水害対策のモデルスタディ

一 木造戸建て住宅に関する検討紹介 一

国立研究開発法人 建築研究所主席研究監 木 [

木 内 望

1. はじめに

わが国では近年、かつてない大きな洪水被害が、都市部においても数多く発生しているように思われる。とりわけ「令和元年東日本台風」による首都圏を含む東日本各地での浸水被害は記憶に新しく、社会の意識や国の取組みに大きな影響を与えている。「水害統計調査」によれば、実際のところの洪水による被災家屋は年間平均4万棟余りであり、治水事業の効果もあって必ずしも増えてはいないが、全半壊などの大被害に遭った家屋の棟数と割合が、外水氾濫・内水氾濫のどちらの場合でも漸増傾向にある(図-1)。

住宅が洪水に遭遇すると、住民が生命の危険に見舞われる場合があり、多くの場合で建物が浸水し、家財が使えなくなるなど、財産に被害が発生する。電気・水道・下水道などのライフラインが停止する中で、水に浸かって汚れたり傷んだりした建物・家財の清掃、片付けや復旧など住民に大きな負担がかかる。一方、超高層マンションの受変電設備が冠水し、上下水道やエレベーター等のライフラインが停止した事態も関心を集めた。

多発・激甚化する洪水被害の背景には、地球規模での気候変動の影響があるとされる。人間活動による大気中の温室効果ガスの割合の増大は、直ぐには止められず、2015年のパリ協定の目標も、世界の平均気温を産業革命前から1.5度以内の上昇に抑えることである。従って、我々の社会が気候変動に適応して備えることも必要となる。

洪水被害低減のための取組みは、これまで河川施設や下水道施設の整備など土木分野の課題と考えられ、建築分野の災害対策は大地震とその後に想定される火災などが中心であった。しかし気候変動を踏まえた「流域治水」の取組みでは、浸水リスクの高い地域での住まい方の工夫や土地利用の規制・誘導なども検討さ

れている。

日本の都市・市街地の多くは、地理的制約および水田耕作の歴史的経緯等から、氾濫原とほぼ重なる沖積平野に形成されている。浸水リスクエリアへの住宅の新規立地の制限はともかく、既存の市街地では水害リスクと共存しリスクに対してレジリエント(強靱)な建築や都市のあり方を追究することが道理にかなっていると考える。

水害による被害戸数が最も多いのは、 木造戸建て住宅である。(一社)日本建築学会は令和2年に住宅の水害対策に関わる 提言を公表している。民間ハウスメーカーの㈱一条工務店は、わが国で事実上 初めて水害対策性能を備えた戸建て住宅 商品の開発を開始し、令和2年と3年 に公開実大実験を行っている。さらに、(一社)住宅生産団体連合会は、新築戸建 て住宅を主な対象に「住宅における浸水 対策の設計の手引き」を令和3年7月に 公開するなど、取組みが進められている ところである。

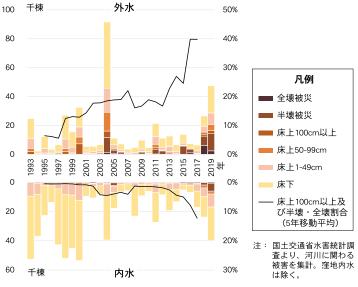
以下では、筆者らが検討した木造戸建 て住宅の浸水対策のモデルスタディとそ の費用対効果の検討結果を紹介し、戸建 て住宅の水害対策を論じる。

2. 木造戸建て住宅の耐水化 計画案のモデルスタディ

基準となる非耐水化案を設定した上で、耐水化の一般的な考え方に従い、次に説明する3つの耐水化案を、同様の平面計画・性能で検討し、耐水化に要する追加的建築コストと耐水化に伴う水害時の資産被害軽減額を試算した。

(1) 基準案 (図-2.3)

基準となる非耐水化案は、近年、都市部の市街地に新築される木造戸建て住宅(在来軸組構法)として、一般性の高い計画案とした。延床面積は99.4㎡で、1階に居間・食堂・台所等の公室および、洗面脱衣室・浴室(ユニットバス)・便所等の水回り諸室を、2階に私室を配置した。仕上げと仕様は、一般性のあるものとし、長期優良住宅(新築)認定基準レベルの性能を有し、耐震等級は住宅性能表示制度の3レベル、断熱等性能等級は4レベル(「5地域」を想定)、屋根・外壁は建築基準法22条区域を想定した構造とした。



図ー1 水害(洪水)による被災家屋棟数(被害区分別)の推移

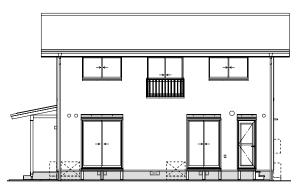


図-2 基準(非耐水化)案立面図(南側)

