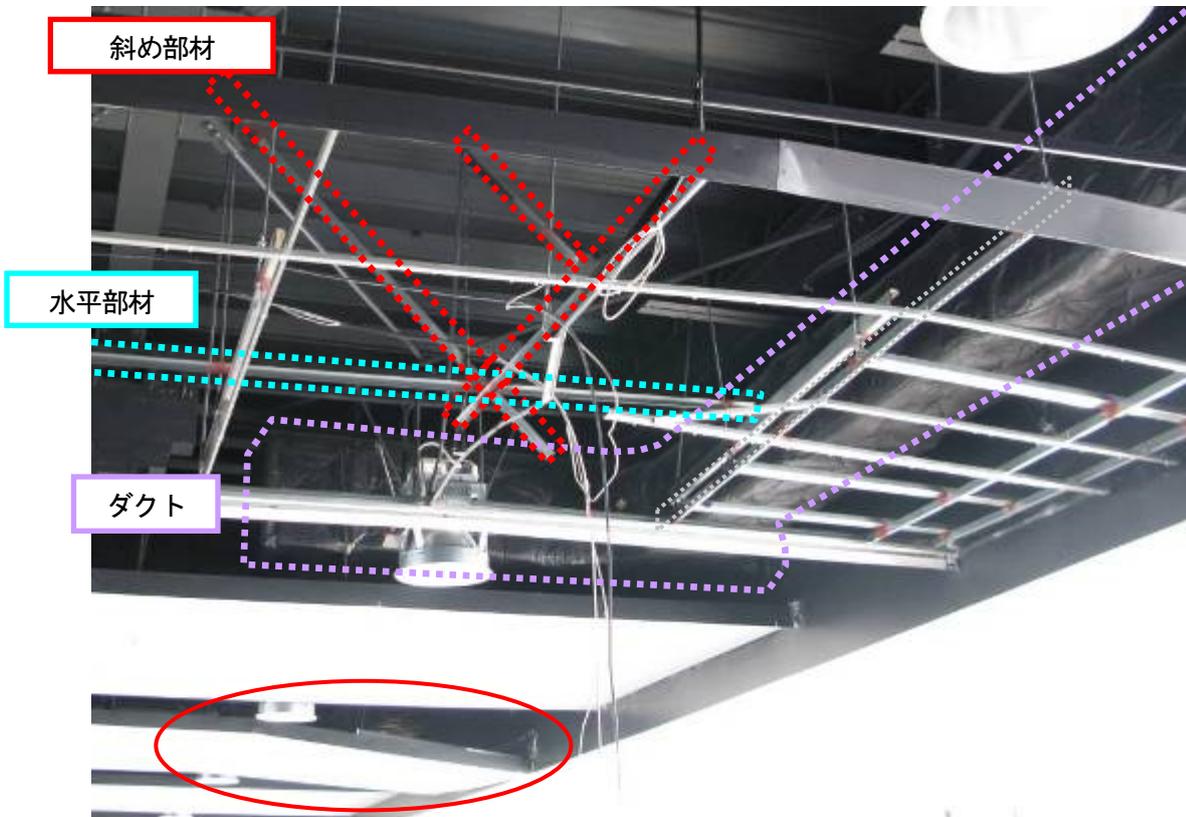


写真 A.4 脱落せずに残った下地の様子（入口側：平成平成 23 年 3 月 12 日撮影）
赤楕円内は端部で垂れた天井

建築物B（茨城県）

[基本データ]

- ・ 建築時期：昭和 60 年
- ・ 構造・階数：鉄骨鉄筋コンクリート造・鉄骨造・鉄筋コンクリート造・地上 2 階
- ・ 延床面積：4216.79 m²
- ・ 被災場所の用途：体育館アリーナ
- ・ 被災場所のおおよその広さ：1800 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：10.7～14.9m

[建築物概要]

- ・ 山形架構（入母屋形状）。
- ・ アリーナは 37.4m×54.9m≒2050 m²。
- ・ アリーナの天井裏の四隅に排気用の設備がある。

[天井概要]

- ・ 吊り長さは 2.3～3.1m 程度。野縁間隔は 35～40cm。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 端部でクリアランスは取られていない。落下した部分の天井の下地材には水平部材があり、斜め部材はキャットウォーク下部に吊りボルトで溶接されているもののみ確認できた。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 隅部の天井が部分的に落下している。衝突によると思われる。
- ・ 張間方向のスパン 1/4 の辺りの天井面中央部で天井が脱落している。ここではハンガーの開きが多く確認され、野縁受けの外れなども見られた。また、吊りボルトが弓なりに曲がっているものも見られた。
- ・ 体育館の内部は湿気が多いのかカビ臭く、天井のところどころにカビが見られた。また落下した天井も湿っているように感じた。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 落下時にはアリーナで卓球が行われていたが、地震時に外へ逃げたため、人的被害はなかった。



写真 B.1 脱落した天井



写真 B.2 隅部での天井の損傷

2. 地震による天井脱落被害



写真 B.3 天井上端部の取り合い（北側）
（円内の溶接部分は損傷している）

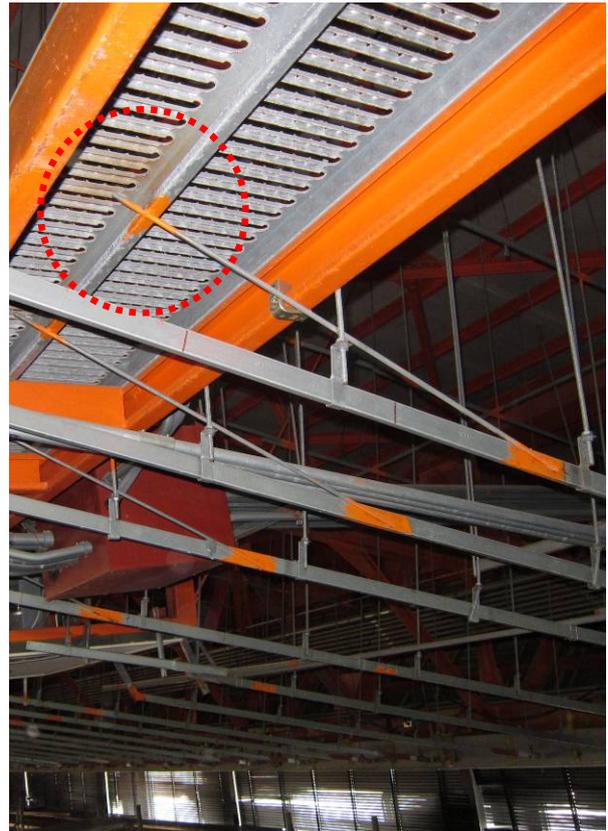


写真 B.4 天井中程の状況（北側）
（斜め部材をキャットウォーク下部に溶接）

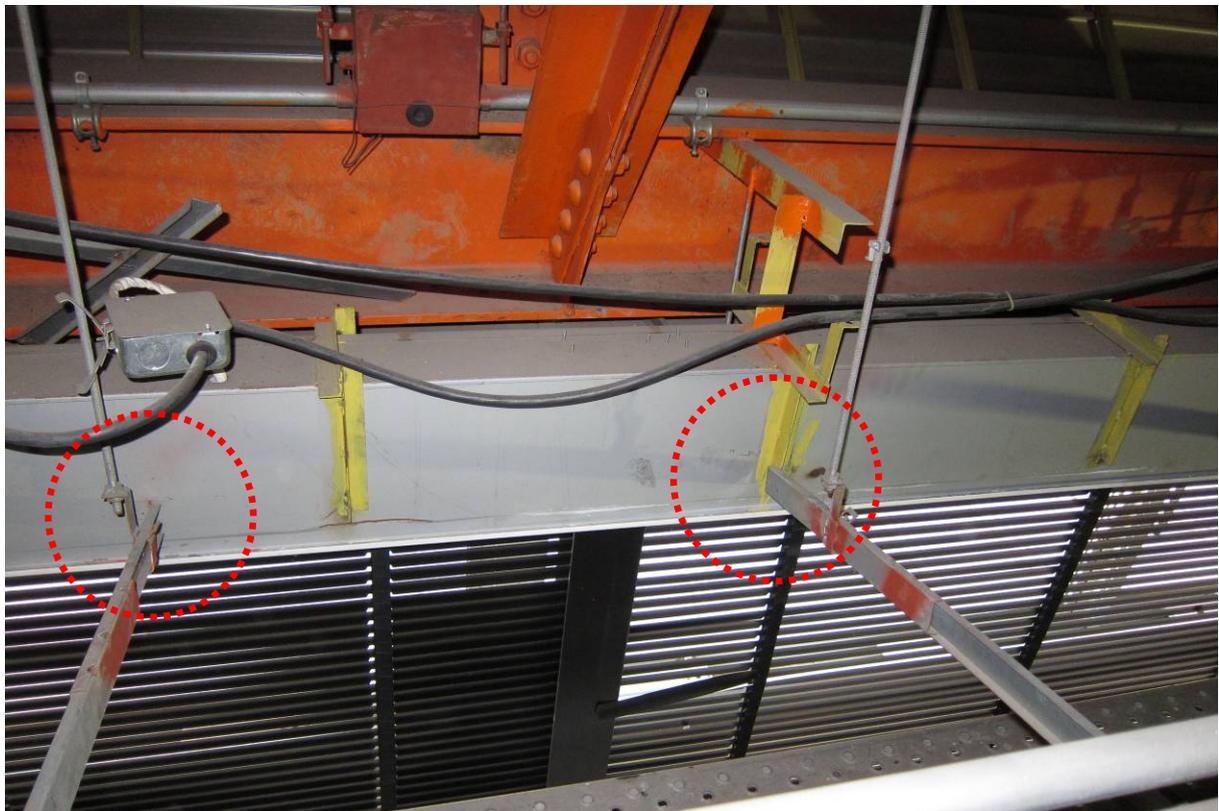


写真 B.5 天井下端部の取り合い（北側）（突き付け。溶接等による留め付けは確認されない）

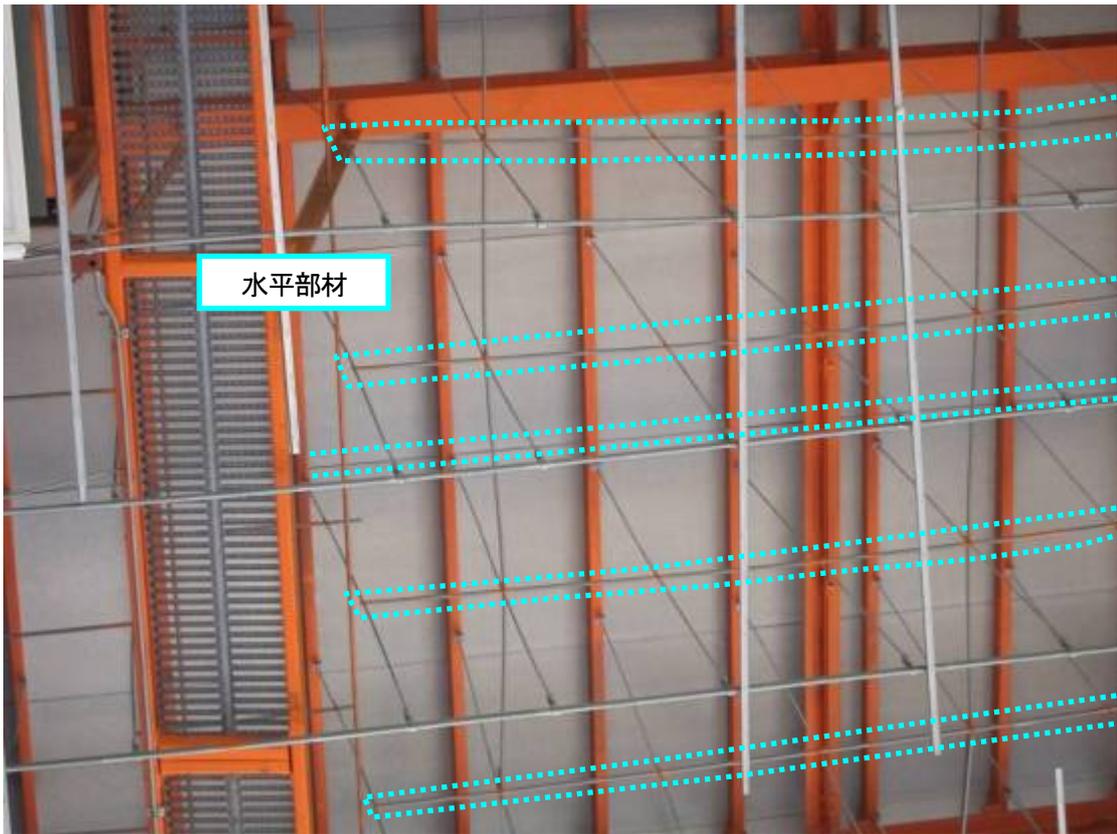


写真 B.6 脱落した天井の下地の様子



写真 B.7 天井脱落箇所の状況（円内でハンガーが開いている）



写真 B.8 天井脱落箇所のハンガーと野縁受けの接合箇所の状況
(ハンガーが軒並み外れており、溶接接合された野縁受け同士の接合箇所が損傷している)

