特別寄稿

－緊急報告－

平成15年5月26日宮城県沖の地震による文教施設の被害調査報告

東京都立大学大学院建築学専攻助教授　北山　和宏
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

1995年兵庫県南部地震以降、昭和56年以前の旧い耐震基準により設計された既存建物の耐震診断・耐震補強が社会的な要請となり、国家事業として推進されつつある。しかしそのようにして耐震補強された建物が大きな地震を経験した例は今までほとんどなく、補強建物の地震時挙動を実地に調査した報告も少ない。

5月26日に発生した宮城県沖の地震では、宮城県北部および岩手県南部を中心に震度6弱や震度5強の強いゆれが観測された。そこで筆者らは、これらの地域の小中学校で、(社)文教施設協会に設置されている「学校建物耐震診断等判定委員会」（委員長：岡田恒男東京大学名誉教授）で耐震判定された建物を対象として被害調査を実施した。耐震診断・耐震補強された建物の被害状況を調査（あるいは被害がないことを確認）することによって、耐震診断および耐震補強法の妥当性を検証することを目的とした。

調査対象地域は、図1に示す宮城県北部の金成（かんなり）町、築館（つきだて）町、田尻（たじり）町、米山（よねやま）町および涌谷（わくや）町とした。調査団の構成および日程は以下である。

- 調査団のメンバー：
  - 東京都立大学
    - 北山和宏、岸田慎司、森田真司、森山健作
  - 東北大学
    - 前田匡樹、堀則男、四十万智博、西川和明
  - (有)万建築設計事務所　木村秀雄
  - (社)文教施設協会　梶田尚令　　計10名
- 調査日程：
  - 6月12日　金成町（東京都立大学）
    田尻町、米山町（東北大学、木村、梶田）
  - 6月13日　築館町、涌谷町

調査では、まず町役場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。

図1　調査対象地域

1.2 地震の概要

発生日時　2003年5月26日18時24分ころ
震央地名　宮城県沖（北緯38°48.3'、東経141°40.9'）
震源の深さ　約71km
規　　模　マグニチュード7.0
各地の震度
　震度6弱：大船渡市、石巻市、金成町、涌谷町他
　震度5強：気仙沼市、古川市、田尻町、米山町他
　（築館町では、震度が計測されていない）
人的被害　負傷者174名（重傷25名、軽傷149名）
住家被害　全壊2棟、半壊21棟、一部損壊2342棟
被害総額　174億4923万円
　うち公立文教施設12億8730万円
　（以上、6月20日現在の消防庁資料）

2. 学校施設の耐震化の状況および被害の概要

各町の教育委員会より得た各町立小中学校施設の耐震診断・耐震補強の進捗状況を表1に示す。表1のように、今回調査した5町では、RC造校舎については、昭和56年以前の建物の耐震補強と昭和57年以降の新基準による建物により、耐震化[1]が比較的進んでいる。その一方で、校舎を優先したため体育館の耐震化が遅れているのが現状のようである。

表1　小中学校施設の耐震診断・耐震補強の進捗状況

	学校施設数		耐震診断・耐震補強の進捗状況
	小学	中学	
金成町	5校	1校	小学校1校（沢辺小学校）は耐震補強済み、その他は未補強。
築館町	4校	1校	築館小、築館中は耐震診断を行ったが未補強。その他の3小学校は、新耐震（S57）以降の建物で、補強不要。
田尻町	3校	1校	小学校3校のRC造校舎は全て耐震補強済み。
米山町	4校	1校	小学校3校は耐震補強済み。
涌谷町	5校	2校	RC造校舎については全て耐震補強済み（または、新耐震（S57）以降の建物で、補強不要）。

