

## 建築物の雪荷重を考える

### 建築物の耐雪設計

山 田 孝一郎\*

#### 1. 屋根雪おろし

我が国は中央に脊梁山脈が縦走している南北に細長い島国であるから、冬季西高東低の気圧配置となると日本海上空に強い寒気が流れ込み、対馬暖流の影響を受けて、北は北海道から南は山陰にいたる日本海側は降雪に見舞われる。このような気象条件が幾日も続くと、降雪の累計は増加して積雪深も次第に大きくなり大雪または豪雪となる。この結果、我が国の日本海側は表-1<sup>1)</sup>のような最大積雪深を記録して世界でも有数の積雪地域となっている。

表-1 日本海沿岸各地の最大積雪深

地 名	最大積雪深	年・月・日	地 名	最大積雪深	年・月・日
札幌	169	1939・2・13	富山	208	1940・1・30
秋田	117	1974・2・10	金沢	181	1963・1・27
新潟	120	1961・1・18	福井	213	1963・1・31
高田	377	1945・2・26	鳥取	129	1947・2・22

このような多雪地域では、毎年寒候期には降積雪が生ずるが、この降積雪の状況は地域の寒候期中の気象条件により大きく左右される。我が国の日本海側のように南北に細長い多雪地域をもつところではこの影響が大きくなる。すなわち、北の地域では、寒候期中低温で降雪の密度も小さく風による地吹雪・吹きだまり・吹きはらいが生じ易く、また積雪の融解・凍結現象による路面・建築物の表面仕上などの

凍害および雪庇し・巻き垂れ・つらら・すがもれなど発生が生じ易い。一方南の地域では、寒候期でも比較的温暖で降雪の密度も比較的大きいので地吹雪・吹きだまりなどは発生し難く、また積雪の融解・凍害現象の進展は殆どなく積雪の融解現象が支配的である<sup>2)</sup>。

また、降積雪については、一般に北の地域は常に多雪地域であり南の地域はたまに多雪となる場合が多いので、降積雪の多寡の傾向は南の地域ほど著しいことが知られている<sup>2)</sup>。また同一地域においても、最大降雪強度および最深積雪が将来どれ位の値になり何時頃発生するか十分に予測できない。一方、降雪は、目で見ることができ、崩雪・地震力のような激発的な荷重でなく漸増的な荷重であり、降雪中の降雪については量的にもある程度の予測が可能である。また、建築物に作用する雪荷重がその建物に対して過荷重になると、建物の戸の開閉が困難になったり、またきしむ音などが生ずるので、これらの前兆により建物の崩壊前に避難することが可能である。

さらに、降積雪期間で特に建物に対して問題となるのは、降積雪の多い期間であり、南の地域では約2ヶ月間、北の地域では約3～4ヶ月間と考えられ、1年12ヶ月の中の1/6～1/4位である。

以上のような背景および経験的事柄をふまえて、我々の先輩は、多雪地域の建築物の雪対策として、その地域の今までの寒候期最深積雪時の雪荷重を参

\* 福井大学教授工博，日本雪工学会副会長

考としてある程度の雪荷重に耐えるよう建築物を設定し（北陸地域では積雪深約1 m<sup>2</sup>）、それ以上の降積雪については人力による屋根雪おろしを行うことにより、不十分ながら建築物の耐雪性を保持し、雪との共存を計ってきた。

## 2. 積雪地域の社会構造の変化

### 2-1 はじめに

1章で述べたように、一般の積雪地域においては、積雪深が約1.0m位になると屋根の雪おろしを行う習慣があり、これによって大雪時における建築物の耐雪性を不十分ながら保ってきた。この結果、町の道路は屋根雪おろしによる雪で埋り、人および車の交通が阻害されて社会生活および産業活動はこの間低下するが、降雪前からの必要物品の備蓄により不十分ながらそれなりの雪との対応を行ってきた。しかし、我が国の昭和30年後半からの経済的な高度成長の波は日本全国に波及し、積雪地域の社会構造をその地域の特殊性に関係なく非積雪地域と同様の方向に大きく変えてしまったようである。この経済的な高度成長に伴う社会構造の変化を人的並びに物的の両方面から簡単に考察してみる。