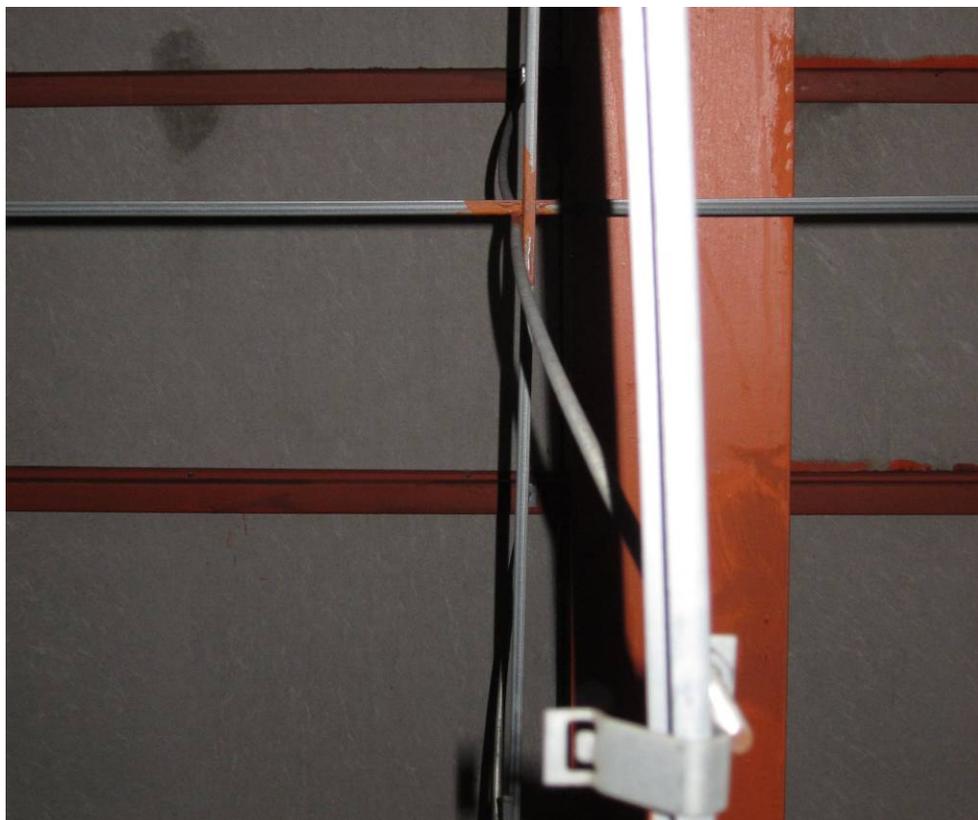
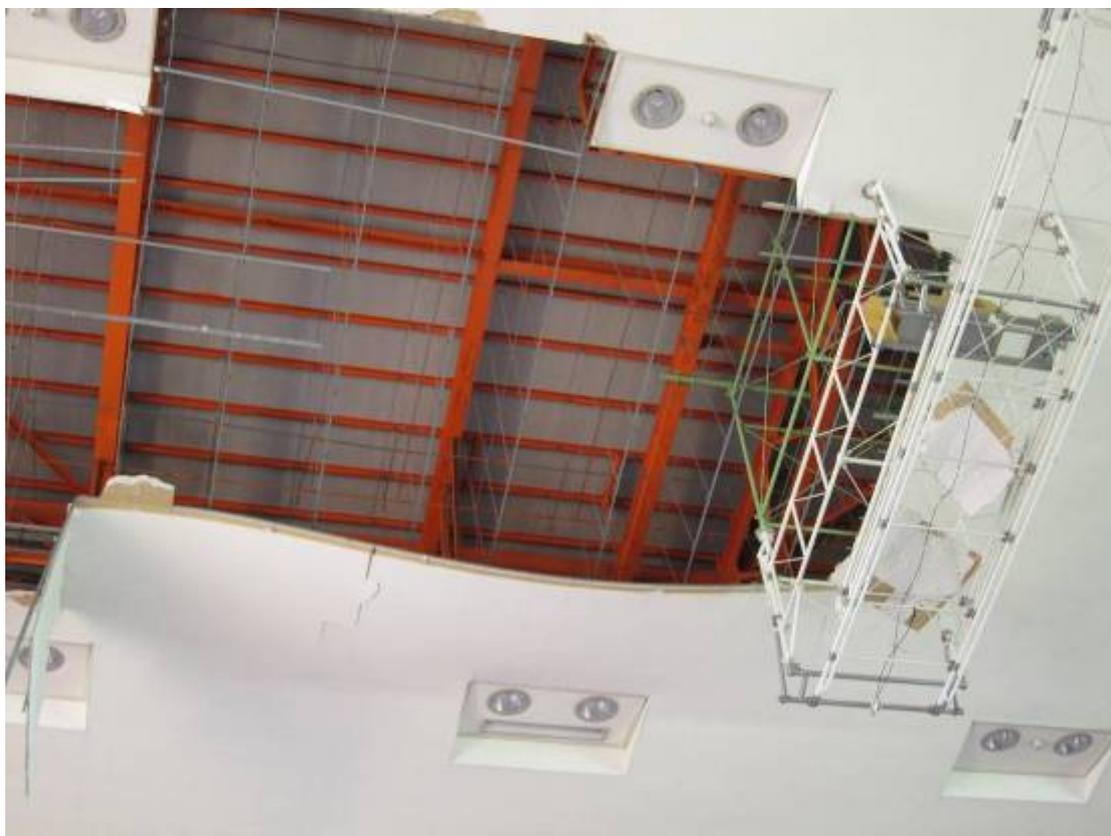


写真 B.9 天井脱落箇所の吊りボルトの損傷例 (ハンガーが開き、吊りボルトが弓なりに曲がっている)



写真B.10 床面に落下した天井



写真B.11 垂れたものの落下に至っていない天井

山形屋根架構に設置された天井の典型的な被害例と考えられる本体育館について、微動計測及び数値解析により、構造躯体の固有振動数や固有モード等の振動特性を把握した。

微動測定は平成 24 年 1 月中旬に屋根面で実施した。計測位置は図 2.43 に示す○印の点で、トラス梁の下弦材に 3 軸微動計測計を設置して計測を行った。図 2.44 に上下方向成分のフーリエ振幅スペクトルを示す。1 次は 0.323 秒と判断される。

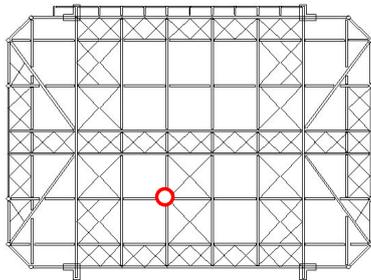


図 2.43 微動計測位置

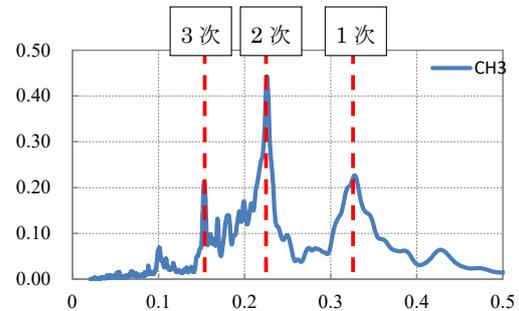
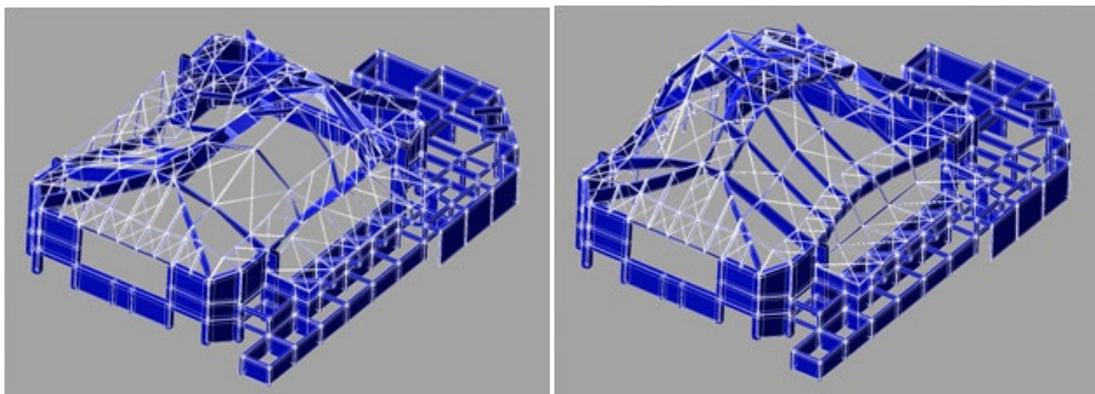


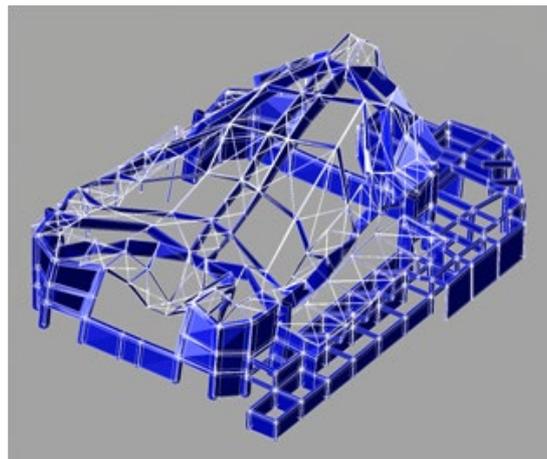
図 2.44 フーリエスペクトル (横軸は周期(sec.))

