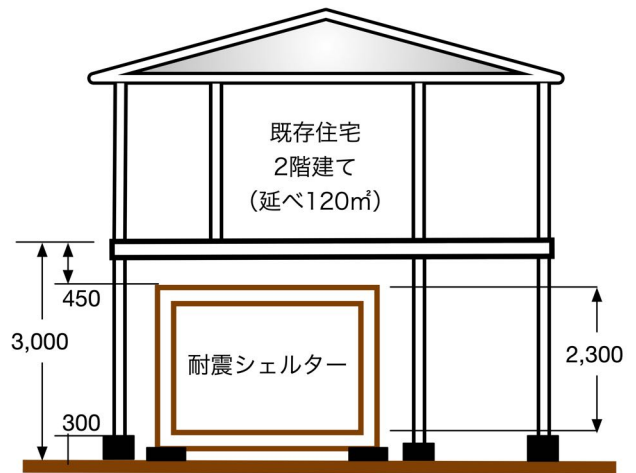


# 耐震シェルターの機能と安全性検証（事例）

## 耐震シェルターに要求される構造機能

- ① 水平耐力：震度6強以上の地震動を受けても倒壊しないこと
- ② 既存の住宅とは構造的に縁を切ること（あるいはクッション材などを挟むことにより衝突時の衝撃緩和措置がなされること）
- ③ 屋内に設置する場合、2階以上部分の落下（衝撃力）に耐える鉛直耐力を保有していること
- ④ おなじく屋内に設置する場合、上部（2階以上）の荷重を载荷した状態で余震に対する安全性を有すること



図A 2階建て住宅に耐震シェルター設置

## 1. 上階が落下してきたときの安全性

既存の木造住宅を $120\text{m}^2$  ( $2.5\text{kN}/\text{m}^2$ ) とすれば、落下荷重  $W=300\text{kN}$   
 衝撃係数1.5を乗じて、 $W_s=1.5 \times 300=450\text{kN}$   
 耐震シェルターの鉛直耐力は $1000\text{kN}$ あるので、上階の落下に対して十分安全である。

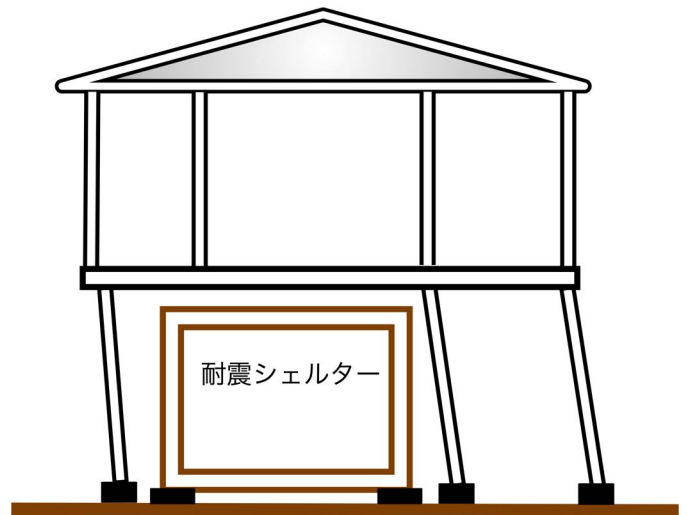
(注1) 耐震シェルターと既存構造物（構造部材）の間には左右の柱（端部）および上階（床梁）下端位置で $150\text{mm}$ 以上の隙間があり、上階が落下するまで干渉（衝突）がないものとしている。  
 耐震シェルターの階高（既存住宅の基礎天から）

$H=2,250\text{mm}$ なので、  
 倒壊するときの水平角度  $R=1/15$ とすれば、  
 水平変位  $\delta h=2250/15=150\text{mm}$   
 鉛直変位  $\delta v=66\text{mm}$

