

特集 3
研究速報

1993年北海道南西沖地震により被災した建物の耐震性能

Seismic Capacity of Reinforced Concrete Building Damaged by 1993 HOKKAIDO-NANSEIOKI Earthquake

李 康 碩*・隈 澤 文 俊*・中 埜 良 昭*・岡 田 恒 男*
Kang-Seok LEE, Fumitoshi KUMAZAWA, Yoshiaki NAKANO and Tsuneo OKADA

1. はじめに

本報告では、1993年北海道南西沖地震により被災した奥尻町の鉄筋コンクリート造学校建物2棟を対象に「耐震診断基準¹⁾」による1次耐震診断および2次耐震診断を行い、その耐震性能と被害の原因について考察した。

2. 地震概要および学校建物の被害概要

1993年7月12日午後10時17分頃、北海道の南西沖を震源



図1 奥尻島の各校舎の位置

(震源深さ：34 km, 震央：北緯42度47分, 東経139度12分 (図1参照), マグニチュード：7.8, 以上気象庁発表) とする地震が発生した。最大の被災地である奥尻島では、行方不明者27名を含め、犠牲者は2224名に及んだ (朝日新聞 '94年7月8日付, 朝刊)。

この地震により、長万部町では地割れや地盤の液状化等の地盤変形による基礎部の被害が学校建築物に見られた。特に中の沢小学校では建物周辺の地盤変形により基礎梁および杭の一部が露出した。長万部小学校では校地に生じた地割れにより室内プール棟の基礎梁にひび割れが生じるとともに、建物の不同沈下が生じた²⁾。一方、津波による大被害を受けた奥尻島には、小学校4校、中学校2校、高等学校1校があるが、これらの内、稲穂小学校では津波により大破、青苗小学校では部分大破、奥尻中学校では構造体の小破および仕上げ材の大破が生じた。なお、これらのほか、神威脇小学校 (木造) があるが、地震前より休校中で

表1 奥尻町学校建物被害一覧

学校名	構造規模	建設年 (S:昭和)	被害状況
稲穂小	木造平屋	S 34年	津波により校舎壊
宮津小	木造平屋	S 35年	被害軽微。高台に建設されている。
奥尻小	RC 3階	S 50年	被害軽微
奥尻中	RC 2階	S 47~48年	構造板小破。仕上げ材大破。バランスドラーメン構造。1階土間コンクリート床沈下 (最大約12 cm)。校舎南側周辺地盤沈下。耐震壁亀裂。柱曲げ亀裂。
奥尻高	RC 2階	S 61年	被害軽微
青苗小	RC 3階	S 47~48年	3-1参照
青苗中	RC 2階	S 54~55年	3-2参照

*東京大学生産技術研究所 第1部

研究速報

あった。図1にこれら各学校の位置を、表1に各校舎の被害状況の概要をそれぞれ示す³⁾。

3. 診断対象建物および被害状況³⁾

診断対象建物は基礎の沈下により構造体が部分的に大破し、二次部材および仕上げ材にもかなりの被害を受けた青苗小学校と軽微な被害であった青苗中学校の2棟である。以下に各対象建物の建物および被害状況について示す。

3-1. 青苗小学校

本建物の校舎棟は、昭和47年度および48年度の2期にわたり建設された鉄筋コンクリート造3階建て建物である。図2に建物の平面、北西立面および被害状況、表2に部材断面を示す。平面形式は中廊下タイプで梁間方向(以下Y方向)3スパン(7.35m+3.3m+7.35m)、桁行方向(以下X方向)10スパン(各4.5m)である。構造形式は、Y方向は耐震壁を有するラーメン構造、X方向はほぼ純ラーメン構造である。間仕切壁、たれ壁および腰壁にはコンクリートブロックを使用しており、縦筋および横筋が配されている。基礎は杭基礎で、設計書によれば、径300mmのコンクリート杭2本継ぎ(杭長18m)である。

