

# 外断熱工法構造設計指針案

2005年 10月

(社)北海道建築技術協会

URL <http://www.phoenix-c.or.jp/~hobea>

## はじめに

北海道では1977年、オイルショックを機に大学・研究機関を中心に、各業界を交えて、日本建築学会北海道支部内に寒地住宅研究委員会が発足し、高断熱・高気密の快適住宅の研究を進め、また種々の実験住宅を試作しました。

その中に北欧やカナダの事例を参考に、ブロック二重壁外断熱住宅の建設を試みたグループがありました。1980年、道の指導で、省エネルギーの推進とブロックの特性を活かした住宅の普及を目的に、(社)北海道建材ブロック協会(後の(社)北海道メーソンリー建築協会)にブロック建築普及促進協議会を設置し、1982年には研究委員会と共同で2戸のブロック外断熱モデル住宅を建設しました。

当時のブロック外断熱の戸建住宅は、ブロック壁体の外側に150~250mmの断熱材を木下地で取付けて、外装材を張るものでした。またブロック外断熱二重壁住宅は、構造体のブロック壁体に100mmの板状断熱材を張り付け、その外側に100mm厚のブロックを積み、外装材としたものでした。そこで外装ブロック壁の耐震性を検討する必要があり、道行政とも相談し、面外方向の地震力については1.0G、面内方向は0.5Gに対して安全であることを確かめることにし、当面の協議会の内規にしました。

1983年に北海道外断熱建築協議会(外断協)が、1992年には北海道建築診断研究会(診断研)が設立され、それぞれ積極的な活動をしていましたが、メーソンリー建築協会を含む三団体の会員は重複者が多く、また共通の理念を有していることから、2004年4月(社)北海道メーソンリー建築協会に外断協と診断研を統合して(社)北海道建築技術協会(技術協会)となり、建築関連各分野の専門家集団となりました。

その後外断熱工法は、時代の要望により外装材はタイル、れんが、鋼板、乾式重量ユニットなど多様化し、また戸建住宅に限らず中高層のマンションにも採用されるようになりました。いずれにしても、外装材の構造安全性には地震力に加え風圧力も考慮しなければならず、また、変形脱落などについても検討する必要性が生じました。近年、当技術協会の会員が行っている外断熱工法を調べてみると、取付け金具については各社それぞれに工夫し、その安全性を確かめていました。そこで協会では外断熱工法の安全確認の計算の整合性をとることになり、各社の資料を持ち寄り、内容を検討整理して取りまとめたものが、この外断熱工法構造設計指針案です。また、当協会のホームページには、検討した工法の構造計算例6例を、この指針案に基づき整理して載せました。この指針案は当協会員が工法開発するときの構造安全性確認の参考として活用していきたいと考えています。

本来、工法の安全確認は設計者の判断によって行うものですが、もし会員外の方にも参考にさせていただけますなら、不備の点を補って将来は「案」を取って、技術協会指針にしたいと考えています。ご指摘の点がありましたら、事務局までご意見等お寄せください。

2005年10月

社団法人 北海道建築技術協会

# 外断熱工法構造設計指針案

## 目 次

- 第 1 条 適用範囲
- 第 2 条 地震力・風圧力・外装材自重などに対する検討
- 第 3 条 躯体への変形追従性に対する検討
- 第 4 条 外力作用後及び躯体変形後の残留変形に対する配慮

## 外断熱工法構造設計指針案による構造計算例

(協会のホームページからダウンロードできます)

## 目 次

- 1 . 鋼板工法 (窯業系工法)
  - 外装材 : スーパーダイマ鋼板
  - 断熱材 : 押出し発泡スチレン板 85 mm
- 2 . 外装れんが工法
  - 外装材 : セラミックブロック
  - 断熱材 : 繊維系・板状系兼用 100 mm
- 3 . 重量ユニット乾式工法
  - ( 1 ) ブラケットを使用した例 - その 1 -
    - 外装材 : ノバブリック
    - 断熱材 : 繊維系板系兼用 100 mm
  - ( 2 ) ブラケットを使用した例 - その 2 -
    - 外装材 : ノバブリック
    - 断熱材 : 繊維系・板状系兼用 100 mm
  - ( 3 ) 下地付 EPS 断熱板
    - 外装材 : ノバブリック
    - 断熱材 : ビーズ法ポリスチレンフォーム 100 mm
- 4 . 発泡プラスチック断熱材を使用した複合断熱パネル工法・湿式密着工法
  - 外装材 : 不燃外装ボード・壁塗材
  - 断熱材 : ビーズ法ポリスチレンフォーム 100 mm