移動中に観察した様子や町役場、学校関係者の話を聞く限り、今回調査した5町では、震度6強や5弱を観測したにもかかわらず、戸建住宅などの民間建築も含めてガラスの破損、家具の転倒などを除くと大きな被害は生じなかったようである。学校施設についても、RC造校舎では、構造躯体の被害は柱や壁の軽微なひび割れ程度で、その他、エキスパンション・ジョイント部の損傷、窓ガラスや仕上げタイルの破損、蛍光灯の落下、本棚の転倒、食器の破損など非構造部材、設備・什器の被害が生じた程度であった。体育館でも、改築を要するほどの大被害は生じていないが、天井材の落下など危険な被害が数例報告されている。築館町立築館小・体育館、米山町立米山中・体育館や涌谷町立涌谷中・武道場では、天井の仕上げボードが落下した。また、築館町立築館中・体育館では、屋根面ブレースの接合部のリベットが破断して落下、涌谷町立箟岳（ののだけ）中の体育館で窓サッシの押さえ金具が多数脱落などの被害が報告されている。これらのうち、涌谷中・武道館、箟岳中・体育館は、それぞれ平成9年、昭和60年と新しい建物であり、新耐震設計法以降の体育館でもこのような非構造部材に危険な被害が生じたことには十分に留意し、非構造部材の取り付け部の設計やディテール、施工法などについての点検や見直しが必要と思われる。

3　個別建物の被害

以下、調査した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ある。

3.1　金成町立沢辺小学校

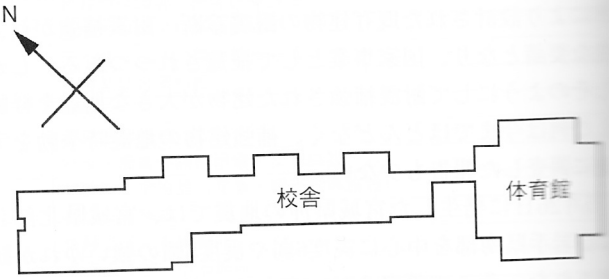
所在地：栗原郡金成町沢辺字町沖200

(1) 校舎（RC造3階建、S54建設）

耐震診断の結果、1階桁行方向の構造耐震指標Is値[2]が0.66で、北構面の柱に袖壁を増設する補強が行われた。写真1のように増設した袖壁に軽微な曲げひび割れが発生した他、張間方向の耐震壁や方立て壁にもせん断ひび割れ（幅0.2mm程度）が生じた。

(2) 体育館（1階RC造、2階S造、S54建設）

耐震補強（構面ブレースおよび屋根ブレースの交換）が行われており、今回の地震では無被害であった。



沢辺小学校建物配置図

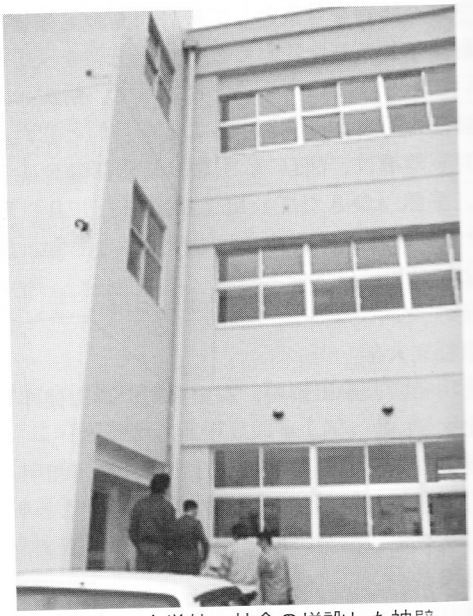


写真1　沢辺小学校・校舎の増設した袖壁
（軽微な曲げひび割れが発生した）

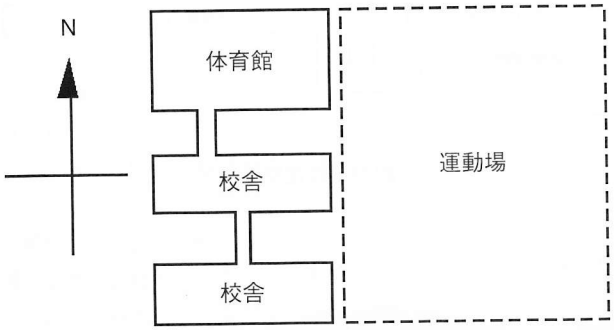
1　文部科学省の「学校施設の耐震化推進に関する調査研究報告書」（http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/index.htm）によると、平成14年4月1日の時点での全国小中学校の耐震化率は約57%（推定値）である。

