

—緊急報告—

平成15年7月26日宮城県北部の地震による 文教施設の被害調査報告

東北大学大学院都市・建築学専攻助教授 前田 匡樹

1. 調査方法と地震の概要

1.1 調査の目的および方法

5月26日に宮城県沖を震源とする地震が発生した宮城県では、7月26にも県北部において内陸直下型の地震が連続して発生し、震度6弱以上の揺れが1日に3回観測された。この地震の規模は5月の宮城県沖地震と比較すると小さかったものの、震源が内陸で深さが約10kmと浅かったため、震源付近を中心に大きな被害をもたらした。

日本建築学会東北支部では、地震直後に災害調査委員会（委員長：田中礼治東北工業大学教授）を設置し、被害調査を行った。その調査の活動の一環として、筆者らは公立小中学校施設の被害調査を行った。調査対象は、災害救助法の適用を受けた5町のうち、南郷町を除く4町（鹿島台町、鳴瀬町、矢本町および河南町）の公立小中学校施設とした。調査した学校施設と震源などとの位置関係を図1に示す。調査は、8月1日（金）から3日（日）の3日間で行い、各町の全公立小中学校25校のうち鳴瀬第二中（未確認であるが被害

なし）を除く24校のRC造校舎および体育館について、被害調査を行った。調査では、まず各町の教育委員会などから被害状況の情報収集を行った後、各学校の現地調査を行った。部材の損傷度や建物の被災度の判定は（財）日本建築防災協会の「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針、2001.9」¹⁾に基づいて行った。調査団は、以下の2グループで構成し、各町内の学校を分担して調査した。

■調査団の構成

- グループ①：前田匡樹、堀 則男、康 大彦、四十万智博、西川和明、赤沼美美子（以上、東北大学）、梅園雅一（万建築設計事務所）
- グループ②：西田哲也、寺本尚史、菅野秀人、石山智、斉藤 剛、志田宏樹（以上、秋田県立大学）、田子 茂（堀江建築工学研究所）、伊藤拓海（東京大学）

1.2 地震の概要

地震の概要を以下に示す。

	前震	本震	余震	
発生日時	7月26日	0:13	7:13	16:56
震央地名	宮城県北部	N 38.4° E 141.2°	N 38.4° E 141.2°	N 38.5° E 141.2°
震源深さ	約12km	約12km	約10km	
規模（マグニチュード）	5.6	6.4	5.5	
震 度	6強	鳴瀬町 矢本町 南郷町		
	6弱	鳴瀬町 矢本町	河南町 鹿島台町 ほか	河南町
	5強	鹿島台町 南郷町	石巻市 古川市 ほか	南郷町 涌谷町
人的被害	重傷50名、軽傷625名			
住家被害	全壊1075棟、半壊2961棟、一部損壊9387棟			
被害額	346億6000万円 うち文教施設17億5300万円			

（10月3日現在の宮城県の報告）



図1 調査対象地域

2. 学校施設の被害の概要および耐震化の状況

2.1 RC造校舎

前述の4町の公立小中学校24校にはRC造校舎38棟（原則としてエキスパンションジョイントで区画された建物は別棟とした）があり、それらの被災度は大破が1棟（北村小）、小破6棟（鹿島台小2棟、鹿島台中2棟、小野小、矢本第一中）で、その他の31棟は軽微または無被害（部分大破1棟）であった。建物階数は、鹿島台小及び鹿島台中校舎が4階建であるが、その他のほとんどは3階建（一部は2階建）である。各建物の建設年代を建築基準法の改正時期により分類すると、図2に示すように1971年以前の建物が11棟（小破3棟）、1972～81年が16棟（大破1棟、小破3棟）、1982年以降が11棟で、1982年以降の建物は全て軽微または無被害であった。また、1972～81年で小破の3棟は全て4階建の建物である。図2に示したように、1981年以前の古い耐震基準により設計された既存建物に被害が集中することは、1995年兵庫県南部地震などの近年の地震被害で毎回指摘されている傾向とまったく同じである。

