

平成 23 年度 建築基準整備促進事業

地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討
中間報告書

平成 23 年 7 月

一般社団法人 建築性能基準推進協会

地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討
中間報告書

目次

検討の概要

1. 天井地震被害現地調査	.....	1
(1) 目的	.....	1
(2) 調査対象	.....	1
(3) 被害	.....	2
(4) まとめ	.....	3
表1 被害整理表	.....	5
2. アンケート調査	.....	7
(1) 調査概要	.....	7
(2) 単純集計結果	.....	7

検討の概要

(1) 検討目的

本検討は「今回の東日本大震災による被害を踏まえ、非構造部材のうち、大規模空間を持つ建築物の天井脱落に関する基準のあり方について検討することを目的とする」¹⁾調査・研究として、平成23年度に実施しているものである。

(2) 検討内容

検討内容は次のとおりである¹⁾。

「大規模空間を持つ建築物の地震による天井脱落について、以下の検討を行う。

(イ) 東日本大震災による被害状況の整理・分類

天井脱落の情報を収集し、過去の地震被害とも比較しながら、被害状況の整理・分類を行う。

(ロ) 東日本大震災の被害状況を踏まえた基準のあり方の検討

(イ)の成果等を踏まえて、基準において示すべき内容について検討する。
例えば、対象とすべき規模・用途及び天井の種類、具体的な落下防止方法等である。」

(3) 検討体制

本検討の実施に当たっては、学識経験者等で構成される「地震による天井脱落対策に関する検討委員会」を設置するとともに、上記(イ)及び(ロ)に対応するため、天井地震被害調査WG及び天井耐震計画WGを設け、各WGにおいて詳細な検討を実施することとした。

なお、(イ)については独立行政法人建築研究所による技術指導の下で行い、(ロ)については同所との共同研究として実施している。

(4) 中間報告の内容

これまでの検討では(イ)の被害状況に関する情報収集を優先して行い、本中間報告としてまとめている。1章では東日本大震災による天井被害が確認された建築物等に関する現地調査について報告し、2章では現地調査に先立って実施された天井被害に関するアンケート調査について述べている。

なお、天井被害に関する更なる情報収集やその被害状況の整理・分類、(ロ)の具体的な検討は今後実施する予定である。

参考文献

1) 国土交通省住宅局、ほか：平成23年度建築基準整備促進事業募集要領、平成23年4月

1. 天井地震被害現地調査

(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) 調査対象

現地調査の対象を絞り込むため、後述の 2 章に示す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¹⁾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。6 月下旬から 7 月中旬にかけて現地調査が可能なものとして、最終的に 10 件の建築物 A~J を対象とすることにした。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、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するため、現地に赴いて調査を行っている。建築物 J では 2 つの場所を取り上げ、計 11 事例について報告する。

表 1 に建築物の諸元、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。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 (参考図参照) 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。

(c) 技術的助言に関する対応状況

斜め部材やクリアランスが設けられていたものはそれぞれ5事例ずつ（斜め部材はA、C、E、F、J、クリアランスはA、C、D、E、G）であるが、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建築物Eの1事例のみである。斜め部材については配置に偏りのあるもの（A、E、F）もあった。