数値解析による固有値解析結果を図 2.45 に示す。固有周期は微動計測結果とよく対応している。1 次及び 2 次は張間 (短辺) 方向、3 次モードは桁行 (長辺) 方向の振動モードとなっている。1 次及び 2 次のモードで振幅が大きくなる箇所が、天井の脱落被害を生じた領域に対応していることが分かる。



(a) 1 次 $T_1=0.336\text{sec.}$

(b) 2 次 $T_2=0.323\text{sec.}$



(c) 3 次 $T_3=0.234\text{sec.}$

図 2.45 固有値解析結果

建築物 C (宮城県仙台市)**[基本データ]**

- ・ 建築時期：昭和 62 年
- ・ 構造・階数：鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）・地上 3 階（地下 2 階）
- ・ 延床面積：12949.32 m²
- ・ 被災場所の用途：ホール
- ・ 被災場所のおおよその広さ：1100 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：14.9m

[建築物概要]

- ・ 大ホールと小ホールがある。

[天井概要]

- ・ 大ホールは 500 m²以上であることから天井の改修を行い、平成 19 年 3 月に完成したとのこと。改修方法は端部のクリアランスの確保と、ダブルクリップ等の溶接やビス止めによる補強ということである。現地調査で改修状況を確認した。
- ・ 落下部分の客席から天井までの高さを計測すると 14.9m、張間のスパンは 31m であった。水平の天井はボード 2 枚張り、勾配天井のボードは 3 枚張りであった。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 壁際にはクリアランスが取られており、斜め部材は設置されていないことを確認した。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 大ホールと小ホール、いずれも在来工法の天井の脱落を生じたとのこと。
- ・ 4 月 7 日の余震で、大ホールでぶら下がっていた天井の範囲が広がったほか、隅部の天井が新たに落下したとのこと。

[天井以外の被害概要]

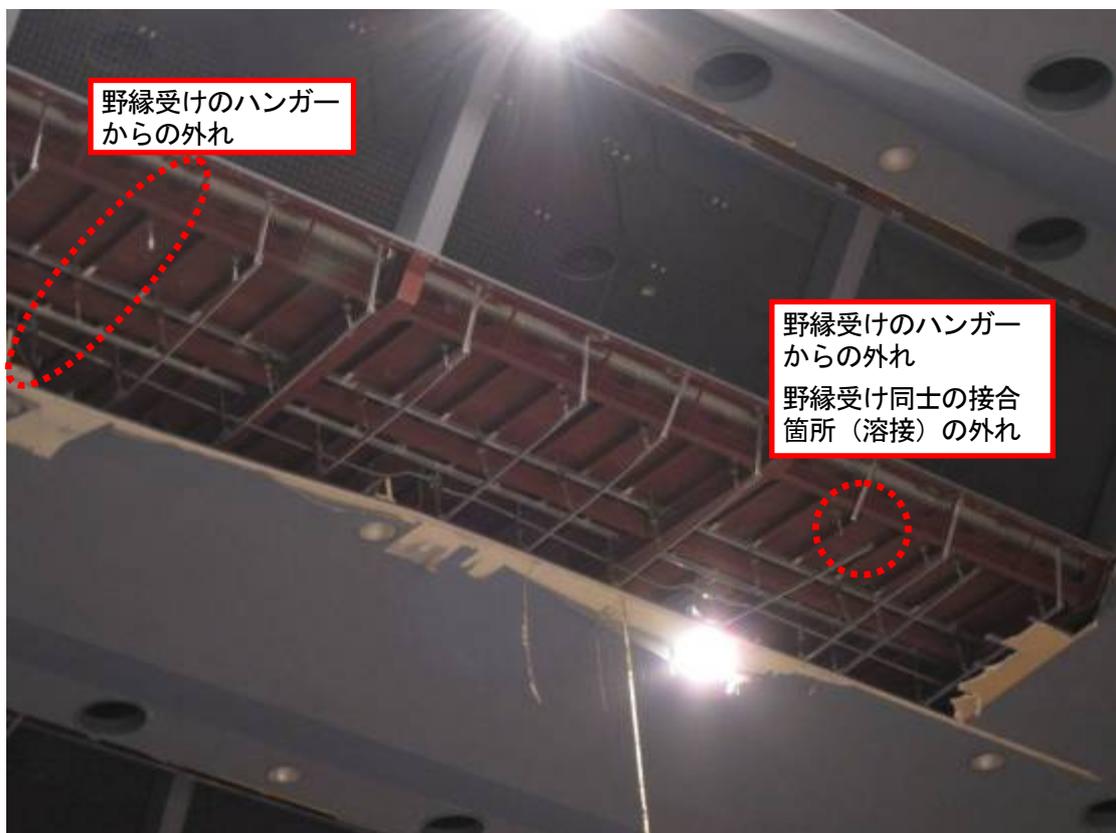
- ・ 余震で舞台上のダクトが落下したとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 大ホールには平成 23 年 3 月 11 日の本震時に 600～700 名ほどがおり、うち 2 名が落下物により軽傷を負ったとのこと。



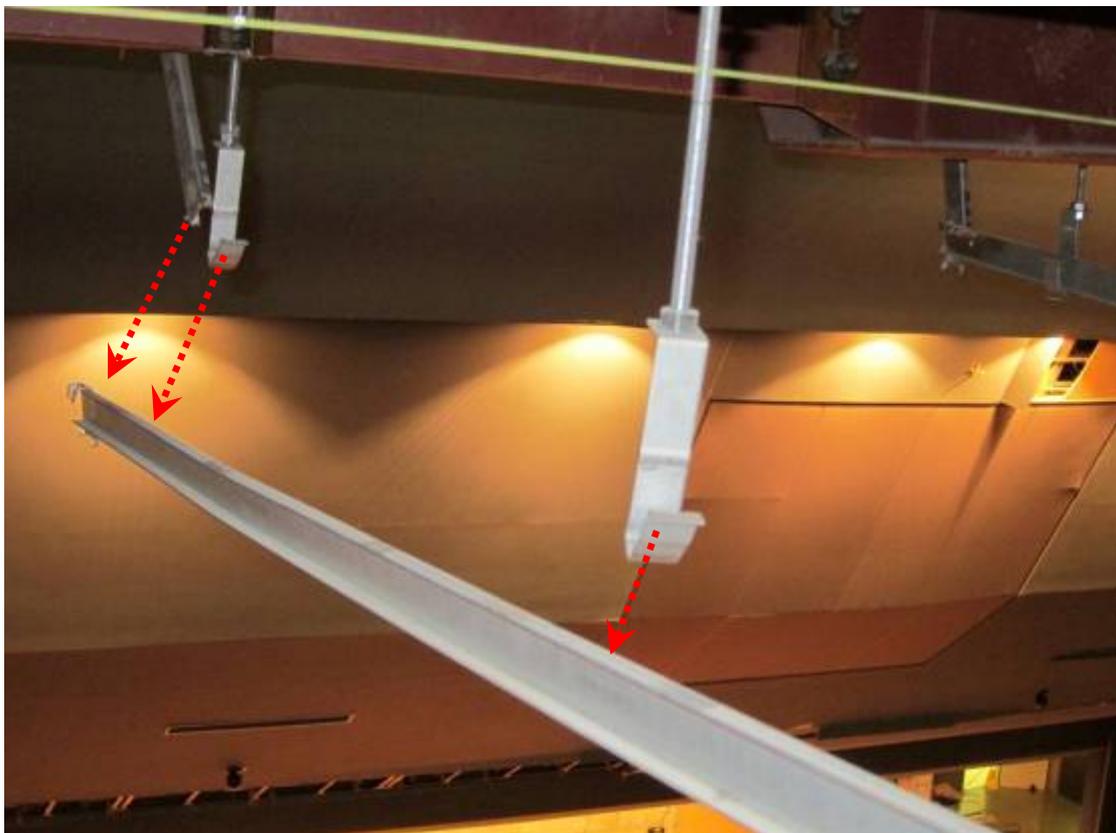
写真C.1 ホール上部の天井脱落



写真C.2 シーリングスポット室下部の天井脱落
(野縁受けのハンガーからの外れ、脱落、野縁受け同士の接合箇所の外れ)



写真C.3 シーリングスポット室下の天井の詳細



写真C.4 シーリングスポット室の直下の天井被害の詳細
(野縁受け同士の溶接部の外れ、野縁受けのハンガーからの外れ、ハンガーの開き)



写真 C.5 シーリングスポット室周りの天井の被害



写真 C.6 シーリングスポット室周りの天井の被害
(野縁受けの曲がり)

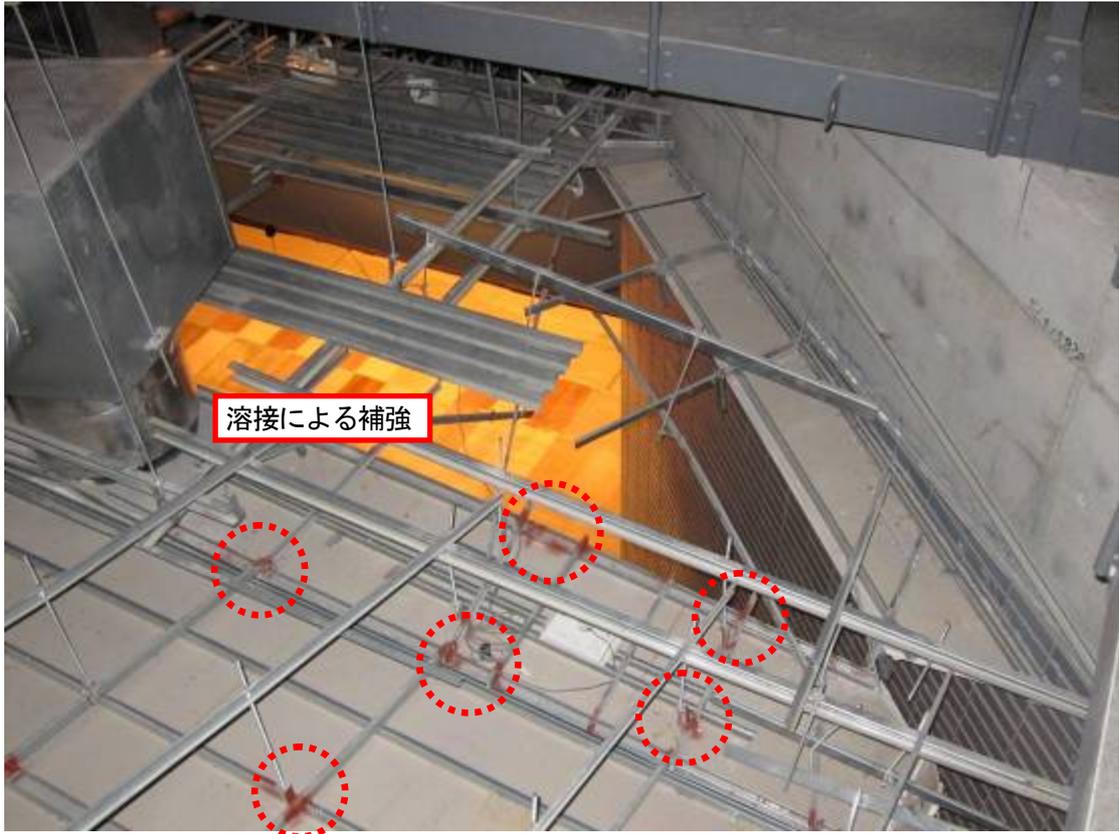


写真 C.7 損傷した天井端部の下地の状況

建築物D（宮城県仙台市）

[基本データ]

- ・ 建築時期：昭和 48 年
- ・ 構造・階数：鉄骨鉄筋コンクリート造・地上 5 階（地下 2 階）
- ・ 延床面積：12800.22 m²
- ・ 被災場所の用途：大ホール
- ・ 被災場所のおおよその広さ：900 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：15m

[天井概要]

- ・ 音響効果の改善を含めて天井の改修が行われ、平成 21 年 1 月に完成したとのこと。天井の形状は、以前の曲面を組み合わせたものから、平面を組合せたものに変更されたとのこと。
- ・ 屋根からアングル L50x50x4 を下ろして 1 次下地を吊り、1 次下地の端部は RC 造や鉄骨造の躯体に固定している。1 次下地から天井を吊り下げており、野縁は高さ 25mm の外部用のダブル野縁（内部用は高さ 19mm）を全て用いているとのことであり、300mm ピッチで配置している。吊りボルトは傾斜した天井面に対して 900mm ピッチで配置され、下地が比較的密に設けられている。
- ・ 1 次下地からの吊り長さは平坦部の短いところで 650mm であり、壁際のクリアランスも 10cm 程度取られている。
- ・ クリップにはネジ止めをする耐風クリップが用いられている。
- ・ 天井板は下地側から、けい酸カルシウム板 12mm 厚、繊維混入せっこう板 10mm 厚及び 8mm 厚の 3 枚張りである。けい酸カルシウム板 12mm 厚は面として張られているのではなく、ダブル野縁の幅に合わせて短冊状に加工されたものが使われている。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 壁際にはクリアランスが 10cm 程度取られていた。
- ・ 1 次下地からの吊り長さが短いところも多く、斜め部材は設置されていないが、耐震性に配慮した下地構成となっている。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震。
- ・ 天井の突出部分で、吊り元に点付け溶接をした吊りボルトが外れたために一部で天井が垂れたが、落下はしていない。
- ・ 野縁の衝突痕が壁に残っていた。

[天井以外の被害概要]