2　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Is=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Is=0.7を目標に補強することが多い。

3.2 金成町立金成小学校

(1) 校舎（RC造2階建、S55建設）
軽微なひび割れが生じた程度。

(2) 体育館（1階RC造、2階S造、S55建設）
1階RC耐震壁にせん断ひび割れ（幅0.4mm、損傷度Ⅱ[3]）が生じた。S造部分は無被害であるが、窓ガラス27枚が破損した。



金成小学校建物配置図

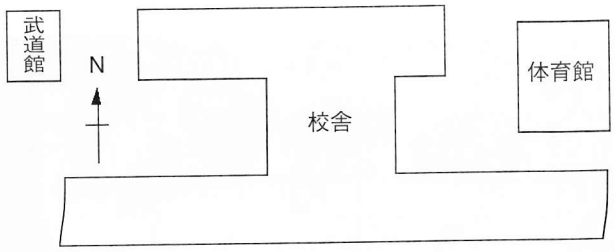
3.3 金成町立金成中学校

敷地は高台で、体育館のみ崖の脇に位置している。

(1) 南校舎（RC3階建、S46 建設）
耐震壁にせん断ひび割れ（幅0.3-0.4mm程度）、腰壁にもひび割れが生じ、トイレのタイルが剥落した。北棟との間のエキスパンション・ジョイントの衝突によりコンクリートが一部破損した。

(2) 北校舎（RC造2階建、S46建設）
柱に軽微な曲げひび割れが生じた箇所があった。

(3) 体育館（RC造2階建＋S造屋根、S47建設）
全景を写真2に示す。1階耐震壁にせん断ひび割れ、2階開口耐震壁にもせん断ひび割れ（幅1mm以上、損傷度Ⅲ）が生じ全体として［小破］程度の被害である。



金成中学校建物配置図

3 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。

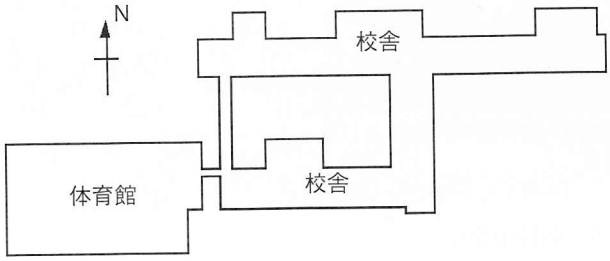
写真2 金成中学校・体育館の全景

3.4 築館小学校

所在地：栗原郡築館町薬師1-6-1

(1) 校舎北棟西側・北棟東側・南棟（いずれもS57）
1978年宮城県沖地震の後に改築されたRC造校舎3棟のうち、北棟西側（3階建、写真3）は構造耐震指標Isの最小値（1階桁行き方向）が0.52と判定値（Iso=0.7）を下回るが、北棟東側（3階建）および南棟（2階建）のIs値はそれぞれ0.77、0.89と比較的耐震性が高い。北棟西側および東側の補強工事は未実施（南棟は補強不要の診断結果）であった。

耐震壁、柱および腰壁などに軽微なひび割れ（幅0.2mm程度、損傷度。）や、校舎間のエキスパンショ



築館小学校建物配置図

写真3 築館小学校・校舎北棟の全景

ン・ジョイントの衝突によるひび割れが生じたが、全体として構造躯体の被害は軽微であった。多くの教室で、写真4に示すように天井の暖房器具の金属製カバーが落下するなどの非構造部材の被害が生じた。

(2) 体育館（1階RC造＋ギャラリーより上S造、S61）

RC部分の耐震壁や、掃き出し窓により短柱化した柱にせん断ひび割れ（幅0.5mm程度、損傷度Ⅱ）が多数発生した。また、写真5のように天井の仕上げボード（グラスウール）が多数落下した。

