B1F

図1　ライフラインの被害と建物利用計画図

水道本管

高置水槽

衛生器具

緊急用汚水槽

排水ポンプ

下水本管

揚水ポンプ

2F

8F

M

6F

計測位置

浸水高:4m

上水系統

雑用水系統

排水系統

**×**

**×**

**×**

**資料5-1**

自然災害における給水性能から見た防災拠点の機能継続の予測

建築設備　ライフライン　利用可能人数　 　　　　　　　　　　谷　智輝\*　西川豊宏\*\*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 給排水方式 | 給水 | 増圧直結方式高置水槽方式 |
| 排水 | 重力式(平時)、機械式(緊急時) |
| 水槽容量 | 高置水槽[㎥] | 雑用水 | 6 |
| 緊急用汚水槽[㎥] | 汚水 | 6 |
| 水槽設置階 | 高置水槽:屋上緊急用汚水槽:ピット |
| 給水系統 | 上水系統:B1～8F雑用水系統:B1～6F |
| トイレ洗浄水量[L/回] | 大便器 | 5.5 |
| 小便器 | 2.8 |

表2　中規模事務所建物の給排水設備概要

１．はじめに

日本では自然災害のリスクが高く、その中でも地震、水害の被害が大きい1）。また、近年豪雨による浸水被害が深刻化している。過去の災害では建物に甚大な被害を与えただけでなく、都市機能維持にとって非常に重要なライフラインを寸断した。給水設備は人の生命維持や健康保持から重要な役割を担っており、災害直後であっても建物居住者のみならず帰宅困難者の受入れにより継続した水供給が求められる。本研究では、自然災害(水害、地震)時において評価建物を防災拠点として利用した際、給水性能から見た機能継続の予測を行った。水害に弱い葛飾区、地震時には帰宅困難者が溢れかえる新宿区といった地域特性の違う2物件の管理データやBEMSデータから発災時における高置水槽及び受水槽内保有水量の予測を行う。発災時に内閣府が円滑に避難所施設ごとの状況を広報するために避難可能人数を求める必要がある。そこでライフライン途絶時において、避難者を支援できる避難可能人数求め評価建物における機能継続の評価を行う。

2．中規模事務所建物の給水性能からみた機能継続の予測

2．1　中規模事務所建物の概要

表1に中規模事務所建物の建築概要を示す。中規模事務所建物は、東京都葛飾区に所在する事務所建物である。表2に中規模事務所建物の給排水設備概要を示す。水槽の一次側は増圧直結方式、二次側で高置水槽方式が採用されており、各階の衛生器具に給水されている。事務所フロアである1～6階の大便器・小便器の給水は、屋上に設置された受水槽を経由させ、断水時の給水機能維持を図っている。

|  |  |
| --- | --- |
| 所在地 | 東京都葛飾区 |
| 用途 | 事務所 |
| 竣工年月 | 2016年6月 |
| 規模 | 地上8階、地下1階 |
| 構造 | 地上S造、地下RC造 |
| 建築面積 | 721.4m2 |
| 延床面積 | 5,629.8m2 |

表1　中規模事務所建物の建築概要

　\*　 工学院大学　建築学部　まちづくり学科　学部4年

\*\*　工学院大学　建築学部　まちづくり学科　教授

2．2　災害時の想定に至る経緯

　中規模事務所建物のある葛飾区では荒川の堤防決壊により3.0～4.0mの浸水が3日以上7日未満の継続することが予想2）されている。避難、勧告指示が出ると公共交通機関を利用して千葉県松戸市に広域避難するよう指定されている。時間的余裕のない人が広域避難を行えずに域内垂直避難を行う。このように域内に取り残された孤立者が中規模事務所建物を利用することを想定する。

2．3　洪水被害設定と建物利用計画

図1にライフライン被害と建物利用計画図を示す。上下水道、電気供給が荒川の氾濫による洪水被害により使用できなくなる。浸水高さは4mとする。

2．4　衛生器具使用条件

表3に衛生器具使用条件を示す。雑用水の使用用途はトイレ洗浄水とする。衛生器具使用に関しては、1日の使用回数を5回とし、使用割合として男性は大便器1回・小便器4回、女性は大便器5回とする。1回あたりの使用水量を大便器は5.5L、小便器は2.8Lとする。建物利用期間は洪水が発生してから水が引くまで、または救助が完了するまでとされている3）が、正確な浸水継続期間を知ることは困難なため、ハザードマップを参考に浸水継続日数と予測される3～7日間とした2）。

|  |  |
| --- | --- |
| 雑用水使用用途 | トイレ洗浄水 |
| トイレ使用回数4） | 5回 |
| トイレ使用割合4） | 男性 | 大便器1回小便器4回 |
| 女性 | 大便器5回 |

