

平成 23 年東北地方太平洋沖地震による建築物被害第 1 次調査
宮城県・山形県における免震建築物の状況（速報）

1. 目的

宮城県及びその周辺地域は被害地震をたびたび経験しており、地震に対する防災意識の高まりから、免震構造を採用した建築物が多く存在している。これらについて、地震時の最大応答や免震層周囲の状況、居住者・使用者の感覚や意識等を把握するために調査を実施した。

2. 調査者

第 1 班...国土交通省国土技術政策総合研究所 小豆畑達哉、井上波彦
第 2 班...独立行政法人建築研究所 飯場正紀、斉藤大樹、森田高市

3. 調査行程（記号 A～Q は図 3.1 及び表 3.1 内の数字に対応）

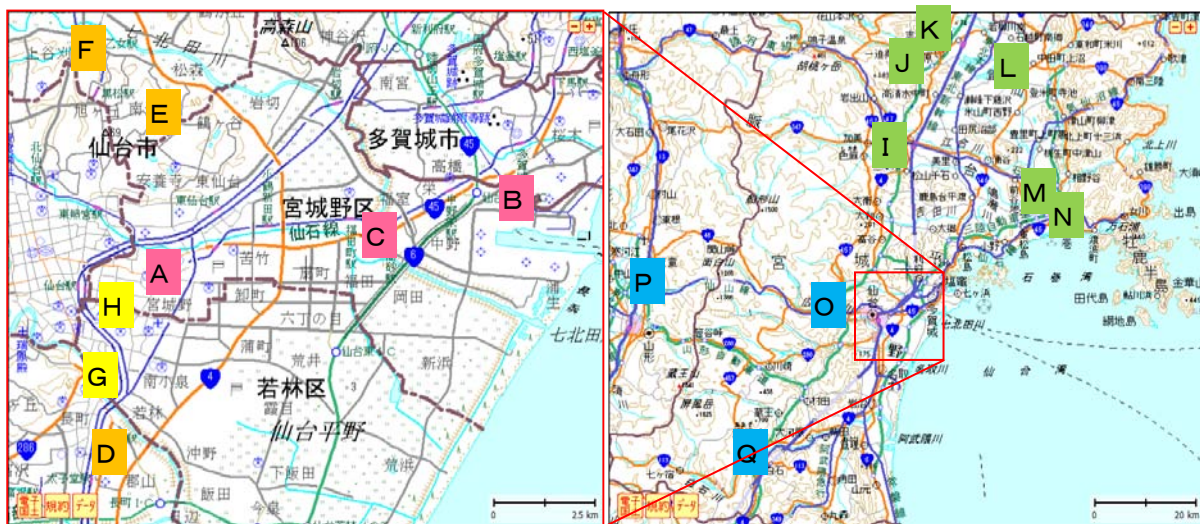
6 月 1 日（水）

午前 仙台市内中央部から沿岸部（A～C）（第 1 班・第 2 班）

午後 仙台市内南部及び北部（D～F）（第 1 班）、仙台市内中央部（G・H）（第 2 班）

6 月 2 日（木）

宮城県県北地域（I～N）（第 1 班）、宮城県県央・山形県（O～Q）（第 2 班）



(a) 6 月 1 日（A～H）

(b) 6 月 2 日（I～Q）

図 3.1 調査範囲

表 3.1 調査対象の免震建築物概要

記号	用途	上部構造形式及び階数	建設年	罫書き記録	加速度記録	最寄りの震度（気象庁・自治体及び K-NET）
A	事務所	SRC造9階+B2階	H21*1	○	○	6弱（仙台宮城野区五輪）
B	倉庫	鉄骨造1階	H8	○		6弱（MYG012 塩竈）
C	共同住宅	RC造14階	不明*2			6弱（MYG013 仙台）
D	共同住宅	RC造12階	H23			6弱（仙台宮城野区五輪）
E	共同住宅	RC造15階	H21	○		6弱（仙台宮城野区五輪）
F	共同住宅	RC造10階	H21			6弱（仙台宮城野区五輪）
G	救急施設	RC造6階+B1階	H13			6弱（仙台宮城野区五輪）
H	事務所	RC造18階+B2階	H11	○	○	6弱（仙台宮城野区五輪）
I	宿泊施設	RC造12階	H10			6強（大崎市古川三日町）
J	救急施設	鉄骨造3階	H18			6強（MYG004 築館）
K	医療機関	RC造5階	H14			6強（MYG004 築館）
L	救急施設	RC造3階	H20	○		6弱（登米市中田町） 6強（登米市南方町）
M	医療機関	鉄骨造6階+B1階	H18	○		5強（MYG010 石巻）
N	救急施設	RC造3階	H19	○		6弱（石巻市泉町） 5強（石巻市大瓜）
O	医療機関	RC造4階	H15			6弱（仙台市青葉区落合）
P	医療機関	RC造10階	H12		○	4（YMT010 山形）
Q	医療機関	SRC造4階	H14	○		5強（MYG016 白石）

*1…新築年はS57年。H21にレトロフィット免震による改修工事を行った。

*2…資料等未入手により不明としたが、インターネット等での補足調査からはH19～H20と思われる。

4. 調査概要

今回調査した対象は、宮城県内の16棟及び山形県内の1棟の免震建築物であり、うち4棟(図3.1及び表3.1のG・I・K及びO)については、2008年岩手・宮城内陸地震において現地調査を実施している。

4.1 A建築物

(1) 建築物概要

A建築物は、宮城県仙台市宮城野区において、昭和57年に建設された鉄骨鉄筋コンクリート造9階+地下2階の免震建築物である(図4.1-1)。その後平成21年に、地下1階の柱頭部において中間層免震とする耐震改修工事が行われている。



(a) 建築物外観



(b) 免震表示(最大変位50cm)

図4.1-1 A建築物(SRC造9階)

建築物の平面形状は、東西方向を長辺とする26.4m×54.0mの矩形であり、免震層には、角形の高減衰積層ゴム44基(□900×4基、□950×40基)が設置されている。

(2) 被害等の状況及び応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 3月11日の本震時には外装材(PCパネル)を含め、上部構造の損傷等は生じておらず、家具等の転倒もなかった。
- b) ただし、免震部分と非免震部分の境界部で、エキスパンションジョイント及びカバー、免震スリット部目地材等の損傷が見られた。
- c) 通りを挟んで、同じ用途でほぼ同程度の規模・構造形式の非免震建物があり、そこでは、最上階で耐震用頭つなぎを施した書棚の転倒等の大きな被害や、外装タイルの落下が見られた(図4.1-7)。

現地調査の結果、本建築物では、構造躯体への被害は生じていないとのことであったが、エキスパンションジョイント部などに破損があり(図4.1-2～図4.1-6)、すでに設計者等による点検が行われていた。これらの被害の原因の可能性としては、可動部ディテールが地震時の水平二方向入力における挙動(図4.1-9(a))に追従しきれなかったことや、鉛直クリアランス(設計値50mm)が施工精度の問題や地震時の上下動・免震部材の沈み込み等で不足したことなどが考えられる。