## 外断熱工法構造設計指針案作成小委員会 及び 計算例資料提供者

植松 武是	北海道立北方建築総合研究所
笠井 靖弘	北海道農材工業(株)
川治 正則	日本データサービス(株)
久津那誠司	(株)よねざわ工業札幌支店
駒木根洋一	大関化学工業(株)北海道支店
鈴木 義人	日本仮設(株)
舘脇 英	岩倉化学工業(株)
長谷川寿夫	北海道大学大学院工学研究科
平川 秀樹	ダウ化工(株)北海道営業所
米澤 稔	(株)よねざわ工業本社

# (社)北海道建築技術協会 外断熱工法構造設計指針案

## 第1条 適用範囲

1. 本指針案は、高さ 20m 程度までの建物において、地震時や強風時に脱落しない外断熱外装工法を設計する場合に適用する。
2. 本指針案は、外断熱外装材として窯業系外装材などの乾式外装材，モルタル仕上げなどの湿式外装材，ブロックなどの重量系外装材，および鋼板外装材等を、躯体へ固定する場合を対象としている。

外断熱外装工法においては、使用材料の組み合わせや構成方法が多岐に亘るため、使用材料や構成方法についての規定を設けることは現実的ではない。本指針案では、使用材料などに関する規定は設けずに、各種材料を用いて外断熱外装が構築されたときに、その外断熱外装が満たすべき構造的な要求性能を示した。

本指針は、次の条で構成されている。

第1条 適用範囲

第2条 地震力・風圧力・外装材自重などに対する検討

第3条 躯体への変形追従性に対する検討

第4条 外力作用後の残留変形に対する配慮

第1条では、本指針の適用範囲を示している。

第2条では、外断熱時の外装材や支持部材へ直接作用する地震力・風圧力及び外装材自重などに対する検討内容を示している。

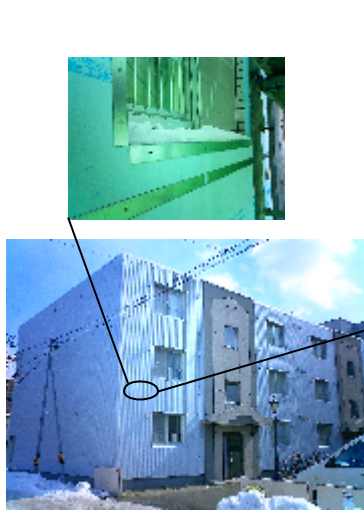
第3条では、地震力が建物に作用して躯体が変形したときに外断熱外装工法に求められる変形追従性に関する要求性能を示している。

第4条では、各種外力が作用した後に保持されなければならない性能を示している。

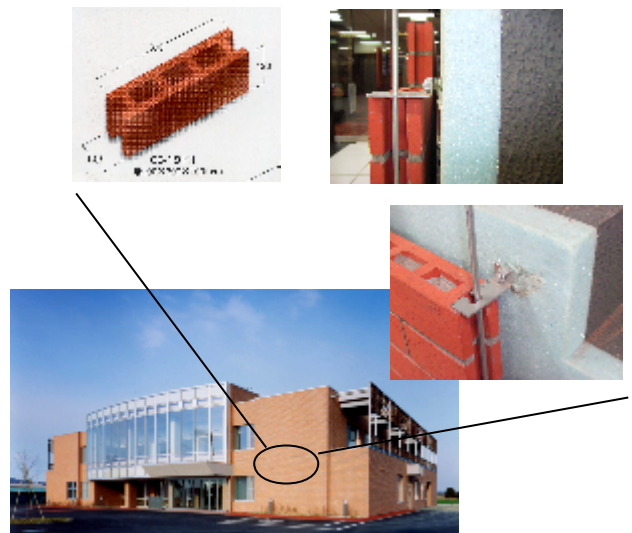
なお、本指針案は、必要とされる各種性能の検証方法については規定してはいない。

1. 本指針案は、これまで、高さ 20m 程度（5～6階建てくらい）までの建物に適用されてきた外断熱外装工法の剥落事故が皆無であった実績に基づき、外断熱外装工法の構造設計時の検討項目とその目標値を整理して示したものである。従って、適用の範囲を同規模程度の建物としているが、ここに示した外断熱外装工法の構造設計時の検討項目とその目標値は、高層建物へ外断熱工法を適用する際の参考にもなると考えられる。