写真4　校舎棟天井暖房器具

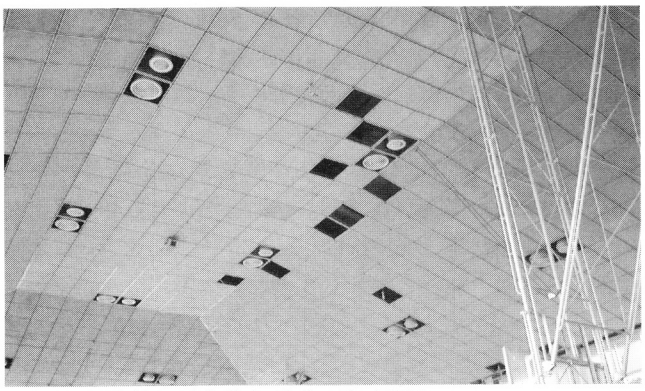


写真5　体育館の天井仕上げボードが落下

3.5　築館中学校

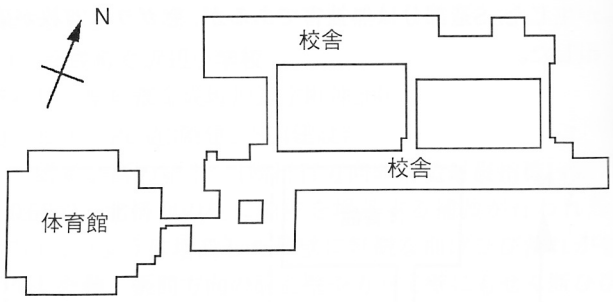
所在地：栗原郡築館町高田2-8-1

(1) 校舎

RC造校舎4棟（3階建、S42～S47建設、写真6）があり、それぞれの最小Is値は0.55～0.68である。補強設計済みであるが補強工事は行われていない。各校舎棟では、老朽化による以前からのひび割れの拡大も含め、腰壁・垂壁の縦ひび割れ、壁開口部の隅角部のひび割れや階段室の耐震壁などにひび割れ（幅0.2mm程度、損傷度。程度）が生じたが、全体としての被災度は軽微であった。教室内の空調ダクトを格納している天井ボードにたわみ及びひび割れが生じた。

(2) 体育館

屋根は写真7のようにトラス梁と屋根面ブレースから構成されており、屋根面ブレースのガセット接合部のリベットが破断（写真8）して落下し、ブレース2本が垂れ下がった（調査時には応急処置済み）。また、屋根付け根部のコンクリートが破損し破片数個（10cm大、写真8）が体育館内に落下した。また、窓ガラスが3枚破損した。



