既存分譲マンションの浸水対策 改修とその費用対効果に関する モデル的検討

MODEL STUDY OF EXISTING CONDOMINIUMS ON THE FLOODPROOF RETROFITTING PLANS AND THEIR COST-EFFECTIVENESS EVALUATION

木内 望 ——— * 1 中野 卓 ——— * 2
藤木亮介 ——— * 3 山本慎介 ——— * 4

Nozomu KIUCHI ——— * 1 Taku NAKANO ——— * 2
Ryosuke FUJIKI ——— * 3 Shinsuke YAMAKI ——— * 4

キーワード：
水害対策, マンション改修, モデル検討, 費用対効果, 集合住宅

Keywords:
Flood mitigation measures, Retrofitting of condominiums, Model plan study, Cost benefit analysis, Collective housing

Recent flood damages in urban areas have increased the need for urban planning and building measures to respond to inundation risks. In this article, in order to obtain suggestions for building and land use management based on inundation risks, floodproof retrofitting plans are examined for two types of existing condominium models in an urban area. Then, the floodproof retrofitting work costs, and the amount of damage reduction due to floodproofing are estimated. Finally, the applicabilities of such floodproofing measures are examined by analyzing the cost-effectiveness of plans under various conditions of inundation probability.

0. 研究の目的と方法

近年の水災害の頻発化・激甚化によって、都市部のマンションにおいても浸水被害に遭遇する事例が多発している。例えば、2019年の令和元年東日本台風の際には、内水氾濫により超高層マンション地下の電気設備が浸水して機能停止し、多くの関心を集めた。

このような事態を受け、国土交通省は2020年6月に「建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン」¹⁾（以下ガイドライン）を公表した。このガイドラインでは主に電気設備を中心とした浸水対策が示されているが、この内容は電気設備に限定するものではなく、建物全体の浸水対策に準用できるものとなっている。しかし、ガイドラインでは対策費用までは検討されておらず、費用対効果を踏まえた浸水対策工事の検討資料としては未整備な部分がある。

既存分譲マンションにおいて浸水対策工事を実施するには、区分所有者の合意形成が必要であり、その際に費用対効果の検討は重要であるが、そうした検討の報告は管見するところ見当たらない。そこで筆者らは、典型的と思われるマンションモデル及び前提とするハザードを設定した上で、その浸水対策と対策工事の実施費用、ならびにその費用対効果等を検証し、浸水対策の適用性を検討した。

具体的には以下の手順により行った。①マンション管理会社等へのヒアリングにより、マンションでの浸水被害・対策状況の情報を収集。②過去の水害事例を参考に本研究の検証において前提とする複数の浸水ハザードの内容（3タイプ）を想定。③多くのマンションの参考となり得る典型的かつ仮想のマンションモデル（2タイプ）を設定。④設定したマンションモデルについて、想定した浸水ハザードの下での浸水経路・浸水範囲を検証。⑤検証結果に基づき、被害

復旧額を算出するとともに、被害を未然に防ぐための浸水対策工事の内容とこれに要する費用を算出する。⑥浸水ハザードと発生頻度に関する具体の地域のデータを用いて、期待値に基づいた水害対策工事の費用対効果を試算し、浸水対策の適用性を考察する。

なお、費用対効果の試算は管理組合管轄の共有部分を対象とした。

1. 研究の前提条件の整理

1-1 関係者へのヒアリング

分譲マンションに関わる、管理会社及びディベロッパー、被災経験のある管理組合、改修工事施工関連団体、改修施工会社にヒアリングを行い、マンションにおける水害被災と対策状況を把握した。得られた知見の一部を以下に整理する。

- ①現状ではマンションの浸水対策は進んでおらず、対策を講じていても止水板の設置程度に留まるものが多い。
- ②水害対策として対応できるのは浸水1m位までが限度であり、外水氾濫まで対応することは事実上難しい。
- ③修繕積立金は長期修繕計画に基づいた支出が原則だが、ほとんどの場合に浸水対策工事は含まれず、現状の施設の維持だけでも積立金が不足しがちな状況の中で、合意形成はとりにくい。