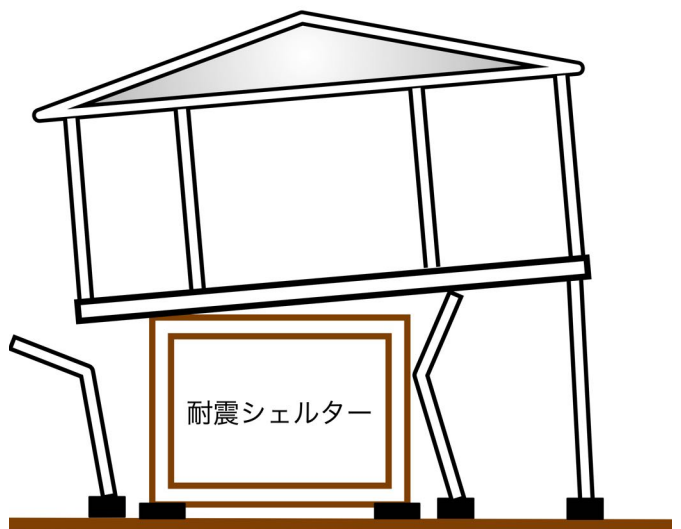
(注2) 既存住宅がP- $\delta$ 効果で倒壊するとき、横方向に $H=W \times R$ の水平荷重を持つ。既存住宅の引き倒し実験によれば倒壊するときの層間変形角は $1/15 \sim 1/5$ なので、耐震シェルターまたは隣家に及ぼす水平力は（衝撃係数1.5を乗じて）、  
 $H=1.5 \times W \times (1/15 \sim 1/5) = W/10 \sim W/3$

$W=300\text{kN}$ なので  
 $H=30 \sim 100\text{kN}$   
 耐震シェルターの水平耐力はX,Y方向とも $100\text{kN}$ 以上ありOK。

ただし、耐震シェルターは地盤に固定していないので実際は既存住宅がもたれかかってくるまで横滑りして、これほどの水平力を受けることはないものの、何らかの障害物に当たってまともに水平力を受けることもありうる。



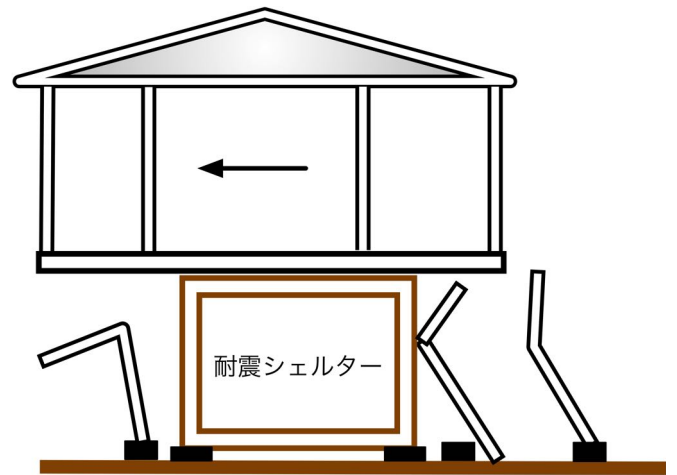
図B 既存住宅の安全限界時 ( $R=1/15$ )



図C 既存住宅倒壊 ( $R > 1/15$ )

## 2. 上部载荷状態の余震に対する安全性

j.Pod耐震シェルター（単独使用）の復元力特性は、鉛直耐力1,000kN（座屈耐力）のもと、水平方向（X,Y方向とも）では $R=1/30$ で降伏耐力100kNに達し、その後 $R=1/15$ 以上までの変形能力を有することが実大実験によって確認されている（「間伐材を用いた木造耐震シェルター」GBRC, 2009年10月）。この耐震シェルターが既存住宅の倒壊後に、全体を載せて振動し、さらに余震（共振）に対する安全性を確保できるか、すなわち避難路・救出路として機能するか、以下に限界耐力計算を用いて検証する。（計算は安全限界変形角（ $R=1/15$ ）における耐震シェルターの保有耐力が上乗荷重（既存住宅の荷重）によって耐震シェルターが受ける地震力（上限値）を上回るか否かの検討である）



図D 耐震シェルターは2階を載せて共振する

既存木造住宅は第二種地盤上とし、  
延べ床面積  $A=120\text{m}^2$   
地震時の平均荷重  $w=2.5\text{kN/m}^2$   
よって上乗荷重  $W=300\text{kN}$

耐震シェルターの限界変位（変形角 $1/15$ ）時の諸定数は下図から、  
固有周期  $T_e=1.5\text{sec}$   
減衰定数  $h=0.15+0.05=0.20$   
耐力係数  $C_B=100/300=0.33$

一方、平屋の耐震シェルターが安全限界の層間変形角 $1/15$ に達するのは、右の限界耐力計算応答計算シートに示すように $C_B=0.32$ であり、耐震シェルターの保有耐力 $C_B=0.33$ が上回っている。

よって、第二種地盤上に建つ木造住宅（ $120\text{m}^2$ ）が倒壊しても、内部の耐震シェルターは極限状態においてその空間が保持され、避難路・救出路としても機能すると考えられる。

（注）限界耐力計算と応答計算シートについては、檜原・河村「木造住宅の耐震設計」（技報堂出版2007年）による。