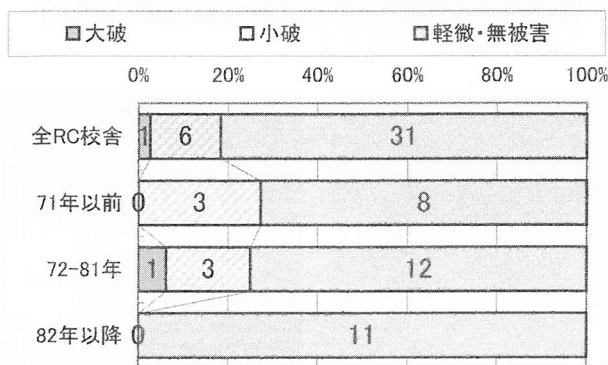


図2 RC学校校舎の建設年代別被害率

1995年に施行された耐震改修促進法により、1981年以前の旧基準による既存建物の耐震診断・改修は国家事業として推進されている。今回調査したRC造校舎38棟のうち、1981年以前の建物は約70%の27棟あるが、耐震診断が実施されていたのは3校4棟（矢本第二中、矢本東小2棟、野蒜小）であった。これら4棟は全て補強が必要と判定され、耐震補強設計も実施済みである。うち2棟（矢本第二中学、矢本東小の東棟）は補強工事が完了しており、残り2棟は今年度に補強工事を予定していた。耐震補強が完了していた2棟に被害は生じなかったことから、耐震補強が有効に機能したと考えられる。内閣府の地震防災施設の耐震化に関する調査によると、1981年以前の小中学校校舎の耐震化進捗状況は、全国平均で約1/3が耐震診断実施済み、約1/6が耐震改修実施済み（診断の結果、補強不要の判定も含む）であるので、今回の調査地域では学校施設の耐震化はやや遅れ気味であったと言える。

2.2 体育館

体育館（格技場2棟を含む）は26棟あり、被災度は大破1棟（北村小）、小破4棟（小野小、浜市小、野蒜小、須江小）で、その他の21棟は軽微または無被害である。建設年代別の被害を示すと、図3のようにRC造校舎と同様に1981年以前の建物に大きな被害は集中している。ただし、これらの被災度は主に構造躯体の被害程度を調査したものであり、軽微の建物の中にも、天井ボードや照明器具の破損・落下などの2次部材に被害を受けたものが含まれている。筆者らが行った5月26日の宮城県沖の地震による学校体育館の被害調査²⁾でも、これらの2次部材の被害は1982年以降の新しい建物でも生じており、体育館の避難所としての機能の面を考慮すると、点検と対策を要する重要な課題である。

体育館の構造種別の内訳は、図4のように鉄骨造（S造）が9棟、1階RC造で2階及び屋根がS造（RC+S造）が4棟、RC造（SRC造も含む）が13棟であった。RC（SRC）造体育館は、全て1975年以降の比較的新しい建物であり、特に大きな被害は見られなかった。大破したS造体育館では、桁ブレース接合部の溶接部の破断が生じた。また、小破したRC+S造体育館は、全て同様の構造形式で、1階RC部分は無被害であり、桁ブレースの一端が間柱に偏心接合されており、ブレースの座屈および間柱脚部のねじれなどの被害が生じた。