この内、特に修繕積立金からの支出に関わる合意形成の問題については、本研究における浸水対策工事の費用対効果の検証結果を参考にすることで、合意形成の促進につながる可能性が考えられる。

1-2 対象とするハザードの設定

マンションが立地する市街地での水害発生状況を踏まえ、典型的と思われる3タイプの浸水ハザードを想定し、検証を進めた。

本稿は2021年度日本建築学会大会（東海）学術講演梗概集に投稿した報告をまとめたものである。

¹⁾（国研）建築研究所住宅・都市研究グループ 博士（工学）
（〒305-0802 茨城県つくば市立原1）

²⁾（国研）建築研究所住宅・都市研究グループ 博士（環境学）

³⁾ 明海大学不動産学部 博士（工学）

⁴⁾ ㈱翔設計

¹⁾ Building Research Institute, Dr.Eng.

²⁾ Building Research Institute, Dr.Env.

³⁾ Meikai Univ., Dr.Eng.

⁴⁾ Sho-sekkei Co.

- ①軽度浸水：ゲリラ豪雨などによる内水氾濫を想定する。想定浸水深は30cm（GL+300mm）、浸水継続時間は2時間を想定。
- ②中度浸水：水路・支川から本川への排水困難に伴う湛水型の（内水）氾濫と、下水（雨水管等）からの水の逆流を想定する。想定浸水深は50cm（GL+500mm）、浸水継続時間は12時間を想定。
- ③重度浸水：河川からの外水氾濫を想定する。想定浸水深は150cm（GL+1500mm）、浸水継続時間は24時間を想定。

1-3 検討対象とするマンションモデルの設定

「都心及び駅周辺立地型（略称：都心型）」及び「郊外住宅地立地型（略称：郊外型）」の2タイプを想定し、実在するマンションのデータベース^(注)の分析結果などを参考に、多くのマンションの参考となり得る典型的かつ対照的なモデルとなるよう、具体の建物条件を設定した。データベースは、関東圏、50～100戸、6階建て以上、単棟型のものを対象に、商業系用途地域に立地するものを都心型（53件）、住居系または工業系の用途地域に立地するものを郊外型（51件）として分類した。以下に、規模、設備の設置状況、雨水貯留槽の有無、駐車場の様態などの分析結果と、建築条件の設定の概略を示す。

1) 都心及び駅周辺立地型マンション

分析対象53件の内、階数は14階建てが最も多く11件であった。電気設備は屋内1階が21件、地下設置が15件であり、給水設備は屋内地下に受水槽を設けたものが24件と最も多い。雨水貯留槽の設置は8件にとどまる。駐車場は、屋内1階に機械式駐車場（地下ピットあり）を設けるものが最も多く13件であった。

これらの結果を参考に、詳細を想定・設定したマンションモデルの概要を表1に、平面図・断面図を図1に示す。当タイプは駅前などの商業地域に立地し、1階に小規模商業施設が入る複合用途型の高層マンションとして想定している。給水設備（受水槽・揚水ポンプ）、電気設備は地下1階に設置されている。なお分析結果では、電気室を1階に設置している事例が多かったが、別モデルとの差異化及び令和元年東日本台風における超高層マンションの地下電気設備の浸水被害事例を踏まえて、地下1階設置とした。駐車場は分析結

図1 都心及び駅周辺立地型マンションモデル

表1 都心及び駅周辺立地型マンションモデルの概要

規模	延べ面積/6,900.2㎡、住戸数/65戸
階数	地上14階、地下1階（1階床高：GL+20cm）
給水設備	地階設置/受水槽・揚水ポンプ
電気設備	地階電気室
雨水貯留槽	地階設置
駐車場	建物内機械式駐車場（地下ピットあり）

果にしたがい、建物内の機械式駐車場（地下ピットあり）とした。

2) 郊外住宅地立地型マンション

分析対象51件の内、階数は7階建てが最も多く14件であった。電気設備は別棟屋内設置が13件、住棟屋内1階設置が22件、給水設備は屋内地下設置が16件、屋外設置が16件であった。雨水貯留槽を備えているマンションは10件であった。駐車場は屋外平置きが25件、屋外機械式駐車場（地下ピットあり）を設ける事例が22件であった。