その他、建築物の周囲では、一部で最大 10cm 程度の地盤沈下が見られた。



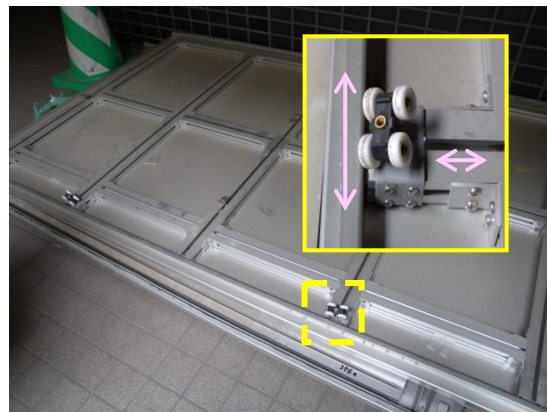
(a) 衝突等によるカバーの破損



(b) カバーの脱落



(c) 天井カバーの脱落



(d) 天井カバー裏面（可動ローラーゆがみ）



(e) B 1 階エレベータ入口天井部での衝突痕

図 4.1-2 エキスパンション部カバー等の破損・脱落



図 4.1-3 免震部材（被覆つき）周囲のカバー破損



図 4.1-4 免震スリット位置での内装の折れ・はがれ



図 4.1-5 免震スリット目地充填材のずれ

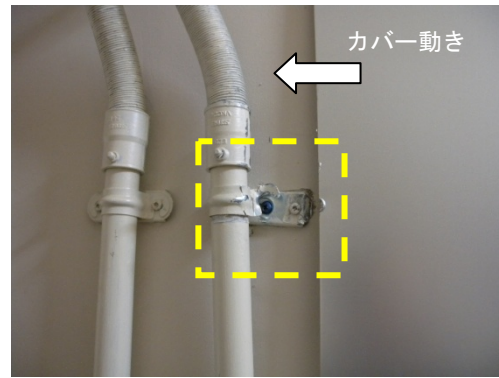


図 4.1-6 可動カバー周囲の配管金具の破損

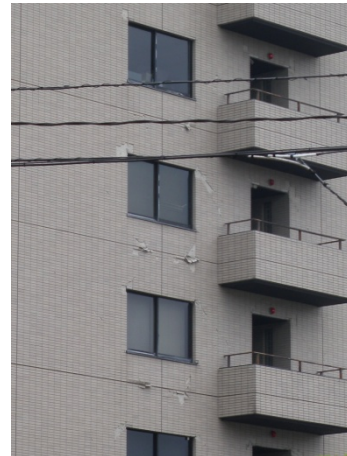


図 4.1-7 隣接する非免震建築物と外装材の被害（タイルの破損・落下）

本建築物においては、地下2階、1階、9階（最上階）において加速度計が設置され、地下1階では免震層上下の変位を罫書き式変位計によって記録していた。さらに、隣接する低層建屋の地下階には、気象庁による地震計（JMA_E06、仙台宮城野区五輪）が設置されていた。担当者より入手した、3月11日の本震の記録による各階の最大加速度の数値を、気象庁による観測値²⁾と合わせて表4.1-1に示す。

表 4.1-1 最大加速度応答値（絶対値）

位置	方向		
	NS [gal]	EW [gal]	UD [gal]
周囲地盤（気象庁による観測）	409.9	317.9	251.4
B 2 階（免震層下）	289.0	250.8	234.9
1 階（免震層上）	120.5	143.7	373.7
9 階	141.7	169.9	523.9

罫書き式変位計の記録では、交換済みで別途保存されていた罫書き板における 3 月 11 日の本震時の最大変形は 18cm 程度であった。また、調査時には 4 月 7 日の余震時の変形として最大 10cm 程度の記録が確認できた。（図 4.1-8 及び図 4.1-9）

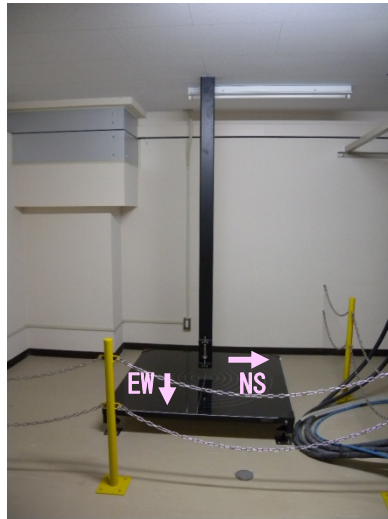
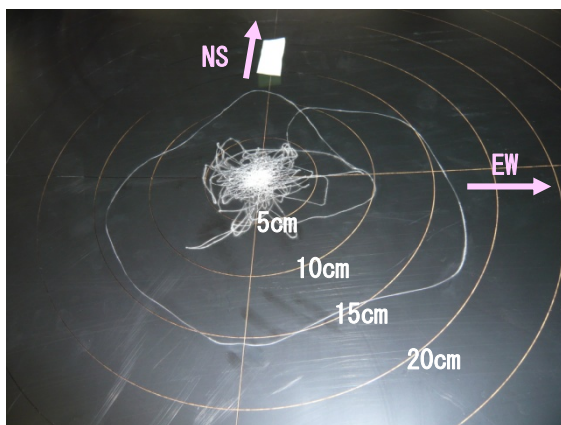
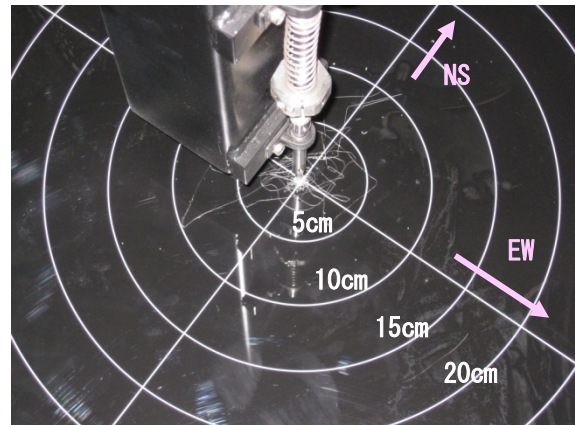


図 4.1-8 罫書き式変位計



(a) 3/11 本震時の応答



(b) 4/7 余震時の応答

図 4.1-9 罫書き式変位計による記録

4. 2 B 建築物

(1) 建築物概要

B 建築物は、宮城県仙台市宮城野区において、平成 8 年に建設された鉄骨造の免震建築物である（図 4.2-1）。高さ 30m 程度であるが、用途が倉庫であるので一般的な建築物と異なり多層の構造とはなっていない。



図 4.2-1 B 建築物（鉄骨造）

建築物の平面形状は、東西方向を長辺とする 51.6m×31.7m の矩形であり、免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・高減衰積層ゴム（φ850）…20 基
- ・高減衰積層ゴム（φ800）…4 基

(2) 被害等の状況及び応答の確認

本建築物は、仙台塩釜港の沿岸部に建設されており、津波により免震層が冠水する被害や、漂流物による外装材の脱落・破損などの被害を受けた。

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- 1995 年兵庫県南部地震の経験（教訓）を踏まえて、倉庫としての機能維持の観点から、免震構造を採用した。地震直後に周囲の倉庫では荷崩れ等が発生したと聞いているが、本建築物では免震効果を発揮し、そのようなことはなかった。
- ただし、低温貯蔵庫という用途のため、倉庫内部に流入した水が凍ってしまい、内外の出入りに支障があった。
- 建築物の北東角部では敷地が広範囲に約 1 m 程度えぐられる被害が生じている（図 4.2-5）が、津波の際に建築物内部に生じた水流の出口付近であったことからその影響の可能性がある。
- 免震部材の冠水期間は 16 日間で、ポンプによる排水を行った。

現地調査の結果、建物内の痕跡や、周囲建築物の津波による被害も、ほぼ第 1 層部分までに集中していることから、津波浸水高さは地上約 4.0m と考えられる（図 4.2-2～図 4.2.4）。津波の方向性や、それによる衝撃力等の影響については、わからなかった。



図 4.2-2 隣棟内の津波の痕跡



図 4.2-3 隣接する区画での津波被災状況

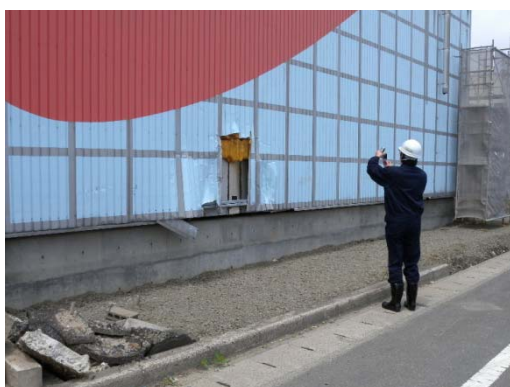


図 4.2-4 漂流物の衝突と見られる被害



図 4.2-5 建築物周囲の地盤変状

免震層内の目視調査の結果、積層ゴム支承に有害な傷や異常な局部的膨らみは見られなかったが、積層ゴム支承のフランジや取り付けボルトには錆がかなり発生していた（図 4.2-6）。また、本建築物に設置された野書き式変位計において、3月11日の本震時の記録と思われる軌跡から、積層ゴムが東南方向に最大約 21cm 変形したことが確認できた（図 4.2-7）。