主な被害は以下の通りである。①校舎の南西側周辺地

盤が沈下し、このため西側隅の基礎が数cm沈下した。②①により北西面フレーム(Aフレーム)の1期工事部分に不同沈下による亀裂、破壊が生じた。すなわち、西側隅柱が沈下し、同時に柱脚部(基礎)が南西方向へ移動した。このため1階柱が約1°傾斜し、柱頭接合部には亀裂が生じている。③中廊下両側のコンクリートブロック壁(X方向)にせん断破壊、せん断亀裂が生じた。④Y方向の耐震壁およびコンクリートブロック壁にせん断亀裂が、また1階の一部の柱に曲げ亀裂が生じた。⑤1階土間コンクリート床が沈下し、その沈下量は西側ほど大きく、東側では軽微である。

3-2. 青苗中学校

本建物の校舎棟は、昭和54~55年度に建設された鉄筋コンクリート造2階建て建物である。平面形式は青苗小学校と同じ中廊下タイプで、Y方向3スパン(8m+3m+8m)、X方向9スパン(各8m)である。構造形式は、Y方向およびX方向共に耐震壁を有するラーメン構造であるが、壁量はX方向よりY方向の方がかなり多い。たれ壁および腰壁はRC造、間仕切壁にはコンクリートブロック造(縦筋及び横筋が配されている)である。図3に建物の北西立面、平面、表2に部材断面を示す。本建物の被害

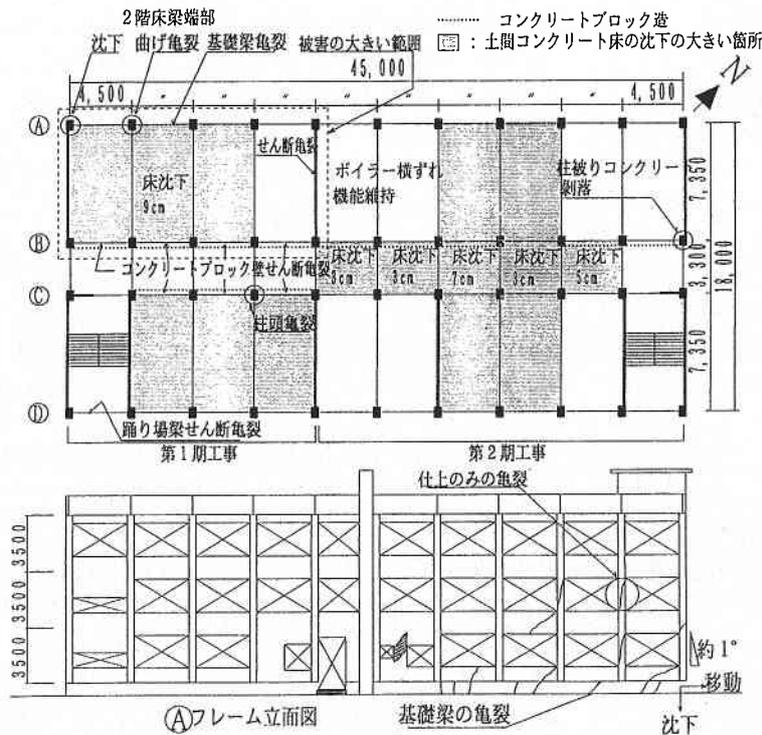


図2 青苗小学校の平面図(1階)、立面図及び被害状況³⁾

	柱タイプ①	柱タイプ②
青苗小		
断面	500*600	500*500
主筋	10-19φ	8-19φ
フープ	9φ-@100	9φ-@100
対角	9φ-@300	9φ-@300
青苗小		
断面	650*650	650*650
主筋	12-D22	14-D22
フープ	D10@100	D10@100
対角	D10@500	D10@500

は軽微で、被災時には避難所として利用された。

4. 耐震診断による検討

4-1. 耐震診断ケースおよび仮定

各建物の校舎棟の耐震性能を検討することを目的に、耐震診断¹⁾を行った。診断にあたっては、コンクリートブロック造壁の有無が耐震性能に与える影響を検討するために、表3に示すように構造躯体のみの耐震性能を検討することを目的にコンクリートブロック造壁を無視した場合 (APS1, AMS1) の2ケースに加えて、コンクリートブロック造壁を考慮した場合 (APS2, AMS2) の合計4ケースを設定した。また、耐震診断を行うにあたり以下の仮定を設けた。①階高は、標準設計仕様書を参考に両校舎共に3.5mとした。②コンクリートおよび鉄筋強度は、青苗小学校では $F_c=180 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_y=3000 \text{ kg/cm}^2$, 青苗中学校では $F_c=200 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_y=3500 \text{ kg/cm}^2$ とする。③柱の可撓長さは、たれ壁、腰壁などがある場合にはそれらを考慮し、その内法高さ (h_0) にRC造壁の場合には $(D/4)+h_0$, ブロック造壁の場合には $(D/2)+h_0$ とした (D は柱の断面のせい)。④コンクリートブロック造壁の解析の取り扱いに関しては、RC造壁とコンクリートブロック造壁の終局時せん断応力度を考慮して、壁厚を1/5としたRCに置換した。⑤各層の重量は各層1.0

