

## 温熱環境の側面から見た人為的要因による災害時の被害

Damage caused by a disaster due to human error related to insulation and home appliances installation mistakes

高村 秀紀

TAKAMURA Hideki

信州大学工学部建築学科、教授、博士（工学）(takam@shinshu-u.ac.jp)

Professor, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Shinshu University, Dr. Eng.

温熱環境の側面から見た人為的要因による災害時の被害について戸建住宅を対象に考える。ここでは以下に示す 5 点について記述する。①壁体内結露が構造強度に及ぼす影響、②高断熱・高気密住宅における気密性能の経年変化、③換気システムの設計施工に関する問題、④シロアリによる構造躯体の劣化、⑤地球環境の視点から見た問題。

これらの問題の多くは竣工時の初期性能としては十分であるが、施工不良または経年変化により初期性能が十分に確保されないこととなり、各種問題を引き起こしている。ここで記述する内容がすべての住宅において発生している問題ではないが、とても重要な問題であるといえる。また、温熱環境（省エネルギー）の視点のみではなく、構造などの他分野についても密接に関連していることから分野横断的な検討が必要と考える。

壁体内結露、経年変化、戸建住宅、施工不良、シロアリ、地球環境

condensation within structures, change over time, detached houses, nonconforming work, termites, global environment

### 1. はじめに

温熱環境の側面から見た人為的要因による災害時の被害について戸建住宅を対象に考えてみたい。省エネルギーのために断熱材を施工しても気密施工が不十分であれば壁体内結露による構造金物の錆や構造躯体の劣化につながり、地震が発生した際に当初想定していた構造強度が確保されないことになる。気密部材の劣化による気密性能が低下することが考えられるが、気密性能の低下により暖冷房負荷の増加や冬期における室内温熱環境の低下による健康被害が考えられる。換気システムの施工不良による設計風量が確保されず、空気質の低下による健康被害が考えられる。シロアリによる構造躯体の劣化により、壁体内結露同様当初の構造強度が確保されないことが懸念される。これらは全て戸建住宅新築時もしくは設計時には十分な性能が確保されていても施工不良や経年変化により生じる問題であり、問題把握が困難である。これらの現象について発生原因と対策について記述する。

### 2. 壁体内結露が構造強度に及ぼす影響

温熱環境の側面での人為的要因による構造への影響のひとつとして、壁体内結露による構造金物の錆や構造躯体の劣化が挙げられる。繊維系断熱材を柱間に充填する場合は石膏ボードと断熱材の間に気密シートを連続して施工し、壁体内に高温な空気を侵入させないようにする必要があり、コンセント回りなどで防湿シートの一部が破れてしまうと、室内側の高温な空気が壁体内（断熱材内部）に侵入し、壁体内結露が発生してしまう。また、袋入りの防湿機能付き断熱材を使用する場合にはシートの重ねしろが必要となるが、柱の側面（ボード側ではなく柱の内側）に巻き込んで止めて施工するケース

もありこの場合は壁体内結露発生の可能性が高まる。また、今後 ZEH（ネット・ゼロ・エネルギーハウス）や HEAT20 の普及により断熱仕様の強化が考えられる。断熱仕様の強化に伴い壁体内に繊維系断熱材を施工し、躯体の外側にプラスチック系の板状断熱材を施工するケースが起こりえる。異種断熱材を組合せる場合断熱材の透湿抵抗を十分に考慮した組合せを施工しなければ壁体内結露発生の可能性がある。また、低密度の繊維系断熱材を施工した場合は、経年により断熱材が垂れ下がることと考えられ、これにより断熱材が垂れ下がった箇所において、断熱性能が著しく低下し、壁体内結露が発生する可能性がある。壁体内結露が発生すれば発生個所の近くに構造金物があると錆が発生する可能性が高まる。構造躯体が壁体内結露により腐り、強度低下することが考えられる。こうしたことにより地震などの災害が発生した際に新築時の耐震性能を十分に発揮できなくなる。省エネルギーのために断熱することが構造強度の低下につながってしまえば意味がないため気密工事は慎重に行うべきである。そのためには設計者と施工者が断熱と気密の意味について十分に理解する必要があると考える。また、板状のプラスチック系の断熱材と気密テープを使用することも対策の一つといえる。

### 3. 高断熱・高気密住宅における気密性能の経年変化

高断熱・高気密住宅については気密工事完了時と竣工時に気密測定を実施するのが一般的である。気密性能を表す C 値（相当隙間面積）は計算で算出する値ではなく現場で測定器を用いて実測するものである。建物の隙間面積を表す値であり値が小さいほど気密性能に優れた住宅といえる。住宅の仕様により使用する気密部材は異な

