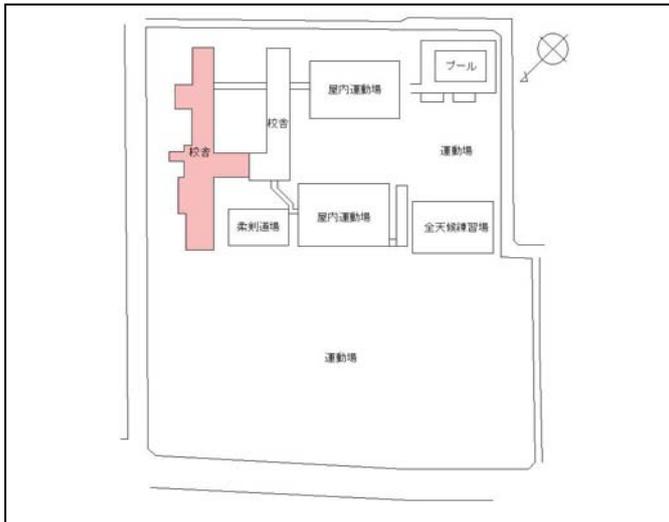


耐震補強校舎等の地震後の状況

とおかまち 県立十日町高等学校

〔建物概要〕 棟名称：管理普通教室棟、建築年：昭和 49, 50, 55 年、構造階数：R 4
敷地面積：42,996 m²、延床面積：5,843 m²

■配置図



■管理普通教室棟外観（補強後）



■施設概要

工事期間	平成 15 年～ 平成 17 年（3 ヶ月×3 年）
全体工事費	343,815 千円
補強部分 概算工事費	鉄骨ブレース補強 125 千円/m ² RC 壁増設 88 千円/m ² 柱鋼板巻立補強 254 千円/ヶ所 柱炭素繊維巻立補強 385 千円/ヶ所
Is 値 補強前→補強後	Isx=0.42 → Isx=0.80 Isy=0.39 → Isy=0.75

【施設の状況】

昭和 49、50、55 年に建設された RC 造 4 階建て 5,952 m² の管理普通教室棟である。本建物は旧耐震設計法で設計されており桁行き方向（23 スパン）、梁間方向（8 スパン）とも耐震壁付ラーメン構造となっている。校舎は片廊下型（B 型）で、平面は南側の特別教室棟に連続する形で T 型となっている。耐震補強は平成 15～17 年度（3 期）にわたる工事の 2 期分が終了した時点で新潟県中越地震（震度 6 弱）を受けながら、軽微な被害で済んだ事例である。

【耐震補強工法の概要】

建物は北側に階段室が 3 箇所あり、桁行きにも有効な耐震壁が一定量配置された計画になっている。桁行き④通り、梁間⑨、⑩及び⑫通りの架構では、梁に腰壁、垂壁がついており、補強前は柱が短柱となっている。南側⑤通りの架構は壁梁であり、南側もやや短い柱になっている。東側端部の⑭、⑮通りの架構は、中柱のない 10 m のスパンとなっている。

耐震判定の桁行方向の Is 値は 1 階が 0.42、梁間方向は 1 階が 0.39 である為、耐震補強の方針は建物内に存在する極脆性柱を構造スリットの設置により解消し、建物の耐力の不足を新設鉄骨ブレース（一部開口付耐震壁）により補強するものである。

採用した耐震補強工法は、新設鉄骨ブレース、腰壁垂壁への構造スリットの設置（各階）、第 2 種構造要素^{*1}である柱への炭素繊維巻き補強、あるいは下階壁抜け柱への鉄板巻き補強、及び柱への開口耐震壁打増し補強（1 階のみ）となっている。新設鉄骨ブレースは、K 型ブレースと W 型ブレースを採用している。特別教室棟側と間仕切

[学校概要] 児童生徒数：939人、学級数24

りとして出入り口開口以外閉塞して問題ない部分の④通りにはW型ブレースを設置している。その他は桁行きで外部に面した開口にブレースを配置しているが、南側2、3階では壁梁上部に、南側及び北側の1階では腰壁を増設してその上に比較的せいの低い(角度が45度に近い)ブレースを配置している詳細が特徴的である。

※1 水平力に対してはその部材の破壊は許容できるが、その部材が破壊した場合にそれまでに支持していた鉛直力(軸力)をこれに代わって支持する部材がその周辺にない鉛直部材