なお、建築物Dは1次下地等を用いた天井の改修により耐震性への配慮がなされており、斜め部材はないものの技術的助言の主旨に適っていると考えられる。

(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、

多くの箇所を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。

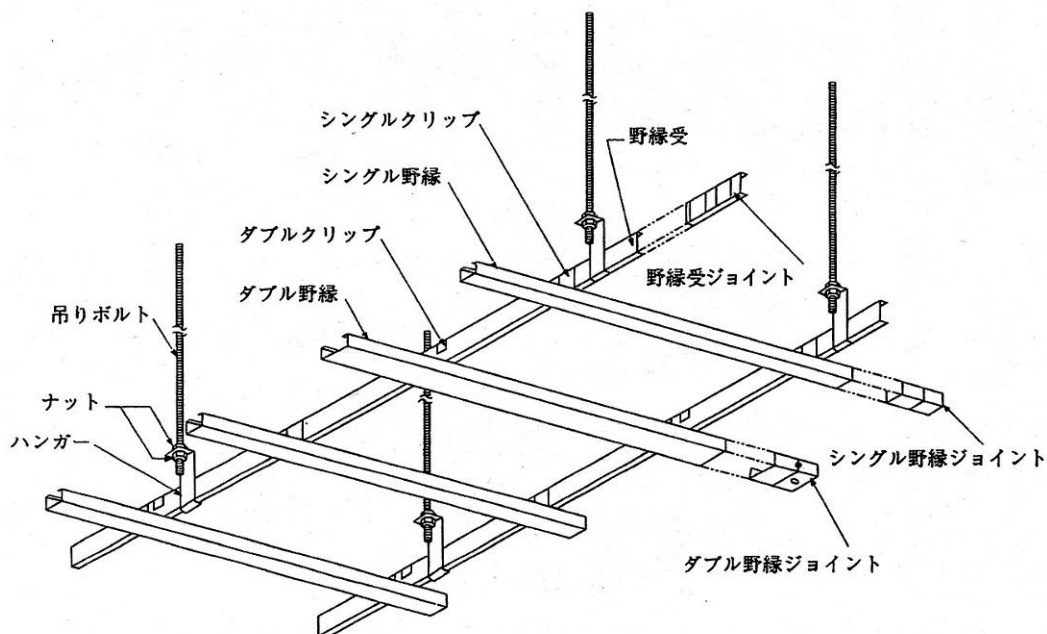
(4) まとめ

本章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
- ・部材単体： クリップの外れ、ハンガーの開き

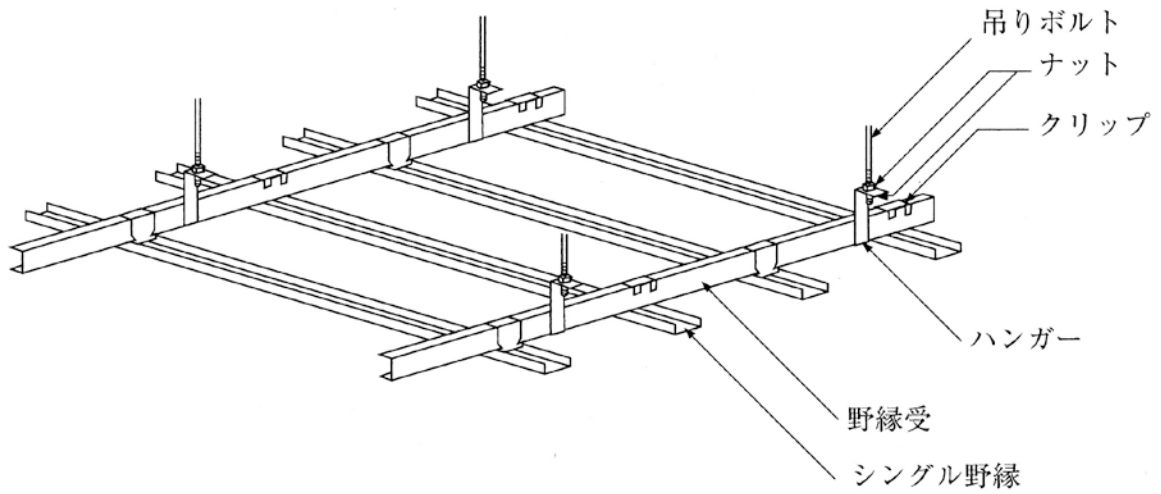
上述のとおり、本検討では被害防止・軽減のための対策や基準のあり方に関して今後検討することとしており、現地調査の結果はその技術的資料として活用する予定である。

- 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 http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000215.html)



参考図 1 在来工法による天井に用いられる建築用鋼製下地材の構成図
(一般的な場合。下から見上げた図)

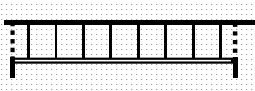



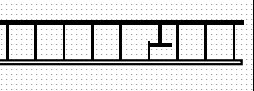
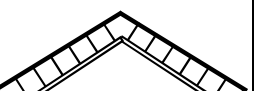
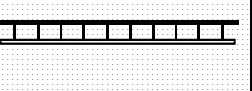
(建築工事監理指針平成 22 年版、(社)公共建築協会、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)