図 4.2-6 高減衰積層ゴムの状況



図 4.2-7 野書き式変位計による記録

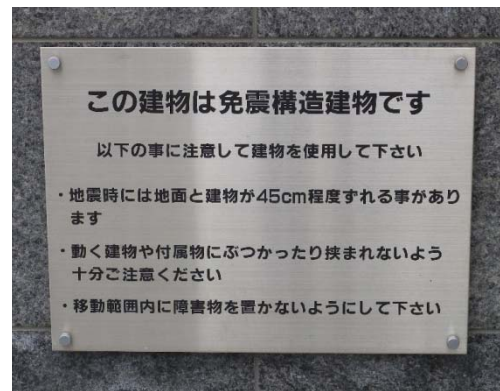
4. 3 C 建築物

(1) 建築物概要

C 建築物は、宮城県仙台市宮城野区に建設された鉄筋コンクリート造 1 4 階の免震建築物である (図 4.3-1)。



(a) 建築物外観



(b) 免震表示 (最大変位 45cm)

図 4.3-1 C 建築物 (RC 造 1 4 階)

平面形状はコの字型をしており、上部構造はそれぞれ矩形平面となるようエキスパンションジョイントで分割されている。免震層には、積層ゴム、鉛ダンパーおよび U 型鋼材ダンパーが設置されている。

(2) 被害等の状況

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 住人に確認したところ、家具等の転倒や内壁等の損傷はなかったが、2 階以上のエキスパンションジョイント部に損傷が生じた。
- b) 隣接する共同住宅は地震により大きく傾斜する被害を受け、今後撤去される予定である。

現地調査の結果、外装タイルの落下や、1 階駐車場の壁の表面に少々のひび割れが見られた (図 4.3-2、図 4.3-3)。また、建築物周囲の地盤の沈下が見られ、敷地北西部で最大 10cm 程度の段差を生じていた (図 4.3-4)。なお、敷地の都合で免震層内外にわたる駐車スペースが一部に設けられていた (図 4.3-5)。



図 4.3-2 外装タイルの落下



図 4.3-3 駐車場壁のひび割れ



図 4.3-4 周囲地盤の沈下による段差



図 4.3-5 駐車スペースの状況

免震層内の目視調査の結果、積層ゴム支承には変状は見られなかったが、U型鋼材ダンパーでは塗料のはがれ、鉛ダンパーの表面にはしわ・ひび割れなどの変状が見られた(図 4.3-6、図 4.3-7)。特に、南東角部の鉛ダンパーでは、屈曲部に 5 mm 程度の大きなひび割れを生じていた(図 4.3-8)。



図 4.3-6 積層ゴム支承

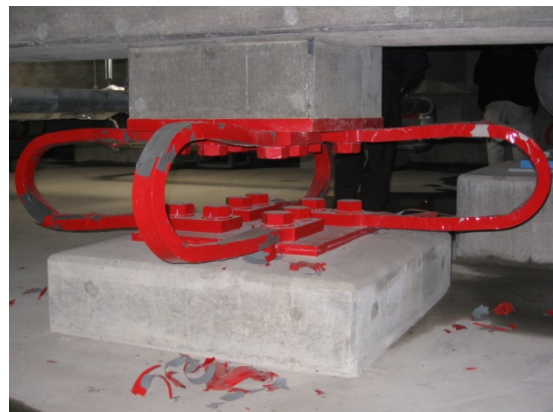


図 4.3-7 U型鋼材ダンパーの塗料のはがれ



(a) 外観



(b) 屈曲部のひび割れの状況

図 4.3-8 鉛ダンパーの変状

4. 4 D建築物

(1) 建築物概要

D建築物は、宮城県仙台市太白区において、平成 23 年に建設された鉄筋コンクリート造 1 2 階の免震建築物である（図 4.4-1）。



図 4.4-1 D建築物（RC造12階）

建築物の平面形状はL型であり、外寸は東西約 30m×南北約 18mである。免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ入り積層ゴム（φ750～1300）…計 15 基
- ・U型鋼材ダンパー…2 基

なお、入手した設計時の資料によると、免震周期は 4.12 秒であった。

(2) 被害等の状況及び応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

a) 竣工直後であったため、3月11日の本震時にはまだ未入居の状態であった。特に構造体等を

含め被害はなく、引き渡し等のスケジュールについても、変更なく進めることができました。

- b) 3月11日の本震時に建物の内部から外を写した映像を、防犯カメラで収録することができた。途中で停電したので全ては保存できていない。

現地調査では、建築物周囲に変状は見られなかった。免震層の目視調査では、層内の四隅に下げ振りが設置されており、調査時点では約 2mm 程度の残留変位が生じていた。また、犬走り部下面のスチロール板の破損やクリアランスのゴムカバーのこすれ痕があり、10~15cm 程度の変形が生じたと考えられる(図 4.4-4、図 4.4-5)。防犯カメラによって収録された映像からも同程度の変形を確認できた(図 4.4-6)。



図 4.4-2 高減衰積層ゴム



図 4.4-3 U型鋼材ダンパー



図 4.4-4 スチロール破損状況 (左に擁壁立上り部)

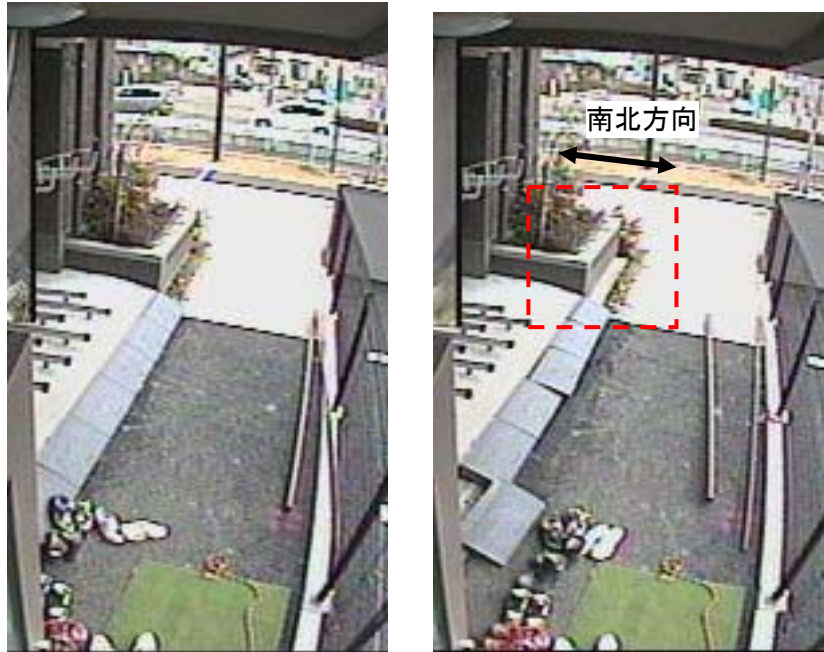


(a) こすれ痕



(b) こすれ痕に相当するカバーの変形

図 4.4-5 クリアランス部カバーの変状



(a) 3/11 本震発生前

(b) 3/11 本震中

図 4.4-6 防犯カメラの映像（植込み部周囲に 10cm 程度のスペースが生じている）

4. 5 E 建築物

(1) 建築物概要

E 建築物は、宮城県仙台市泉区において、平成 21 年に建設された鉄筋コンクリート造 15 階の免震建築物である（図 4.5-1）。



図 4.5-1 E 建築物（RC 造 15 階）

建築物の平面形状は、東西約 43m×南北約 14mの矩形であり、免震層には次の免震部材が配置されている。

- ・鉛プラグ入り積層ゴム支承…14 基（ $\phi 750 \sim \phi 1200$ まで 8 種類）
- ・弾性すべり支承…3 基（ $\phi 300 \times 1$ 基、 $\phi 500 \times 2$ 基）

