

東日本大震災による RC 建築物の被災度区分判定調査

野村昌弘

京都大学 工学研究科

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により鉄筋コンクリート (RC) 構造の建築物には柱や壁などにひび割れ等の損傷が生じた。今回は私が被害調査に同行し行った被災度区分判定について報告する。

2. 被災度区分判定とは

被災度区分判定とは、地震により被災した建築物を対象に、建築構造技術者がその建築物の内部に立ち入り、当該建築物の沈下、傾斜および構造躯体の損傷状況を調査することにより、その被災度を区分するとともに、継続使用のための復旧の可否を判定することをいう。^[1]

3. 被災度区分判定基準

- (1) 被災度区分判定を行う際は、当該建築物の基礎構造および上部構造の損傷状況等について調査するとともに被災度を区分し、その後の補修・補強等の可否を判断する。^[1]
- (2) 基礎構造の被害に関連する被災度は、基礎の沈下量と傾斜を用いて表 1 及び表 2 のように区分する。被災度区分の対象とする基礎形式は直接基礎および杭基礎とする。基礎の傾斜は、原則として建築物の全体傾斜角 θ の値で評価する。ここで、 θ は建築物の x、y 直行 2 方向の傾斜角 θ_x と θ_y を用いて、次式 (4.1) で計算する。

$$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} \quad (4.1)$$

基礎の沈下量は、測定値の最大値で評価する。また、地盤沈下により基礎が露出した場合は、露出量を沈下量に読み替えて評価する。^[1]

- (3) 上部構造の被災度の区分は表 3 に示す部材の損傷度の判定に基づき耐震性能残存率 R (被災した建築物の耐震性能残存率 R は、被災前に対する被災後の耐震性能の割合で定義する) を算定し、構造躯体の耐震性能残存率 R の値により、被災度を表 4 のように区分する。^[1]

損傷が生じた部材の耐震性能の低減率及び各部材の強度の比を表 5 に示す。

次式は耐震性能残存率 R の略算法によるものである。(4.2)

$$R = \frac{\sum A_j}{A_{org}} \times 100 (\%) \quad (4.2)$$

4. 調査対象

被災度区分判定の主な対象としては、応急危険度判定により主として構造躯体の被害が原因で「危険」あるいは「要注意」と判断された建築物、あるいはその他技術的判断等によりそれらと同程度以上の被害が生じていると判断される建築物が考えられるが、これら以外すなわち「調査済」と判断された建築物についても所有者が継続使用または恒久使用を計画する場合には、原則として被災度区分判定を実施する。^[1]

私の参加した調査チームは仙台市、名取市、気仙沼市の RC 建築物(主に学校)についての調査を行った。調査期間は平成 23 年 4 月 19 日～23 日の 5 日間である。ここでは仙台市内の小学校(A 校とする)について紹介する。

表1 杭基礎建物の被災度区分

		基礎の沈下量 (m)			
		0	0.1	0.3	
基礎の傾斜	1/300	[無被害]	[小破]	[中破]	※
		[小破]	[中破]	[中破]	[大破]
	1/150	[中破]	[中破]	[大破]	[大破]
	1/75	[大破]	[大破]	[大破]	[大破]

表2 直接基礎建物の被災度区分

		基礎の沈下量 (m)			
		0.05	0.1	0.3	
基礎の傾斜	1/150	[無被害]	[小破]	※	※
		[小破]	[中破]	[中破]	※
	1/75	[中破]	[中破]	[大破]	[大破]
	1/30	[大破]	[大破]	[大破]	[大破]

※：想定外、要詳細調査

表3 損傷度分類の基準

柱、耐力壁の損傷度	損傷内容
I	近寄らないと見えにくい程度のひび割れ (ひび割れ幅 0.2mm以下)
II	肉眼ではっきり見える程度のひび割れ (ひび割れ幅 0.2~1mm程度)
III	比較的大きなひび割れが生じているが、コンクリートの剥落は極くわずかである。 (ひび割れ幅 1~2mm程度)
IV	大きなひび割れ (2mmを超える) が多数生じ、コンクリートの剥落も著しく鉄筋がかなり露出している。
V	鉄筋が曲がり、内部のコンクリートも崩れ落ち、一見して柱 (耐力壁) に高さ方向や水平方向に変形が生じていることがわかるもの。沈下や傾斜が見られるのが特徴。 鉄筋の破断が生じている場合もある。

表4 被災度区分

軽微	$R \geq 95$ (%)
小破	$80 \leq R < 95$ (%)
中破	$60 \leq R < 80$ (%)
大破	$R < 60$ (%)
倒壊	建築物全体または一部の崩壊あるいは落階等により $R \doteq 0$ とみなせるもの

表5 部材の耐震性能低減率及び強度の比

損傷度	せん断柱	曲げ柱	柱なし壁	柱型付壁	両側柱付壁
I	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
II	0.6	0.75	0.6	0.6	0.6
III	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3
IV	0	0.1	0	0	0
V	0	0	0	0	0
強度の比	1	1	1	2	6

5. 調査結果

(1) A校についての基本情報

所在地：宮城県仙台市泉区

震度階：震度6弱

構造：鉄筋コンクリート造

建築構成：校舎北棟A(S49年)