これらの結果を踏まえて詳細を想定・設定したマンションモデルの概要を表2に、平面図・断面図を図2に示す。当タイプは郊外の住居系用途地域に建つ単棟型中層マンションとして想定している。都心型と異なる大きな特徴として、地下階が設けられず、給水設備は屋外別棟1階に、電気設備は屋内1階に設置されている。また、屋外には住戸数と同規模の駐車台数を確保できる機械式駐車場（地下ピットあり）の設置を想定した。

3) 両モデルの共通点と相違点

両モデル共、1階にエントランスホール、エレベーターホールが設けられているが、都心型モデルは閉鎖型、郊外型モデルは開放型のエントランスホールとした部分が異なる。

2. 対策場所・対策方法・費用の設定条件

マンションモデル2タイプを対象に、浸水ハザード3タイプによる被害を想定して、浸水経路と被害範囲及び対策を検討し、段階毎にメリハリをつけて被害復旧費用と浸水対策工事費用を試算した。

都心型は、エントランス、開放廊下、地下階、雨水貯留槽、屋内駐車場、店舗の区画に区分して検討した。エントランスへの対策で、管理室とエレベーターへの個別対策は不要となる。また浸水深等に応じて、電気室や受水槽ポンプ室等のある地下階への浸水が、エン

図2 郊外住宅地立地型マンションモデル

表2 郊外住宅地立地型マンションモデルの概要

規模	延べ面積/3,558.4㎡、住戸数/62戸
階数	地上7階（1階床高：GL+40cm）
給水設備	屋外設置/受水槽、屋外ポンプ室/揚水ポンプ
電気設備	住棟内1階電気室
雨水貯留槽	なし
駐車場	屋外機械式駐車場（地下ピットあり）

トランス、開放廊下、ドライエリア、雨水貯留槽を経由して発生しうる。郊外型は、エントランス、開放廊下、電気室、屋外地上置受水槽、別棟ポンプ室、屋外駐車場の区画に区分して検討した。エントランスへの対策で、管理室とエレベーターへの対策は不要となる。

止水対策は、以下の比較検討により汎用的な手法を設定した。簡易型の対策は土嚢袋（使い切りタイプの水嚢）を想定した（止水高さ：FL+30cm）。コンパクトで設置場所に条件がなく低コストで導入できることが採用理由であり、他の手法は設置条件の制限や止水性能の信頼性の不足から汎用性に劣ると判断した。止水板による対策は、脱着式止水版を想定した（止水高さ：FL+30cm・50cm・150cmのいずれか）。設置が容易で導入しやすいことが採用理由であり、シート式止水板や起伏式止水板等他の手法は、設置に際し埋設工事等大掛かりな工事が発生するため汎用性に劣ると判断した。その他の止水対策は、シャッター型、扉型を浸水箇所に応じて想定した。

- 対策・復旧費用は共有部分を対象に、以下の①～③の条件により、④及び⑤の想定も用いて、3つの浸水ハザードに対して推算した。
- ①概算額は、類似事例及びメーカーヒアリング、物価本²⁾によった。
 - ②金額は直接工事費のみであり、諸経費及び消費税は別途とした。
 - ③都心型、郊外型ともに設備・仕上げ材等は同等のものを計画し、復旧にあたっては既存同等のものを想定した。
 - ④管理室には、各制御系機器として、ガス感知制御装置、火災受信盤、防犯警報盤、電灯分電盤の設置を想定した。
 - ⑤電気室は、マンション管理範囲と電力会社管理範囲が明確に区画される設置方式を想定し、マンション管理範囲として引込開閉器盤や動力制御盤、電力会社管理範囲として高圧受電盤や高圧負荷開閉器、変圧器（トランス）、コンデンサ等の設置を想定した。

3. 都心及び駅周辺立地型に関する浸水想定別の検討

3-1 浸水経路と被害範囲

軽度浸水では、床高の設定をGL+20cmとしていることから、床上10cmの浸水となる。エントランス、開放廊下、駐車場、店舗における、扉や開口部から浸水する。エントランスに侵入した水は、管理室やエレベーターに浸水する。開放廊下に侵入した水は、階段から地下階に流れ込み、電気室、受水槽ポンプ室に浸水する。地下階への浸水は、継続して流れ込む水によって一定量の浸水深に到達する。