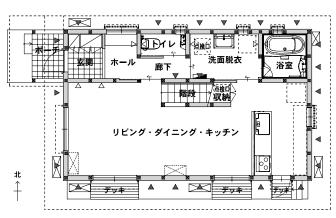


図-3 基準(非耐水化)案平面図(1階)

表-1 耐水化案の考え方と比較

目的	方法	非耐水化案	耐水化案(非耐水化案との相違)					
шил	7374	a.基準案	b.修復容易化案	c.建物防水化案	d.高床化案			
a.浸水の 防止	a1.止水高さの 引上げ	・基礎立上りに床下換気口	・外周基礎立上りは無開 口 (ネコ土台)	・腰壁の防水化 (床下換気 口なし) ・腰壁開口部の防水化 ・排水管の逆流防止	・高基礎化による1階床高 の引上げ(床下換気口位 置も引上げ)			
	a2.機能損失の回避	・電気設備類の高所設置 なし	・電気設備類の高所設置	・電気設備類の高所設置	・電気設備類の高所設置			
b.復旧の 円滑化	b1.作業性の向上	・一般的な床高 ・最低限の床下点検口	・床下有効高さの増 ・床下点検口の増設 ・排水性の向上	・床下点検口の増設 ・排水性の向上	・床下有効高さの大幅な増 ・床下点検口の増設 ・排水性の向上			
	b2.復旧範囲の限定化	・床撤去が壁にも影響 (納まりが「床勝ち」の ため)	・床撤去の壁への影響回 避 ・限定的な壁復旧に対応	・床撤去の壁への影響回避	・床撤去の壁への影響回避			
c.耐水性 の向上	c1.浸水の影響を受け にくい素材の選定	・接合金物のみ防錆処理・吸水性の高い断熱材	・釘・接合金物は防錆処 理 ・吸水しない床断熱材	・釘・接合金物は防錆処理 ・吸水しない基礎断熱材	・釘・接合金物は防錆処理			

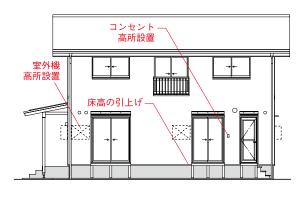


図-4 修復容易化案の立面図(南側)

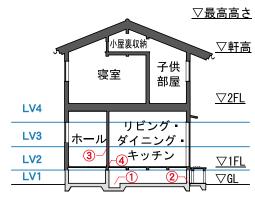


図-5 修復容易化案の断面図(南北方向)

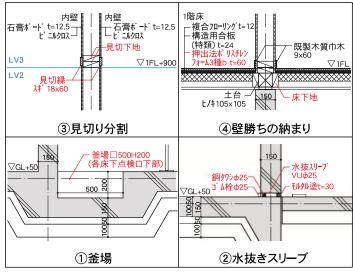


図-6 修復容易化案の部分詳細図

実際に工務店の協力を得て費用を算出し、直接工事費が19,739千円、諸経費・税込みの建築コストが26,055千円となった(土地取得、設計監理、各種申請、外構工事等の費用を含まず)。また、浸水時に要する修復費用を、土石流なし、水位上昇は緩やか、強い水流なし、24時間の浸水継続時間、等の条件で浸水深レベル別に算定し、Lv. 1 (床下)で495千円(諸経費・税込み。直接工事費375千円)、Lv. 2 (床上~腰窓下端)で6,119千円(同4,636千円)、Lv. 3 (腰窓下端~上端)で6,806千円(同5,157千円)となった。

この案をベースに、a. 浸水の防止、b. 復旧の円滑化、c. 耐水性の向上、の

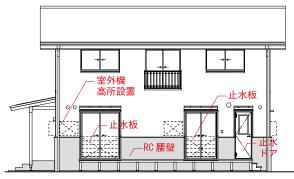


図-7 建物防水化案の立面図(南側)

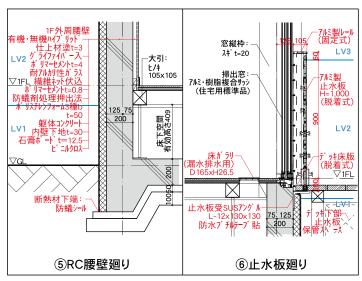


図-9 建物防水化案の部分詳細図

3つの観点から浸水対策案の具体的方針 を検討し、試設計を行った(表 − 1)。

(2)修復容易化案(図-4,5,6)

この案は建物内への浸水を許容し、その後の修復の円滑・低廉化に重点を置く、"Wet Floodproofing"の概念に基づく。計画に当たり、浸水防止性の改善および、床下作業性の向上、部材構成等における復旧範囲の限定(道連れ工事の減)等を考慮した。