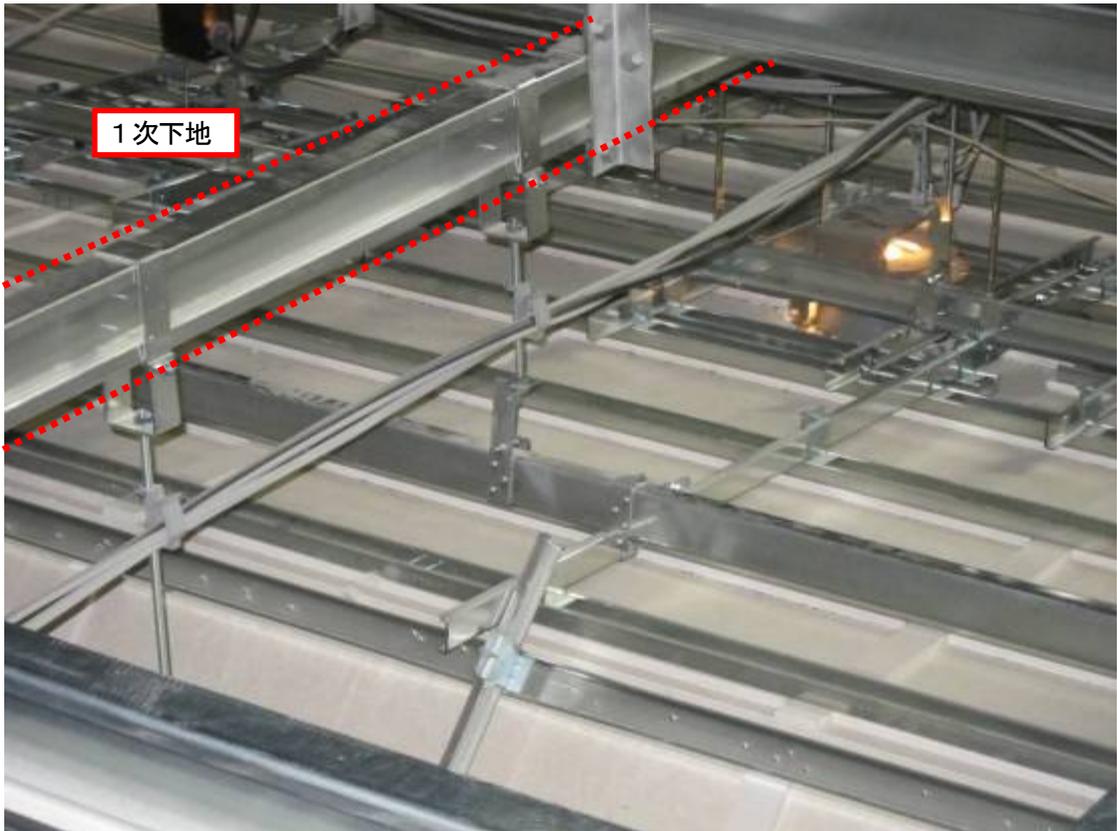
- ・ 設計者の調査によれば構造躯体の被害は見られないとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

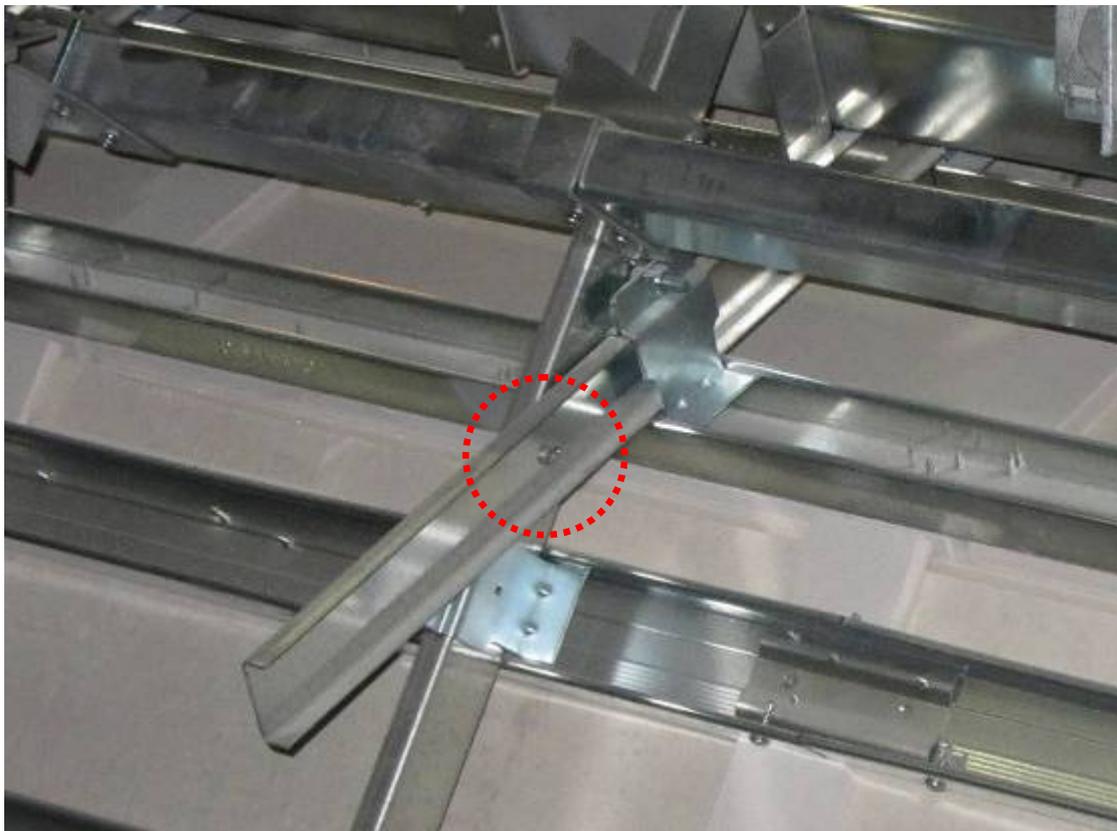
- ・ 大ホールは利用しておらず、負傷者はなかったとのこと。

[その他]

- ・ 調査時点では足場が組み終わった段階で、詳細な調査はこれからとのこと（内観は見通せない状態）。



写真D.1 天井詳細写真

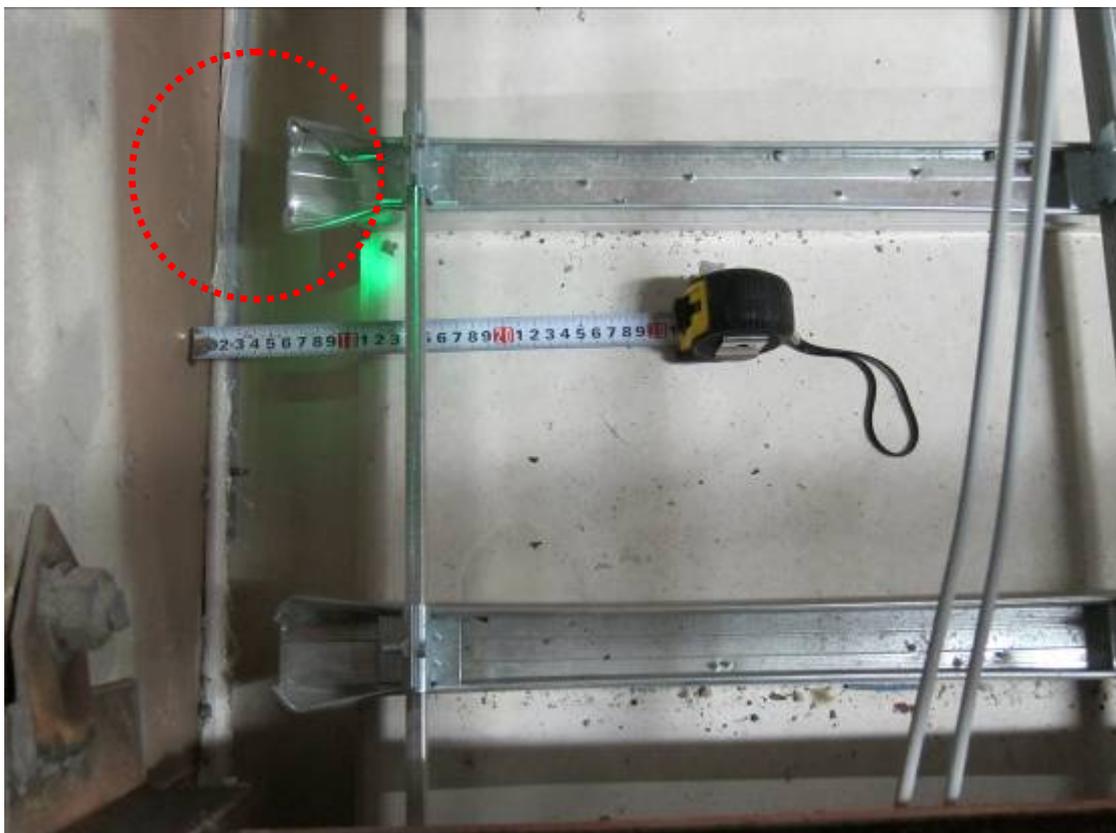


写真D.2 天井詳細写真（野縁受け同士をねじどめ）

2. 地震による天井脱落被害



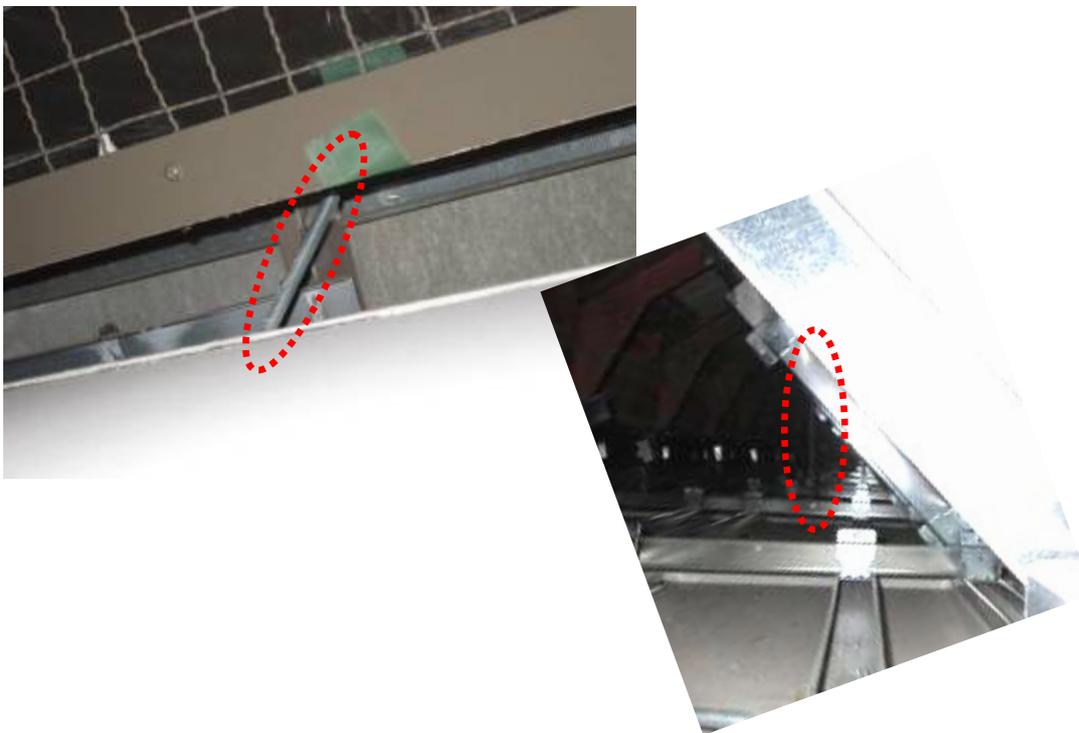
写真D.3 天井詳細写真



写真D.4 野縁端部の状況
(赤波線円内に野縁端部が衝突した跡)



写真D.5 シーリングスポット室下での天井の垂れ



写真D.6 シーリングスポット室下の天井下地の様子
(左写真では吊りボルトと吊り元の溶接部が外れている)