築館中学校建物配置図

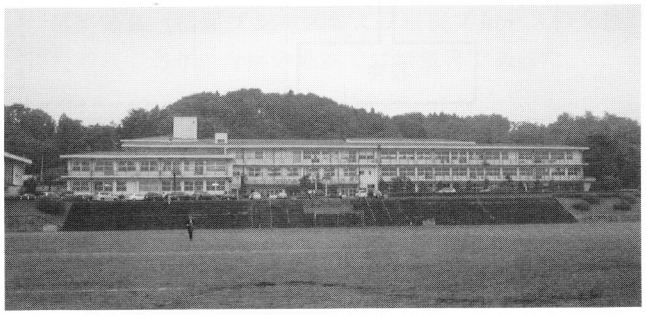


写真6　築館中学校・南教室棟の全景

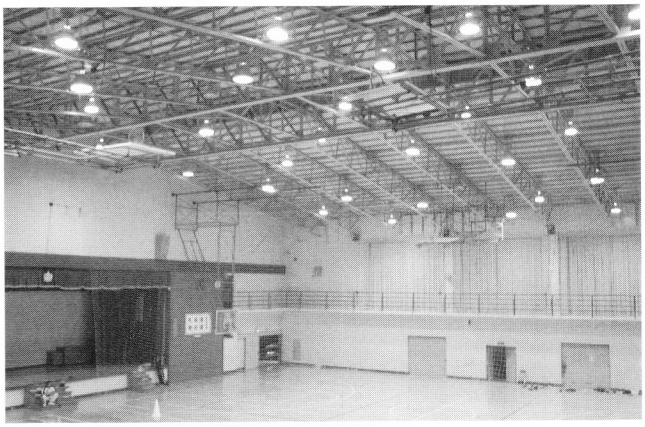


写真7　築館中学校・体育館

写真8　体育館天井から落下したリベット、コンクリート片など

3.6　田尻町立田尻小学校

所在地：遠田郡田尻町通木字一所谷10-3

地震時には校庭に東西方向の地割れ（幅数cm）が生じたとのことである。

(1) 新校舎（RC造2階建、S44建設）

2002年度に耐震診断（1階桁行方向のIs=0.62）及び補強設計（RC開口耐震壁2枚の増設）を行い、今夏に補強工事を予定していたが、地震の時点では未補強であった。1、2階の柱1本ずつに損傷度Ⅱ程度の軽微なひび割れが発生したほかには、構造体に大きな被害はなかった。

(2) 東校舎（補強コンクリートブロック造2階建、S38建設）

無被害

(3) 管理棟（木造1階建、S8建設）

玄関天井の仕上げモルタルの一部にひび割れや、玄関腰壁タイルの一部破損、玄関の車寄せ部分の木造柱に亀裂が生じたが、軽微な被害で継続使用可能。

(4) 体育館（RC＋S造、S55建設）

鉄骨の柱脚の敷きモルタルが一部剥落した。

3.7　米山町立米山中学校

所在地：登米郡米山町西野字西小路2

(1) 教室棟西側・東側（RC造3階建、S40-44建設）

教室棟西側・東側ともに、桁行き方向1～3階と張間方向1階の耐震補強が必要と判定され、桁行き方向にRC開口耐震壁（廊下側）及び鉄骨ブレース（南面側、写真9）の増設、張間方向にも耐震壁増設などの耐震補強計画がなされた。調査時点では、西側は補強工事が終了しており、東側は補強工事中（建具を撤去し、1階のRC壁の配筋工事中）であった（写真10）。補強工事が完了していた西側では、補強RC耐震壁の開口部隅角部の一部に軽微な斜めひび割れが発生したが、その他の被害はなく、ガラスの破損、家具の転倒なども生じなかったとのことである。補強工事中の東側では、張間方向の耐震壁1枚にせん断ひび割れ（1-2mm程度）や柱に軽微なひび割れ（損傷度Ⅱ程度）が発生するなど、西側と比較するとやや損傷は大きかったものの、全体としての被害は軽微であった。

(2) 体育館（1階RC造、2階より上S造、S42建設）

耐震診断・補強を実施していない体育館では、ステージ上部の化粧ボードが一部破損し脱落したほか、東側のRC造妻壁外面にひび割れが生じ、一部吹き付けの仕上げ材が剥落した。