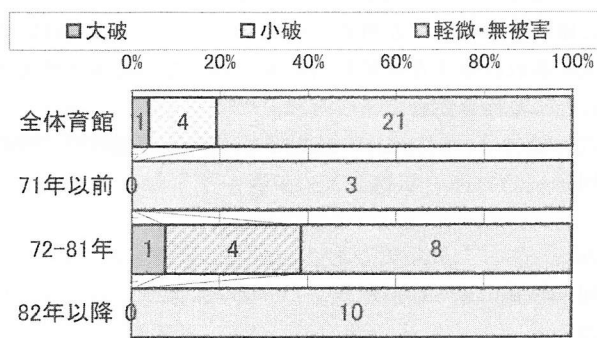


図3 体育館の建設年代別被害率

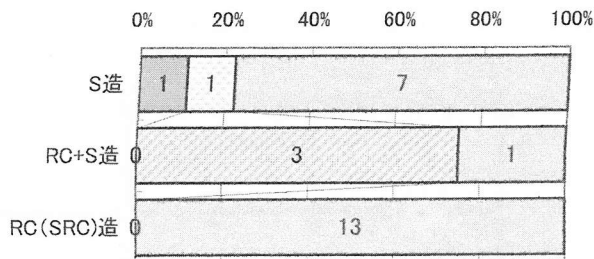


図4 体育館の構造種類別被害率

3. 個別建物の被害

以下、大きな被害を受けた学校施設を中心に、個別建物の被害事例を示す。なお報告内のひび割れ幅はクラック・

スケールにより目視で測定したもので、部材の損傷度*は「被災度区分判定基準」¹⁾によるものである。

3.1 河南町立北村小学校

所在地：宮城県桃生郡河南町北村字幕ケ崎17番地

敷地は、この地震の震源となった旭山撓曲北端の旭山麓の小さな丘の中腹に位置しており、北から南および東へ緩やかに傾斜している。

(1) 校舎 (RC造3階建、1972年建設) [大破]

校舎の全景を写真1に、1階平面と柱・壁などの鉛直部材の損傷度を図5に示す。桁行方向は9mスパンで、中廊下を挟んで南側に教室、北側に階段室、トイレ、給食室などが配置され、張間方向は基本的に4本の柱が配置されるタイプとなっている。1階柱の断面 (図6) は、650×900mmと比較的大きい断面に、主筋10-D22、せん断補筋筋9φ@150 (柱頭・柱脚は@100) が配筋されている。

最も深刻な被害は1階の桁行方向に生じており、南構面の柱3本がせん断破壊し (損傷度IV~V、写真2、写真3) し、その他の構面でも多くの柱や袖壁付き柱にも大きなせん断ひび割れが多数生じた (写真4)。せん断破壊した柱のうち南構面の1本は、主筋が座屈して2階の床スラブがやや沈下し危険な状態であった。また、1階床スラブには多数の亀裂が生じていた。2階も、1階よりは軽微ではあるが、柱、壁などの鉛直部材に大きな損傷が生じた。写真5のように階段室の防火扉が外れて転倒しており、学校使用時の発災であれば重大な人的被害をもたらしていた可能性も考えられる危険な状況であった。

この校舎は、5月26日の地震でも壁のひび割れや、今回と同様に防火扉の転倒などの被害が生じたとのことである。防火扉の現状復旧などを行った校舎として使用し、夏休み中にひび割れ補修などの復旧工事を予定していたが、今回の被害により復旧を断念し改築を計画し、使用を停止した。