ton/m²とし、経年指標は1.0とした。なお、解析には電算プログラム (SCREEN Edition-2)⁴⁾を使用した。

4-2. 診断結果

耐震診断により得られた1次診断結果を表3に、2次診断結果を図4にそれぞれ示す。

- ・1次診断結果 (表3参照)
- ①両建物共にX方向よりY方向の耐震診断指標 (以下 I_s 依) が比較的高い値を示している。これは両建物ともX方向よりY方向の方がかなり耐震壁が多いためである。
- ②最も I_s 値が低い青苗小学校のX方向の I_s 値を見ると、1階と2階の I_s 値は同程度 (APS1) あるいは2階の方が低い (APS2)。これは1階に比べて2階の柱量及び壁量が少ないためである。
- ③コンクリートブロック造壁を無視した場合 (APS1, AMS1) は考慮した場合 (APS2, AMS2) より、 I_s 値がX方向の1階において、青苗小学校で0.34, 青苗中学校で0.12低い値を示している。これは青苗小学校のX方向にはRC造耐震壁がほとんどないため、コンクリートブロック造壁の有無が青苗中学校に比べて、よりその耐震性能 (壁量) に影響を与えるためである。
- ・2次診断結果 (図4参照)
- ①コンクリートブロック造壁を無視した場合 (APS1, AMS1) と考慮した場合 (APS2, AMS2) の I_s 値はX, Y両方向とも同程度である。これはコンクリートブロッ

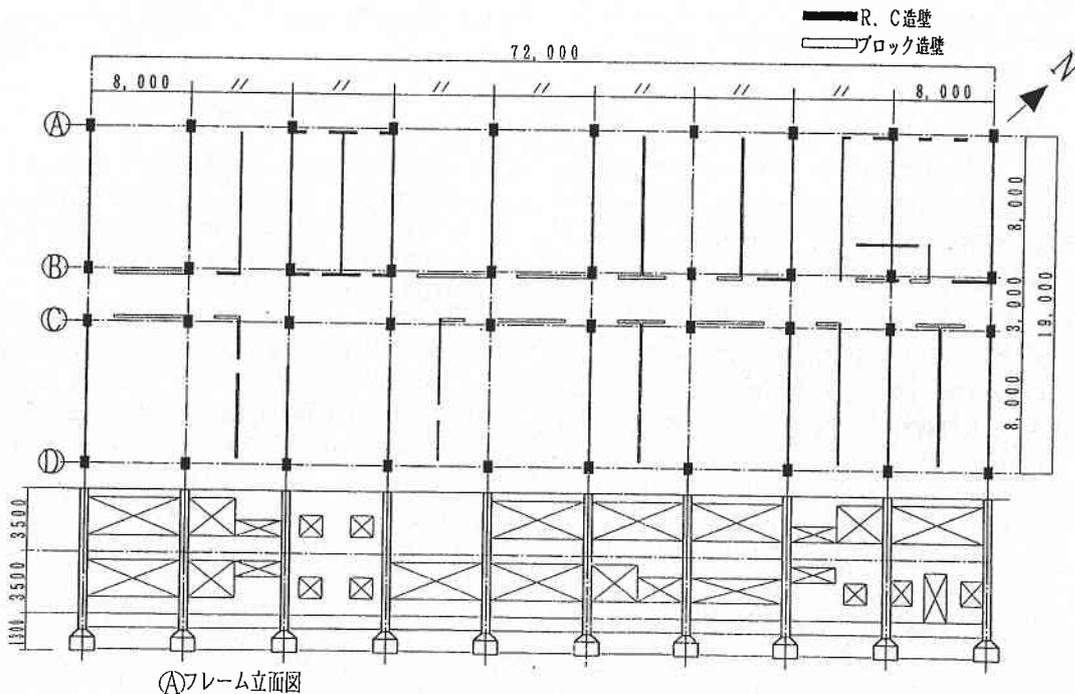


図3 青苗中学校の平面図 (1階), 立面図

研 究 速 報

表 3 1 次診断結果 (Is 値)