建築物E（宮城県大崎市）

[基本データ]

- ・ 建築時期：平成 17 年
- ・ 構造・階数：上部鉄骨造・下部鉄筋コンクリート造・地上 1 階
- ・ 延床面積：1229 m²
- ・ 被災場所の用途：屋内運動場
- ・ 被災場所のおおよその広さ：850 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：10.7～11.6m

[建築物概要]

- ・ 屋根は 3/100 の勾配で舞台側（北側）から舞台反対側（南側）へと下がっている。
- ・ アリーナは、張間（大梁方向）24.4m×桁行き 33.2m=810 m²程度。アリーナ床面から天井までの高さは 10.7m（舞台と反対の妻壁側）～11.6m（舞台側）である。

[天井概要]

- ・ 天井は在来工法で、天井板はせっこうボード 9mm+ロックウール吸音板 12mm の 2 枚張りである。大梁の位置で区切られ、7 枚に分かれた平らな天井が、段差を付けて並んでいる。それぞれの天井は舞台側端部（梁際）で壁用のスタッド（リップ付き溝形鋼 C65x50）を用いて幕板が取り付けられている。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 各天井の張間方向端部では段違いの納まりで干渉しないように工夫されており、大梁との際には 10cm 程度のクリアランスが取られている。斜め部材は多数設置されており、図面にも明示されている。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ H 形鋼梁のフランジにかけた吊りボルトが、吊り金具とともに吊り元から外れて落下した被害も多く見られた。また斜め部材の点付け溶接は所々で地震により外れたと思われる。天井は調査時には、手で揺らせるような状態であった。
- ・ 天井からロックウール吸音板のみが剥がれ落ちている部分があった。
- ・ 落下部分は大梁（張間）のスパン中央部付近だけでなく、周辺部にもあった。周辺部の被害は柱との衝突が影響したと考えられる。
- ・ 平成 20 年の岩手宮城内陸地震でも、天井からパラパラと落下物があったとのこと。

[天井以外の被害概要]

- ・ ガラス、照明は損傷しなかったものの、余震で照明が少し下がっていた。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 地震時は使用中であり体育館の外に避難した。



写真 E.1 天井脱落被害の状況（北側を見る）



写真 E.2 天井面を桁行方向、南方向に見通した様子
(東西方向に架かる梁の下フランジに、南側の天井面は下がり壁で接し、北側の天井面は端部で接する)

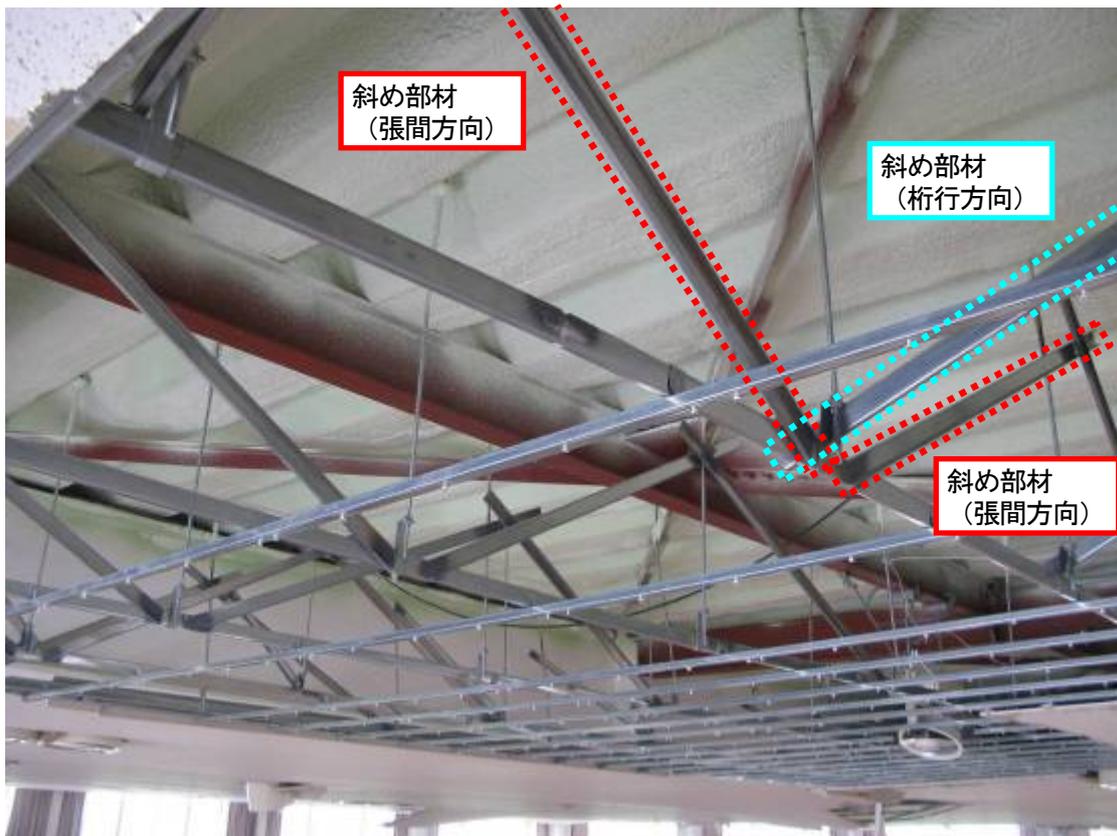


写真 E.3 天井裏の下地の配置



写真 E.4 斜め部材の溶接が外れた被害



写真E.5 H形鋼梁への吊り金具が外れた被害



写真E.6 被害により床面に落下した吊り金具、吊りボルト、ハンガー

2. 地震による天井脱落被害



写真E.7 天井面と梁下フランジとのクリアランス（天井の野縁方向）



写真E.8 野縁受け方向端部の状況（窓側の天井と、アリーナ天井端部の折り上げ部の間に隙間）



写真 E.9 天井板が野縁から外れて落下



写真 E.10 天井面の端部での垂れ下がり
(赤点線円内で野縁受け継手 (金物接合) の外れ)

建築物F（宮城県大崎市）

[基本データ]

- ・ 建築時期：平成6年
- ・ 構造・階数：屋根部鉄骨造・上部柱，桁鉄骨鉄筋コンクリート造・下部鉄筋コンクリート造
- ・ 延床面積：1092 m²
- ・ 被災場所の用途：屋内運動場
- ・ 被災場所のおおよその広さ：942 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：11.6～14.6m

[建築物概要]

- ・ アリーナは 32.7m×26.7m≒870 m²。

[天井概要]

- ・ 天井板は、せっこうボード9mm厚+ロックウール吸音板9mm厚。天井高は11.6～14.6m。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ クリアランスは梁際にあるが、壁際にはない。
- ・ 斜め部材は、張間方向スパン1/4付近で落下した天井部分の下地については確認できなかったが、勾配天井下端と壁の取り合い部について確認できた。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 桁行き方向の5スパン中、両端を除く中央の3スパンで天井が脱落。中央スパンは狭い。
- ・ 天井の落下範囲は余震で広がっているとのこと。

[天井以外の被害概要]

- ・ 下駄箱が倒れたが下校時間の前であった。理科室や家庭科室は使用していなかったとのこと。
- ・ 地震時は停電して校内放送はできなかったとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 地震時は授業中で、埃が落ちてきたため尋常ではないと判断した先生が即座に児童を校庭に避難させた。

[その他]

- ・ 応急危険度判定で「危険」とされており、使用していない。避難所に指定されているが使用できなかったとのこと。



写真 F.1 天井被害の状況



写真 F.2 天井下地の状況（勾配天井の中間部）

2. 地震による天井脱落被害

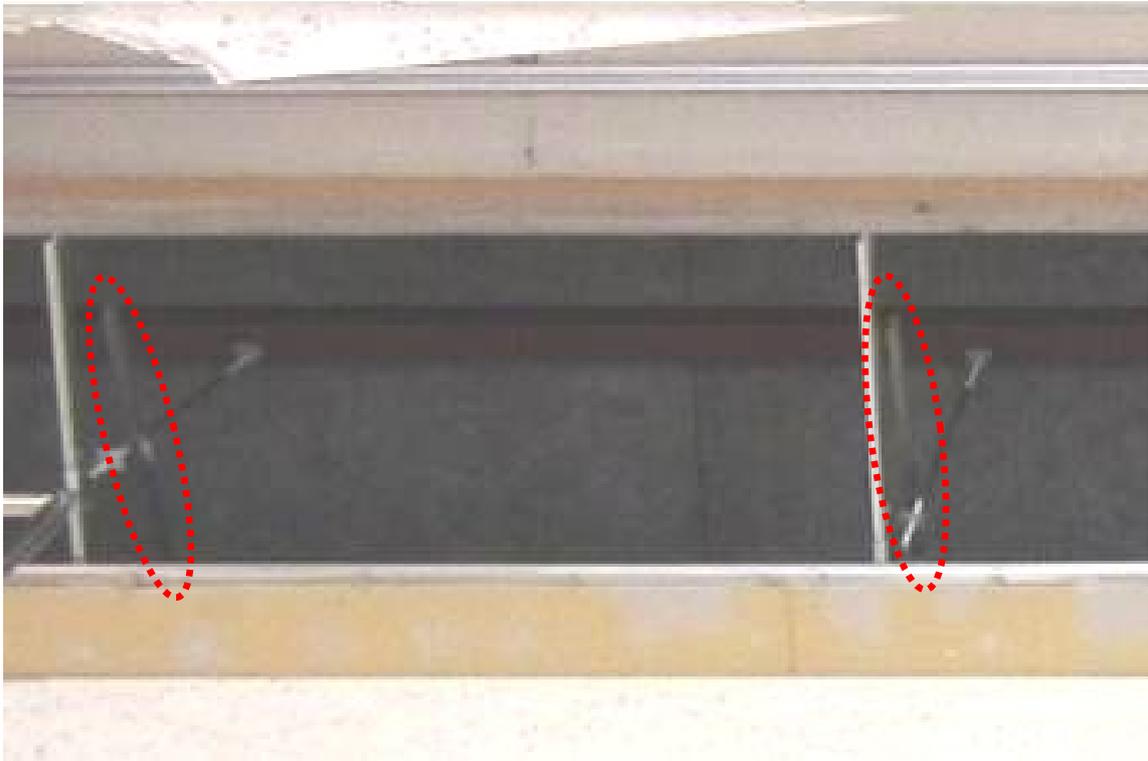


写真 F.3 勾配天井下端の天井下地の状況
(楕円点線部分に斜め部材と思われる部材が見える)