中度浸水は、床上30cmの浸水となる。軽度浸水の浸水経路に加え、ドライエリアから浸水する。ドライエリアに侵入した水は、換気口を通じて、電気室、受水槽ポンプ室へ浸水する。浸水継続時間12時間の状況は、公共排水が処理能力の限界を超え、雨水の敷地外への排出が不可能となる。その結果、地下階の雨水貯留槽が満水となり、点検口や排水口から逆流浸水が発生する。また、配管貫通部や連通管を通じて、他の場所へ浸水する。

重度浸水は、床上130cmの浸水となる。中度浸水の浸水経路に加え、手摺壁を越えて開放廊下に浸水する。店舗のガラス面が破損し、店舗内部へ浸水する。

3-2 浸水対策内容と費用

軽度浸水での1階への浸水は、土嚢袋で対策する（図3：A）。止水板と比べると止水性能は劣るが、簡易に対策が可能である。対策費用は390千円が見込まれる（直接工事費のみ、諸経費、消費税は別途、専有部分の対策工事費は除く、以下同じ）。なお、地下階の電

図3 都心及び駅周辺立地型における浸水経路と対策

気室及び受水槽ポンプ室は、止水扉での二重の対策も考えられる(C)。

中度浸水での1階への浸水は、脱着式止水板で対策する(B)。開放廊下排水口の逆流浸水への対策は、全ての樋の配管途中に逆流防止弁及びバイパス管の設置による対策が考えられるが、現実性が無く対策は困難である。雨水貯留槽からの浸水対策は、点検口からの逆流浸水に対し、耐水ロック式マンホールで対策する(D)。配管貫通部や連通管は、管路口防水装置や掃除口蓋で対策する(E)。雨水配管に止水弁を設置し、雨水の流入を止めることで満水を防ぎ、雨水貯留槽からの浸水を対策する(F)。加えて、ドライエリアからの浸水に対し、換気口をダクトで浸水深より高い位置に延長することで、対策する(G)。対策費用は17,750千円が見込まれる。なお、地下階の電気室及び受水槽ポンプ室の、止水扉での二重の対策も考えられる(C)。

重度浸水での1階への対策は、脱着式止水板の高さを上げて対策

する(B)。管理室には止水扉を計画する(C)。利用頻度が高い開放廊下扉や駐車場扉は、止水扉とせず脱着式止水板で対策する(B)。店舗ガラス面の破損による浸水は、防水シャッターで対策する(I)。対策費用は30,650千円が見込まれる。なお、地下階の電気室及び受水槽ポンプ室への水深3m以上に対応できる水密扉設置も考えられる(H)。

3-3 浸水時の修復費用

軽度浸水では、エレベーター部品、電気室ブレーカー等、受水槽ポンプ室ポンプ、機械式駐車場部品等の交換で、修復費用は19,000千円が見込まれる(電力会社負担分及び専有部分を除く、以下同じ)。中度浸水では、エレベーター部品、電気室機器、受水槽ポンプ室ポンプ、機械式駐車場機器全ての交換などで、修復費用は28,000千円が見込まれる。重度浸水では、エレベーター準撤去更新に加え、電気室機器、受水槽ポンプ室ポンプ、機械式駐車場機器全ての交換などで、修復費用は61,000千円が見込まれる。

4. 郊外住宅地立地型に関する浸水想定別の検討

4-1 浸水経路と被害範囲

軽度浸水では、床高の設定をGL+40cmとしていることから、住棟への浸水は発生しない。屋外ではポンプ室の扉から浸水し、また駐車場出入口からの浸入により、ピット型機械式駐車場へ浸水する。

中度浸水では、床上10cmの浸水となる。エントランス、開放廊下、電気室、1階住戸における、扉や開口部からの浸水が発生する。浸水継続時間12時間の状況は、公共排水が処理能力の限界を超え、雨水の敷地外への排出が不可能となり、排水口からの逆流浸水が発生する。屋外では、駐車場は出入口に限らず全周から浸水が発生する。