写真1 北村小学校校舎の全景



写真2 南構面の被害状況



写真3 せん断破壊した柱

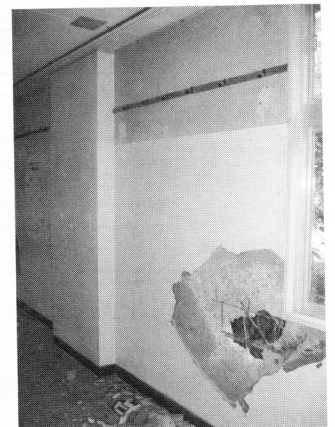


写真4 せん断破壊した壁

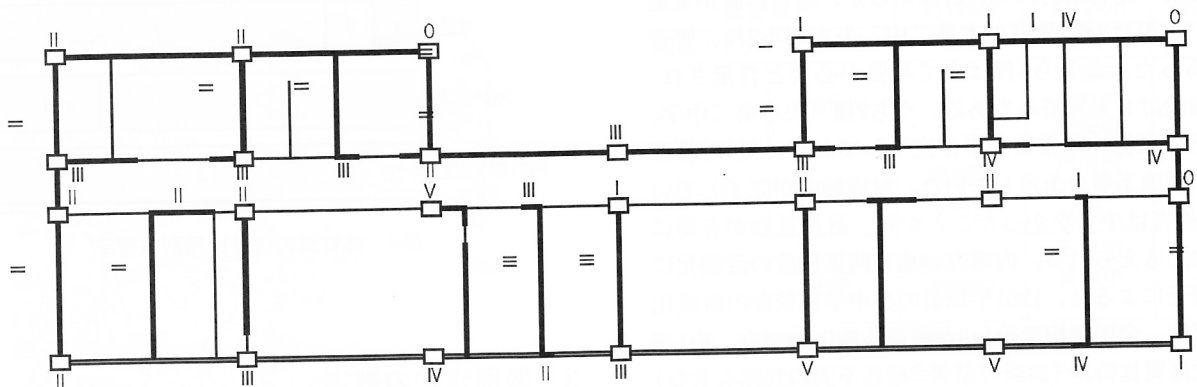


図5 北村小学校校舎の1階平面図及び鉛直部材の損傷度

*被災した建物の柱や耐震壁などの構造部材の損傷の程度を表す指標で、小さい方から順にI、II、III、IV、Vの5段階に区分する。建物の被害のレ

ベルで言うと損傷度I~Vは概ね、軽微、小破、中破、大破、倒壊に対応する。

写真6 フレージア接合部の破断

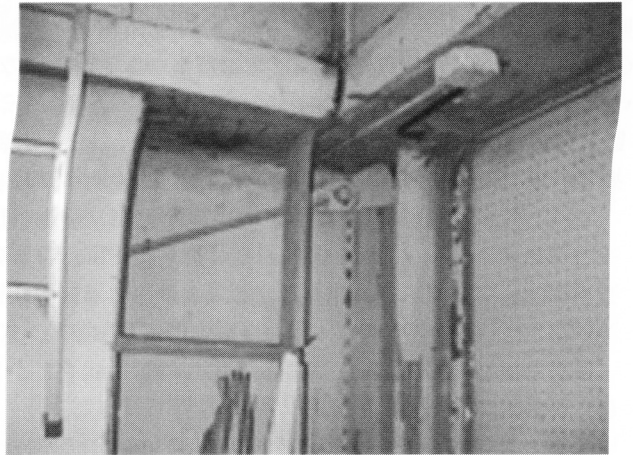
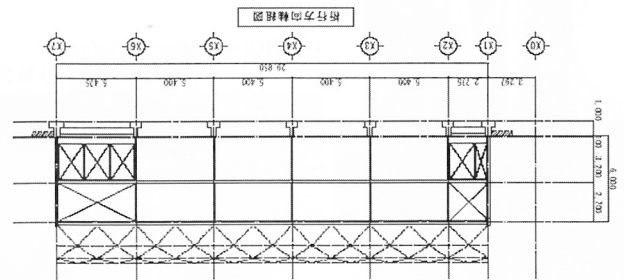


図7 北村小学校体育館の桁行方向の軸組み図



(2) 体育館 (S造、1973年建設) [大破]
 桁行方向 (図7) は、キヤットウオークより下部層はブ
 レース材を内蔵する構造パネル、上部層は丸鋼を用いたX
 型ブレース構造。梁間方向は妻面がブレースの高イトラスラ
 ーム構造で、屋根はラチスシエルである。
 桁行方向のX型ブレース (28φ) の4構面のうち3構面で
 ガセットブレースの溶接部の脆性破断 (溶接不足と思われ
 る) が生じた (写真6)、残り1構面もブレース材が座屈した。
 柱脚部のかぶりコンクリート (無筋) の剥離の他、外装材
 パネル、雨どい及び開口部の変形・湾曲が生じ、窓ガラス
 も多数破損するなど、大きな被害が生じた (写真7)。