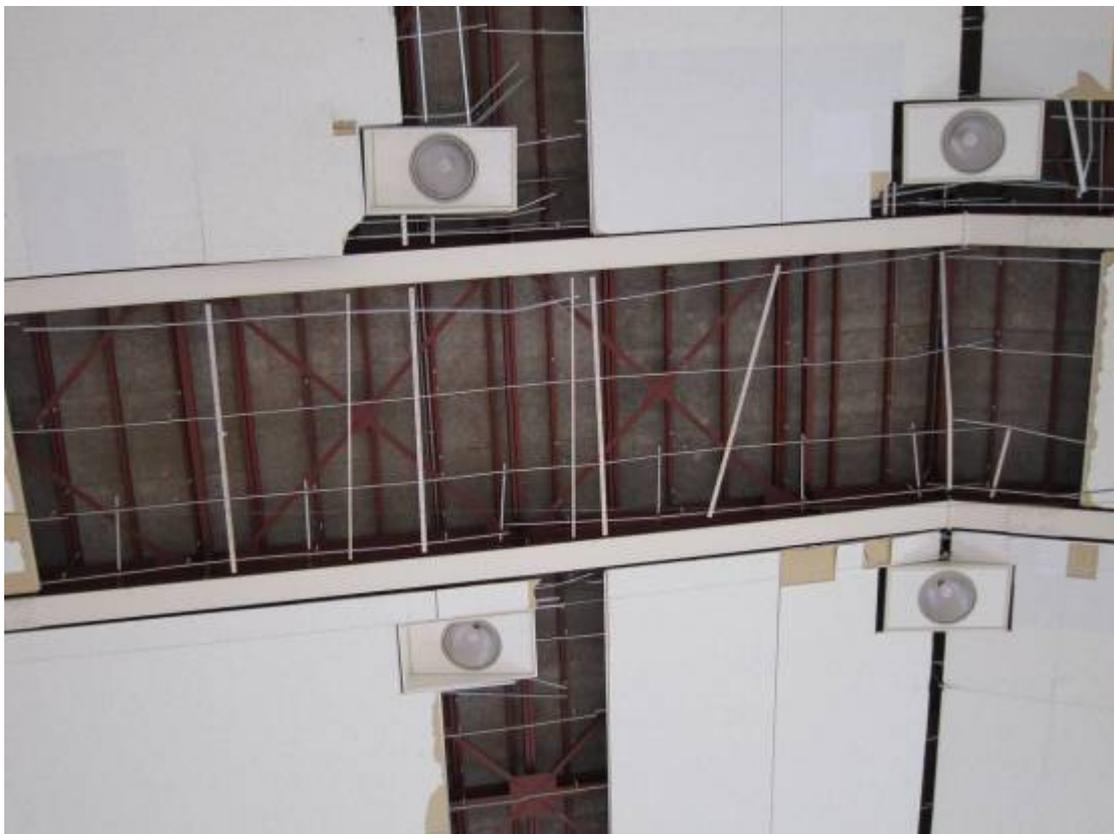


写真 F.4 天井被害状況

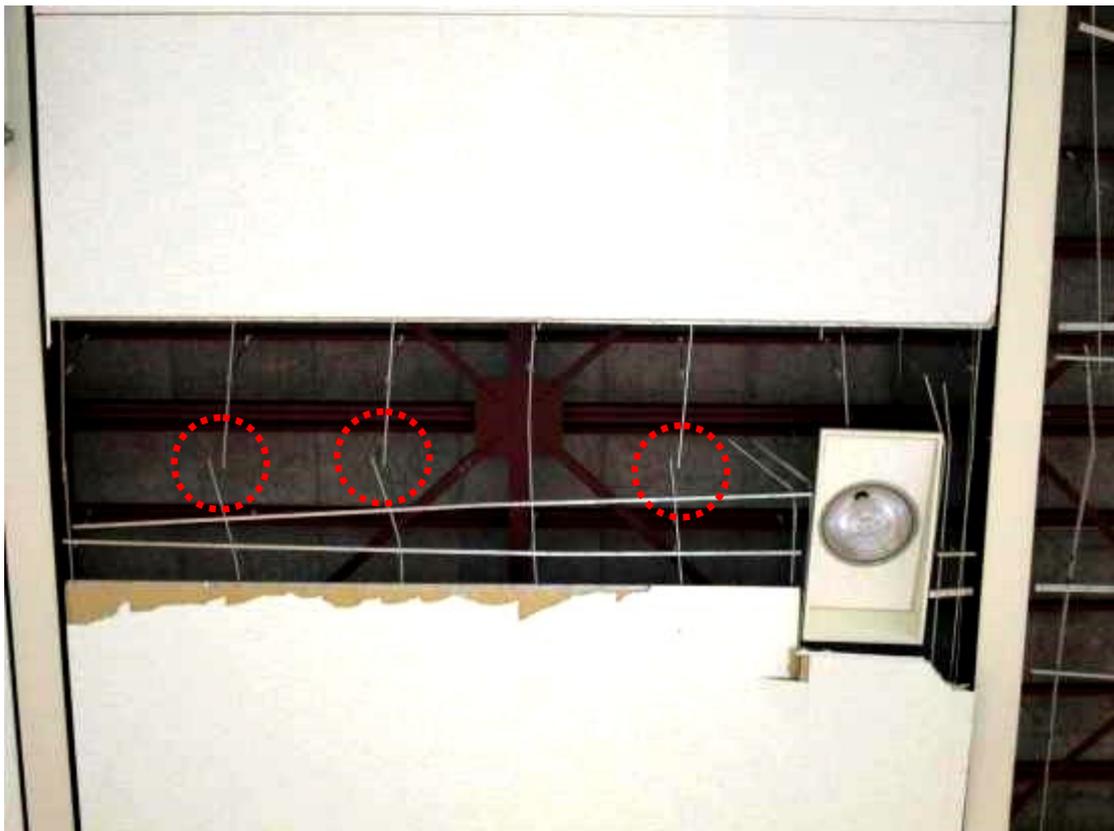


写真 F.5 野縁受けの接合箇所（金具接合）の外れ



写真 F.6 落下した部材

建築物 G (宮城県仙台市)

[基本データ]

- ・ 建築時期：平成 12 年
- ・ 構造・階数：鉄骨造（一部鉄筋コンクリート）・地上 7 階（地下 2 階）
- ・ 延床面積：21682.15 m²
- ・ 被災場所の用途：共有スペース
- ・ 被災場所のおおよその広さ：1453.21 m²（当該階の床面積は 2418.46 m²）
- ・ 被災場所のおおよその天井高：3.565m

[建築物概要]

- ・ 被害のあった 7 階の階高は 4.0m。

[天井概要]

- ・ 天井板は、せっこうボード 12.5mm+12.5mm の 2 枚張り。
- ・ 吊りボルトは 1m ピッチ、吊り長さは 490mm とのこと。
- ・ 7 階と同じ仕様の天井は 3 階であり、吊り長さは 30cm 程度とのこと。6 階の天井仕様は 7 階とは異なっていた。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 吊り長さが短いためか、斜め部材は設置されていない。
- ・ 内壁のプロフィリットガラスなどとのクリアランスは 20cm 程度あった。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 平成 23 年 3 月 11 日の地震で 7 階の南側（防煙垂れ壁より南）の天井が落下したとのこと。
- ・ 平成 23 年 4 月 7 日深夜の余震で西側の天井が落下し、北東側の天井が垂れたとのこと。
- ・ 天井仕様が 7 階と同じである 3 階の天井は、被害を受けていなかった。

[天井以外の被害概要]

- ・ 天井がぶつかって、内壁のプロフィリットガラスが割れたとのこと。
- ・ スプリンクラーが作動して水が出たとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 人的被害はなかったとのこと。



写真 G.1 天井脱落の状況（施設提供写真）



写真 G.2 天井脱落の状況（施設提供写真）

2. 地震による天井脱落被害



写真 G.3 天井被害の状況（施設提供写真）



写真 G.4 天井被害の状況（施設提供写真）

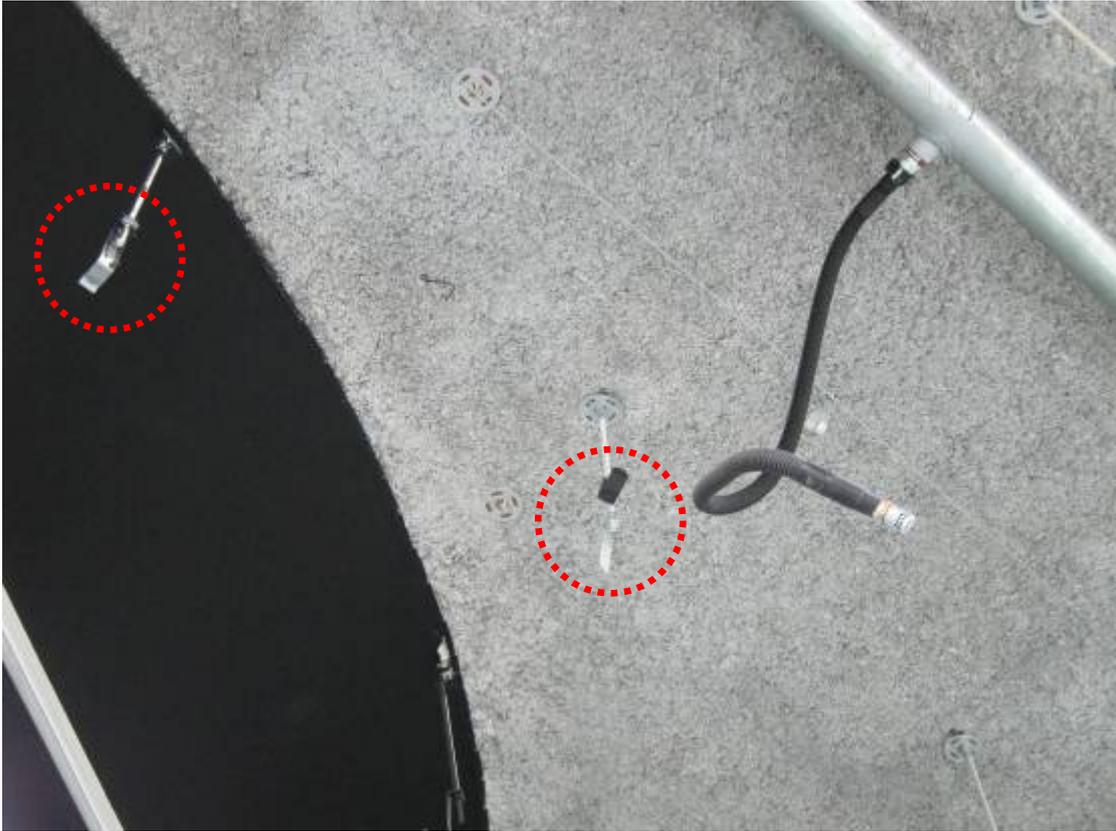


写真 G.5 ハンガーの開きの被害



写真 G.6 落下した天井に使われていた部材

建築物H（福島県福島市）

[基本データ]

- ・ 建築時期：平成5年・平成7年
- ・ 構造・階数：鉄骨造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）・地上7階（地下1階）
- ・ 延床面積：84847.897 m²
- ・ 被災場所の用途：客席・通路
- ・ 被災場所のおおよその広さ：1450 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：2.5～3.2m

[建築物概要]

- ・ エキスパンションジョイントで3つの棟に分かれている。
- ・ 6階は屋根に鋼製折板が使われている。床から屋根下まで5.2m、窓側では折板の山の下まで6.4m。
- ・ 5階は、通路の柱から7.2m程度の片持ちで観客席がある。
- ・ 建物幅（長手方向）を計測すると236m。

[天井概要]

- ・ 6階は、床から屋根下まで5.2m、野縁まで2.5mであり、吊り長さは2.7m。窓側では折板の山の下まで6.4m、照明の下端まで2.5mであり、吊り長さは3.9m。
- ・ 5階は通路の柱からターフに向かって観客席が下がるのに合わせて天井も下がっており、吊り長さが長くなっていく。通路の天井は、5～6m毎に同じ形状が繰り返される構成。
- ・ 4～6階の天井の仕様は同じとのこと。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ クリアランスは特にとられていない。
- ・ 通路等の天井裏はダクトや配線で一杯であり、斜め部材は設置されていなかった。観客席の上部の勾配天井でも斜め部材は確認できなかった。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震。
- ・ 3つの棟の内の真ん中の棟で天井脱落が発生した。
- ・ 6階では、エキスパンションジョイント周囲、天井端部、天井段差近傍などで脱落を確認した。
- ・ 5階では、エキスパンションジョイント周囲、客席、通路側の天井の段差近傍での損傷や脱落を確認した。
- ・ スプリンクラーが作動して水が出て、濡れたせっこうボードが脱落した箇所もあるとのこと。

[天井以外の被害概要]

- ・ 階段の壁に専用ボンドで貼られたせっこうボードが脱落していた。
- ・ スプリンクラーは、ヘッドで壊れたものもあるし、配管が壊れたものもあるとのこと。
- ・ エキスパンションジョイント部分が2階以上で潰れているとのこと。
- ・ エキスパンションジョイント部分のガラスが割れたが、物が当たった痕跡は無かったとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 人的被害はなかったとのこと。