重度浸水では、床上110cmの浸水となる。中度浸水の経路に加え、手摺壁を乗り越えて開放廊下やバルコニーに浸水する。屋外では、ポンプ室の配管貫通部からの浸水により、地上置受水槽が水没する。

4-2 浸水対策内容と費用

軽度浸水では、ポンプ室への浸水は土嚢袋で対策する(図4:a)。駐車場の浸水は、駐車場出入口へのハンプの設置、ピット内への排水ポンプの設置で対策する(b)。対策費用は4,050千円が見込まれる。

中度浸水は床上10cmの浸水であるが、長時間の浸水継続を考慮し、脱着式止水板で対策する(c)。開放廊下、排水口の逆流浸水は都心及び駅周辺立地型と同様の理由から対策は困難である。ポンプ室への浸水は脱着式止水板で対策する(c)。駐車場の浸水は、駐車場出入口への脱着式止水板の設置、全周花壇の高上げ、ピット内への排水ポンプの設置、車路集水柵における逆流浸水に対し配管接続部への鉄板の挟み込みで対策する(d)。対策費用は21,700千円が見込まれる。

重度浸水には、脱着式止水板の高さを上げて対策する(c)。電気室扉は止水扉として計画する(e)。ポンプ室の浸水は止水扉で対策する(e)。加えて、配管貫通部は管路口防水装置で対策する(f)。駐車場については中度浸水対策の実施にとどまる(d)。受水槽は塀の設置により対策する(g)。対策費用は32,150千円が見込まれる。

4-3 浸水時の修復費用

軽度浸水では、ポンプ室ポンプ及び、機械式駐車場部品の交換などで、修復費用は25,000千円が見込まれる。中度浸水では、エレベーター部品、電気室ブレーカー等、ポンプ室ポンプ、機械式駐車場機器全ての交換などで、修復費用は48,500千円が見込まれる。重度浸水では、エレベーター準撤去更新に加え、電気室機器、ポンプ室

図4 郊外住宅地立地型における浸水経路と対策

ンブ、受水槽、機械式駐車場機器全ての交換などで、修復費用は95,000千円が見込まれる。

5. 浸水対策の費用対効果の検討

5-1 浸水対策の費用及び浸水時の修復費用等

3つの浸水ハザードに対する検討内容と結果を敷衍することで、想定浸水深別に、浸水対策のための改修費用(対策費用)、浸水時に修復等に要する費用(浸水深別)、及び浸水対策に伴う修復等費用の軽減額を推計し、表3及び表4にまとめた^{注2)}。試算に際しては、浸水深が床高や対策高さを10cm超えた時点で浸水被害が発生するとし、また設備機器の故障発生の不確実性に鑑み、エレベーター等の複数ある設備・機器は、10cm毎に1機の修復が必要になるとした。

都心型で浸水時に修復費用が最大となるのは、エントランス部分であり、続いて地下階、ピット式駐車場の順となる。一方、対策費用を最も要するのはライフラインが集中する地下階であり、続いて地下に機器が置かれたピット式駐車場となる。浸水時に多額の修復費用を要する区画に関する浸水対策費用は大きく、また、事前対策による修復費用の軽減額も大きくなる傾向がみられる。