### 2-2 人的社会構造の変化

先ず人的社会構造の変化としては、核家族化の進行に伴う世帯人員の減少、高齢化人口の増加による高齢者世帯の増加および第3次産業就業者率の増加による自由時間を有する人の減少などが考えられる。この現象は、積雪地域における異常降雪時において、今までのような雪対策としての人力による屋根雪おろしおよび相互協力による地区除排雪作業などの耐雪活動を著しく低下させることになり、人的耐雪能力が著しく低下していることを示す。この現象は今後さらに進行する傾向にある<sup>1)</sup>。

### 2-3 物的社会構造の変化

次いで物的社会構造の変化の主なものとしては、都市のDID面積率と自動車保有台数の増加が考え

られる。都市への人口集中に伴う都市のDID面積（人口集中地区の面積）率の拡大は市街地の道路総延長の増加と交通量の増大および建築物の敷地面積の狭小化などをもたらす。このため異常降雪時には、市街地および通勤の道路の除排雪需要の増加と道路への屋根雪おろしの抑制および屋根雪おろし場所の不足が生ずることになる。また自動車保有台数の急増は自動車交通の発達を著しく促進させている。この指標は上述の社会構造の変化のうちで最も変化の著しいものである。この自動車交通への依存度が高くなると各都市および各家庭における備蓄が少なくなる。このことは、異常降積雪時と云えども家庭および都市の生活や活動を維持するためには自動車を止めることができなくなる。このため道路の除排雪需要は急増し、道路への屋根雪おろしの抑制は一段と厳しいものにならざるをえない。この現象は今後さらに進行するものと考えられる<sup>1)</sup>。

以上から、積雪地域においては、人的耐雪能力の低下は今までのような人力による屋根雪おろしを主体とする雪対策を困難にし、またこの屋根雪おろしを主体とするこの雪対策では、物的社会構造の変化のために必要とする道路交通の確保が困難になりつつあることを示している。かかる社会構造の変化のもとで初めて出合った異常降雪による56豪雪の被害について検討してみよう。

## 3. 56豪雪による建築物および人の被害

### 3-1 56豪雪の降積雪

北陸地方を中心とした56豪雪の降積雪を、38豪雪のそれと対応しながらその特徴について述べる。56豪雪時の総降雪量は表-2<sup>2)</sup>に示すように38豪雪時のそれらより多いところが多かった。その降雪状況

表-2 56豪雪と38豪雪との日降雪深の合計の比較

	富山市	金沢市	福井市	敦賀市	備 考
56豪雪(A)	725	499	576	554	前年12月25日～ その年3月25日
38豪雪(B)	558	526	562	417	
A / B	1.30	0.95	1.02	1.33	

は12月下旬、1月上旬、1月中旬と3回にわたる周期性のあるドカ雪型の降雪で、かつ降雪期が38豪雪より早かったため密度の大きい降雪であった。このような降雪の影響を受けて積雪深にも3つのピークがみられ、その最大積雪深の分布は、図-1<sup>3)</sup>に示すように38豪雪のそれらと比較するとき、一般に平

野部ではやや少なく山間部においてやや多くなっている。また積算積雪量も表-3<sup>3)</sup>に示すように38豪雪時のそれを超えているところが多く、積雪深1.0m以上の根雪期間が2ヶ月以上にわたったところも少なくない。したがって、北陸地方を中心とした56豪雪は38豪雪に比べて勝るとも劣らぬ周期性のあるドカ雪型の降積雪であった。

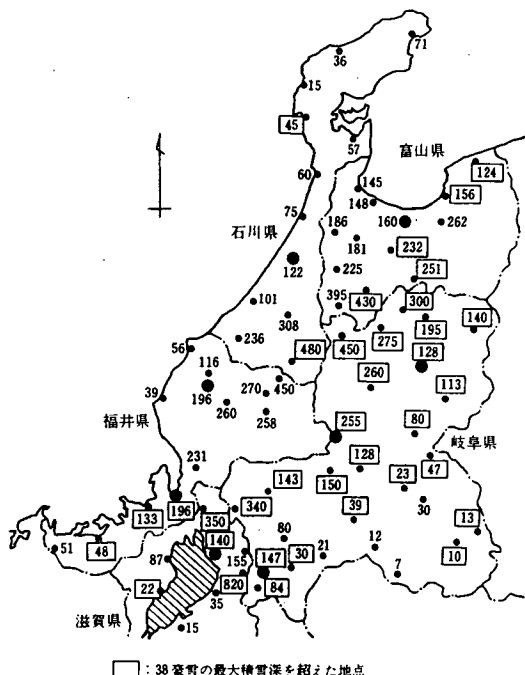


図-1 北陸地方(滋賀・岐阜を含む)の最大積雪深の分布(気象台観測、単位: cm)