写真 H.1 6階における天井脱落

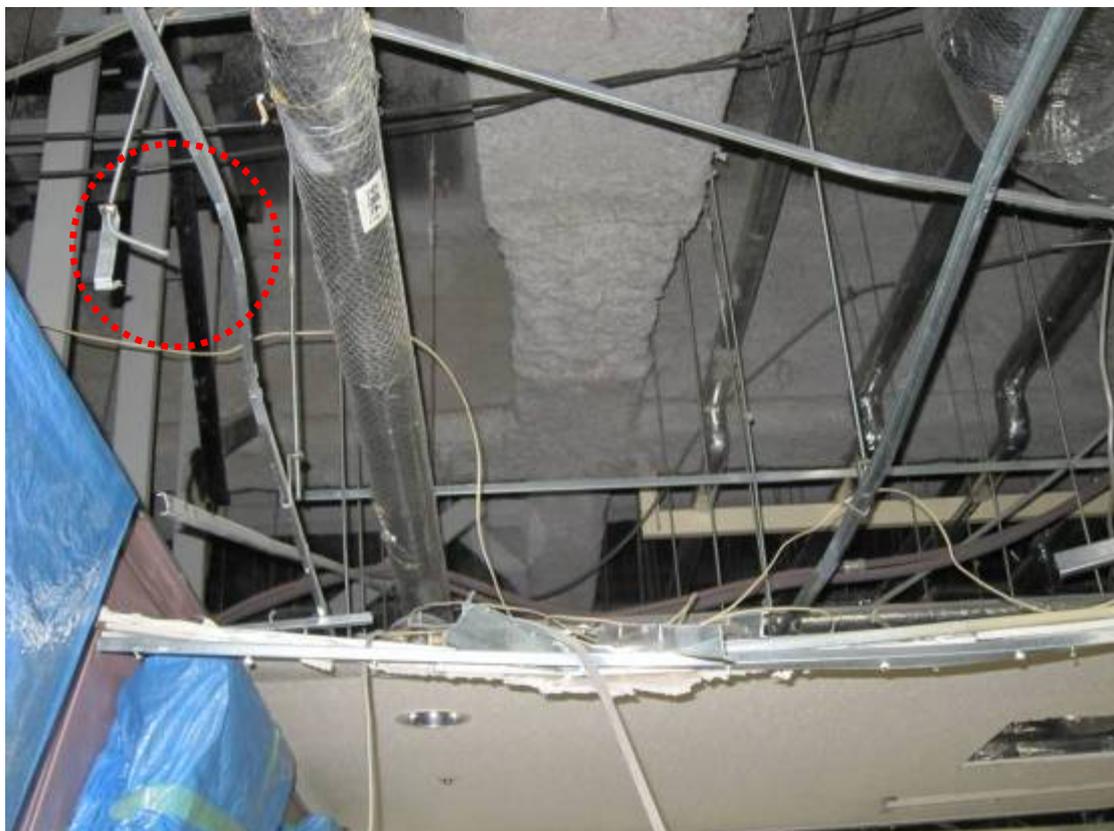


写真 H.2 上記被害箇所の詳細

(赤点線円内でハンガーの開きと野縁受けからの外れ)



写真 H.3 6階の通路部分の天井脱落
(左側が段差天井、右側が曲面天井。赤点線は天井の断面形状)



写真 H.4 上記天井の曲面天井の端部



写真 H.5 5階の天井脱落被害

(写真右側に見える勾配天井の脱落は、エキスパンションジョイントに近い箇所のみ)



写真 H.6 4階の脱落被害を生じていない天井

2. 地震による天井脱落被害



写真 H.7 5階通路での天井脱落被害



写真 H.8 4階通路の天井

建築物Ⅰ（福島県伊達郡）

[基本データ]

- ・ 建築時期：昭和 54 年
- ・ 構造・階数：鉄骨鉄筋コンクリート造・3 階建て
- ・ 延床面積：2405.79 m²
- ・ 被災場所の用途：会議場
- ・ 被災場所のおおよその広さ：207 m²
- ・ 被災場所のおおよその天井高：3.1～4m

[建築物概要]

- ・ 昭和 53 年の地震で被害を受けて建て替えた庁舎とのこと。
- ・ 20m くらいの杭を打っているとのこと。
- ・ 耐震診断をして補強を検討していたところだったとのこと。

[天井概要]

- ・ 1、2 階の執務室はシステム天井。2～3 階の議会関係諸室、会議室は在来工法による天井。
- ・ 屋根は鉄骨造の梁で屋根版は ALC パネル。床から屋根の ALC パネルまで 4.9m、天井高 3.1m であり、吊り長さは 1.8m 程度。脱落する以前の天井には段差部があった。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ クリアランスは取られていない。斜め部材は設置されていない。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震。
- ・ 3 階の会議場の天井が全面的に脱落した。会議場の広さは、11.3m×17.6m≒200 m²。
- ・ 地震発生時に 1 階にいた人の話によると、1 階の天井は本震の際に、最初の 30 秒くらいは大丈夫だったものの、その後の大きな揺れにより次々と落下したとのこと。

[天井以外の被害概要]

- ・ 建物の西側が下がり、1/100 程度傾いているとのこと。
- ・ 屋根の水平ブレースの端部のボルトが外れていた以外は、構造的な被害は特になかったとのこと。
- ・ ガラスは入口のはめ殺しの 2 枚が割れていた。
- ・ 地震後には電源は落したままで入っていないとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 地震の日は議会は休会で会議場は使われていなかったとのこと。その他の場所では業務中だったが、幸い怪我人はいなかったとのこと。

[その他]

- ・ 1 階に震度計が設置されている。30 秒くらいで電源が落ちたため、気象庁にデータは送られなかったものの記録されていたとのことであり、平成 23 年 6 月 23 日に本震の震度が 6 強と確定された。

2. 地震による天井脱落被害



写真 I.1 天井脱落被害（3階議場）



写真 I.2 天井脱落被害状況
(ハンガーの開きが多数確認される)



写真 I.3 天井脱落状況（3階議場）



写真 I.4 落下した天井の下面の状況

2. 地震による天井脱落被害



写真 I.5 3階議場隣室の被害状況

※左写真の赤点線四角内を見上げた様子が右写真



写真 I.6 3階議場の2つ隣の室の状況

建築物 J (福島県福島市)

[基本データ]

- ・ 建築時期：昭和 45 年
- ・ 構造・階数：鉄骨鉄筋コンクリート造・3 階建て（地下 1 階）
- ・ 延床面積：11438 m²
- ・ 被災場所の用途：ホール、展示室
- ・ 被災場所のおおよその広さ：700 m²（大ホール）、500（展示室）
- ・ 被災場所のおおよその天井高：15m（大ホール）、4.5m（展示室）

[建築物概要]

- ・ ホールは大ホールと小ホールの 2 つがある。
- ・ 展示室はホールとは別棟の建物の 3 階にある。

[天井概要]

- ・ 大ホールは数段の平らな天井と、それらをつなぐ曲面の天井で構成される。平らな天井は吊りボルトと野縁受けがあり、野縁受けに金具でとめつけられた木製下地に合板が張られている。曲面（下に凸のかまぼこ状）部分の木製天井は吊りボルト等で吊っていた様子はなく、接続する平らな天井の部材にくぎ打ちでとめられていたと思われる。
- ・ 展示室の空調は、作品に冷暖房の気流が直接に当たらないよう、二重の天井の間を空気を通して、天井面の細かい穴から吹き出すような方式を採っているとのこと。

[技術的助言との対応（クリアランスの確保、斜め部材の設置）]

- ・ 大ホール：クリアランスはなし。一部には斜め部材が設置されている。
- ・ 小ホール：クリアランス、斜め部材、ともになし。
- ・ 3 階展示室：クリアランス、斜め部材、ともになし。

[天井被害概要]

- ・ 被害発生時間：本震と余震の両方。
- ・ 大ホールでは曲面（下に凸のかまぼこ状）の木製天井が落下していた。
- ・ 小ホールでは、天井は落下していないものの、天井裏で野縁受けの変形が見られた。
- ・ 展示室の落下箇所では、ハンガーの開きが多数見られ、吊りボルトからのハンガーの外れも見られた。
- ・ 玄関ホールの光天井で照明の一部が破損して落下していた。ぶどう棚から吊られた天井にはクリップの外れが見られ、周辺の壁のコンクリートが一部破損していた。

[天井以外の被害概要]

- ・ 躯体に特に被害はないとのこと。
- ・ 施設全体で 100 枚近くのガラスが割れたとのこと。
- ・ 設備関係は、壊れているかどうか十分に確認できていないとのこと。

[天井落下時の状況及び負傷者]

- ・ 本震当日、大ホールには予定されている行事の主催者側のスタッフが 20 名程度居たが、けが人は出なかったとのこと。3 階の展示場は使っていなかったとのこと。

[その他]