■地震後の軽微な被害



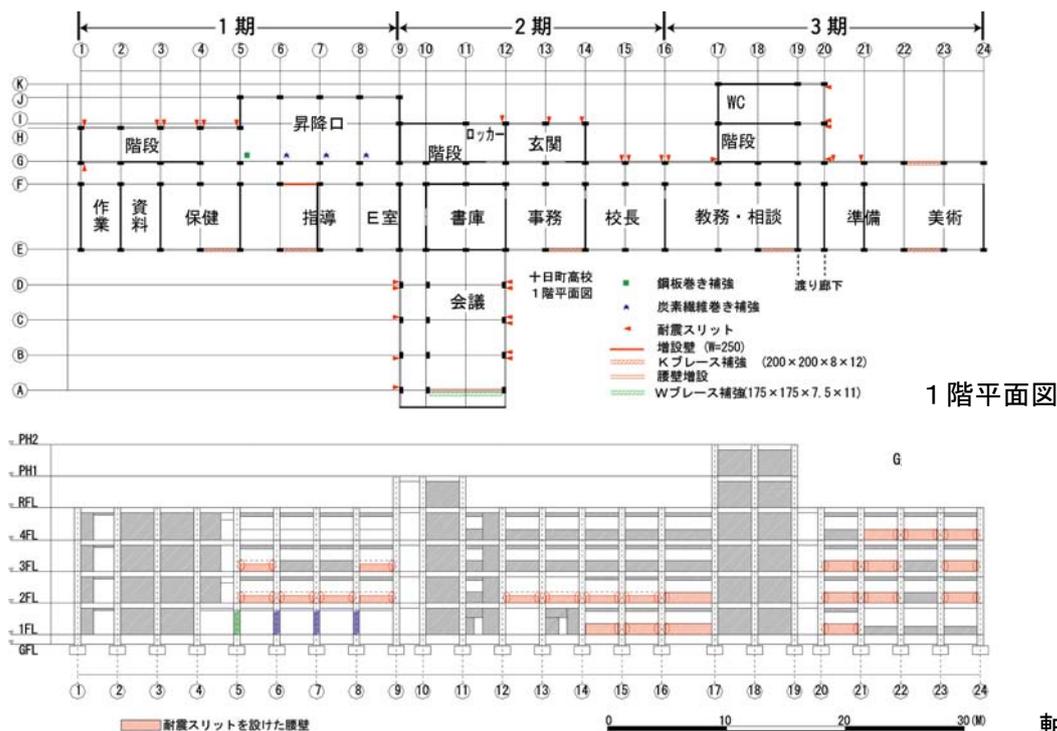
■補強前(外観)



■補強後(外観)



■構造概要図



軸組図 (G通り)

県立十日町高等学校

■補強詳細



鉄骨ブレース
工事



耐震壁の増設工事



柱炭素繊維巻補強



柱鉄板巻補強



地震後の表面ひび割

【地震の概要】

発生日時:平成16年10月23日17時56分ころ

震源地:新潟県中越地方(北緯 $37^{\circ}17.5'$ 、東経 $138^{\circ}52.0'$)

震源の深さ:約13km.

地震規模:マグニチュード6.8

学校周辺震度:震度6弱

【地震後の状況】

本建物は最大加速度がかなり大きなレベルである震度6弱相当の地震を受けたと考えられ、また補強工事は一部完了していないにもかかわらず、被災度は軽微にとどまった。校舎内では家具の転倒やExp.Jに損傷、ガラスの破損が見られたが、桁行き方向の構造の被害は腰壁以外では微細なひび割れが見られる程度で、軽微であった。腰壁にスリットを設けた \textcircled{C} 通りの柱では、曲げひび割れを確認することができ、スリットの効果を確認することができた、と報告されている。炭素繊維巻きの柱では、表面の仕上げにかなり顕著なひび割れが確認された。専門的にはこの柱が地震力を有効に負担したものと推定されたが、使用者には構造ひびわれと区別がつかず、やや不安を残したようであった。梁間方向では耐震壁や開口隅角部に比較的顕著なせん断ひび割れが確認され、むしろ梁間方向の被害がやや大きめであった。これは(南北が強い)地震動の方向性にも関係していたと思われる。

【耐震診断結果および耐震補強計画のポイント】

(文献-1による)

表-1に地震時の補強段階における校舎の桁行き方向の耐震診断結果(2次診断)を示す。図-1に桁行き方向の各階のC-F関係図(補強前後、地震時)を示す。地震時の耐震診断結果は、補強前と耐震補強設計後の耐震診断結果(表-2)から略算的に算出されたものである。また、表中の I_s 値は地域係数0.9で割った値で記入されている。

本建物の桁行き方向の I_s 値は地震時には0.44~0.71であったと算定される。1、3階は第2種構造要素となる極脆性柱が存在しないために、F値1.0で I_s 値を算定しており、構造耐震判定指標($I_{so}=0.7$)を上回った。一方、2階及び4階は補強完了後に解消されるはずの第2種構造要素の極脆性柱が存在するために、F値0.8でかなり低い値が算出されている。