図6 北村小学校舎の1階柱断面

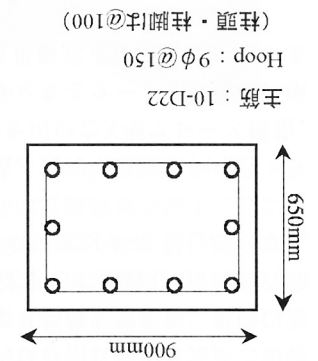


写真5 転倒した防火扉



写真7 開口部・窓ガラスの損傷



3.2 鹿島台町立鹿島台小学校

所在地: 宮城県志田郡鹿島台町平渡字上戸1

敷地は小高い丘の麓に位置しており、西側が高く東へ傾
 斜している。学校の東側は国道346号線に面しており、向
 かい側に大きな被害を受けた鹿島台病院がある。敷地北側
 に東西方向の新校舎、西側に南北方向の旧校舎、その西側
 の1段高いところに体育館がある。木造の旧校舎は無被害
 であった。

(1) 新校舎 (RC造4階建、東側は1969・1970年建設、西側
 は1977・1981年建設) [小破]

東側と西側校舎がExp.Jointで接続されている (写真8)。
 桁行方向は4.5m x パンの片廊下型の校舎で、張間方向は3
 本の柱が配置され、廊下の北側に階段室、トイレなどが配
 置されている。

1階及び2階で、廊下北側の柱の多くにせん断ひび割れが
 発生した。東側部分の被害は2階が最も激しく、柱2本がせ
 ん断破壊 (損傷度IV、写真9) したほか、非構造壁1枚もせ
 ん断破壊 (損傷度IV) した。トイレ周りの粗壁や垂れ壁に
 も幅2mm程度のひび割れが生じた。1階では、昇降口部分
 の桁行方向の耐震壁2枚に幅2mm程度のせん断ひび割れが
 発生したが、この耐震壁が有効に地震力を負担したと考え
 られ、その他の柱や壁の損傷は2階と比較すると小さかつ
 た。3、4階についても柱のせん断ひび割れが見られたが、
 1、2階と比較すると損傷は軽微であった。

西側部分でも1階および2階で、廊下北側構面の柱のほと
 んどに幅1~2mm程度のせん断ひび割れが発生した (損傷
 度II~III)。新校舎東側と比較すると、桁行方向に壁が少
 ないため、損傷を受けた柱の割合がやや多かった。また、
 東側と西側部分の間のExp.Jointにほとんど間隔がなく、
 衝突により損傷が生じた。特に4階バルコニーはコンクリ
 ートが大きく崩落し、鉄筋が露出した (写真10)。
 被災後、夏休み中に大きなせん断ひび割れが生じた柱の
 補修 (エポキシ樹脂注入および炭素繊維巻き補強)、及び、
 Exp.Jointの抜幅による改修を行い、2学期から使用してい
 る。



写真8 鹿島台小学校校舎の全景

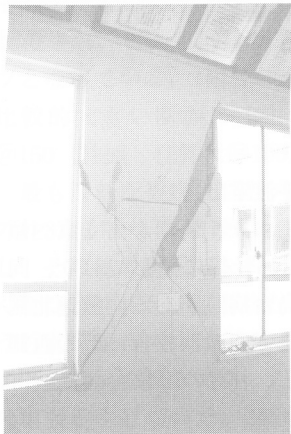


写真9 せん断破壊した柱



写真10 Exp.Jointの被害状況

1階廊下北側の柱に損傷度Ⅲのせん断ひび割れ、1階東側昇降口と家庭科室の間の柱2本に損傷度Ⅳ（写真11）、1階梁間方向の壁に損傷度Ⅱ程度のひび割れが生じた。この付近では建物周囲の地盤変動により地盤が沈下し、昇降口と家庭科教室の床スラブも多少沈下して傾斜した。また、3階コンピュータ室のパソコンや蛍光灯が落下した（写真12）。

(2) 体育館（1階RC造、2階S造、1972年建設）〔小破〕

S造部分の桁行方向はL型鋼を用いたX型ブレース構造、梁間方向は平面トラス梁・柱からなるラーメン構造で、屋根はL型鋼を斜め格子状に覆う単層式立体架構（いわゆるダイヤモンドトラス）。