対策箇所 (基準高)	0. 対策なし					1. 軽度浸水対策案(注2)					2. 中度浸水対策案					3. 重度浸水対策案						
	① エン スト ラ (GL+20cm)	② 開放 廊下 (GL+20cm)	③ 地下 階 (GL+20cm)	④ 駐 車 場 (GL+20cm)	計 ①	① エン スト ラ	② 開放 廊下	③ 地下 階	④ 駐 車 場	計 ②	① エン スト ラ	② 開放 廊下	③ 地下 階	④ 駐 車 場	計 ③	① エン スト ラ	② 開放 廊下	③ 地下 階	④ 駐 車 場	計 ④		
対策費用	—	—	—	—	—	100	100	50	140	390	—	3,000	—	10,250	4,500	17,750	—	5,400	—	11,550	13,700	30,650
200	33,500	500	18,000	9,000	61,000	33,600	600	18,050	9,140	61,390	-390	33,500	500	18,000	9,000	61,000	0	33,500	500	18,000	9,000	61,000
190	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	33,500	↑	↑	↑	↑
180	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
170	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
160	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
150	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
140	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
130	33,500 管理室	↑	↑	↑	61,000	33,600	↑	↑	↑	61,390	↑	33,500	↑	↑	↑	61,000	↑	↑	↑	↑	↑	56,500
120	31,000 自動扉	↑	↑	↑	58,500	31,100	↑	↑	↑	58,890	↑	31,000	↑	↑	↑	58,500	↑	↑	↑	↑	↑	54,000
110	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
100	28,000 ELV換	↑	↑	↑	55,500	28,100	↑	↑	↑	55,890	↑	28,000	↑	↑	↑	55,500	↑	↑	↑	↑	↑	51,000
90	23,000 ELV換	↑	↑	↑	50,500	23,100	↑	↑	↑	50,890	↑	23,000	↑	↑	↑	50,500	↑	2,000	↑	1,500	500	46,000
80	17,500 管理室	↑	↑	↑	45,000	17,600	↑	↑	9,140	45,390	↑	17,500	↑	18,000	9,000	45,000	0	↑	↑	↑	↑	44,500
70	↑	↑	↑	受電機 &タンク	42,500	↑	↑	↑	9,140	42,890	-390	↑	↑	↑	↑	42,500	↑	↑	↑	↑	↑	↑
60	15,000 自動扉他	↑	18,000	9,000 機器	28,000	15,100	600	18,050	7,140	28,090	1,610	2,000	500	1,500	500	4,500	38,000	↑	↑	↑	↑	42,000
50	↑	↑	↑	7,000 機器	26,000	↑	↑	↑	↑	26,110	↑	↑	↑	↑	↑	26,000	28,000	↑	↑	↑	↑	28,000
40	11,000 ELV修	↑	↑	5,000 部品	19,000	↑	↑	↑	640	19,110	↑	↑	↑	↑	↑	19,000	↑	↑	↑	↑	↑	19,000
30	6,500 清掃,ELV修	500 清掃	9,500 受電部 &ポンプ	2,500 部品	↑																	

対策 箇所 (基準高)	対策なし							軽度浸水対策案 ^{注2)}							中度浸水対策案									
	① (G+0m) エントラ	② (G+0m+1m) 開放廊下	③ (G+0m) 電気室	④ (G+0m+1m) 置受水槽	⑤ (G+10m) 屋外地上 別棟ボ ン	⑥ (G+0m) 駐車場	計 ①	① エントラ	② 開放廊下	③ 電気室	④ 置受水 槽	⑤ 屋外地上 別棟ボ ン	⑥ 駐車場	計 ②	① 修復費 の軽減	① エントラ	② 開放廊下	③ 電気室	④ 置受水 槽	⑤ 屋外地上 別棟ボ ン	⑥ 駐車場	計 ③	① 修復費 の軽減	
対策費用	0	—	0	—	0	—	0	—	—	—	—	50	4,000	4,050	—	4,500	—	1,000	—	1,200	15,000	21,700	—	
200	33,500	1,500	5,000	8,000	3,000	44,000	95,000	33,500	1,500	5,000	8,000	3,050	44,000	95,050	-50	33,500	1,500	5,000	8,000	3,000	44,000	95,000	0	
190	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
180	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
170	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
160	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
150	33,500	管理室	5,000	機器換	8,000	タンク換	95,000	33,500	↑	↑	↑	↑	↑	95,050	↑	33,500	↑	↑	↑	↑	↑	95,000	↑	
140	31,000	自動扉	↑	↑	↑	↑	84,000	31,000	↑	5,000	8,000	↑	↑	84,050	↑	31,000	↑	5,000	8,000	↑	↑	84,000	↑	
130	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
120	24,500	ELV換	↑	↑	↑	↑	77,500	24,500	↑	↑	↑	↑	↑	77,550	↑	24,500	↑	↑	↑	↑	↑	77,500	↑	
110	19,500	ELV換	↑	↑	↑	↑	72,500	19,500	↑	↑	↑	↑	↑	72,550	↑	19,500	↑	↑	↑	↑	↑	72,500	↑	
100	14,000	管理室	↑	↑	↑	↑	67,000	14,000	↑	↑	↑	↑	↑	67,050	↑	14,000	↑	4,500	↑	↑	↑	67,000	0	
90	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
80	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
70	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
60	11,000	ELV修	↑	↑	↑	44,000	64,000	11,000	↑	↑	↑	↑	44,000	64,050	↑	↑	↑	↑	↑	↑	44,000	↑	↑	
50	6,500	ELV修	1,500	清掃	4,500	機器修	48,500	6,500	1,500	4,500	↑	3,050	33,000	48,550	-50	↑	1,500	↑	↑	↑	200	↑	2,700	45,800
40	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	22,000	22,250	2,750	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
30	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
20	↑	↑	↑	↑	↑	3,000	ポンプ換	22,000	↑	↑	↑	250	↑	1,250	23,750	↑	↑	↑	↑	↑	↑	1,000	24,000	
10	↑	↑	↑																					