図-1によれば、補強前と地震時でC-F関係は大きくは変わっていない。これは、ブレースにより建物の強度が上昇したものの、短柱にスリットを設置したために強

度が低下し、建物全体として強度があまり変化していないためである。図-2は補強前、地震時及び補強設計時の桁行き方向と梁間方向のIs値を比較したものである。地震時の桁行き方向の耐震性能は、2、3、4階で補強前とほぼ同じであった。これは、建物の強度の上昇があまり見られず、一部残された極脆性柱でIs値が決まっているためであり、F=1.0で評価すればある程度(Is=0.50程度に)改善されている。いずれにせよ、2、4階で梁間方向と桁行き方向ともに耐震性能が不足していることになるが、地震による被害は軽微であった。その要因としては、入力地震動による応答変形がF=0.8相当の変形まで達しなかった、あるいは、極脆性柱の最大強度時の変形がF=0.8相当の変形より実際には大きいために損傷を受けなかった、と推定されている。

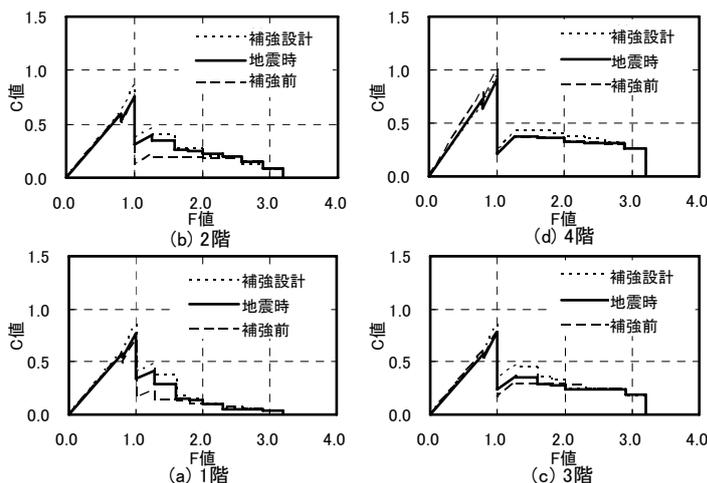
以上をまとめると、地震発生時の耐震性能は補強途中であり、極脆性部材の存在によりあまり高く評価されていないが、軽微な被害であった。補強途中であったこともあり、地震被害のレベルが補強の効果を顕著に反映した結果であるかどうかはさらに検討が必要であるが、少なくとも補強後は震度6弱以上の地震動に対しても十分な耐震性能を有しているものと推定される。

【参考文献】

1) 本多良政、加藤大介：2004年新潟県中越地震における耐震補強したRC造建物の補強の効果、構造工学論文集、2006年3月

■図-1 C-F関係図

(H16年→地震時、H17年以降→補強設計)



■図-2 構造耐震指標

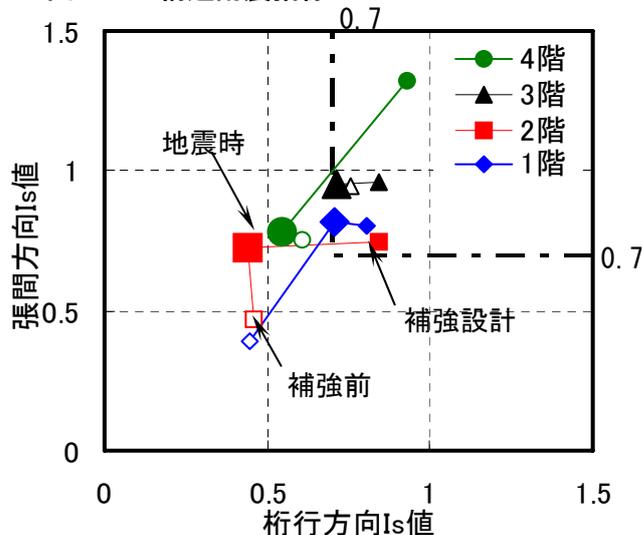


表-1 地震被災時における耐震診断結果 (桁行き方向)

階	C	F	E0	SD	T	Is	CTUSD
4	0.118	0.80	0.576	0.90	0.95	0.55	0.70
	0.794	1.00					
	0.833	1.0-3.2					
3	(0.044)	(0.80)	0.747	0.90	0.95	0.71	0.73
	0.579	1.00					
	0.578	1.0-3.2					
2	0.073	0.80	0.460	0.90	0.95	0.44	0.53
	0.604	1.00					
	0.034	1.0-3.2					
1	(0.041)	(0.80)	0.746	0.90	0.95	0.71	0.67
	0.546	1.00					
	0.287	1.27-3.2					

表-2 補強前後の耐震診断結果

階	補強前 Is		補強後 Is	
	桁行き	梁間	桁行き	梁間
4	0.60	0.75	0.92	1.34
3	0.74	0.95	0.84	0.97
2	0.44	0.48	0.85	0.76
1	0.42	0.39	0.80	0.75
	0.42	0.39	0.80	0.75