なお、入手した設計時の資料によると、免震周期は 4.41 秒であった。

(2) 被害等の状況及び応答の確認

免震層内の目視調査では、すべり支承のすべり痕は、もっとも明瞭な部分で東南側に 10cm 程度であった。さらに内側には、余震時のものと見られる小さなすべり痕が複数見られた(図 4.5-2、図 4.5-3)。別途入手した罫書き変位計のトレースでは、さらに大きな 21cm 程度の変形が確認できた(図 4.5-4)。

その他、エキスパンションジョイント部の段差や、クリアランス部カバーの脱落等が見られた(図 4.5-5、図 4.5-6)。

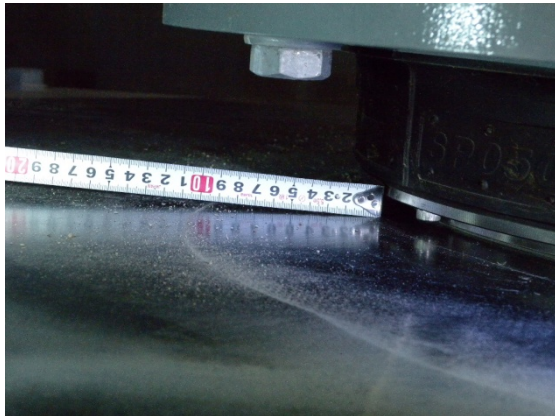


図 4.5-2 弾性すべり支承のすべり痕①

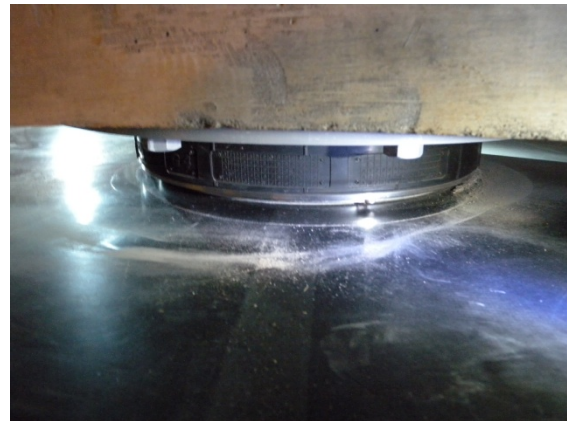


図 4.5-3 弾性すべり支承のすべり痕②

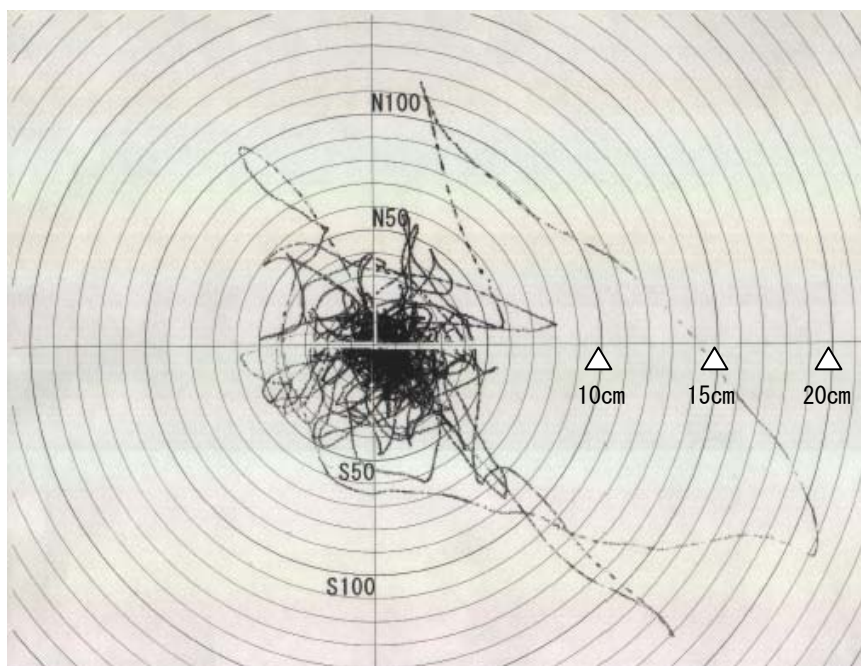


図 4.5-4 罫書き式変位計のトレース



図 4.5-5 エキスパンションジョイント部段差



図 4.5-6 クリアランス部カバー破損

4. 6 F 建築物

(1) 建築物概要

F 建築物は、宮城県仙台市泉区において、平成 21 年に建設された鉄筋コンクリート造 10 階の免震建築物である (図 4.6-1)。



図 4.6-1 F 建築物 (RC 造 10 階)

建築物の平面形状は、東西約 36m×南北約 12mの矩形であり、免震層には次の免震部材が設置されている。

- ・高減衰積層ゴム…10 基 (φ 750～φ 950 まで 5 種類)
- ・弾性すべり支承…5 基 (φ 500×3 基、φ 400×2 基)

なお、入手した設計時の資料によると、免震周期は 4.90 秒であった。

(2) 被害等の状況及び応答の確認

免震層内の目視調査において、弾性すべり支承のすべり痕として、最も大きな部分で南東側に 22cm 程度の変形を確認した (図 4.6-2)。また、免震層周囲の擁壁に配管のため設けた開口が大きく、カバー部材の脱落等の被害が見られた (図 4.6-3)。免震層は斜面に設けられた半地下であり、斜面下側となる地盤の周囲では 4 cm 程度の沈下を生じていた。

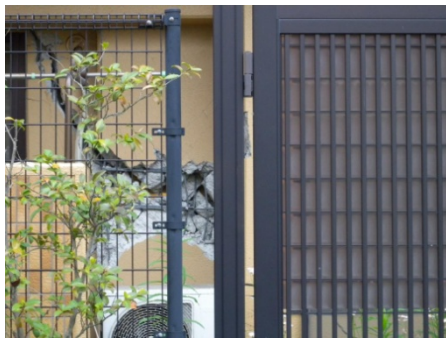
そのほか、周辺の同程度の規模で非免震 (耐震構造) の共同住宅では、3～4 棟で開口周辺の二次壁、そで壁等の被害が散見された (図 4.6-4)。



図 4.6-2 弾性すべり支承のすべり痕



図 4.6-3 配管用カバーの破損・脱落



(a) そで壁部分のせん断破壊



(b) 方立て壁のせん断ひび割れ

図 4.6-4 周囲建築物の状況

4. 7 G 建築物

(1) 建築物概要

G 建築物は、宮城県仙台市若林区において、平成 13 年に建設された鉄筋コンクリート造 6 階＋地下 1 階の免震建築物である（図 4.7-1）。なお、地下階は駐車場として利用されており、地上階のみが免震構造となっている。



図 4.7-1 G 建築物（RC 造 6 階）

建築物の平面形状はおおよそ東西 55m×南北 35mで一部の欠けた矩形となっており、免震層には次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…34基（ $\phi 800 \times 2$ 、 $\phi 850 \times 17$ 、 $\phi 900 \times 5$ 、 $\phi 950 \times 10$ ）
- ・弾性すべり支承…4基（ $\phi 450$ ）

（2）被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- 3月11日の地震時に上部構造の損傷はほとんどなく、家具等の転倒もなかった。医療機器等も問題がなかった。
- 3月11日の夜のみ休診にしたが、それ以外の日は診療を行った。（停電の日もあったが、自家発電により診療を行った）
- 地震時には、縦揺れを強く感じたが、歩いて移動も可能であった。
- 地震後に、設計会社が建物を訪れて、異常がないことを確認した。