まず、1 階床高 (1FL) を基準案より 200 mm引上げ (GL+800 mm)、床下有効高 さを600 mm以上確保した (ネコ土台)。これにより、浸水後の復旧の円滑化の観点から床下の点検・排水・洗浄・消毒・乾燥等の作業性が向上するとともに、基礎上端部までの洪水に対して床下への浸水が防止される。

また、初期排水・洗浄に資するため、水中ポンプを置いて排水するための釜場を床下点検口の下に設け(①)、基礎に水抜きスリーブ(②)を設置した。耐水性の向上のため、床断熱材を繊維系から発泡ボード系に変更し、浸水後に取外して洗浄・再使用可能とした。

さらに、復旧時の修復範囲限定のため、 壁部材 (断熱・下地・仕上) を見切り分割(③) し、電気設備 (コンセント・空調室外機等) を見切り高さ (1FL+900mm) 以上に設置し、床板・壁板等の納まりを 壁勝ち (④) とした。

費用を算出すると、基準案と比べて直接工事費が373千円増、諸経費・税込みの建築コストが493千円増(+1.9%)となる。これに対して修復費用は、Lv.1で253千円減(諸経費・税込み。直接工事費192千円減)、Lv.2で897千円減(同679千円減)、Lv.3で118千円減(同90千円減)である。

(3)建物防水化案(図-7,8,9)

この案は建物内部への浸水を防止する "Dry Floodproofing"の概念を、建物外 周部での止水により実現する耐水化案で あり、これにより洪水時の建物・家財の 被害軽減を図る。開口部への対策箇所数 を減らし、また浮力が大きくならないよ う、腰窓下高さまでを止水範囲として浸 水を防ぐ。このため腰壁と腰壁開口部の 止水性を高め、排水管の逆流防止等を計 画した。

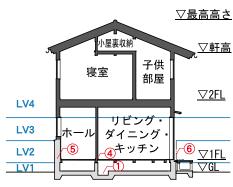


図-8 建物防水化案の断面図(南北方向)

まず、1 階外周の腰壁(基礎から1FL+900mmまで)を、防水性を有するRC造とした。水圧および浮力(最大GL+1,500mmの浸水深を想定)への対処として、腰壁および底盤の厚さは150mmから200mmに増やす措置が必要となった(⑤)。

その上で、玄関扉および掃出窓2ヶ所 に脱着式止水板(6段式、最大10kg/ 枚程度)、勝手口に鋼製止水ドアおよび 断熱内窓を設置し、止水板や止水ドアか らの漏水(1時間当たり合計80ℓ程度) は床ガラリを介して床下に排水する設え とした(⑥)。これらに対応するため、 RC 腰壁部は外貼り基礎断熱 (防蟻剤処理 断熱材)とした(⑤)。費用は、基準案 と比べて直接工事費が4,624千円、諸 経費・税込みの建築コストが6,104千 円増(+23.4%)となる。修復費用は、 Lv. 1で469千円減(諸経費・税込み。 直接工事費 355 千円減)、Lv. 2 で 5,664 千円減 (同 4,291 千円減)、Lv. 3で193 千円減 (同147千円減) である。

(4) 高床化案(図-10, 11)

高床化案は、"Dry Floodproofing"の概念を高床により実現する耐水化案である。基準案の腰壁高さまで1階の床高を持ち上げ、洪水時の建物・家財の浸水被害を軽減する。

具体的には、高基礎とすることで1階 床高 (1FL)を非耐水化案に対して900mm 持ち上げた (GL+1,500mm)。その際、配 筋を考慮して立上りと底盤の厚さは200 mmとした。外階段が6段となり、日常時 の生活利便に著しい影響を生じる点に留 意を要する。

費用は、基準案と比べて直接工事費が 1,753千円増、諸経費・税込みの建築コストが2,314千円増(+8.9%)となる。 修復費用は、Lv.1で469千円減(諸経費・ 税込み。直接工事費355千円減)、Lv.2

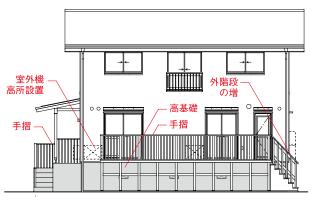


図-10 高床化案の立面図(南側)

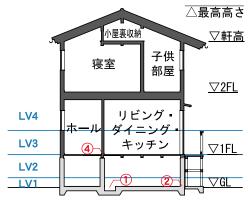


図-11 高床化案の断面図(南北方向)

表-2 建築コストと修復費用(浸水レベル別)のまとめ

(単位:千円)