[illegible]

Figure 1 is a stacked bar chart titled 'Figure 1: Stacked bar chart showing the percentage of respondents for different disaster response levels (1. Mild, 2. Moderate, 3. Severe) across various age groups (10-100 years) for urban and suburban areas.' The chart is divided into two main sections: 'Urban Area' (都心型) and 'Suburban Area' (郊外型). Each section contains three bars representing response levels: 1. Mild (軽度対策), 2. Moderate (中度対策), and 3. Severe (重度対策). The x-axis represents the percentage of respondents, ranging from 0% to 100%. The legend indicates the age groups for each color: 10-19 (green), 20-29 (light green), 30-39 (yellow), 40-49 (orange), 50-59 (red), 60-69 (purple), 70-79 (dark blue), 80-89 (light blue), 90-99 (grey), and 100+ (brown). In the Urban Area, the majority of respondents favor Mild response (1), while in the Suburban Area, the majority favor Moderate (2) and Severe (3) responses. The age groups are color-coded: 10-19 (green), 20-29 (light green), 30-39 (yellow), 40-49 (orange), 50-59 (red), 60-69 (purple), 70-79 (dark blue), 80-89 (light blue), 90-99 (grey), and 100+ (brown).

446

郊外型で浸水時に修復費用が最大となるのは、ピット式駐車場であり、続いてエントランス部分となり、この2箇所で大半を占める。対策費用を最も要するのもピット式駐車場であり、GLから嵩上げされていないことから、相対的に軽度浸水でも大きな被害をもたらす脆弱箇所であり、事前対策による修復費用の軽減額も大きい。

5-2 発生頻度を考慮した費用対効果の試算と適用性

発生頻度毎の最大浸水深の予測値を用いて、浸水対策の費用対効果を試算・評価する。参考文献3)と同様に、滋賀県「地先の安全度マップ」で公開されている、異なる降雨確率に基づく内外水氾濫の想定浸水深（50mメッシュ）に相当するデータを用いた。本稿で検討した浸水対策が効果的に機能すると考えられる、一定の浸水リスクがある世帯密度の高いメッシュを、①2年確率の最大浸水深が50cm未満、②500年確率の最大浸水深が50cm以上、③メッシュ内世帯数が5以上、の条件で抽出して対象とした^{注3)}。対象メッシュについて、確率年別の最大浸水深割合を図5に示す。

参考文献4)の方法により、確率年区間毎の修復費用（被害額）に生起確率を乗じて合計することにより、年平均の要修復費用（期待値）が推算できる。無対策の場合と対策を講じた場合の年平均の要修復費用の差額を年間当りの被害軽減額とみなし、浸水対策費用^{注4)}をこれで除することで、対策費用の平均回収年数が求まる（図6）。

都心型のマンションが対象メッシュに立地すると仮定した場合に、軽度浸水を想定した対策では1/2以上、中度浸水を想定した対策でも1/4以上のメッシュで対策費用の回収が20年以内に期待できることとなり、浅い浸水への対策の効果が高いことがわかった。

郊外型のマンションでは、3タイプの浸水対策全てで費用対効果が大きくなっており、この主因はピット式駐車場である。軽度浸水への対策費用の回収が20年以内に期待できるメッシュは7割を超え、重度浸水についても1/2近くのメッシュで期待できる。