桁行方向のX型ブレース（L-65×65×6、接合部ボルトは、F10Tの2-M16）は、梁間方向にラーメン架構を形成するメインの柱と間柱に偏心して取り付けられている。なお、メイン柱、間柱共に露出柱脚となっている。偏心接合の影響で4ヶ所のブレースのうち1ヶ所の間柱柱脚にねじれが生じ柱脚を固定するアンカーボルトの2本（1箇所）が破断した（写真13）また、アリーナ側のブレースの面外座屈（全体座屈、写真14）、交差部の高力ボルトに滑りによると思われる塗装の剥がれが見受けられる。また、大梁ガセットプレートに歪が生じたと思われる塗料の剥がれが見られた。柱の傾斜角は最大で1/250（梁間方向）であった。天井材、内壁および体育器具など、非構造部材の落下被害は見受けられなかった。

(2) 体育館（S造平屋建、1968年建設）〔無被害〕

周辺地盤の沈下や外装モルタルのひび割れ（老朽化と思われる）が多数あるが、構造躯体の被害は特にない。

3.3 鳴瀬町立小野小学校

所在地：宮城県桃生郡鳴瀬町小野字裏丁39番地

(1) 校舎（RC3階建、1969・1970年建設）〔小破〕

桁行方向は基本的に9mスパンの片廊下型の校舎で、張間方向は3本の柱が配置され、廊下の北側に階段室、トイレなどが配置されている。



写真11 せん断破壊した柱（小野小学校）

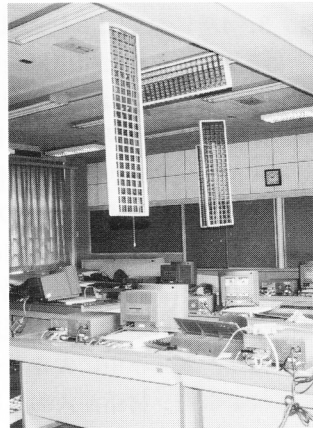


写真12 コンピュータ室の被害状況

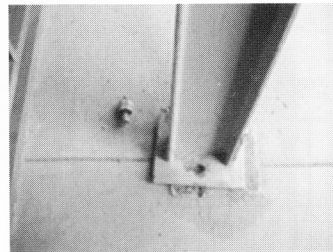


写真13 間柱柱脚のアンカーボルトの破断



写真14 座屈した桁ブレース

3.4 鳴瀬町立野蒜小学校

所在地：宮城県桃生郡鳴瀬町野蒜字亀岡80番地

敷地は平坦地で、校舎北側約10mが崖となっている。

(1) 校舎（RC造3階建、1968年建設）〔軽微〕

1978年宮城県沖地震により、1階北側構面の柱がせん断破壊する被害が生じ、その後補修・補強工事が行われ使用されていた。補強工事の詳細に関する資料は保存されていないが現地での確認によると、南側構面（写真16）で柱の両側の袖壁増設を4箇所、北側構面（写真17）では柱断面をRC巻き補強し、その両側に袖壁を増設し、さらに腰

壁・垂壁を増し打ちしていた。

今回の地震では、柱や袖壁に軽微なひび割れが生じた程度で、被害は軽微であった。平成14年度に行われた耐震診断の結果（耐震補強の効果は考慮せず）によると、桁行方向の構造耐震指標 I_s 値**は、1階から順に0.3、0.3、0.48とかなり低い値であったにもかかわらず、被害が軽微であったこと、上記の耐震補強がある程度効果を発揮したものと考えられる。