表-3 56豪雪と38豪雪との積算積雪量の比較

	cm・日				
	富山市	金沢市	福井市	敦賀市	備 考
56豪雪(A)	7,361	5,541	9,830	7,559	前年12月25日～ その年3月25日
38豪雪(B)	6,538	7,327	7,938	4,547	
A / B	1.13	0.76	1.24	1.66	

### 3-2 56豪雪による建築物の被害

#### (1) 56豪雪時の屋根雪おろし

56豪雪時の屋根雪おろしについては、38豪雪の経験をいかした官公庁の適切な警告および降雪の周期性を利用した降雪の合間の屋根雪おろしと比較的恵まれた状態にあったが、それでも屋根雪おろしの実態は、住家ではなんとか被害を少なくできたが非住家にまで十分に手がまわらず、北陸地方では表-4<sup>5)</sup>のように多くの建築物に被害が生じた。これらのことは、38豪雪時に比べて社会構造が大きく変化している56豪雪時では、人的耐雪能力が著しく低下しているため、屋根雪おろしおよびその警告だけでは建築物の被害を少なくするのに限度があることを暗示している。すなわち人力による屋根雪おろしだけでは建築物の耐雪性を十分に保持できないことが知られた。

#### (2) 全半壊建築物の構造および用途

北陸3県の建築物の被害の状況を表-4に示したが、このうちで積雪深の大きい福井県を中心にして、全半壊建築物の構造および用途について考察する。

福井県では、全半壊建築物は住家・非住家を含めて550棟であったが、このうちで床面積100㎡以上のものが147棟であった。

これらの被害建築物を先ず構造別にみると、木造

表-4 56豪雪による建物及び人の被害

県 名	県庁所在地 最深積雪深 cm	住 家 棟					非 住 家 棟					人				
		全壊	半壊	小計	一部破損	計	全壊	半壊	小計	一部破損	計	死者	行方不明	重傷者	軽傷者	計
富山県 <sup>1)</sup>	160	15	44	59	1,152	1,211	150		1,165		1,315	22		202	965	1,189
石川県 <sup>2)</sup>	122	3	2	5	32	37	69	23	92	17	109	3		31	24	54
福井県 <sup>3)</sup>	196	37	40	77	2,750	2,827	347	126	473	2,188	2,661	15		55	79	149

1) 富山県雪害対策本部、56豪雪状況報告 昭和56年3月20日現在

2) 石川県雪害対策本部、昭和56年2月16日現在

3) 福井県、56豪雪の記録 -昭和55年12月～昭和56年3月- 福井県

で82%, 鉄骨造で18%, 鉄筋コンクリート造では0%となっている。このことから屋根自重の比較的軽い木造および鉄骨造に被害が集中的に生じ, 特に鉄骨造は構造計算されかつ建設の棟数の少ない割には被害棟数が多いことが知られる。一方構造計算されかつその屋根自重が他の木造および鉄骨造に比べて非常に大きい鉄筋コンクリート造では被害を生じていない<sup>3)</sup>。このような被害を受けた建築物の大部分は, その雪荷重がその構造物の許容雪荷重を超えたために生じたものである。

次いでこれらの被害建築物を用途別にみると, 住家が30%でこれ以外の70%のものは工場・倉庫などのような広い空間をもつ低層建築物である<sup>3)</sup>。

以上のことは, 同一の雪荷重で構造計算しても, 屋根自重の軽い木造および鉄骨造では, 屋根自重の大きい鉄筋コンクリート造に比べて屋根雪の過荷重に対して構造安全率が小さくその終局耐力が小さくなっていることを示している。したがって, 同一の雪荷重で構造計算された建築物は, 使用材料および骨組の構造形式の差異に関係なく同じ安全率をもつと云う構造設計の目的にかなったように, 現在の構造設計体系を改める必要があることを示している<sup>3)</sup>。