るが、気密テープやサッシの気密部材などの経年変化により住宅の気密性能の経年変化が考えられる。著者らが実測した気密性能の経年変化を表1に示す。表に示した住宅はいずれもプラスチック系の板状断熱材と気密テープで施工された高断熱・高気密住宅である。施工精度や部材の性能の差により経年変化に差が生じているが、全ての住宅においてC値の値が低下していることが分かる。また、サッシやドアを目張りしたC値は目張りする前に比べて値が良くなっていることから、C値の変化の一つの要因としてサッシの気密部材の劣化が考えられる。気密性能の低下により、暖冷房負荷の増加や冬期における室内温熱環境の低下による健康被害、24時間換気の換気経路（クリーンゾーンからの給気、ダーティーゾーンからの排気）の確保が困難になることによる空気質低下による健康被害などが考えられる。丁寧な気密施工の実施、劣化の少ない気密テープの選択、劣化の少ない気密部材の開発などが望まれる。

表1 気密性能の経年変化

物件	築年数 (年)	相当隙間面積 C値(cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		
		新築時	既築時	既築時 サッシ・ドア目張り
A	20	0.8	1.9	1.6
B	14	0.6	1.1	0.9
C	13	0.2	0.5	-

#### 4. 換気システムの設計施工に関する問題

住宅において24時間換気を設置することが法律により定められている。各種申請において換気回数(回/h)や風量については設計値で評価されており、実測値については評価の対象となっていない。ダクトを大きく曲げることで、曲げる回数を増やすこと、ダクトのつぶれなどにより圧力損失が増大し、風量低下につながる。風量低下で空気質の低下による健康被害、排湿不足による結露の発生などの問題につながる。施工者はダクトの曲率や曲げ回数を極力少なくすること、ダクトをつぶさないことなどに配慮が必要である。また、第3種換気の排気ダクトが断熱ライン外に設置される場合は、ダクト内には高温高湿の空気が通過するため断熱ダクトを使用しないとダクト内で結露が発生する。このようにダクトの種類(断熱ダクトなど)についても十分に配慮する必要がある。また、換気システムのフィルターのメンテナンスを怠ることによる風量低下の問題もある。居住者が定期的にメンテナンスすることは難しいため、メーカーによるメンテナンスサポート等が求められる。施工不良とは離れるが、換気システムと温熱環境について問題視していることを述べる。第3種換気システム(給気は自然、排気は機械)では冬期において外気が直接室内に給気される。そのため、冬期における暖房負荷の増加につながる。居住者は寒い給気グリルを閉じてしまうことが良くある。これにより必要換気回数が確保されることが難しく

なる。また、せっかく高断熱・高気密化した住宅に外気を直接取り込むことが温熱環境の側面から良いことなのか疑問である。また、第1種換気システム(給気も排気も機械)では熱交換を行うため、外気を直接導入しなくて済む。しかし、最近では全館空調の住宅も増えたが、全館空調ではない高断熱・高気密住宅では排気場所(トイレ、脱衣室、廊下)では居室より温度が低いため排気と外気で熱交換しても居室には居室温度より低い給気温度の空気が供給され、暖房負荷を増加させる。直接外気を取り込んでいないが、居室温度と同等の温度が供給されていないことに注意が必要である。特に寒冷地においては換気負荷を見逃すことはできないと考える。

#### 5. シロアリによる構造躯体の劣化

シロアリによる被害で構造躯体の劣化が考えられる。新築時には構造耐力を十分に有していても、シロアリによる被害で構造体力が劣ってしまうと、地震時に耐震性能が十分に発揮できなくなる。シロアリが嫌う諸条件の代表例として、硬くて滑らかな物質、硬い樹、乾燥した空気、太陽光の紫外線、気流(風)などである。反対にシロアリが好む諸条件の代表例としては、柔らかでざらざらした物・発泡材、湿った空気、日陰・隠蔽された空間などである。これらは一例であるがシロアリの性質を十分に理解して防蟻対策を十分にとる必要がある。床下空間の防湿措置については防蟻対策と木材の防腐の観点から非常に重要であると考えられる。防湿シートを施工し、基礎の形状をべた基礎にすることで土壌から床下空間への水蒸気の移動を抑えることができる。また、床下換気について気密性を高める考え方もあるが、著者は床下換気を十分に行うことも防蟻やカビ防止の観点から重要と考える。床下空間をよどみなく空気を流すことが重要であり、基礎ポストの形状や床下換気口などについて各社から様々な製品や工法が販売されているため活用すべきと考える。

#### 6. 地球環境の視点から見た問題

5章までは住宅に焦点を当てた。地球環境という視点からは、国産材の活用について問題視している。我が国においては伐採期を迎えた木材が沢山森林にあるが、その活用が十分ではない。木材は一定の齢級を超えるとCO<sub>2</sub>吸収能力が低下することから、木材は山に残しておくのではなく、植林、手入れ、間伐、主採の適切な森林サイクルを循環させる必要がある。住宅のみならず一般建築にも木材を活用することが求められているがなかなか進んでいない。また、伐採量を増加させることも需要がなければ難しいし、伐採のさらなる効率化が求められている。これらの点については明確な回答はなく、今後さらなる検討が必要である。また、バイオマスエネルギーとして利用も視野に入れるべきである。