	非耐水化案		耐水化案(金額は基準案との差分)									
a.基準		a.基準案	案		b.修復容易化案		c.建物防水化案			d.高床化案		
浸水レベル	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.1	Lv.2	Lv.3
GL高さ (mm)	0~450	450~ 1500	1500~ 2600	0~650	650~ 1700	1700~ 2800	0~450	450~ 1500	1500~ 2600	0~450	450~ 1500	1500~ 2600
修復工事直接工事費計	375	4,636	5,157	-192	-679	-90	-355	-4,291	-147	-355	-4,466	-639
①修復費用計(経費・税込)	495	6,119	6,806	-253	-897	-118	-469	-5,664	-193	-469	-5,895	-842
新築工事直接工事費計	19,739		+373		+4,624			+1,753				
②建築コスト(経費・税込)	26,055		+493		+6,104			+2,314				
浸水1回当り回収率:①/②	_	_		51%	182%	24%	8%	93%	3%	20%	255%	36%

で5,895 千円減(同4,466 千円減)、 Lv. 3で842 千円減(同639 千円減)で ある。

3. モデルスタディにみる耐水化案の適用性と課題

(1)浸水対策に要するコストと浸水 時の修復費用低減額の比較

3つの耐水化案について、実現に要する追加的費用と、耐水化の効果としての浸水時の修復費用と、耐水化の効果としての浸水時の修復費用の軽減額等を比較した(表-2)。いずれの案も浸水深50~100cm程度の浸水事象に対して大きな効果を有することがわかる。

詳細は省くが、建物内外の動産も考慮し、確率別の浸水深情報を用いて浸水時の修復費用の年当たり期待軽減額を求め、耐水化に伴う追加的建築コストを何年で回収できるかも、推算した。この結果、一定の浸水リスクが見込まれる地域においては、各耐水化案について10年から20年程度で回収が見込まれる場合が、浸水特性に応じて一定程度あることがわかった。

(2)耐水化案の可能性と課題

各案の特徴についてまとめる。

修復容易化案:発生頻度の高い、浅い 浸水被害に対する費用対効果が最も優れ る対策案であり、多少の浸水リスクのあ る地域で最低限講じるべき手法と推奨さ れる。加えて修復工事期間中に2階等で 生活でき避難所生活が最小限にとどめら れるよう、洗面・浴室の2階設置や、 LDKを含めた公室の2階設置などの工夫 も考えられる。

建物防水化案:腰窓以下の床上浸水に対して、一定の費用対効果が見込まれる。高床化案と共通するが、浸水に伴う家財の損害、生活上の制約、精神・肉体的被害の軽減が図られ、災害ゴミの処理に伴う社会的負担も減らせる。高床化案に対して費用対効果は劣るが、日常の出入りや周辺環境影響の制約等から、市街地での適用性が高いと考えられる。低廉で信頼性の高い壁面・開口部の止水方法が開発されれば、普及の可能性が高いと考える。建物内への浸水防止に関して浮力が作用することと、開口部の数を考慮すると、腰窓下が対策高さの一つの目安になると考えられる。

高床化案:1階レベルの洪水への費用 対効果が最も高い計画案で、大きく被害 を軽減できる。より高い浸水にも、2階 避難で生命が安全となる。狭小敷地への 対応と、日常の上り下りや、周辺環境影 響等の考慮も必要であり、非都市部での 適用性が高いと考えられる。

4. おわりに

ここで紹介した耐水化案は、浸水対策 の費用対効果と適用性等を検討するため のプロトタイプであり、性能を検証した ものではない。実現と普及には、さらなる検証と計画・部材設備・生産システムにわたる技術開発の進展が期待される。

また、水害には、浸水深に代表される 外力が小さなものと大きなもの、数年に 1回見舞われるような頻度の高い水害と ごくまれにしか訪れない頻度の低い水害 とがある。規模と頻度を組み合わせ考え ると、発生頻度が高く規模の小さな水害 に対して講じる対策は比較的簡便かつ効 率的であるのに対して、発生頻度がまれ で規模が極端に大きな水害への対策は効 率が悪く難しいという傾向がある。

建築物における水害対策は、地域での 避難対策や、土地利用の規制・誘導、損 害保険による経済的なリスクヘッジも含 めた、包括的な位置づけの中で検討され ることが望ましいと考えられる。

【参考文献】

- 1) 木内望ほか:木造戸建て住宅の耐水化建築計画案の 検討及びその費用対効果からみた評価。日本建築学 会技術報告集、Vol. 27, No. 65, pp. 499-504, 2021. 2
- 2) 木内望: 都市における建築物の水害対策とその誘導方 策 令和2年度建築研究所講演会(テキスト原稿)