学校名	診断ケース	CB 壁*	層	X 方向	Y 方向
青苗小	APS1	無視	3	0.43	2.37
			2	0.27	1.45
			1	0.26	1.36
	APS2	考慮	3	0.72	2.44
			2	0.50	1.53
			1	0.60	1.41
青苗中	AMS1	無視	2	1.26	3.27
			1	0.75	2.32
	AMS2	考慮	2	1.61	2.32
			1	0.87	2.36

*コンクリートブロック造壁を示す。

表 4 X 方向の 1 階の 2 次診断結果

学校名	診断ケース	CB 壁*	C 値	F 値	Is 値	
青苗小	APS1	無視	0.04 (壁)	1.0	0.87	
			0.1 (柱)	1.27		
			0.27 (柱)	3.2		
	APS2	考慮	0.51 (壁)	1.0	0.65	
0.14 (柱)	2.9					
青苗中	AMS1	無視	0.54 (壁)	1.0	1.11	
			0.42 (柱)	2.3		
	AMS2	考慮	1.07 (壁・柱)		1.0	1.07

*コンクリートブロック造壁を示す。

ク造壁を考慮した場合が無視した場合に比べて、強度指標 (C 値) は高いが、靱性指標 (F 値) が低いためである (表 4 参照)。②最も Is 値が低い X 方向の 1 階においてもそれらの Is 値は、青苗小学校で 0.65、青苗中学校で 1.07 と比較的高い値を示している。これは両建物が 1970 年建築基準法施行令改正後の建物のため、フープを密に配置した効果があったためと思われる。③診断結果による青苗小学校における Is 値が比較的高いことを考慮すると、その被害は地盤の沈下および移動に起因すると考えられる。一

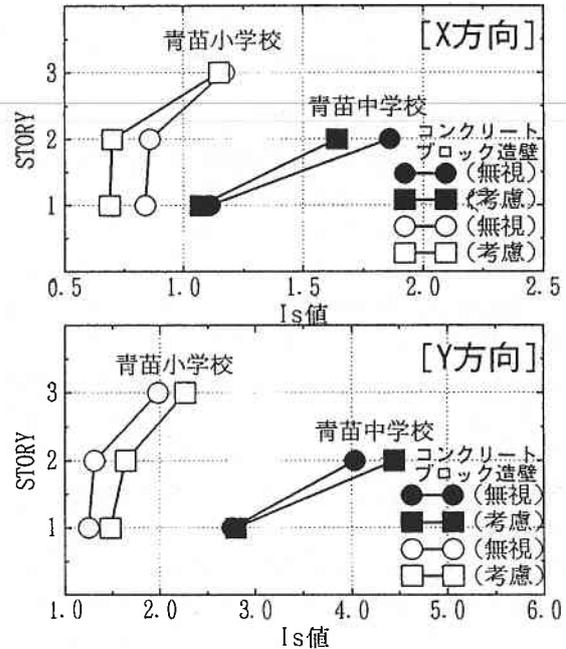


図 4 2 次診断結果

方、青苗中学校における高い Is 値は被害程度が軽微であったことと対応している。

謝 辞

奥尻町役場、ならびに (有) 万建築設計事務所木村秀雄所長の情報提供の御協力に感謝の意を表す。

(1994年 7 月 11 日受理)

参 考 文 献

- 1) (財)日本建築防災協会「既存コンクリート造建築物の耐震診断基準・付解説」1977 (1990年改訂)
- 2) 岡田恒男, 村上雅也, 中埜良昭「1993年 7 月 12 日・北海道南西沖地震被害調査報告 (速報)」東京大学生産技術研究所・千葉大学工学部
- 3) 岡田恒男「1993年 7 月 12 日・北海道南西沖地震被害調査報告 (速報その 2)」東京大学生産技術研究所 1993. 8 .10
- 4) SPCR 委員会編「鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断プログラム SCREEN Edition-2」日本建築防災協会 1980