免震層内の目視調査の結果、弾性すべり支承において、最大約 13cm の水平変形（すべり痕）を確認した（図 4.7-4）。

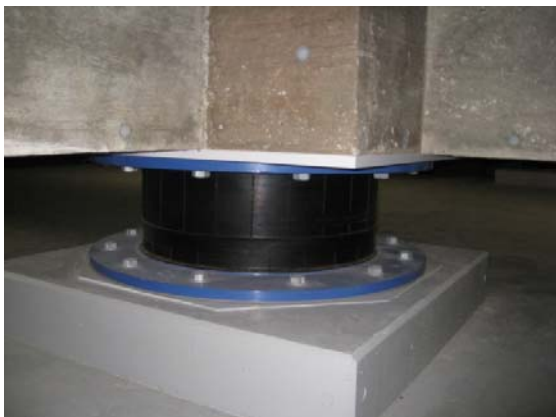


図 4.7-2 積層ゴム支承



図 4.7-3 弾性すべり支承



図 4.7-4 弾性すべり支承のすべり痕

4. 8 H建築物

(1) 建築物概要

H建築物は、宮城県仙台市宮城野区において、平成11年に建設された鉄筋コンクリート造18階+地下2階の免震建築物である(図4.8-1)。免震層は、1階の床下(1階と地下1階との間)に設けられている。



図 4.8-1 H建築物 (RC造18階)

平面形状は、約40m×46mの矩形をしており、免震層には、積層ゴム支承(φ1300)と弾性すべり支承が設置されている。

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 3月11日の地震で、家具等の転倒はなかったが、内壁等のクラックが生じた。
- b) 本建築物には地震計と罫書き式変位計を設置して、地震時の挙動を観測している。

免震層内の目視調査では、罫書き式変位計において、最大約23cmの変形を確認した(図4.8-4)。

担当者より入手した、3月11日の本震の記録による各階の最大加速度の数値を、表4.8-1に示す。観測は免震層下部、1階、10階、18階(最上階)において行われていた。また、H建築物のXY軸は厳密には方位と対応していないが、最寄りの気象庁による観測値は表4.1-1と同じ(JMA_E06、仙台宮城野区五輪)となるので、周囲地盤の数値としてこれを再掲した。

表 4.8-1 最大加速度応答値(絶対値)

位置	方向	
	X [gal]	Y [gal]
周囲地盤(気象庁による観測)	409.9	317.9
免震層下部	310.8	225.8
1階(免震層上)	173.0	142.9
10階	156.9	155.0
18階	193.8	188.6



図 4.8-2 積層ゴム支承



図 4.8-3 弾性すべり支承

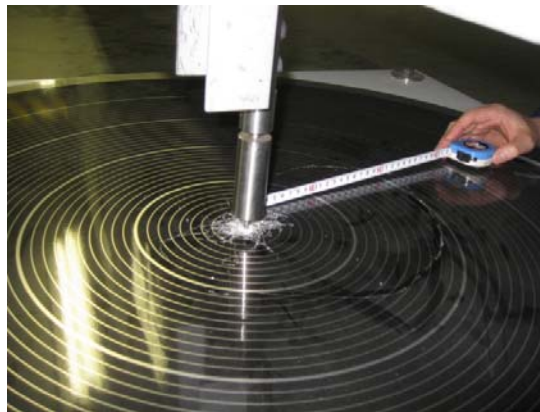


図 4.8-4 罫書き式変位計による記録

4. 9 I 建築物

(1) 建築物概要

I 建築物は、宮城県大崎市において平成 10 年に建設された、鉄筋コンクリート造 1 2 階の免震建築物である (図 4.9-1)。



図 4.9-1 I 建築物 (RC 造 1 2 階)

平面形状は、おおよそ東西約 15m×南北約 13mの矩形となっており、免震層には下記の免震部材が設置されている。

- ・天然ゴム系積層ゴム支承材… 8 基 (φ 650)
- ・鉛ダンパー… 8 基 (型番 U180)
- ・鋼棒ダンパー… 2 基 (φ 70)

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 3月11日の地震の際には、最初は東西方向の揺れが大きかったようである。
- b) 入口付近のスロープ兼エキスパンションジョイントのこすれ痕での最大変形は、南北及び西方向に約30cm程度であった。
- c) 二車線道路を挟んで、建物正面側にある3階建て事務所ビルは地震被害を受け既に撤去された。
- d) 鉛ダンパーは、現在交換作業中である。

現地調査の結果、上部構造には損傷は見られなかったが、建物周囲で地盤の沈下が生じており、この沈下によって、建物裏側の貯水槽が12/100傾斜していた(図4.9-2)。最大の沈下は建物正面側で約25cm程度生じていた(図4.9-3)。また、周囲の建築物の窓ガラスの破損等も見られた。



図 4.9-2 建築物周囲の貯水槽の傾斜



図 4.9-3 建築物周囲の地盤の沈下

免震層内の目視調査では、鉛ダンパーの変状を確認した。部材によっては3cm程度の深さのあるひび割れが生じていた。交換用の鉛ダンパーが免震層内に用意されており、一部は既に交換済みであった(図4.9-4、図4.9-5)。鋼棒ダンパーは、塗装が剥がれ落ちていた(図4.9-7)。



図 4.9-4 鉛ダンパーの交換 (赤→緑)



図 4.9-5 鉛ダンパーのひび割れ状況



図 4.9-6 天然ゴム系積層ゴム支承



図 4.9-7 鋼棒ダンパーの塗装剥がれ

4. 10 J 建築物

(1) 建築物概要

J 建築物は、宮城県栗原市において、平成 18 年に建設された、鉄骨造 3 階の免震建築物である (図 4.10-1)。



図 4.10-1 J 建築物 (鉄骨造 3 階)

平面形状は、東西約 50m×南北約 20mの矩形であり、大型車両用の車庫 (非免震) がエキスパンションジョイントで連結されている。免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ入り積層ゴム… 4 基
- ・転がり支承… 16 基
- ・オイルダンパー… 4 基

なお、現地で収集した資料によると、免震周期は 4.5 秒とあった。

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- 2008 年岩手・宮城内陸地震では縦揺れを感じたが、3 月 11 日の地震では水平方向の揺れをより強く感じた。
- 3 月 11 日の地震において、ゆっくりとした揺れを感じたが、行動に支障はなく、地震中にテレビを付けに行くことが可能であった。
- 本建物の横には、耐震構造の建築物があるが、そこでは書庫の転倒等の被害が発生したのに

対し、本建物では、室内被害は生じなかった。

免震層内の目視調査において、転がり支承の油のあふれを確認した（図 4.10-4）。また、免震層内には下げ振りが設置されていたが、調査時点で残留変形は見られなかった。

また、現地調査において、上部構造の被害は見られなかったが、免震部分（事務所棟）と非免震部分（車庫）とのエキスパンションジョイント部分に損傷が生じていた（図 4.10-5）。また、入口付近のエキスパンションジョイントでは、金具のこすれ痕とともに、東方向に 2cm 程度の変形が見られた（図 4.10-6）。また、建築物の背面には水路があり、前面から水路に向かって約 5cm 程度の周囲地盤の沈下が見られた。



図 4.10-2 鉛プラグ入り積層ゴム



図 4.10-3 オイルダンパー



図 4.10-4 転がり支承及び周囲への油漏れ（あふれ出し）

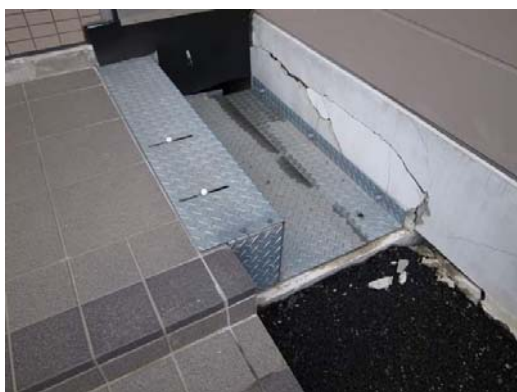


図 4.10-5 エキスパンション部分の損傷



図 4.10-6 エキスパンション部分のずれ

4. 1 1 K建築物

(1) 建築物概要

K建築物は、宮城県栗原市において、平成 14 年に建設された鉄筋コンクリート造 5 階（塔屋 1 階）の建築物である（図 4.11-1）。



図 4.11-1 K建築物（RC造 5階）

建築物の平面形状は、おおよそ南北約 60m×東西約 120mの矩形となっており、免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ挿入型積層ゴム支承材…20 基（φ 750）
- ・天然ゴム系積層ゴム支承材…163 基（φ 650×61、φ 750×102）
- ・オイルダンパー…70 基（980.7kN 型）