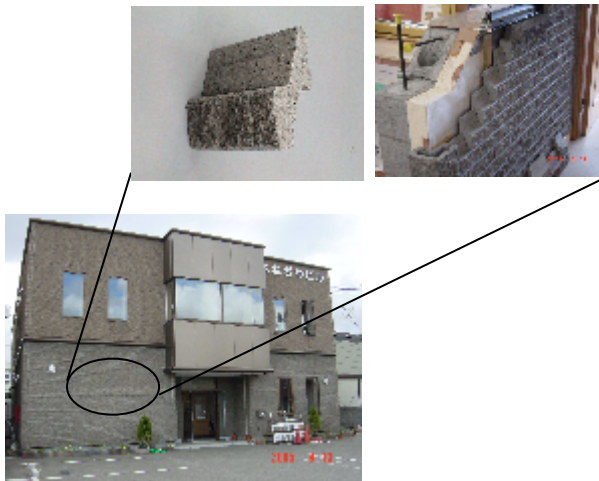
2. 建物の外断熱化は、建物の耐久性向上や環境負荷の低減などが期待できる技術であり、当協会でも各種技術資料の作成や講習会などにより、その普及に努めてきた。本指針案は、関連する現行の建築関係の基・規準と、北海道内の外断熱外装工法の実態を参考にして、地震力や風圧力が作用したときに、脱落しない外断熱外装工法を設計するための検討項目とその目標値を示したものである。現工法及びこれからの新工法においては、本指針案の検討項目と目標値を参考にして、脱落危険性の有無を総合的に検証することが望ましい。



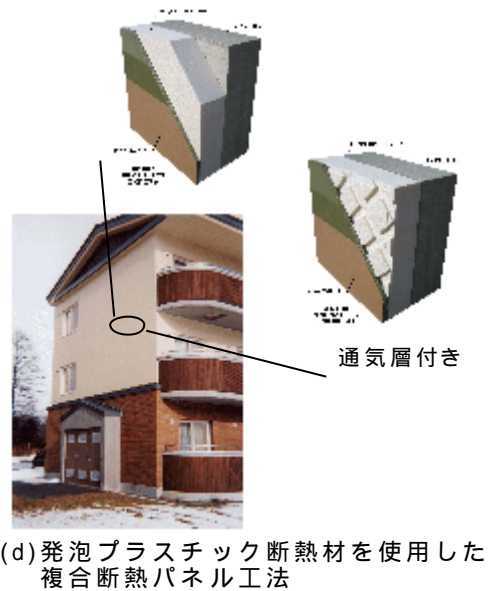
(a) 鋼板工法



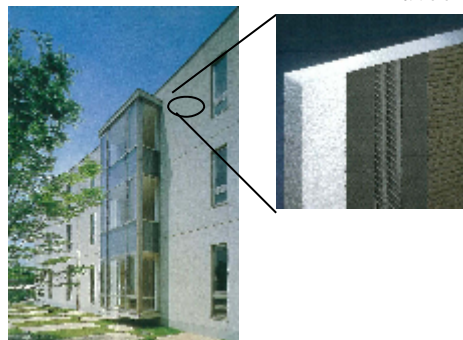
(b) 外装れんが組積工法



(c) 重量ユニット乾式工法



(d) 発泡プラスチック断熱材を使用した複合断熱パネル工法



(e) 発泡プラスチック断熱材を使用した湿式密着工法

解説写真 1.1 本指針が対象としている道内に普及している外断熱外装工法の例

## 第 2 条 地震力・風圧力・外装材自重などに対する検討

外装材及び下地部材に対して、以下の検討を行う。

1. 地震力に対しては、水平方向 1.0G、鉛直方向 0.5G においても外装材及び支持部材が脱落しないこと。
2. 建築基準法の風圧力に対して、外装材及び支持部材が脱落しないこと。