### (3) 建築物の一部破損

全半壊の被害からまねがれた一部破損建築物の実態は, 表-4に示すように, 住家・非住家を含めてその棟数が非常に多くかつその被害項目も多岐にわたっている。これに関する富山県のアンケート調査結果<sup>7)</sup>について考察する。

屋根葺材, 樋, 建具の開閉難, アンテナ, 煙突, 臭突などの損傷は平年時の積雪でも生じているが, 特に積雪深の大きい56豪雪時ではその発生件数は平年時の4~7倍と激増している。また, 軒やひさし, 外壁面, 窓出入口および建築物の傾斜などの損傷は56豪雪のような積雪深の多いときだけに生じている。

これら建築物の一部損傷の約70%は屋根雪おろしおよび自然落雪などのような屋根雪の移動により生じたものである。したがって, 屋根雪の移動をできるだけ少なくし, かつ設計時の多少の工夫により, これらの一部損傷の被害を少なくすることが可能である。

## 3-3 56豪雪による人的被害

### (1) 56豪雪による死者

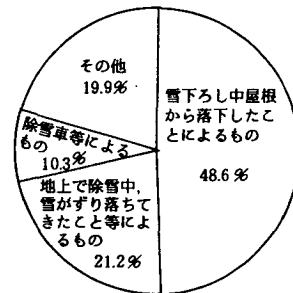
56豪雪では, 屋根雪おろしなどの雪対策も人的耐雪能力の低下のもとで行われたので, 表-4のように北陸では多くの建築物に被害を生じた。その上人的被害も生じ, 全国では133人の死者が発生し<sup>8)</sup>北陸3県でも表-4のように死者は40人に達している。最近の大地震でも国内でこれだけの死者を生ずることは少ない。これらの死者の中で直接の屋根雪おろしおよびその後の除排雪によるものは全体の約80%になっている。

### (2) 原因別および年齢別の死傷者

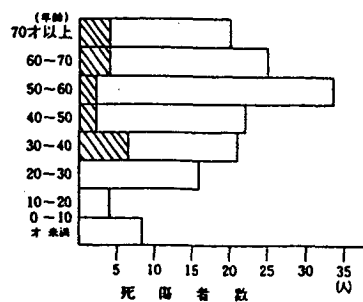
北陸3県における56豪雪による死傷者の実態を表-4に示したが, このうちで積雪深の多い福井県の死傷者数は149人である。これを原因別および年齢別に示したものが図-2<sup>9)</sup>である。

これから, 死傷者149人のうちの約80%が屋根雪おろしおよびその後の除排雪による直接的な死傷者

a) 原因別の別傷者



b) 年齢別の死傷者数



☒ 死 : 15人

□ 負傷者 : 134人(重傷55人, 軽傷79人)

図-2 56豪雪による福井県の人的被害状況

であり、この中には多くの高齢者が含まれていることが知られる。また建築物の雪荷重による全半壊による死傷者は生じていないようである。

このように多くの死傷者が生じたのは、足もとの悪い高所での危険な馴れない雪おろし、およびその後の除排雪にもとづく無理な作業によるものである。またこのような労働に多くの高齢者が従事しなければならぬ原因は、社会構造の著しい変化による人的耐雪能力の低下と道路などの除排雪需要の著しい増大によるものと考えられる。

以上の3-1～3-3にわたる56豪雪の被害の考察から経済的に高度に成長した社会では、従来のような人力による屋根雪おろしを主体とした雪対策は立ちおくれたものであることが知られる。

3-4 56豪雪後の異常降積雪による被害

3-1～3-3にわたる56豪雪の被害が、上述のような積雪地域の社会構造の変化と従来からの人力による屋根雪おろしを主体とした雪対策により生じたものとすれば、積雪地域において、どこかで異常降雪が生ずる毎に、それに対応して56豪雪と類似の被害が続出することになる。昭和59年の新潟地方を中心とした異常降雪による被害を図-3<sup>10)</sup>に示す。これが上記の事柄をよく物語っていると考えられる。