参考図2 在来工法による天井の建築用鋼製下地材の構成図
 (一般的な場合。上から見下ろした図)

(建築工事監理指針平成 22 年版、(社) 公共建築協会、国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)

表1 被害整理表

		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				[○]	○	
		C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						
	鋼板製屋根	○				○		
	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			[○]	○		
	天井板	捨張り工法	○	○	○	○	○	○
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
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	○		○(一方向)[両方向]		○	○	
	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	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。

		建築物H	建築物I	建築物J		
現地調査日(平成23年)		7/11	7/11	7/11		
建築物の諸元	建設地	福島県	福島県	福島県		
	建設年	平成5、7	昭和54	昭和45		
	構造	S造(一部SRC造)	SRC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	本震/5強	本震/6強	本震・余震/5強		
	被害発生時の使用状況	不使用	不使用	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	○(デッキプレート)		○(デッキプレート)	
		鉄骨大梁				
		Cチャンネル		○(母屋材)		
		ALCパネル		○		
	鋼板製屋根	○(最上階)			○	
	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				
	天井板	捨張り工法	○	○		
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。

2. アンケート調査

(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、今回の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本年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 (グラフ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 (グラフ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)

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 のとおりである。

②被災場所のおおよその広さ (グラフ 4)

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 (グラフ 5)

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 (グラフ 6)

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 (グラフ 7)

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 (グラフ 8)

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 (グラフ 9)

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 (グラフ 10)

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。

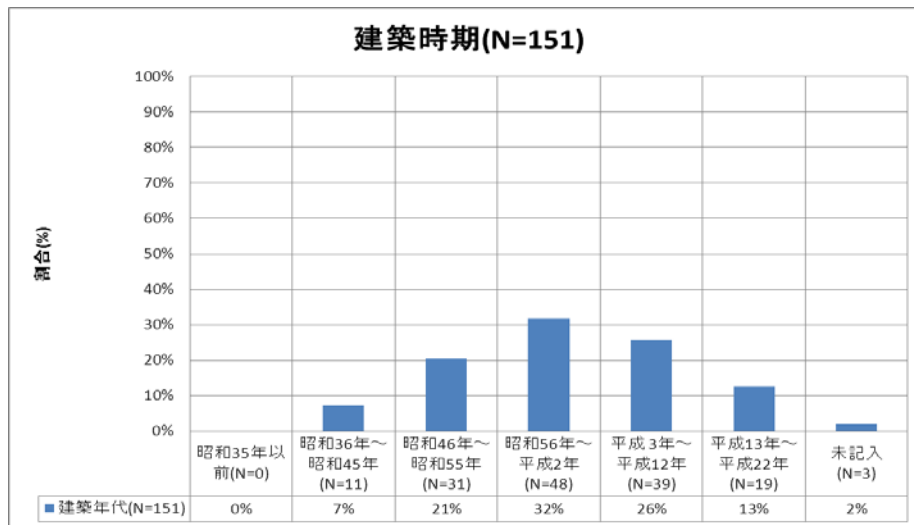
②天井落下の状況 (グラフ 11)

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 (グラフ 12)

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)