3. 地震力及び風圧力が作用したとき、外装材同士の衝突などにより脱落が生じないこと。  
 4. 外装材の重量による支持部材の鉛直方向のたわみが 1.0mm 以内であること。

なお、重量系ユニットを組積して一体化した外装材をアンカーボルトなどで躯体へ留め付ける場合には、支持部材の引き抜き耐力算定時の応力集中係数を 1.5 以上とする。

1. 本指針案では、日本建築学会「非構造部材の耐震設計指針・同解説及び耐震設計・施工要領」(以下、「学会耐震設計指針」と略記)<sup>1</sup>との整合性を図り、大地震時の水平方向の慣性力を 1.0G (G:重力加速度、9.8m/s<sup>2</sup>) と設定し、そのときの外断熱工法部材の応力が許容応力度以下となることを設計目標とした。

学会耐震設計指針では、非構造部材の重心に作用する水平方向の慣性力  $F_H$  を次式により算定することを示している。

$$F_H = K_H \cdot W$$

$$K_H = Z \cdot \eta \cdot k_H \cdot K_0 \text{ かつ } K_H \geq 0.3$$

ここで、 $K_H$  : 非構造部材の設計用水平震度

$W$  : 非構造部材の重量

$Z$  : 地震地域係数

$\eta$  : 非構造部材の応答倍率により定まる係数

$k_H$  : 建物の床応答倍率により定まる係数

$K_0$  : 地盤面または建物基部の入力地震動の基準震度

同式において、

$$K_0 = 0.3、Z = 1.0、\eta = 1.0$$

とした場合に、非構造部材の設計用水平震度  $K_H$  の最大値として 1.0 が得られる。

係数  $\eta$  は、非構造部材の剛性や躯体への留め付け方法などにより変化する値であり、 $\eta = 1.0$  は、剛性が高く(固有振動数 10Hz 以上)、かつ、裏面全体あるいは裏面両端部を躯体へ固定した場合などに相当する。本指針では、道内の外断熱工法における標準的な応答倍率として  $\eta = 1.0$  を採用している。剛性の低い外装工法や、躯体への留め付け方法が一端のみ固定である場合などは、実挙動に応じた当該指標値の割り増しが必要となる。

当該規定は、面内及び面外の両方向について適用する。なお、本指針では、面内方向において固有振動数 10Hz 以上の剛性を確保するための条項として、第 2 条 4 項を設けている。

また、学会耐震設計指針では、非構造部材の重心に作用する鉛直方向の慣性力  $F_V$  を、次式により算定することとしている。

$$F_V = K_V \cdot W$$

$$K_V = 1/2 \cdot Z \cdot k_H \cdot K_0$$

ここで、 $K_V$  : 非構造部材の設計用鉛直震度

本指針では、水平方向と同様に、鉛直方向の地震時の慣性力についても学会構造指針との整合性を取ることにし、

$$K_0 = 0.3、Z = 1.0$$

としたときに得られる設計用最大鉛直震度  $K_V = 0.5$  を採用した。

2. 多様な材料によって構成される外装工法においては、風圧力のような面外方向への外力に対する脱落の可能性を、各外装工法に共通した面外方向の変形量を設定して判断することはできない。例えば、高い変形能力を有し、かつ、軽量の鋼板外装材の場合、美観を損ねる程の残留変形が生じる外力を受けても脱落には至らない場合のあることが実験により検証されている(解説写真 2.1)<sup>2</sup>。本指針では、風圧力が作用したときの脱落防止のための規定として、面外方向の変形量に対する特定の基準値は設けず、建築基準法で規定された風圧力に対して脱落しないことのみを外断熱外装工法への要求性能として掲げることとした。面外方向の変形性能については、脱落ではなく、建具とのおさま

りや、変形後に所要の断熱性能を発揮できるか否かを検討する規定を第4条に設けた。

なお、本指針案では、正圧と負圧の繰り返しによる、疲労破壊や変位応答の増大などの動的な効果に起因する脱落防止の規定を示すには至っていない。



解説写真 2.1 大変形が生じても脱落しない鋼板外装材の一例（負圧想定加圧時）<sup>2</sup>

3. ブロックなどの重量系外装材のユニットを、補強筋や接着剤などを使用せずに、かん合により一体化し、全てのユニットを支持部材へ固定せずに、一定の間隔で要所のユニットを留め付けるような工法においては、留め付けたユニットの支持部材への固定度だけでなく、地震力や風圧力が作用したときに、お互いがぶつかり合って欠け落ちたりすることのないことなどを確認しておく必要がある。