3.8　涌谷第二小学校

所在地：遠田郡涌谷町涌谷字小人町1

教室棟北側の地盤が3cmほど沈下していた（教育委員会の話では地震以前から沈下）。

(1) 教室棟（RC3階建、S52建設）

1階伏図に柱、壁の損傷度を記入して図2に示す。また、

写真9　米山中学校・教室棟の補強鉄骨ブレース

写真10　米山中学校・教室（手前が耐震改修済みの西側、奥が未改修の東側）

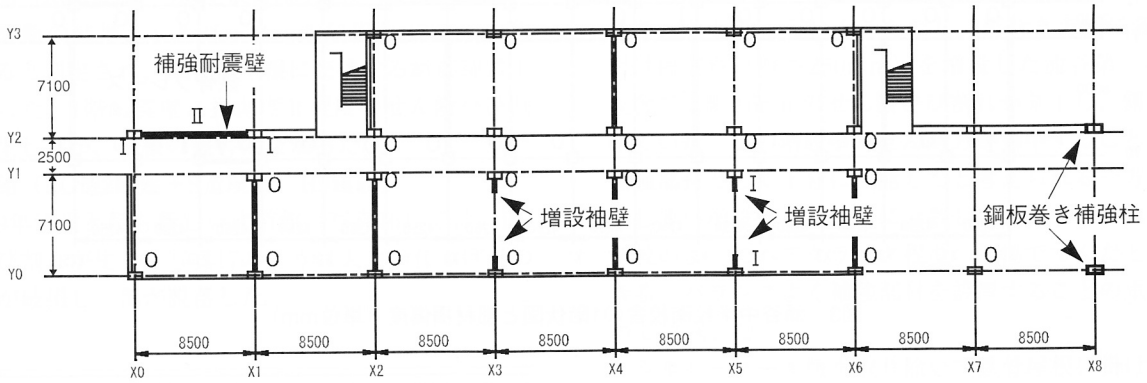


図2　涌谷第二小学校校舎の1階伏図と部材損傷度（単位mm）

全景を写真11に示す。耐震診断（桁行方向のIsは1～3階で0.62～0.63）を行い、耐震補強工事（RC耐震壁1、2階で各1枚の増設、壁抜け柱の補強（袖壁増設、鋼板巻き））を実施済みであった。廊下、教室の床に多数のひび割れ（幅1-2mm程度）、腰壁にも縦ひび割れが見られたが、柱などの構造躯体に大きな損傷はなかった。1、2階の補強RC造耐震壁（写真12）にせん断ひび割れ3本程度発生（1階は幅0.6mm、2階は0.3mm、損傷度Ⅱ程度）しており、地震時に補強壁が有効にせん断力を負担したと思われる。鋼板巻き補強した下階壁抜け架構の柱には損傷は見られなかった（写真13）。

(2) 体育館（S造、年代不明）

体育館は、窓ガラスが多数破損したとのことである。

写真11　涌谷第二小・教室棟の全景

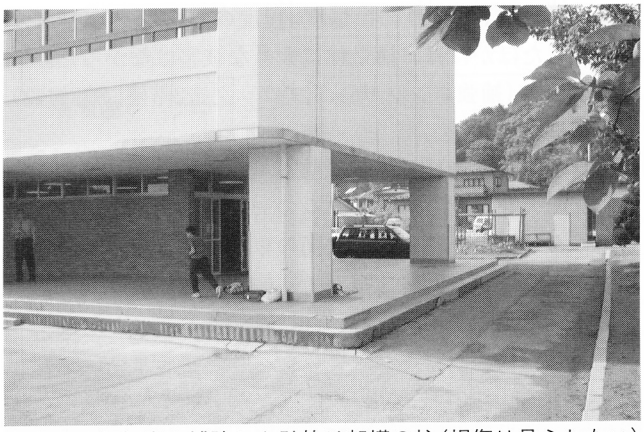


写真13　鋼板巻き補強した壁抜け架構の柱（損傷は見られない）

写真12　補強RC造耐震壁（せん断ひび割れが発生）

3.9　涌谷中学校

所在地：遠田郡涌谷町涌谷字内林1

(1) 南校舎（RC造3階建、S56建設）

南面を写真14に、1階伏図を図3に示す。耐震診断（桁行方向のIsは1階0.43（第2種構造要素[4]を無視すると0.66）、2階0.73、3階1.39）、補強設計（RC開口耐震壁6枚、鉄骨ブレース1枚の増設）を行い耐震補強済み。

補強鉄骨ブレースの接合部モルタルに鉄骨枠に直交方向に軽微なひび割れが生じていたが、施工時のものと思われる。補強RC造耐震壁（写真15）の開口部隅角部には軽微な斜めひび割れが発生した個所があり、既存の柱は