写真15 野蒜小学校校舎の全景



写真16 袖壁補強した柱（南構面）

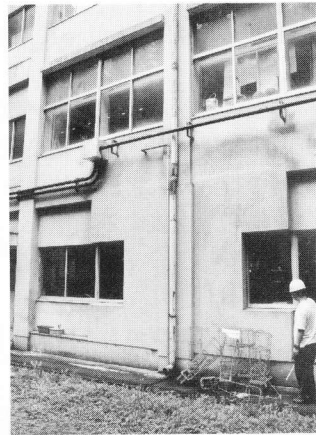


写真17 柱にRC巻補強し袖壁及び腰壁・垂れ壁を補強（北構面）

3.5 矢本町立矢本東小学校

所在地：宮城県桃生郡矢本町矢本字大溜126番地1

(1) 校舎（RC造3階建、1978・1979年建設）〔軽微〕

耐震診断及び補強設計を実施済みで、診断の結果、桁行方向の I_s は1階0.64、2階0.64、3階0.73であったため、RC造耐震壁増設など耐震補強を計画しているが、地震時には未補強であった。

1階桁行方向の壁（放送室の前）の2箇所にせん断ひび割れが見られた（損傷度Ⅱ）が、そのほかには構造躯体の被害は特になく、被災度は〔軽微〕である。

**建物の耐震性能の評価に用いる数値。数値が大きくなるほど耐震性が高く、一般には $I_s=0.6$ が耐震補強の要否を判定する目安。学校施設では、避難所としての機能などを考慮して $I_s=0.7$ を目標に補強することが多い。

(2) 校舎（RC造3階建、1977年建設）〔無被害〕

耐震診断の結果、桁行方向の I_s は1階0.51、2階0.73、3階0.81であったため、耐震壁増設などの耐震補強工事中であった。被害調査時には補強部材の設置は終了し、仕上げ、設備工事中であった。工事中のため被害調査は行っていないが、無被害とのことである。

(3) 体育館（SRC造、1979年建設）〔無被害〕

桁行方向はラーメン構造、梁間方向は山形ラーメン構造。構造躯体の被害は特になし。

3.6 矢本町立矢本第一中学校

所在地：宮城県桃生郡矢本町小松字上浮足194番地

敷地は、田圃を埋め立てた平坦地であり、地盤はあまりよくないと考えられる。校舎（写真18）は、図8のようにL字型平面を有する①-1、②棟にExp. Jointを介して①-2棟および①-3棟が接続されている。

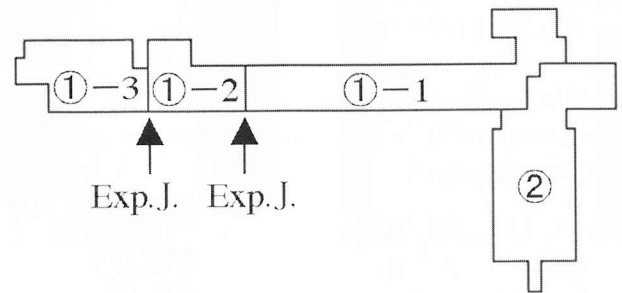


図8 矢本第一中学校校舎配置図

(1) 校舎①-1、②棟（RC造3階建、1964・1965年建設）

〔小破〕

①-1部分は、桁行方向9mスパンの片廊下型の校舎で、張間方向は南構面と中通りの2本の柱が配置され、廊下の北側構面には3mスパンで非構造壁がある。1階の柱の断面は500mm×700mmで、9mスパンで2本柱の割には柱断面が比較的小さい。

1階北側構面・桁行方向の非構造壁の多数に大きなせん断ひび割れが生じた（損傷度Ⅲ～Ⅳ程度が5枚、損傷度Ⅰ～Ⅱが3枚、写真19）。また、南側構面の柱にも、損傷度Ⅲが1本（写真20）、損傷度Ⅰ～Ⅱが3本の損傷が生じた。なお、北側の2階桁行方向の非構造壁にも損傷度Ⅲ程度のせん断ひび割れが見られた。

東側でL字型に接続されている校舎②棟では、玄関部分の柱1本の脚部で地盤沈下（2cm）によるひび割れ（損傷度Ⅱ～Ⅲ）見られたが、そのほかの構造躯体の被害は特になし。

(2) 校舎①-2棟（RC造3階建、1984年建設）〔軽微〕

桁行方向は9mスパンの片廊下型の校舎で、新耐震設計以降の建物である。校舎①-1とのExp. Joint部分が衝突し、カバーが変形する被害を受けたが、構造躯体は無被害である。