(2) 被害等の状況

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 地震被害として、電気、ガス、水道が止まった。
- b) 建物の被害は生じなかった。
- c) 施工会社等専門業者による免震層内の調査点検は、まだ実施していない。（6/2 時点）
- d) 隣接するドラッグストアでは、天井材の落下被害があった。

現地調査において、地盤が隆起又は沈下した様相が散見され、エントランス部分では段差解消のため合板をスロープとした応急措置が施されていた（図 4.11-4）。同一敷地内の低層建屋（機械室）や隣接する宅地等において倒壊等の被害は見られなかった。また、本建物については 2008 年岩手・宮城内陸地震後においても調査を実施しているが、今回の免震層周辺の被害は、この時の被害とほぼ同様のもの（出入口周辺の沈下等に伴うインターロッキングブロックの変状、免震層クリアランス部に充填されたパッキン及びシートのはみ出し、配管カバーの外れ等。図 4.11-5～図 4.11-7）となっていた。

免震層内の目視調査では、積層ゴム支承に水平変位が認められたが、免震層の長辺方向の両端の部材での計測では、それぞれ中央方向に向かって同程度（約 2cm）生じており、地震によるもの以外に、上部構造のコンクリートの収縮等、他の要因によることが考えられる¹⁾。

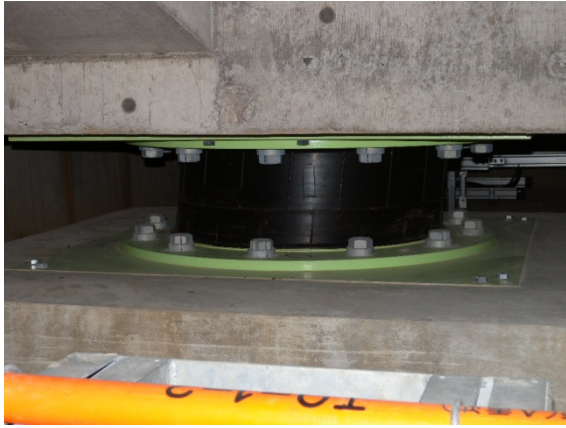


図 4.11-2 鉛プラグ入り積層ゴム支承



図 4.11-3 オイルダンパー



図 4.11-4 段差解消の応急措置



図 4.11-5 地下埋設物の周囲に生じた段差



図 4.11-6 インターロッキングの乱れ



図 4.11-7 シール材のはみ出し

4. 1 2 L建築物

(1) 建築物概要

L建築物は、宮城県登米市において、平成20年に建設された鉄筋コンクリート造3階の免震建築物である（図4.12-1）。



(a) 建築物外観



(b) 免震表示（最大変位 40cm）

図 4.12-1 L建築物（RC造3階）

建築物の平面形状は、L字型をしており、外寸は東西約61m×南北約58mである。免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ入り積層ゴム…34基（φ650×6基、φ700×28基）
- ・弾性すべり支承…11基（φ500×6基、φ600×5基）
- ・U型鋼材ダンパー…8基

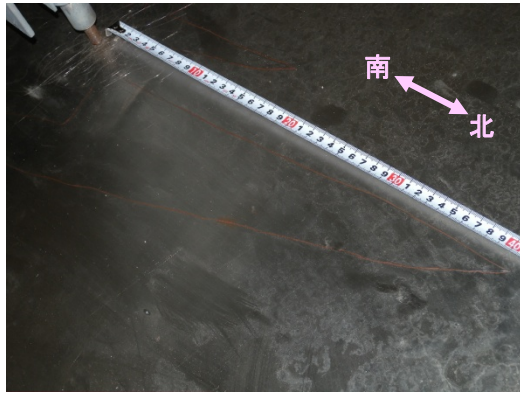
なお、入手した設計時の資料によると、免震周期は3.04秒であった。

(2) 被害等の状況と応答の確認

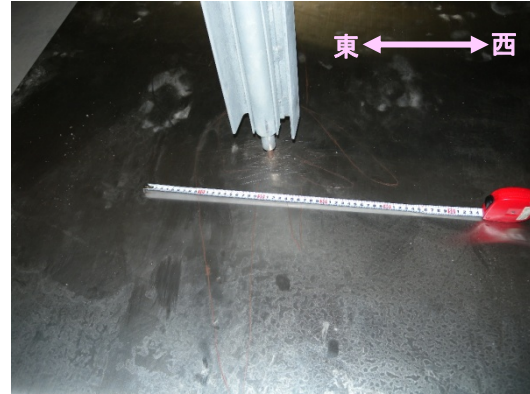
担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- 地震時において、棚の転倒等、室内被害は生じなかった。
- 弾性すべり支承においては、すべり面に傷が生じていたもの（図4.12-5）が1台あったが、地震後の専門業者による点検では、弾性すべり支承を構成するビスが緩み、これがすべり面に引っ掻き傷を生じさせたとのことである。このすべり支承については交換を予定している。
- U型鋼材ダンパーにおいては固定用のボルトが緩んだため、地震後に締め直した。また、塗装が剥がれ落ちたが、これも塗り直す予定である。

免震層内の目視調査では、罫書き式変位計で確認した最大変位は、片振幅で約40cm（北方向）、両振幅で約70cmに達していた（図4.12-2）。変位は主として南北方向に生じており、屋外のエキスパンションジョイントの金具によると思われるすべり痕によっても確認できた（図4.12-3）。その他、U型鋼材ダンパーの表面塗装のはがれや鋼材のゆがみなどを確認した（図4.12-4）。



(a) 北方向（最大）約 40cm



(b) 東方向約 15cm、西方向約 22cm

図 4.12-2 罫書き式変位計による記録



図 4.12-3 屋外エキスパンションジョイント金具におけるすべり痕



(a) 塗料のはがれ



(2) 鋼材のゆがみ

図 4.12-4 U型鋼材ダンパーの変状

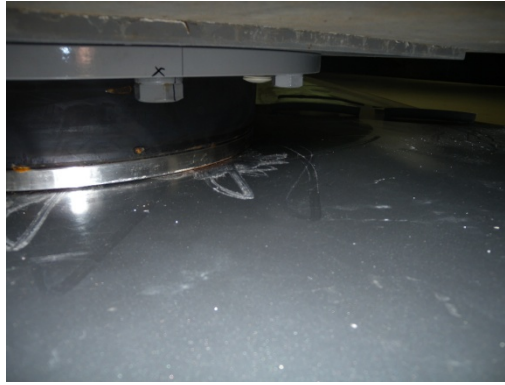


図 4.12-5 すべり面に生じたきず

4. 1 3 M建築物

(1) 建築物概要

M建築物は、宮城県石巻市において、平成 18 年に建設された、鉄骨造 6 階＋地下 1 階の免震建築物である（図 4.13-1）。



(a) 建築物外観



(b) 免震表示

図 4.13-1 M建築物（鉄骨造 6 階）

建築物の形状は、約 100m×100mの正方形の低層棟（2 階）の中央に、東西約 100m×南北約 25mの高層棟（6 階）を配置したものとなっている。免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・天然ゴム系積層ゴム… 6 基（φ 1000）
- ・積層ゴム一体型 U 型鋼材ダンパー… 16 基（φ 1000、鋼材 4 本及び 8 本タイプ）
- ・U 型鋼材ダンパー… 16 基
- ・弾性すべり支承… 74 基（φ 400×30 基、φ 600×25 基、φ 800×11 基、φ 900×8 基）

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 水平方向の揺れとともに、上下に突き上げるような揺れを感じた。
- b) ある部署では、揺れを感じるとともに、ビデオ撮影を開始し、室内の揺れの状況を収録して NHK に情報を提供した。
- c) 室内の様相としては、以下のような事象が生じた。（これらの様相は、室内勤務者によって全