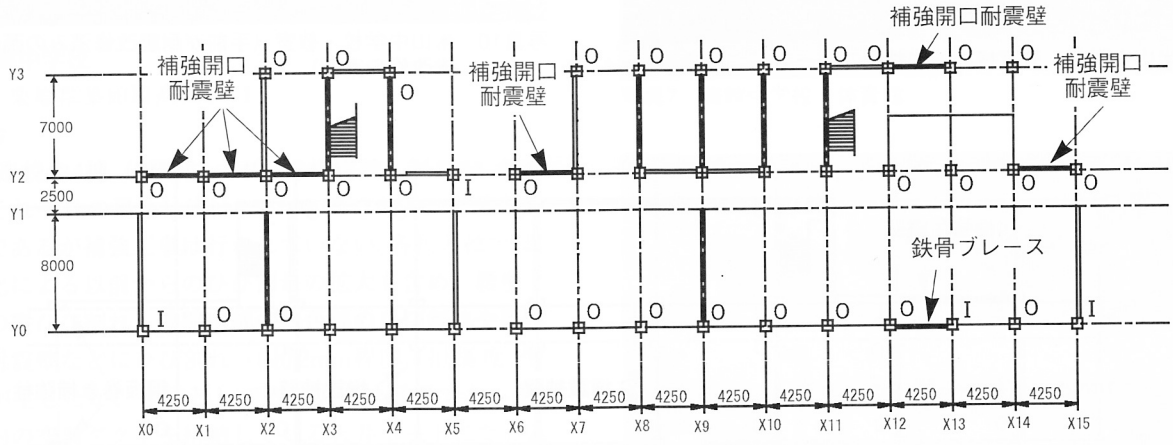


図3　涌谷中学校南校舎の1階伏図と部材損傷度（単位mm）

4　その部材が破壊して軸力支持能力を失うことで（他の部材が健全でも）、建物の崩壊を引き起こす部材。軸力支持能力を失わなければ無視できる。

写真14　涌谷中学校・南校舎

写真15　補強開口耐震壁（ほとんど損傷なし）

写真16　武道場（平成9年）の全景

写真17　武道場・天井の仕上げ材が脱落し一部が落下

1階の柱数本に軽微なひび割れが発生したが、その他はほぼ無被害で、非構造部材・設備などの被害もなかった。

(2) 北校舎（RC4階建、S58建設）

耐震診断（桁行方向のIsは1階0.66、2階1.00、3階1.20、4階1.68）、補強設計（RC開口耐震壁18枚）を行い耐震補強済み。

1階の補強RC造耐震壁の開口部隅に斜めひび割れ（幅0.1mm）が生じたが、柱はほぼ無被害であった。

(3) 体育館（RC2階建＋S造屋根、S54建設）

耐震診断の結果、シルバークール屋根版[5]の落下の危険があると判定され、鉄骨造屋根に交換する耐震補強工事を行った。1階耐震壁に損傷度Ⅱ程度のせん断ひび割れが発生したが、屋根の被害はなかった。

(4) 武道館（RC造2階建＋S造屋根、H9建設）

平成9年建設と最も新しい武道館（写真16）では、RC壁にひび割れが生じ、写真17のように天井の仕上げ材の接合部が破損し一部が脱落した。

5　プレキャストコンクリート製の屋根版。壁との接合部が破壊して落下する被害が、兵庫県南部地震で数例生じた。

4. まとめ

今回調査した地域の学校施設のRC造校舎については、構造躯体の深刻な被害は見られなかった。耐震補強されていない校舎では柱や耐震壁に損傷度Ⅱ以下の曲げひび割れやせん断ひび割れが発生した事例も見られた。これに対して耐震補強された校舎の被害はおおむね軽微で、開口付き増設壁や補強袖壁に発生したひび割れも軽微であり、ガラスの破損や家具の転倒なども少なく、耐震補強の効果が発揮されたと考えられる。ただし、桁行き方向に各階に1枚だけ耐震壁（厚さ250mm）を増設した涌谷第二小学校の校舎では幅0.6mmのせん断ひび割れが発生し、側柱まで達していた。この増設壁にせん断力が集中することによって補強部材として十分に機能したと考えられる一方で、もう少し薄い増設壁を数カ所に分散して設置していれば涌谷中学校のようにヘアクラック程度の損傷ですんだとも予想できる。バランスよく補強部材を設置することの重要性を改めて認識した。