期 間	人 的 被 害		住家被害 全 半 壊
	死者・行方不明	負 傷 者	
59年の豪雪	121 人	733 人	126 棟

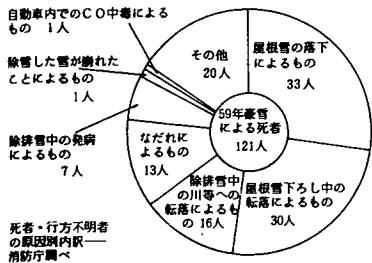


図-3 昭和59年豪雪による被害

4. 建築物の耐雪設計の方向

以上ここ30年余りの経済的高度成長による積雪地域の社会構造の変化が、56豪雪およびその後の被害に与えた影響は大きく、これらを考慮して今後の建築物の雪対策の一端について述べてみる。

56豪雪によって建築物は種々の被害を受けたが、その考察にもとづく教訓の大きいものは次の2点であると考えられる。

まず56豪雪では、38豪雪による経験をふまえて従来からの雪対策である人力による屋根雪おろしに努力したにもかかわらず、社会構造の人的並びに物的変化による人的耐雪能力の低下のため、近年の災害では稀にみる多くの人的死傷者（多くの高齢者を含む）と建築物に被害が続出した。とくに非住家を中心とした建築物の被害が著しい。このため、屋根雪おろしと云う雪対策は高度に成長した社会に対しては立ちおくれたものであることが知られた。この屋根雪おろしと云う雪対策は、主として屋根雪の取り扱い方の問題を提示していると考えられる。

次いで、被害を多く受けた非住家の建築物のうちでも、屋根自重の軽い低層で張間の大きい木造および鉄骨造に被害が集中的に現われ、屋根自重の重い不静定次数の多い鉄筋コンクリート造には被害は生じなかった。この事実は、同一の雪荷重で構造設計された建築物でも、その構造種別・骨組形式などによりその構造物の雪荷重に対する終局耐力に差異があること、すなわちその崩壊荷重に対する安全率が異なることを示した。これから、同一荷重に対してはどのような構造物でも等しい安全率をもつように設計すると云う構造設計上の趣旨からみれば、現在の許容応力度設計法は極めて不合理な矛盾を含んだものであることが知られた。このことは、耐雪構造設計法だけでなく一般的な構造設計法上の基本問題を提示していると考えられる。

したがって、耐雪構造をよりよいものとするには、屋根雪処理を含む雪荷重の問題の外に構造設計法も含めた両者を解決しなければならないことになる。

屋根雪の取り扱い法には、できるだけ人力による屋根雪おろしを行わない方向で、屋根雪を処理除去

する方法（新設・既設建物用）および屋根雪をのせたままにする方法（新設建物用）などが考えられる。これらの方法にはそれぞれ長所・短所を合せもつものであるから、これを補うための十分なる維持・管理が必要である。降積雪は自然現象であるから、これらの方法の雪荷重の取り扱いには、ある程度の不確定要素を含むものとしても確率統計的手法を取り入れるのが妥当であると考えられる。

また、建築物の構造種別や自重の大小による安全性の差異をなくしてより合理的な設計を行うためには、荷重および構造要素の耐力を確率統計的な量として取り扱い、構造要素または構造物がその荷重の組合わせに対して定められた限界状態（使用限界状態、終局限界状態）を超えないように設計する、いわゆる限界状態設計法がある。この方法が現在の許容応力度設計法より、より良い方法と考えられる。

## 参考文献

- 1) 東京天文台：理科年表
- 2) 山田孝一郎：近年の気象観測による福井の降雪及び積雪，福井大学積雪研究室研究報告，第16号，平成3年2月
- 3) 山田孝一郎，松本芳紀，前田博司：昭和56年豪雪による北陸地方の建物の被害について（その1～その3），日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），昭和56年9月
- 4) 山田孝一郎：積雪地域の社会構造の変化と雪問題，建築雑誌 Vol.101, No.1248, 1986年7月号
- 5) 山田孝一郎：56豪雪による北陸地方の建物及び人の被害と建物の耐雪化について，雪工学研究会報 No.1, 1985-10, 日本雪工学研究会
- 6) 山田孝一郎：現行耐雪建築構造設計法について，日本雪工学会誌 No.6, p.71, 1988-3, 日本雪工学会
- 7) 富山県：雪に強い住宅づくり研究調査報告書，昭和59年11月
- 8) 福井県：雪に強い都市づくり等の研究報告書，昭和59年3月
- 9) 福井県：56豪雪の記録，昭和55年12月～昭和56年3月
- 10) 内山和夫：近年の雪害，雪工学研究会報 No.1, 1985-10, 日本雪工学研究会