

金沢大学工学部 正員 ○北浦 勝
(株)熊谷組 井上 邦夫

1. まえがき

豪雪地域では1年のうちの数ヶ月が雪に閉ざされているので、その間に地震に見舞われる危険性が軽視できない。もちろん、たとえば金沢であれば1.5 m以上の積雪量になれば屋根雪を降ろすのが通例であるが、非居住家屋や公共建物では屋根雪降ろしが後まわしとなり、場合によってはなされない。居住家屋であっても人手がないなどの理由で屋根雪降ろしが遅れがちである場合が多い。従って大量の雪が処理されずに屋根上に存在している期間は短くない。ところで屋根雪は放っておいてもひとりでに落下する場合があるし、地震のような振動外力が加わればその傾向はさらに増す。しかし地方によっては軒先近くの瓦に雪止めを設けており、屋根雪が落下しにくい構造となっている。このような観点から、本研究は屋根雪荷重が作用している時に、地震が襲った場合の木造家屋の応答の増加と破壊の可能性について検討を加えた。

2. 雪荷重による固有周期と減衰定数の変化

雪のない場合に比較して家屋に屋根雪荷重が作用すると、振動の基本的パラメータである水平方向の固有周期 T と減衰定数 ζ が如何に変化するかと、 $P-\delta$ 効果を考慮に入れつつ理論的に求めると次式のようにになる。ただし微小振動を仮定している。

$$\frac{T_s}{T_0} = \sqrt{\left(1 + \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{\Delta m \cdot g}{k_s H}}} \quad (1)$$

$$\frac{\zeta_s}{\zeta_0} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{\Delta m}{m}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\Delta m \cdot g}{k_s H}}} \quad (2)$$

ここに、添字 s , 0 はそれぞれ屋根雪のある場合とない場合を意味している。 m : 屋根の質量, Δm : 屋根雪の質量, g : 重力加速度, k_s : 家屋の水平剛性, H : 屋根の平均的な高さ。なお本式の誘導に当っては k_s や家屋の減衰係数 ζ は屋根雪の有無にかかわらず一定としている。 $P-\delta$ 効果による影響が無視できる場合には両式の右辺根号中の第2項(—の部分)を1とすればよい。

3. 模型実験

先の式が実際に成立するかを知るために高さ50 cm, 幅40 cmの木製の簡単な模型家屋を作った(図-1)。

これは木造家屋の特徴を生かして接合部分をほぞに似せたつくりにしたものである。もっとも実際の木造家屋では構造がさらに複雑になっていると考えられる。得られた結果を図-2に示す。図は横軸に屋根雪質量 Δm と屋根

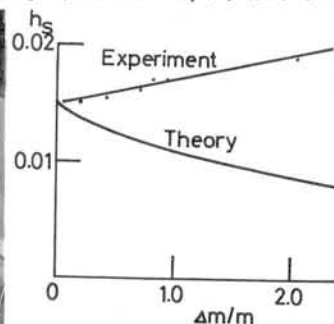
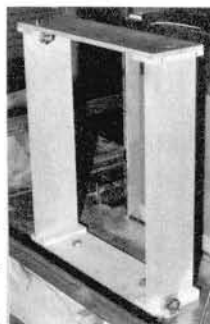


図-1 家屋の模型

図-2 屋根雪の量と減衰定数の関係

の質量 m の比をとリ、縦軸に雪荷重作用時の減衰定数 ζ_s をとってある。なお実験では屋根雪の代わりに屋根には重錘を載せてある。図から明らかなように $\Delta m/m$ の変化に対する ζ の変化は理論と実験とは逆になっている。この原因には模型の不完全さも関係しているが、減衰係数 ζ が雪の有無に関わらず一定であるとの仮定に問題があるのではないかと考えられる。なお図は省略するが、固有周期については理論と実験は非常に良い一致を示している。

4. 復元力特性と減衰力特性のモデル化

図-2における理論と実験の違いが減衰係数 C を一定であるとしたところに問題があると考えて、図-2の理論と実験結果とが一致するような $\Delta m/m$ と C の関係を求める。 C_s/C_o は一般に、

$$\frac{C_s}{C_o} = \left(1 + \frac{\Delta m}{m}\right) \cdot \frac{T_o}{T_s} \cdot \frac{h_s}{h_o} \quad (3)$$