- ・ 現地調査時点で、大ホールと 3 階展示場は地震時のままであった。

2. 地震による天井脱落被害



写真 J.1 ホールの天井脱落被害の状況

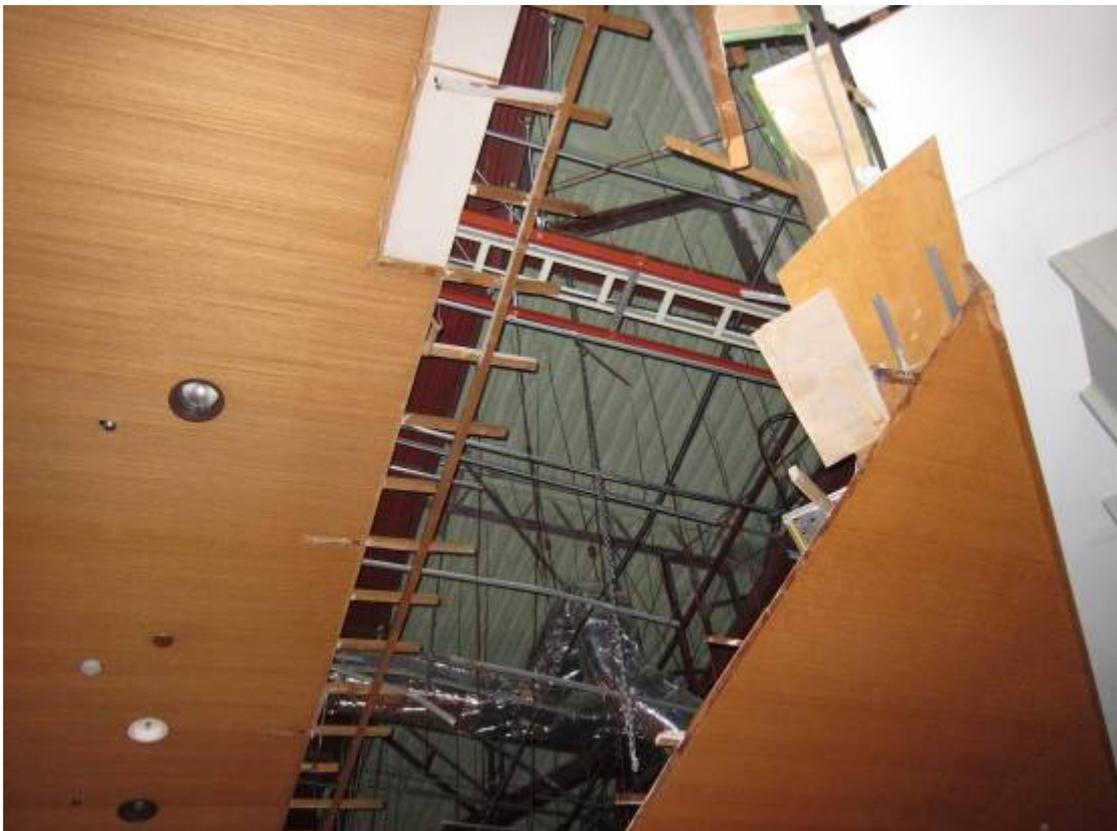


写真 J.2 上記の落下部分を見上げた様子



写真 J.3 上記被害箇所からの落下物

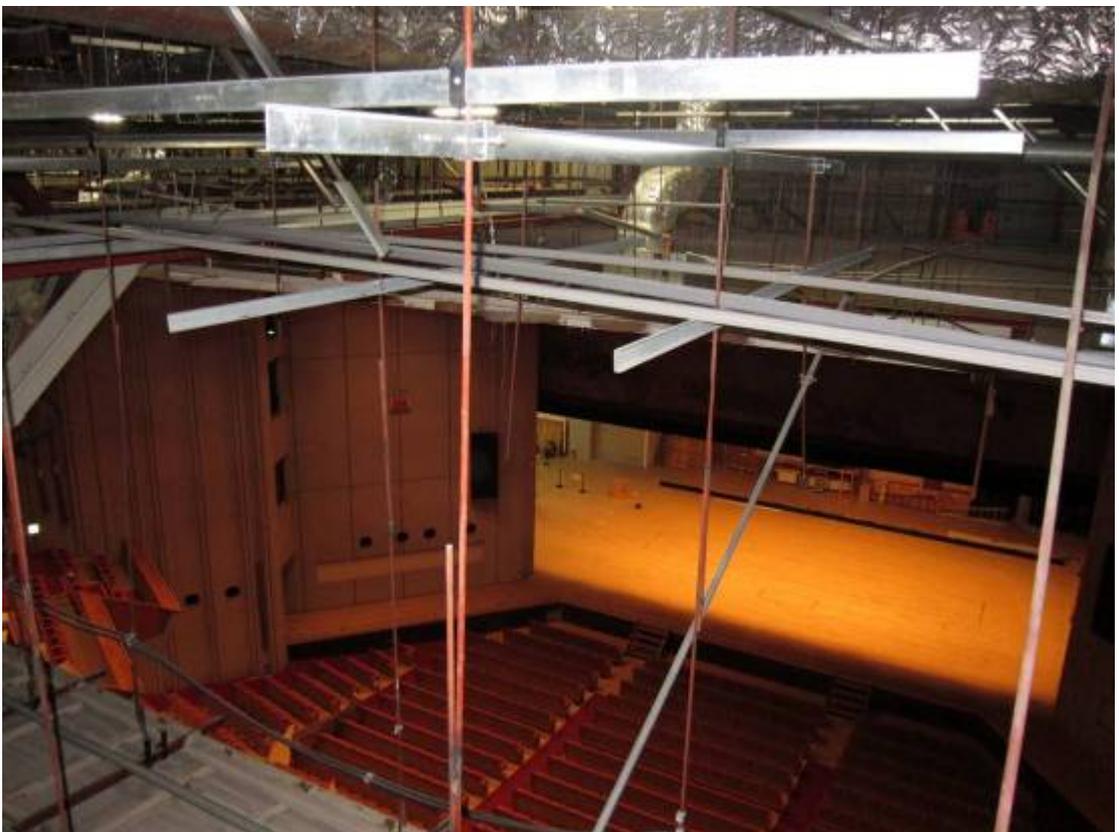


写真 J.4 天井落下箇所の天井裏からの様子



写真 J.5 大ホールの天井裏の様子



写真 J.6 大ホールの平らな天井の下地の詳細



写真 J.7 展示室の天井脱落

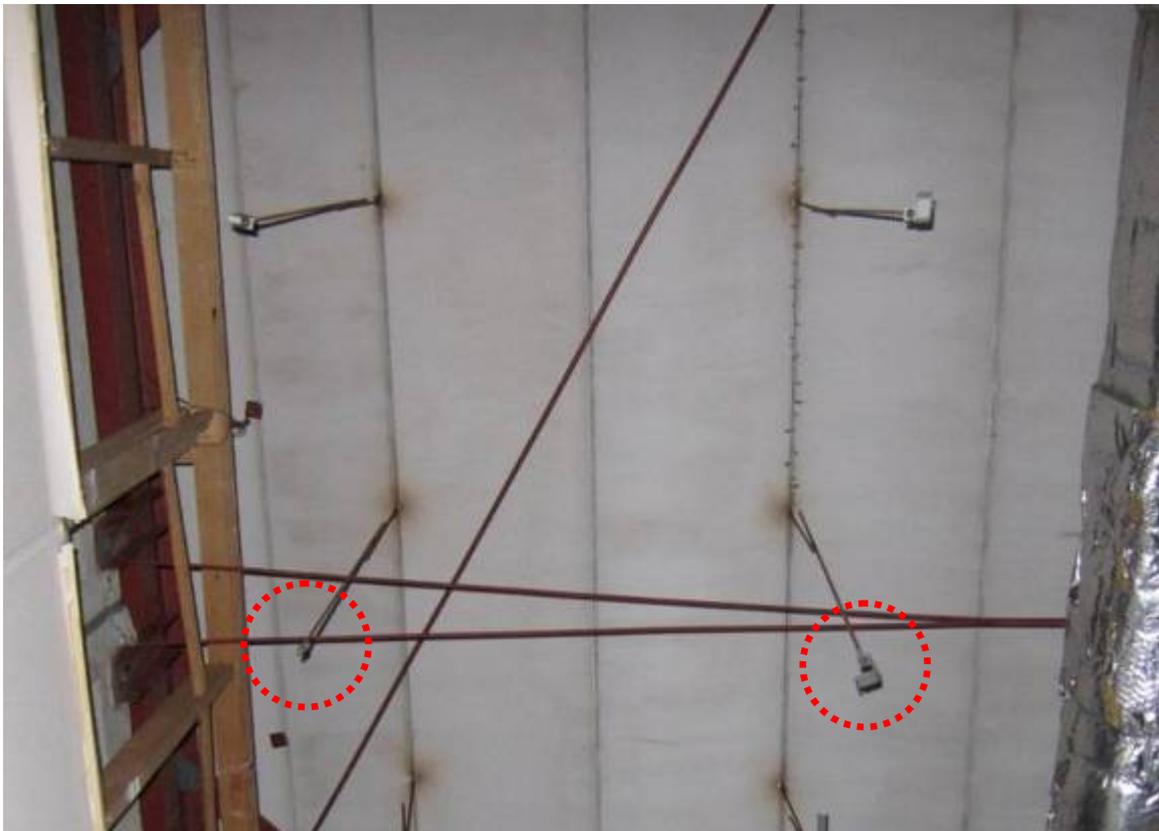


写真 J.8 展示室天井の吊り元の状況（野縁受けのハンガーからの脱落）
(左下のハンガーの脱落や、右下のハンガーの開きが見られる)



写真 J.9 展示室の天井の詳細写真
(青破線が下の天井の破断面、赤破線が上の天井の破断面)



写真 J.10 展示室の上の天井と下の天井の間の様子 (脱落した天井を撮影)

2. 3 近年の地震における天井脱落被害の文献等調査

東日本大震災における天井脱落被害については、新聞、テレビ、インターネット等より情報収集を行い、特定行政庁へのアンケート調査により更に具体的な被害情報を収集し、東日本大震災における天井脱落被害について整理した。またそれらの情報を基に天井脱落被害の現地調査を実施した。その他、(一社)日本建設業連合会へのアンケート調査を行い、天井脱落被害等について情報を収集した。

近年の地震における天井脱落被害については、主な地震被害情報についてまとめられている日本建築学会の地震被害調査報告、地震による単独の天井脱落被害についての報告も行っている国土技術政策総合研究所・建築研究所の地震被害調査報告から天井脱落被害について情報収集を行った。

同様に天井脱落被害について文献調査から整理した文献として、平成 20 年度建築基準整備促進補助金事業の調査報告「大規模空間を持つ建築物の天井脱落等およびスプリンクラー設備の地震時機能維持等に関する調査」((財)日本建築センター、戸田建設(株)、西松建設(株)／平成 21 年 3 月)がある。同報告の「2.2 近年の地震による天井の地震被害報告調査」では、同じく以下のような地震被害調査報告を収集し、地震により損傷した天井の位置、落下した部材等から被害状況について整理・分析を行っており、文献による天井脱落被害の調査にあたって参照した。

収集した主な地震被害調査報告

[日本建築学会によるもの]

- ・2000 年鳥取県西部地震災害調査報告 2001 年芸予地震災害調査報告, 平成 13 年 10 月
- ・2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震災害調査報告 2003 年 7 月 26 日宮城県北部の地震災害調査報告, 平成 16 年 3 月
- ・2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震災害調査報告, 平成 18 年 8 月
- ・2005 年福岡県西方沖地震災害調査報告(CD-ROM 付), 平成 17 年 9 月

[国土技術政策総合研究所・建築研究所によるもの]

- ・2001 年 3 月 24 日芸予地震被害調査報告—体育館など大空間を構成する建築物の天井落下一, 平成 13 年 5 月
- ・宮城県沖地震調査報告, 独立行政法人建築研究所, 平成 15 年 7 月
- ・2003 年十勝沖地震における空港ターミナルビル等の天井の被害に関する現地調査報告, 平成 15 年 10 月
- ・平成 16 年新潟県中越地震建築物被害調査報告(速報)全体版, 平成 16 年 12 月
- ・スポパーク松森における天井落下事故調査報告—大空間を有するスポーツ等施設の天井落下一, 平成 17 年 8 月
- ・能登半島地震及び三重県中部を震源とする地震の現地調査の実施状況について(速報), 平成 19 年 5 月
- ・平成 19 年(2007 年)能登半島地震建築物被害調査報告, 平成 19 年 8 月
- ・中越沖地震に関する調査について, 平成 19 年 8 月
- ・平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震建築物被害調査報告, 平成 20 年 9 月
- ・岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告, 平成 20 年 9 月

2. 4 地震による天井脱落被害に関するまとめ

本章では、アンケート調査、現地被害調査、文献調査より地震による天井脱落被害について整理した。

アンケート調査は特定行政庁と（一社）日本建設業連合会に対して実施し、建築時期、用途、天井種類、被害状況、人的被害の有無、の概要を把握するとともに、後者へのアンケート調査では復旧の状況についても情報収集を行った。

特定行政庁へのアンケート調査を踏まえて実施した天井被害の現地調査では11事例について被害情報を収集した。収集した情報を基に中間報告では、対策等を考える上で着目すべき項目として、以下のような項目を挙げ、その後の検討につなげた。

- ・天井の形状： 山形架構の屋根面に平行な天井
- ・天井の箇所： 端部、段差部・折り曲がり部、エキスパンションジョイント部
- ・下地の構成・配置： 斜め部材の配置のバランスと量、接合部（金物、溶接）の外れ、ダクト等による吊りボルトの不足
- ・部材単体： クリップの外れ、ハンガーの開き

過去の地震被害調査については、（一社）日本建築学会、国土技術政策総合研究所・建築研究所による地震被害調査報告から情報を収集した。同種の調査が調査報告「大規模空間を持つ建築物の天井脱落等およびスプリンクラー設備の地震時機能維持等に関する調査」において行われており、過去の地震による天井脱落被害については以下のように整理されている。

- ・地震被害調査報告に見られた天井被害を位置に着目して見ると、天井周辺部と構造体等の取り合い部分で生じた被害と、天井単独で生じた被害は、同数程度見られる。この傾向は天井種類で大きく異なるものではない。
- ・地震被害調査報告に見られた天井被害では、ハンガー、吊りボルト等の脱落については報告されておらず、それより下の部位での被害である。脱落する部材範囲について天井種類別に傾向を見ると、在来工法の天井では野縁とその仕上げ材の脱落が多く見られ、システム天井では天井仕上げ材のみの脱落が多く見られる。

今回現地調査を行った被害事例について過去の被害と特に異なる点としてはハンガーの開きがある。また、今回の現地調査から対策等を考える上で着目すべき項目として、“山形架構の屋根面に平行な天井”がある。このような形状の天井は地震時に生じる鉛直方向の顕著な揺れによって損傷することが近年の研究で確認されている。しかし文献調査では類似事例はあっても特徴的な被害としては認識されていない。

被害を受けた天井の技術的助言への対応状況については、特定行政庁へのアンケートや関連業界団体へのアンケートにおいてクリアランス措置や振れ止めの設置についての設問を設けたものの、対象とした天井被害事例で技術的助言への対応状況が明確に分かるものが少なかったため統計的な意味のある結果が得られず、調査を行った範囲では明確な対応関係は確認されなかった。現地被害調査では、斜め部材やクリアランスが設けられていたものは数事例あったものの両者について十分な措置がなされていたと考えられるものは1事例のみであった。斜め部材の偏った配置などが確認され、必ずしも技術的助言の趣旨に充分沿った形で措置されていないと考えられるものもある。