グラフ 1：建築時期



グラフ 2：地上階数

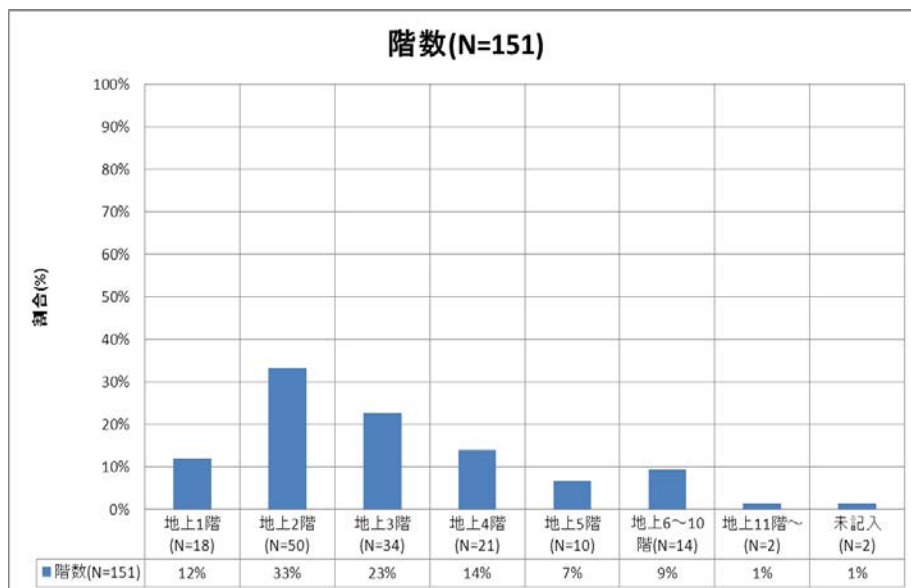
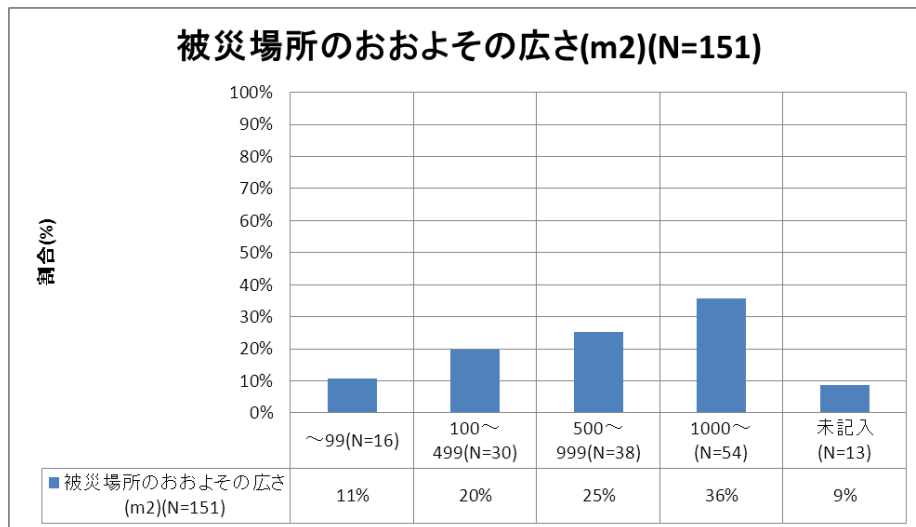