のように表わされる。式(3)に3.で求めた実験結果を代入すると図2.00-3のようになるので、結局 C_s/C_o と $\Delta m/m$ の関係は次式のような直線関係で表現できる。

$$\frac{C_s}{C_o} = S \left(1 + \frac{\Delta m}{m}\right) + 1 - S \quad (4)$$

図-3の場合には $S \approx 0.6$ となるが、この値は対象とする構造物によって異なることが予想される。現に筆者らが以前に実施した実際の建物では $S \approx 0.11$ とすればよいことがわかった。式(4)は h_s/h_o と $\Delta m/m$ の関係に容易に変換しうる。

次に復元力特性については文献1)や筆者らの実験結果²⁾を基に図-4のような原点指向型モデルとした。このとき微小振動時の固有周期が式(1)を満足するようにした。

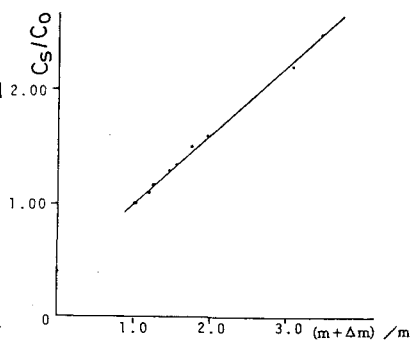


図-3 C_s/C_o と $(m+\Delta m)/m$ の関係

5. 屋根雪荷重の大きさと地震応答の関係

屋根雪荷重作用時の家屋の地震応答の一例を図-5,6に示す。このとき復元力特性(図-4)の降伏変位 x_y は屋根雪の有無にかかわらず一定とした。図の横軸は $\Delta m/m$ 、および $\Delta m/m$ によって変化する T 、 δ を示している。図-5から、微小振動時の固有周期 T が0.35 secの比較的剛な建物においては雪のない時の最大応答変位が1.5 cmであるのに対して $\Delta m/m$ が0.8以上となると約4倍の6 cmとなることがわか

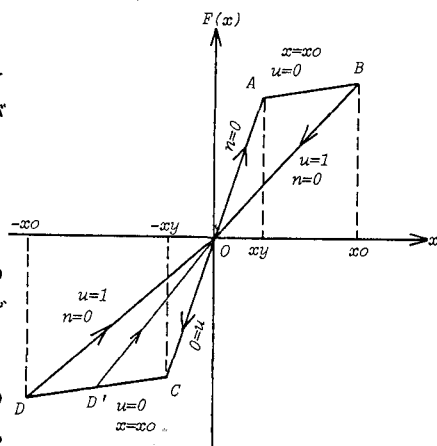


図-4 原点指向型復元力特性

る。比較的柔な $T = 0.7$ secの建物においても $\Delta m/m$ の増加とともに応答は大きくなる傾向にある。しかし入力のEl Centro波形の卓越周期が約0.7秒であるので、 $\Delta m/m$ の増加とともに共振から

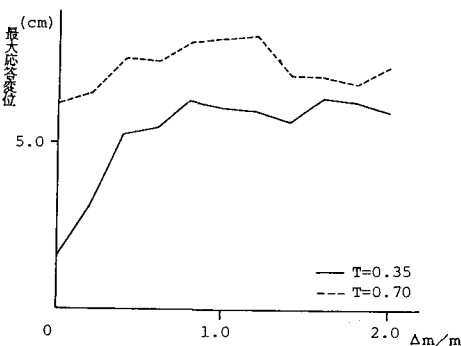


図-5 $\Delta m/m$ による応答変位の変化
(EL-CENTRO S=0.10)

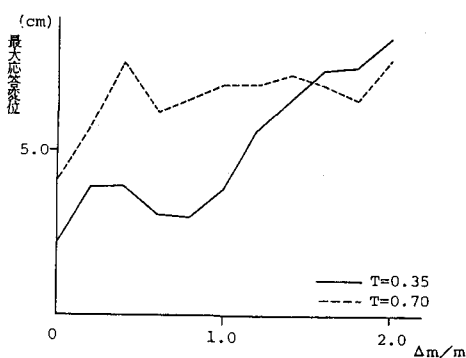


図-6 $\Delta m/m$ による応答変位の変化
(TAFT S=0.10)

はずれることになり、増加の傾向は $T = 0.35$ secほどには大きくない。木造構造物の破壊は変位が剛建物で2~5 cm、柔建物で5~10 cmになると発生し始めるといわれており、雪荷重の存在は地震時の建物の破壊に大きくかわり合っていることが明らかである。最後に本研究に当ってご協力賜った小堀為雄教授に感謝の意を表します。

文献 1) 日本建築学会編：地震荷重と建築構造物の耐震性、2) 北浦 勝也：第16回地震工学研究発表会摘要。