シルバークール版を取り除いて鉄骨屋根に掛け替える耐震補強を施した涌谷中学校体育館では1階耐震壁に損傷度

Ⅱ程度のせん断ひび割れが発生したことから、建物重量の軽減がこの程度の被害に留まらせることに貢献したとも判断できる。

このように今回調査した学校建物の耐震補強法は妥当であり、有効に機能したと考えられる。一方、非構造部材の被害は今回も多く発生し、ガラスの破損、教室の天井に設置された暖房設備の金網の落下や体育館の天井材の落下が顕著であった。今回の地震では体育館内の落下物によって怪我をした児童・生徒は幸いにもいなかったが、学校の先生がたは地震が発生したらすぐに体育館外に避難すべきであると痛感されたようである。しかし地震時に多くの児童・生徒の行動を掌握して避難行動を円滑に行うことには困難が伴うであろう。体育館は地震時の避難場所になるような施設であるから、天井材の落下などは本来あってはならないはずである。早急な点検と対応とが必要であると思われる。

今回の地震は、各地で大きな震度が観測された割に全体として建築物の被害が少なかったが、これは揺れの周期が0.2～0.3秒の比較的短い成分が卓越した地震波であり、建物の周期とずれていたことが幸いしたと言われている。今後20年以内に90%近い確立での発生が予想されている宮城県沖地震の地震波は、1978年の地震の記録やその発生の機構から、建物の周期と一致する成分の多いものと予想され、今回を大きく上回る被害を引き起こす可能性が高い。したがって、今回の少ない被害に安心することなく、建物の耐震化対策を引き続き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て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。

北山　和宏

1961（昭和36）生（東京）、1984年東京大学工学部建築学科卒、同大学院修士課程修了、宇都宮大学助手、千葉大学助手を経て、1993年より東京都立大学大学院助教授、「鉄筋コンクリート構造の設計」（共著）など。

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、同助教授を経て、2000年より東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻助教授。著書（分担執筆）「鉄筋コンクリート造建築物の靭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。

(社)文教施設協会機関誌『季刊 文教施設』編集委員一覧

■編集委員会　委員一覧（敬称略50音順）

委員長	有馬　朗人	元文部大臣　参議院議員
委員	石井　威望	東京大学名誉教授　東京電力顧問
	遠藤　勲	埼玉県産業技術総合センター総長
	勝方　信一	読売新聞 論説委員
	加藤　幸次	上智大学文学部教育学科教授
	川崎　清	立命館大学理工学部教授
	木村　孟	大学評価・学位授与機構　機構長
	瀬沼　克彰	桜美林大学経営政策学部教授
	髙　久晴	文部科学省大臣官房文教施設部 技術参事官
副委員長	髙野　文雄	文教施設協会　専務理事
	長倉　康彦	東京都立大学名誉教授
	長澤　悟	東洋大学工学部教授
	橋本由愛子	東京都北区立王子中学校長
	藤原　誠	文部科学省初等中等教育局施設助成課長
	山田　泰二	東京大学施設部長
	渡邊　正雄	文教施設協会　常務理事

■編集委員会幹事会　委員一覧（敬称略50音順）

幹事長	長澤　悟	東洋大学工学部教授
委員	内田　光夫	東京都教育庁学務部副参事
	加納　博義	東京大学施設部企画課長
	澤野由紀子	国立教育政策研究所生涯学習政策研究部総括研究官
	鈴木　真理	東京大学大学院教育学研究科助教授
	中村　隆行	文部科学省大臣官房文教施設部施設企画課企画調整官
	増川　敬祐	文部科学省初等中等教育局施設助成課長補佐
	宮本　文人	東京工業大学教育環境創造研究センター 助教授
	諸貫　幹夫	東京都立大学講師 （巴コーポレーション取締役建設設計部統括部長）
	吉村　彰	東京電機大学情報環境学部情報環境デザイン学科教授
	後藤　康夫	文教施設協会 技術部長
事務局	霜田　昌	文教施設協会 出版部
（編集）	安川　勝久	文教施設協会 出版部