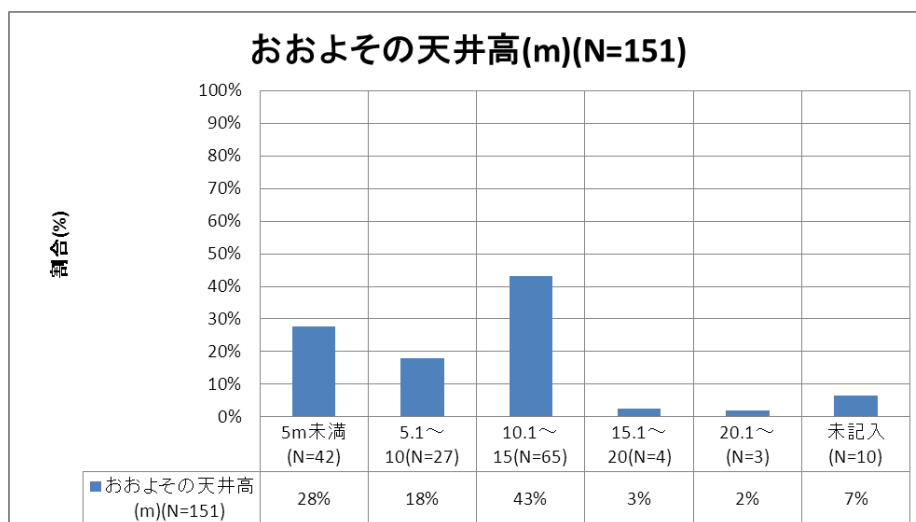
表 2：被災場所の用途

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%

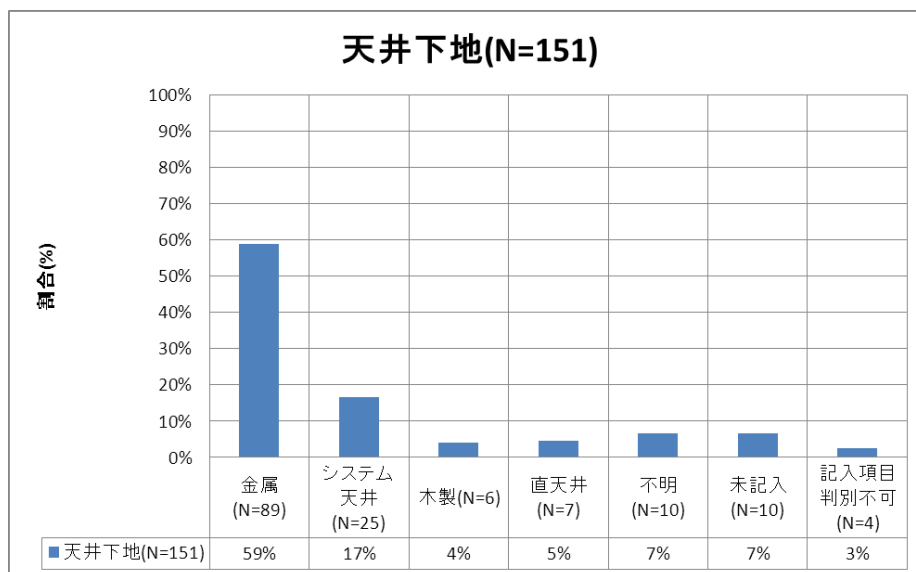
グラフ 4 : 被災場所のおおよその広さ



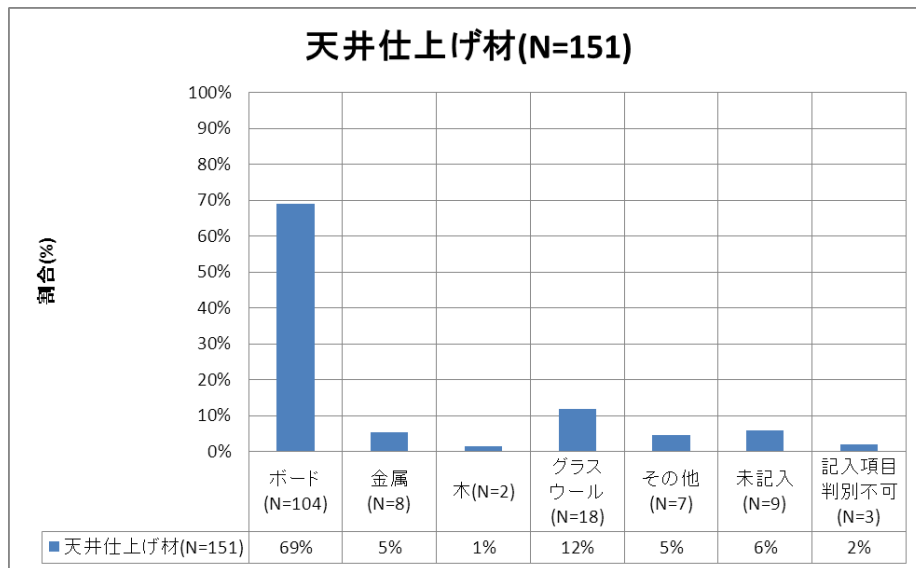
グラフ 5 : 被災場所のおおよその天井高さ



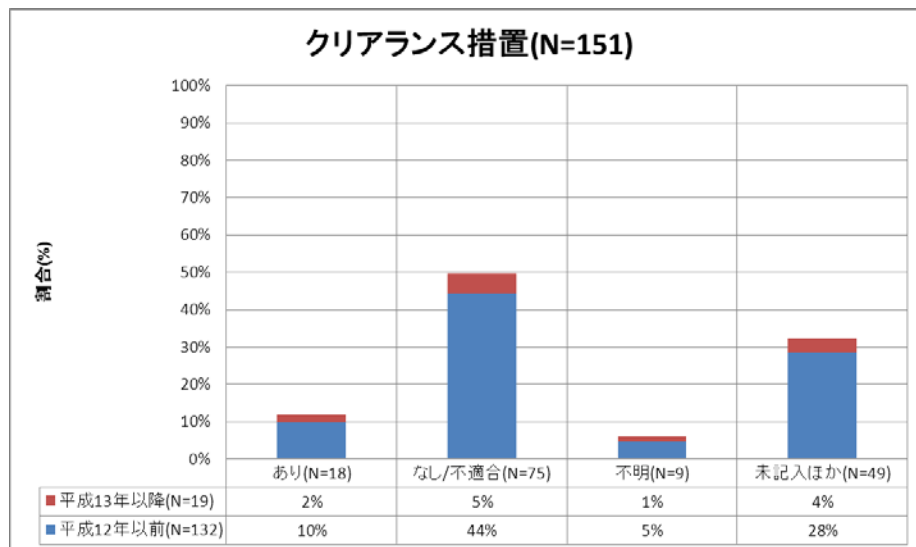
グラフ 6 : 天井下地



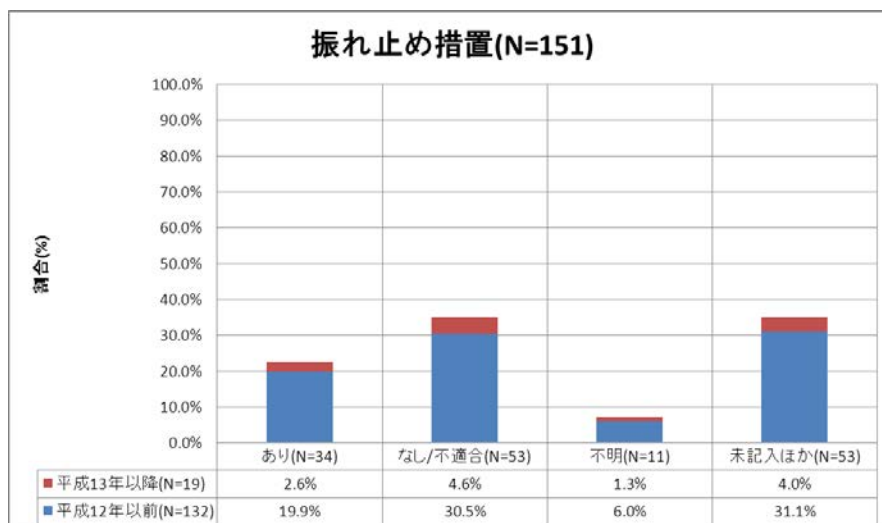
グラフ 7 : 天井仕上材料



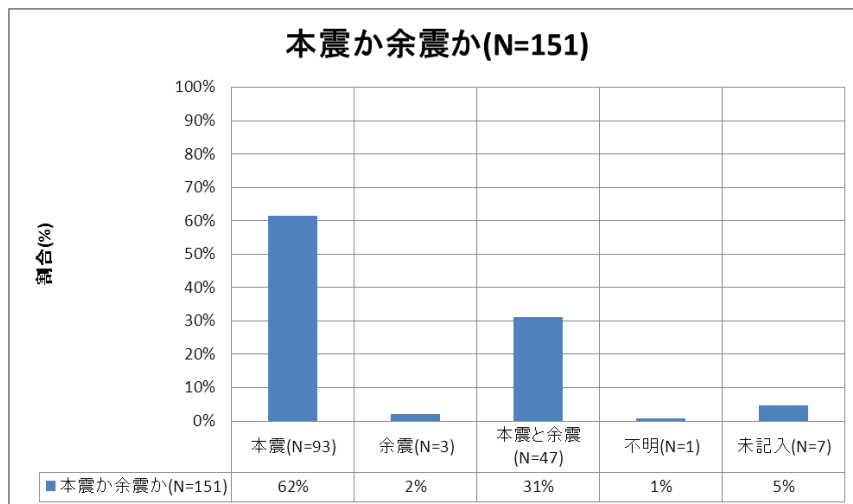
グラフ 8 : クリアランス措置