(図1)：校舎北棟B(S51年)

：渡り廊下(S51年)

：校舎南棟A(S53年)

：校舎南棟B(S51年)

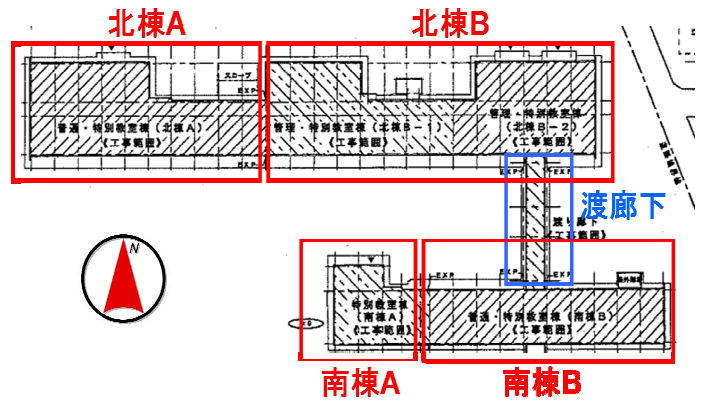


図1 A校平面図

(2) 被災度区分の調査結果

基礎構造については無被害であったため、復旧は不要である。

上部構造については表6に示す。

表6 調査結果一覧

調査建物		せん断柱	曲げ柱	両側柱付壁	耐震性能 残存率 R	被災度区分	応急復旧の要否
北棟 A および 北棟 B	調査部材数	67	0	0	98.7	軽微	軽微な補修を要する
	損傷度 0	50					
	損傷度 I	17					
南棟 A	調査部材数	0	13	2	79.6	中破	応急復旧 (構造補修)
	損傷度 0		7	0			
	損傷度 I		6	0			
	損傷度 II		0	2			
南棟 B	調査部材数	0	22	1	95.9	軽微	軽微な補修を要する
	損傷度 0		5	0			
	損傷度 I		17	1			
渡り廊下	調査部材数	0	8	0	56.3	大破	応急措置または 応急復旧
	損傷度 0		0				
	損傷度 I		0				
	損傷度 II		6				
	損傷度 III		0				
	損傷度 IV		0				
	損傷度 V		2				

(3) 被害の所見等

- 北棟 A および北棟 B、南棟 B については建物全体の損傷は軽微であり、建物の健全性は保たれている。ただし、ひび割れが生じている壁や柱に関しては修復が必要である。
- 南棟 A については両側柱付壁(階段室)の被害が最も大きく損傷度Ⅱであった。被災度は小破に近い中破である。耐震壁や柱の損傷が多いため、適切な復旧を行うことが望ましい。
- 渡り廊下については 1 階柱脚部の曲げ圧壊が顕著にみられ、柱 2 本はカバーコンクリートが大きく剥落し鉄筋が座屈している。また、柱頭の梁にはせん断破壊が生じているものもある。今後の余震等で、柱頭部において塑性ヒンジが形成された場合、または 2 階の柱梁接合部に損傷が発生した場合、崩壊機構が形成され倒壊の恐れがある。損傷が深刻で、補強により所要の耐震性能を得ることが困難と考えられるが、詳細調査の結果によっては復旧も可能である。



写真1 損傷度Ⅴの柱

6. 復旧

応急復旧の要否の判定により、「軽微な補修を要する」に該当する建築物は、ひび割れの補修等を行った後に継続使用してよいが、損傷度Ⅲ以上の部材については、被災前の耐震性能を回復するための構造補修が必要である。

「応急復旧」に該当する建築物は、損傷が生じた部材の構造補修により、被災前の構造性能のレベルまで回復させた後に継続使用してよいが、必ずしも十分な耐震性能を保証するわけではないので、できるだけ速やかに耐震診断等の詳細な検討を行い恒久復旧の要否の判定を行うことが望ましい。

「応急措置または応急復旧」に該当するものは、被災により水平耐力および鉛直力支持能力がかなり低下している建築物、および、被災前の耐震性能がかなり低かったと想定される建築物である。余震等による被害の進行を防止するために、必要に応じて鉛直支持部材の設置などの応急措置あるいは応急復旧を行い、速やかに耐震診断等の詳細な検討を行い恒久復旧の要否の判定を行う必要がある。この場合、余震等に対する危険性を考慮して、原則として恒久復旧がなされるまでは当該建築物の全体あるいは危険箇所を使用禁止とする。^[1]

7. おわりに

今回の被害調査は 3 月 11 日の東日本大震災、4 月 7 日の震度 5 強の最大余震が起こった後に行ったので、最初の地震で損傷を受けていた部材が余震によって損傷が大きくなったとの報告もあり、どこまでが本震の影響だったのかは判断することはできなかった。学校は震災後には避難所として使用されることが考えられるため、地震直後に行う応急危険度判定、その後の被災度区分判定から復旧を行うまでの過程の重要性を感じた調査だった。

【参考文献】

[1] 「再使用の可能性を判定し、復旧するための震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針」、日本建築防災協会、P3-40、2005 年発行