て写真に撮られ、記録されていた。図 4.13-6、図 4.13-7)

(6階東側の職員詰所において)

- ・ 冷蔵庫 (H×D×B : 118×49×48cm) の滑動
- ・ 棚の頂部を壁に留め付けた金具の引き抜き
- ・ 金庫の底部を床に頂部で留め付けた金具の引き抜き
- ・ キャスター付き棚のキャスター部分の破損 (ストッパーをかけていた)
- ・ キャスター付き棚の滑動

(6階東側の休憩室において)

- ・ 戸棚 (H×D×B : 180×30×86cm) の転倒

(6階エレベータホール付近)

- ・ 防火扉が開いてしまい、これが上下に振れることで天井部分の蛍光灯カバーを破損

(4階より上の階)

- ・ パソコンモニターの転倒

d) 6階より上の塔屋及び屋上では、以下のような事象が生じていた。

(塔屋)

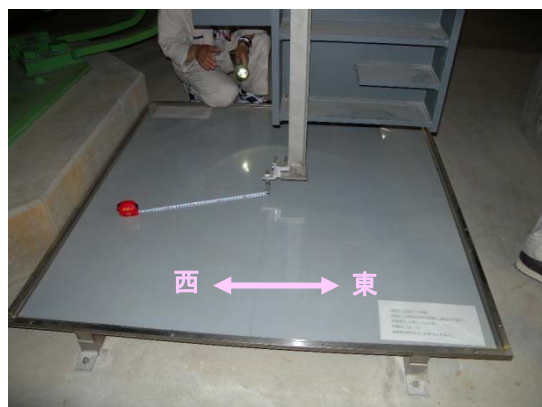
- ・ 自家発電機の固定部分における防振ゴムのずれ (図 4.13-9)

(屋上)

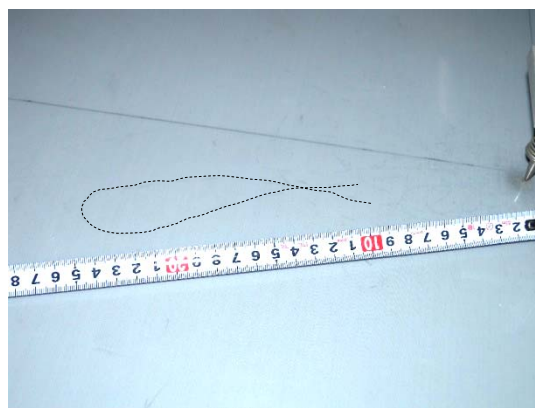
- ・ 貯水槽底部の破壊 (中の水が波打ち、上面にあふれ出た後の反動によると考えられる。

図 4.13-8)

免震層内の目視調査では、罫書き式変位計において片振幅で約 25cm の最大変位 (西方向) を確認した (図 4.13-2)。弾性すべり支承の滑り面においても移動した痕跡が認められ、これによっても最大変位が約 25cm であることが確認された (図 4.13-3)。U型鋼材ダンパーについては塗装が剥がれ落ちており、地震時に取付部のボルトが緩んだ (機能上は問題なし) とのことである (図 4.13-4、図 4.13-5)。周辺地盤では、地盤がかなり変状した様相がみられ、免震建屋に対し、周辺地盤が約 20cm 沈下した箇所も見られた (図 4.13-10)。



(a) 設置状況



(b) 最大変形部分の挙動 (点線で加筆)

図 4.13-2 罫書き式変位計の記録 (最大約 25cm)



図 4.13-3 弾性すべり支承のすべり痕



図 4.13-4 鋼材ダンパーのゆがみ・塗装剥がれ



図 4.13-5 鋼材ダンパー基部のボルトの緩み



(a) 滑動した冷蔵庫



(b) 転倒した棚①（キャスター部固定のため）



(c) 転倒した棚②



(d) 上部固定位置拡大図



(e) 転倒した棚③（地震後横倒しで使用）



(d) 転倒したモニター（縦位置で使用）

図 4.13-6 室内被害の概要（6階）



図 4.13-7 防火戸が地震時開いた際に接触した天井消火栓と蛍光灯（カバー）



(a) 無被害の貯水槽



(b) 底部が破損した貯水槽

図 4.13-8 屋上貯水槽の被害



図 4.13-9 設備機器用防振ゴムのはみ出し（塔屋）



(a) 周囲構造物とのずれ



(b) 手すりに生じた段差 (約 20cm)

図 4.13-10 建築物周囲の沈下

4. 1 4 N建築物

(1) 建築物概要

N建築物は、宮城県石巻市において、平成 19 年に建設された、鉄筋コンクリート造 3 階の免震建築物である (図 4.14-1)。



(a) 建築物外観



(b) 免震表示 (最大変位 60cm)

図 4.14-1 N建築物 (RC 造 3 階)

建築物の平面形状は、東西約 50m×南北約 30mの矩形であり、耐震構造 (非免震) の車庫がエキスパンションジョイントを介して隣接して建設されている。免震層には、角形の積層ゴム支承、弾性滑り支承及びオイルダンパーが設置されていた。

(2) 被害等の状況と応答の確認

本建築物は、津波による被災地域に建設されており、免震層が冠水する被害を受けている。津波は、建物に津波荷重として働くようなものではなく、じわじわと押し寄せて浸水をもたらしたようである。周辺の戸建住宅にこの時の津波水位の跡があり、その高さは地上から 30cm 程度であった。

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

a) 本建物の免震層は、津波により地震後、冠水した。約 1 週間後に、ポンプにより排水し、そ

の後に免震層の免震部材を点検した。

b) 入口付近に陳列されていた物品（ノズルの先端。図 4.14-6）は、地震では倒れなかった。吊り下げられていたパネル類も、落下等の被害はなかった。

c) 本建物は、地震直後には避難所となり、地震後のしばらくの間、約 400～500 名が滞在した。

免震層内の目視調査では、罫書き式変位計において東西方向に両振幅で最大約 50cm の変形を確認した（図 4.14-4）。また、事務所棟と車庫とのエキスパンションジョイントに損傷が認められた（図 4.14-5）。

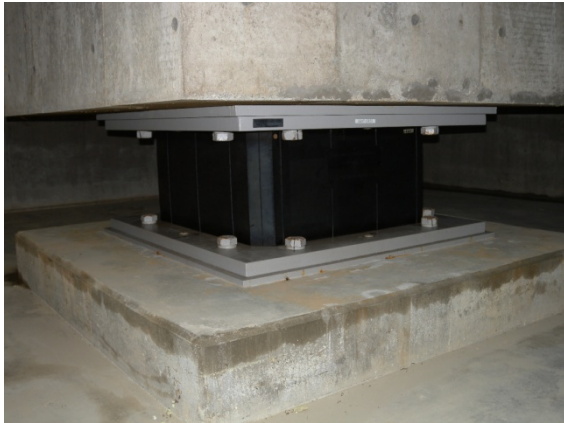


図 4.14-2 角形積層ゴム支承



図 4.14-3 オイルダンパー

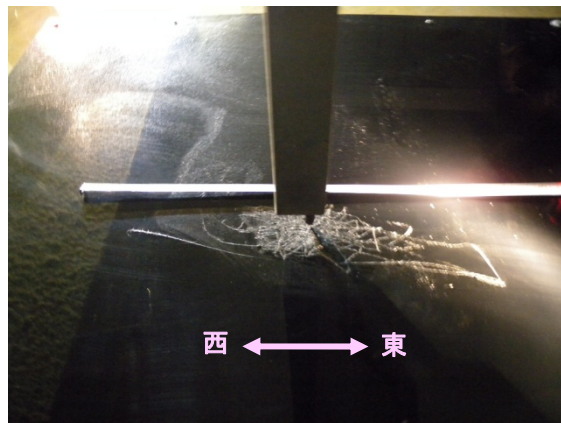


図 4.14-4 罫書き変位計による記録（東西方向に両振幅約 50cm）



図 4.14-5 エキスパンションジョイント部の可動パネルの損傷（脱落）

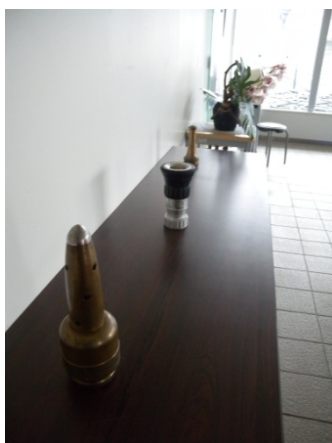


図 4.14-6 転倒しなかった陳列物

4. 1 5 ○建築物

(1) 建築物概要

○建築物は、宮城県仙台市青葉区において、平成 15 年に建設された鉄筋コンクリート造 4 階の免震建築物である (図 4.15-1)。



(a) 建築物外観 (2008 年調査 1)時)