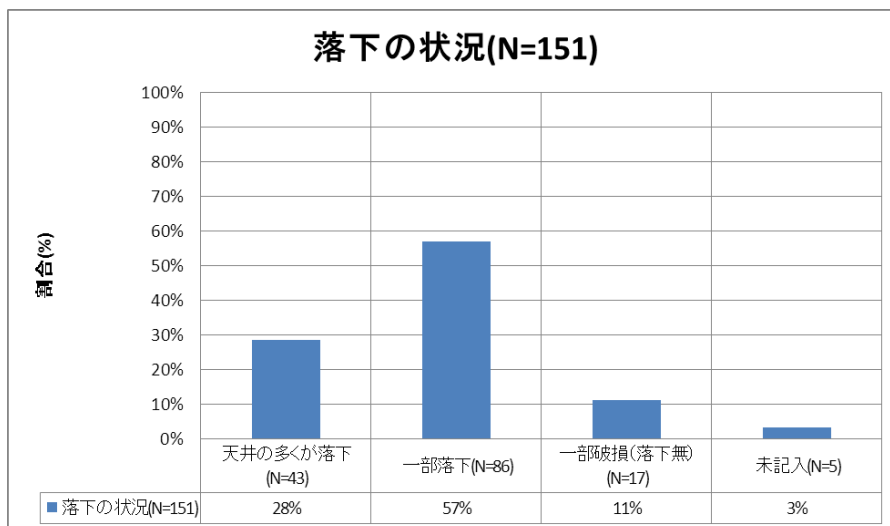
グラフ 9 : 振れ止めの設置



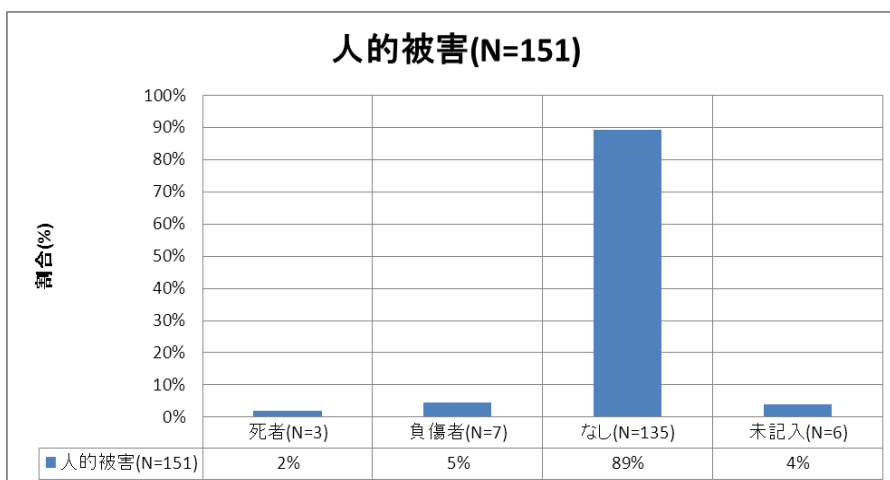
グラフ 10：被害の発生した時期



グラフ 11：天井落下の状況



グラフ 12：人的被害の有無



地震による天井脱落対策に関する検討委員会

委員長	坂本 功	東京大学名誉教授
委員	寺本 隆幸	東京理科大学名誉教授
	深尾 精一	首都大学東京都市環境学部教授
	元結正次郎	東京工業大学大学院総合理工学研究科教授
	清家 剛	東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授
	長谷川直司	独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ長兼材料研究グループ長
	五條 涉	独立行政法人建築研究所住宅・都市研究グループ長
	石原 直	独立行政法人建築研究所国際地震工学研究センター主任研究員
	脇山 善夫	独立行政法人建築研究所建築生産研究グループ主任研究員
協力委員	笠原 隆	文部科学省大臣官房文教施設企画部施設企画課防災推進室長
	杉藤 崇	国土交通省住宅局建築指導課建築物防災対策室長
	松井 康治	国土交通省住宅局建築指導課課長補佐
	西山 功	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部長
	向井 昭義	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部建築新技術研究官
	深井 敦夫	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部システム研究室長
オブザーバー	金井 昭典	独立行政法人建築研究所研究総括監