1703 荷重の載荷順序が構造物の信頼性に及ぼす影響

Influence of Order of Actions and Loads for Structural Reliability

高橋 徹 (千葉大学)

Toru TAKAHASHI, Chiba University, 1-33 Yayoicho, Inage-ku, Chiba

Keywords: Structural Reliability, Order of Actions, Deterioration, Load Combination

1. はじめに

2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震では 2005 年 6 月 2 日現在、死者 46 名、住家の全壊 3,000 棟余りを数えている。この主な被災地は日本でも有数の豪雪地帯であり、2005 年寒候期には 19 年ぶりという豪雪に見舞われた。豪雪による死者は新潟県内で 26 名、地震の主な被災地に限っても 15 名を数えており、地震後の復興が終わらないうちに豪雪が襲ったという複合災害の様相を呈している (Table 1)。

筆者は別稿⁴⁾で、地震の直後に豪雪が襲った今回の複合災害が雪による倒壊棟数を増やした可能性について指摘した (Fig. 1)。

本稿では、Fig. 2 に示すようなフローチャートに従い、荷重の載荷順序が構造物の信頼性に及ぼす影響について簡単なシミュレーションを行った結果について示す。

2. 解析上の仮定

議論を簡単にするために、耐力は平均 1.0、変動係数 0.2 の正規分布をするものと仮定した。木造住宅を想定して応答は基本的に耐力で持つ弾性応答とし、図 2 に従って、地震載荷時には耐力が外力の半分以下であれば倒壊、それ以上外力未満の場合は、次式のような耐力低下を起こすものと仮定した。

$$R_2 = R_1^{1.5} - \alpha E \quad (1)$$

ここに、 R_1 = 地震前の耐力、 R_2 = 地震後の耐力、 E = 地震外力、 $\alpha = 0.5E^{0.5}$ で求められる係数、である。 α は耐力低下した後の耐力が 0 を下回らないように定められている。

他方、雪荷重に対しては、重力の作用により荷重が耐力を上回れば倒壊、という弾性応答しか考えられないため、そのように仮定している。

3. 解析結果

計算した耐力分布の例を Fig. 3 に示す。(a) は初期状態の耐力分布、(b) は地震力 0.8 が作用した後の耐力分布を示す。0.8 を上回る部分の耐力低下は倒壊棟数の計算には無関係なので、ここでは議論しない。(c) は地震 ($E=0.8$) 載荷後に雪 ($S=0.2$) が作用した後の状態を示しており、外力を下回った構造物が軒並み倒壊している状態を表している。Fig. 4 は、豪雪後に地震が襲った場合のシミュレーション例であり、(a) は雪 ($S=0.4$) 載荷後の耐力を、(b) は雪 ($S=0.4$) の載荷後に地震 ($E=0.8$) が載荷された状態を、(c) は雪 ($S=0.4$) の載荷後に地震 ($E=0.9$) が載荷された状態を表しており、雪によってあらかじめ耐力の低い構造物は淘汰されているため、載荷後の状態は Fig. 3 の (b) に近いことがわかる。

図 4 と 5 には、このようにして計算した倒壊棟数を地震載荷後に余震が起きた場合と豪雪が起きた場合 (Fig. 5) と、豪雪の後に地震が起きた場合 (Fig. 6) に分けて示す。

Table 1 Outline of Damage in Niigatoken Chuetsu Earthquake and heavy snow in 2005.

	Number of heavy damaged buildings (*1) as of Jun. 2, 2005	Number of death by earthquake (*1) as of Jun. 2, 2005	Number of collapsed buildings (*2) as of Jun. 2, 2005	Judged as heavy damage in earthquake (*2)	Number of death by snow (*2) as of May 2, 2005	Population (*3) as of Jan. 1, 2005
Nagaoka	924	7	11	7	0	194,600
Koshiji	152	0	1	0	1	14,101
Yamakoshi	328	3	39	39	0	1,970
Oguni	125	1	4	2	0	6,977
Ojiya	643	13	45	38	4	40,305
Tokamachi	99	6	2	0	1	41,799
Kawanishi	5	1	12	1	1	7,812
Mitsuke	53	1	0	0	0	43,074
Tochio	44	1	21	11	0	23,343
Uonuma	75	5	15	5	6	43,892
Minamiuonuma	7	1	6	0	2	43,838
Kawaguchi	603	6	20	19	0	5,473
Total	3058	45	176	122	15	467,184

*1 Niigata Pref. Provision Center for the Earthquake

*2 Niigata Pref. Provision Center for Heavy Snow

*3 Niigata Pref. division for the region statistics

Fig.1 Effect of order of actions⁴⁾

Fig.2 Flowchart of the estimation

地震と雪を同じ評価軸で論じることの問題点は残るが、Fig.5より、耐力低下が起きた後に新たな荷重、特に雪のような脆性的に破壊する荷重が作用した場合の倒壊棟数が多くなることが、Fig.6より、多雪地帯では不良建物の淘汰が起き得ることが読み取れる。

新潟県中越地震に翻って考察すれば、地震が春に起きていれば補修・補強に十分な時間的余裕を与えられるが、秋に地震が起きたことは住民にとってより過酷な条件であったことが改めて示されたといえる。

参考文献

- 1) 新潟県防災局：新潟県中越大震災に関する情報：http://bosai.pref.niigata.jp/content/jishin/jishin_1.html
- 2) 新潟県防災局：豪雪・融雪に関する情報：<http://bosai.pref.niigata.jp/content/gosetsu/>
- 3) 新潟県総合政策部統計課：新潟県推計人口，<http://www.pref.niigata.jp/sougouseisaku/tokei/box/>
- 4) 高橋 徹：地震後の雪氷災害低減のために，建築技術，2005年5月号，pp.150-151，2005.

Fig.3 Example of the distribution of resistance (in case of heavy snow following the earthquake)

Fig.4 Example of the distribution of resistance (in case of earthquake following the heavy snow)

Fig.5 Number of collapsed buildings caused by earthquake ($E=0.2$) or snow ($S=0.2$) following the first action (earthquake).

Fig.6 Number of collapsed buildings after earthquake following the first action (heavy snow).