(b) 免震表示 (最大変位 60cm)

図 4.15-1 ○建築物 (R C 造 4 階)

建築物の平面形状は複雑であり、約 85m 程度の正方形の低層部 (3 階) から、斜め 2 方向に高層部 (4 階) が張り出している。全体としては東西約 85m×南北約 100m である。免震層には次の免震部材が設置されている。

- ・天然ゴム系積層ゴム支承…96 基 (φ 700×86 基、φ 800×10 基)
- ・鉛プラグ入り積層ゴム支承…14 基 (φ 700)
- ・弾性すべり支承…50 基 (φ 400×24 基、φ 600×26 基)
- ・鋼棒ダンパー…32 基

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 本震の揺れは、ゆっくりと船に乗っているように揺れた。立ってられず窓につかまって揺れが収まるのを待った。

- b) 物は落ちなかった。キャスター付きの医療機器などはわずかに位置がずれた。
- c) 建物の正面玄関前にある車寄せアーケードの屋根が転倒したが、人や車がいなかったため被害はなかった。
- d) 地震後に電気・ガスが停止、電気は3日後に復旧したが、それまでは自家発電で対応した。

免震層の目視調査の結果、鋼棒ダンパーの上部コンクリート台座の角が欠けていた（1基のみ確認。図4.15-2）。また、すべり支承の移動量は、すべり跡から7~8cm程度と考えられ（図4.15-3）、玄関近くの木造柵の移動痕跡からも同程度の動きを確認した。その他現地調査の結果、建物外周部のクリアランスのカバーと地面との境界部分に亀裂や浮き上がり等が見られた（図4.15-4）。



図 4.15-2 鋼材ダンパー上部コンクリートの剥落



図 4.15-3 弾性すべり支承のすべり痕



図 4.15-4 玄関部のクリアランス部の損傷

4. 16 P建築物

(1) 建築物概要

P建築物は、山形県山形市において、平成12年に建築された、鉄骨鉄筋コンクリート造10階の免震建築物である（図4.16-1）。



図4.16-1 P建築物（SRC造10階）

建築物の形状は、約100m×100mの正方形の低層棟（3階）の中央に、東西方向を長辺とする約100m×15mの高層棟（10階）が組み合わされている。免震層には、次の免震部材が設置されている。

- ・天然ゴム系積層ゴム支承…219基
- ・鉛ダンパー…65箇所（各箇所に2基を設置、計130基）
- ・鋼材ダンパー…143基

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- 地震計を免震層基礎、1階床下、10階に設置している。3月11日の地震では基礎で100gal程度の記録が取れており、計測震度で5弱の揺れであった。病院から4kmほど離れた地点にあるK-NET観測点（図4.16-2）ではNS方向で102.6galの記録が取れている。
- 地震時には、職員約800人、その他約500人が建物内にいた。
- ゆっくりとかなり長い時間揺れたが物が倒れた等の被害はなかった。キャスター付き機器はわずかに動いた。

現地調査の結果、建物周囲では側溝のふたが変形している箇所があった（図4.16-3）。ただし、これは日常時の出入りのためのカバーであり地震時の損傷は想定されているとのことであった。また、免震層内の目視調査の結果、鉛ダンパーの湾曲部にひび割れが観察された（図4.16-4）。また、鋼材ダンパーの塗装が剥落していた（図4.16-5）。



図 4.16-2 建物近傍の K-NET 観測点



図 4.16-3 変形して取り外した側溝の蓋



図 4.16-4 鉛ダンパー湾曲部のひび割れ



図 4.16-5 鋼材ダンパーの塗装の剥落

4. 1 7 Q建築物

(1) 建築物概要

Q建築物は、宮城県白石市において、平成14年に建設された、鉄骨鉄筋コンクリート造4階の免震建築物である（写真4.17-1）。



図 4.17-1 Q建築物（SRC造4階）

建築物の平面形状は、約120m×120mの正方形であり、免震層には次の免震部材が設置されている。

- ・鉛プラグ入り積層ゴム支承…115基
- ・直動転がりローラー支承…33基
- ・オイルダンパー…8基

(2) 被害等の状況と応答の確認

担当者にヒアリングを行い、次のような状況の説明があった。

- a) 地震時には、職員ほか約 500 人が建物内にいた。
- b) ゆっくりと長い時間揺れたが物が倒れた等の被害はなかった。
- c) 建物周囲のクリアランス部分には損傷や変形の痕跡は特に認められなかった。

現地調査の結果、直動転がり支承のレールにおいて、最大で 18cm 程度の移動の痕を確認した。また、罫書き式変位計において、同様に最大で約 18cm の変形を確認した。

そのほか、白石市鷹栖地区では液状化によるマンホールの浮き上がりが多数見られた。



図 4.17-2 直動転がり支承の移動跡



図 4.17-3 罫書き式変位計の記録



図 4.17-4 近傍の K-NET 観測点



図 4.17-5 白石市鷹栖西の液状化被害

5. まとめ

宮城県内の16棟及び山形県内の1棟の免震建築物の現地調査を行った。調査結果をまとめると、以下のようになる。

- ① 現地調査を実施した免震建築物は、建築基準法等に基づく大臣認定を取得したものと、告示（平成12年建設省告示第2009号）に基づき建築主事等の確認によるもの（いわゆる「告示免震」）と両方を対象としたが、いずれも構造躯体に損傷は生じておらず、震度6弱を超える大地震に対しても、免震構造として十分な性能を発揮したものと考えられる。
なお、調査対象のうち、入手資料等より大臣認定を取得したと考えられるものは11棟（A、B、G、H、I、K、M、N、O、P、Q）、告示免震と考えられるものは6棟（C、D、E、F、J、L）であった。
- ② 地震時の免震層の変位を確認できるよう、罫書き式の変位計を設置したものが8棟あった。それらの多くで20cm程度の変形を確認したが、40cm程度の大きな変形を生じているものもあった。
- ③ エキスパンションジョイントや、その周辺のカバーの中には、地震時の免震層の水平変形に追従できずに、破損や脱落を生じたものがあった。これらは、設計上想定した被害の範囲である場合と、そうでない場合がある。
- ④ 地盤沈下によって免震建築物と周囲地盤との間に鉛直変位（段差）を生じたものもあった。
- ⑤ 免震部材のうち、特に鉛ダンパーにおいて、大きな断面欠損と見られるひび割れが生じており、実際に交換されたものもあった。また、鋼材ダンパーにおいては、表面の塗装が剥がれ落ちたり、鋼材部分に残留変形が見られたものがあった。これらの変状は、3月11日の本震を含む今回の一連の地震で生じたものと考えられるが、適切な点検期間等の維持管理規定の設定及び遵守によって、常に状況を把握しておくことが望ましい。
- ⑥ 一部の免震部材で、取付部等の表面にさびなどが生じているものがあった。また、津波被害を受け免震層が冠水した建築物もあった。これらは直ちに免震性能に影響はないものと思われるが、やはり適切な維持管理が必要であると考えられる。

【参考文献】

- 1) <http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/disaster/jishin/2008iwate/houkokusho/20080904-1/index.html>
- 2) http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouoki/index.html