(3) 校舎①-3棟 (RC造3階建、1994年建設) [無被害]

桁行方向は4.5mスパンの中廊下型の校舎で、新耐震設計以降の建物である。無被害。



写真18 矢本第一中学校校舎の全景

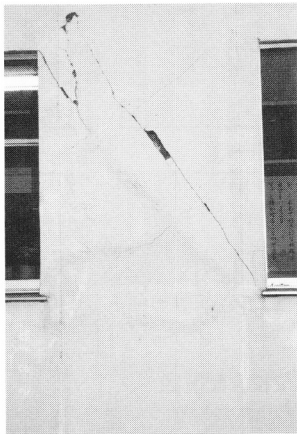


写真19 北側構面の非構造壁のせん断ひび割れ (校舎①-1)



写真20 南側構面の柱のせん断ひび割れ (校舎①-1)

(4) 体育館 (SRC造、1986年建設) [軽微]

桁行・梁間方向ともにラーメン構造。構造躯体の被害は特にないが、天井有孔ボードが3箇所落下した。

4. まとめ

今回の地震は、いわゆる直下型の地震であり、被災地域は震源付近の約10~20km四方の狭い領域であった。これらの地域では、約4000棟の住家が全・半壊するなどして多くの方々が避難生活を余儀なくされた。地域の防災拠点と位置づけられる学校施設の被害は、住家の被害と比較すると、大破した建物はRC校舎、体育館それぞれ1棟ずつであり、比較的少なかったとも考えられる。幸いなことに、学校施設の被害による児童・生徒、教職員の方々の負傷もなかったと報告されている。しかしながら、これは今回の地震が夏休み期間の早朝に発生した(本震)ことによるところも大きい。もし、学校施設使用中に地震が発生していれば、北村小学校校舎の防火扉の転倒や、その他学校の体育館のガラスの破損、天井ボードの落下などで、重大な人的

被害は避けられなかったと考えられる。また、被害を受けた学校施設の多くは、夏休み中に応急的な復旧工事を行い、2学期の授業開始に支障をきたさなかったことも不幸中の幸いであった。しかしながら、避難所に指定されている体育館では、天井ボードの落下危険性のために使用できない施設もあったことは、地域の防災計画上の課題を残した。

2章で述べたように、地震被害は1981年以前の古い耐震基準で設計された建物に集中することは、今回の地震でも再度明らかとなった。また、これらの旧基準の建物でも耐震補強した建物には大きな被害が生じないことも、今回の被害調査で確認できた(残念ながら、耐震補強された建物は少なかったが)。宮城県では、今後20年以内に90%という高い確率で1978年宮城県沖地震と同じタイプの地震が発生するとされている。その対策として、学校施設の耐震化をより一層推進することが望まれる。

謝 辞

地震災害直後の忙しいなか被害状況を丁寧に説明し、資料をご提供いただいた各町の教育委員会の方々、快く校舎内を調査させていただき、貴重な体験談をお聞かせ下さった学校の先生方に厚く御礼申し上げるとともに、被害を受けた学校の教育活動が一日も早く旧に復することを祈願する。

本稿は、秋田県立大学・西田哲也先生、堀江建築工学研究所・田子 茂氏、万建築設計事務所・梅園雅一氏などと共同で行った被害調査結果を再編集したものである。関係各位に謝意を表する。

[参考文献]

- 1) 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針、2001.9
- 2) 北山和宏、前田匡樹：平成15年5月宮城県沖の地震による文教施設の被害調査報告、『文教施設』11号(夏号)、pp.97-104

前田 匡樹



1964(昭和39)生、1989年東京大学工学部建築学科卒、同大学院博士課程修了、横浜国立大学助手、助教を経て、2000年より東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻助教。

著書(分担執筆)「鉄筋コンクリート建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説」、「鉄筋コンクリート構造の設計学びやすい構造設計」など。