解説写真 2.2 支持部材へ固定するユニットと固定しないユニットのある重量系外装材の一例

4. 外断熱外装工法においては、躯体と外装材の間に断熱材を設けるため、外装材を躯体へ留め付ける支持部材には、所要の断熱厚さに対応した部材長さが求められる。このとき、外装材は、支持部材の先端に「ぶら下った」状態となるため、脱落が生じなくても、外装材の重量による支持部材の鉛直方向のたわみや振動などによる不具合が懸念される。本規定は、支持部材の剛性を確保するための規定である。

「学会耐震設計指針」においては、固有振動数 10Hz 以上の留め付け工法を剛性が高い工法と位置付けている。10Hz 以下となるときの、外装材の重量による鉛直方向のたわみ (cm)を、Geiger の重力式  $f = 5 / \sqrt{\delta}$  (ここで、 $f$  は固有振動数 (Hz)) により求めると、

$$(5 / f)^2 = 0.25\text{cm} = 2.5\text{mm}$$

となる。また、たわみ  $\delta$  が 1.0mm となる場合の固有振動数を求めると、

$$f = 5 / \sqrt{0.1} = 15.8\text{Hz}$$

となる。本指針案では、外装材の重量による鉛直方向のたわみ  $\delta$  を 1.0mm 以内に納めることとしており、このときの安全率は約 1.5 となる。



解説写真 2.3 重量系外装材最下部における鉛直方向の支持の例  
(中間層でも有効)

5. 重量系ユニットを組積して一体化した外装材をアンカーボルトなどで躯体へ留め付ける場合には、施工のばらつきなどを考慮した安全率を見込まなければならない。本指針では、アンカーボルト指針<sup>3</sup>などを参考に、支持部材の引き抜き耐力算定時には応力集中係数を導入することとし、その値を1.5以上とした。

### 第3条 躯体への変形追従性に対する検討

1. 躯体に層間変形角  $1/120$  が生じた場合でも、外装材及び支持部材が脱落しないこと。

1. 現行の建築基準法では、地震時の建物の層間変形角はRC造では  $1/200$  以内に設計することとしている。また、建物各部に著しい損傷が生じる恐れのない場合や、木造在来工法住宅においては、層間変形角が  $1/120$  に達しても倒壊しないことを義務付けている。本指針案では、現行の建築基準法との整合性を図り、外装工法の躯体への変形追従性を検証するときの基準値として、層間変形角  $1/120$  を用いることとした。

なお、層間変形角  $1/120$  を超える大きな変形を想定して設計された特殊な建物に適用する場合は、躯体に発生しうる最大の変形量に対して脱落しないことを検討する必要がある。

### 第4条 外力作用後の残留変形に対する配慮

1. 外装材や支持部材の残留変形により、外装材と建具との間に不具合が生じないように配慮すること。
2. 外装材や支持部材の残留変形が、断熱材・通気層など外断熱外装工法の基本性能の低下をきたさないように配慮すること。

1. 外装材の脱落に対しては、前出の第2条及び第3条に基づいて検討しなければならない。種々の外力が作用した時に、脱落しない範囲内で外装材の変形を許容するが、建具の仕様により外装材の変形が制約される場合には、建具の仕様に従うこととする。

2. 本項は外装材の残留変形などによって生じる隙間などが、外断熱外装工法の各種性能に影響を及ぼすか否かに配慮して設計しなければならないことを示したものである。景観上、また良質な建物のストックの観点からも、残留変形は最小限に留めるべきである。



【参考文献】

- 1 日本建築学会：非構造部材の耐震設計指針・同解説及び耐震設計・施工要領、  
2003.2(第2版)
- 2 例えば北海道立寒地住宅都市研究所共同研究報告書：鋼板を用いた建築外皮による環境負荷低減技術に関する研究、2000.3
- 3 北海道建築診断研究会：平成9年度第1回研修会「あと施工アンカーに関する研修会」資料、1998.2