各浸水対策案について、20年以内に対策費用の回収が見込めるメッシュを求めると僅かな例外を除いて、④全対策案効果あり、⑤軽・中度対策案効果あり、⑥軽度対策案のみ効果あり、⑦全対策案効果なし、の4タイプに分かれる^{注5)}。各タイプの確率年別の最大浸水深の平均値を図7に示す。特に中度浸水への対策案の効果が生じる都心型30cm、郊外型10cmの浸水深に着目すると、確率年10～30程度の浸水事象が影響を与えていることが読み取れる。

図7 各メッシュタイプの浸水特性

6. まとめと考察

机上での若干大雑把な検討ではあるが、一定の典型性を有する分譲マンション2タイプを想定して、浸水経路・被害範囲と修復費用・浸水対策箇所・浸水対策費用を検討し、生起頻度別の最大浸水深情報を用いて、費用対効果から対策の適用性を検証する手順を示した。

検討結果からは、浅い浸水に対して脆弱な施設への被害を防ぐ対策の効果が高いこと、確率年10～30程度の浸水事象の影響の大きいことなどがわかった。また、生起頻度別の最大浸水深情報が検討に役立つことも実証できた。こうした過程と結果を示すことが、対策実施に向けた管理組合内での合意形成に資すると考えられ、リスクが見込まれる既存マンションにおいて、長期修繕計画を見直す際に本手順を参考に水害対策の検討が進展することを期待したい。

一方で本稿は、管理組合が所管する共有部分についての費用面での検討を対象としており、これとは別に金額で示し難い停電や断水等に伴う影響の考慮や、専有部分や駐車車両の被害の問題も重要である。特に、電気設備に関して電力会社管轄分は計上していないが、建物の機能維持全般に関わる重要設備であり、復旧に長期を要した場合の生活への影響も考慮する必要がある。また、駐車場が浸水被害を受けた場合の個人所有の車両被害にも留意し、対策の可否を検討する必要がある。こうした点も含めて費用対効果が見込まれる対策がなされた場合、住宅市場における消費者の適切な評価や、災害保険料の引き下げなどのインセンティブにつながることを望まれる。

対策の運用面からは、脱着式止水板や土嚢などの対策は、浸水発生以前の設置が必要である。設置手順や設置時機の判断の誤りなどの人為的ミスによる浸水の可能性にも留意し、災害運用マニュアルの作成と居住者への周知、定期的な訓練を実施することが望まれる。

なお、紙面の都合で省略した詳細は、所属先より公表予定である。

謝辞

滋賀県立大学の瀧健太郎准教授からのデータ提供に感謝します。なお、本研究の一部はJSPS 科研費(20H02336)の助成を受けている。

補注

- 注1) マンション改修工事を広く手掛ける(株)翔設計の協力を得て、保有するデータベースを利用した。また、住宅着工統計データ(1989-2001年度)も用いて、大きな偏りがないことを確認している。
- 注2) 使い切りの水嚢の再購入費用を含むため、修復費用増の場合がある。
- 注3) 全5,238メッシュ。無破堤・越水破堤・計画高水位破堤の3シナリオの内、一般に7割を占めると言われる越水破堤のデータを使用した。
- 注4) 主に10～20年の期間を想定しており、維持・更新費用等は捨象した。
- 注5) 都心型での該当メッシュ数は、①1,053、②289、③3,115、④691(例外90)。郊外型では、①2,346、②356、③1,092、④1,332(例外112)。

参考文献(インターネットサイトは2021/6/1に最終閲覧)

- 国土交通省ほか：建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン、2020.6 <https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001349327.pdf>
- (一社)マンション管理業協会：マンション維持修繕技術ハンドブック[第4版]、2016.8
- Kiuchi, N. et al.: Study on the Floodproofing Plans of Wooden Detached Housings and Their Cost-effectiveness Evaluation, AIJ Journal of Technology and Design, Vol. 27, No. 65, pp.499-504, 2021.2 (in Japanese)
- 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
- 気候変動適応研究本部：気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発、国土技術政策総合研究所資料, No.1080, 2019.7(「3.1 建物の浸水被害及び対策効果の評価手法の開発」 pp. 51-86)

[2021年6月2日原稿受理 2021年8月3日採用決定]