　　　　　　　　表3　衛生器具使用条件

2．5　浸水継続日数別利用可能人数

図2に浸水継続日数別利用可能人数を示す。利用者に関しては中規模事務所建物の社員と葛飾区内の高齢者などの時間的余裕のない民間人とする。男女比は1:1として想定する5）。浸水継続日数別で中規模事務所建物の保有水量から利用可能人数を調べる。浸水継続日数によって利用可能人数が変動する。浸水継続日数が3日間と7日間を比較すると最大で54人もの差が生じる。実際には、浸水継続日数は予測することができないので今後さらに検討する必要がある。

3

4

5

6

7

浸水継続日数[日間]

図2　浸水継続日数別利用可能人数

:男性利用可能人数

:女性利用可能人数

利用可能人数［人］

120

100

80

60

40

20

0

95

71

57

47

41

3．給水性能から見た機能継続の予測

3．1　大学キャンパスの概要

表4に大学キャンパスの建築概要を示す。大学キャンパスは、東京都新宿区に所在する超高層建築物である。表5に設備概要を示す。給水方式は高置水槽方式であり、低層、中層、高層系統にそれぞれ給水される。排水設備は、地上階は重力式で下水本管に排水され、地下階は、排水槽に貯留されたのち、下水本管に圧送される。

|  |  |
| --- | --- |
| 所在地 | 東京都新宿区 |
| 用途 | 教育施設 |
| 竣 工 年 | 1989年7月 |
| 延床面積 | 約36,000m2 |
| 階　　数 | 地上29階，塔屋1階，地下6階 |
| 軒高/最高 | 123m/143m |
| 構造種別 | 地上部：S造／B1F，B2F：SRC造／B3F～B6F：RC造 |

表4　大学キャンパスの建築概要

|  |  |
| --- | --- |
| 項目 |  |
| 給排水方式 | 給水 | 高置水槽方式 |
| 排水 | 重力式、機械式 |
| 水槽容量 | 受水槽[㎥] | 上水 | 171 |
| 雑用水 | 48×2基 |
| 高置水槽[㎥] | 上水 | 8(高層)/6(中層)/8(低層) |
| 雑用水 | 4(高層)/5(中層)/4(低層) |
| 排水槽[㎥] | 汚水 | 1.5 |
| 雑排水 | 1.5 |
| 水槽設置階 | 上水 | 高置水槽:PHF/20F/8F受水槽:B3F汚水槽:B6F |
| 雑用水 | 高置水槽:PHF/20F/8F受水槽:B6F雑排水槽:B6F |
| 給水系統 | 高層系統:18～28F中層系統:7～17F低層系統:B6～6F |
| 手洗器吐水量[L/回] | 1 |
| トイレ洗浄水量[L/回] | 大便器 | 10 |
| 小便器 | 4 |

表5　給排水設備概要

3.2評価に用いたBEMSデータ

大学キャンパスにおけるBEMSの計測個所が上水・雑用水受水槽の1次側（受水槽への流入前）で計測されているため計測データは瞬時給水量が正確に計測されていない。そこで給水量に相関のある一般証明・コンセントの使用割合を基に給水量を時刻別に配分し給水量を推定した。受水槽の有効容量を容量の75%とした。補給回数をBEMSデータで給水量が1㎥以上計測されたときに1回補給したとみなした。この補給回数が近似するように補給開始水量を選定した。高置水槽の補給開始水量は、受水槽容量に対する補給開始水量の比を参照した。

有効容量のときを最大、補給開始水量のときを最小水量とした。

3．3　災害時の想定に至る経緯

大学キャンパスが所在する東京都新宿区西新宿1丁目は地区の不燃化が進んでおり、広域的な避難を要しない地区内残留地区に指定されている。在館者に限らず組織に属さない帰宅困難者の受け入れも想定し避難所施設として機能継続の予測を行う必要がある。

3．4　地震被害設定

表6に想定ケースごとの使用可能水槽、図3に各ケースのライフライン被害と建物利用計画図を示す。地震により上下水道及び電力供給の停止を想定する。災害時における建物使用計画から高置水槽(H)は使用できないとする。ケース1～3では電力供給がされず揚水ポンプが使用できないため受水槽の使用が不可となり高置水槽のみ使用可能とする。ケース4～6は電力供給がされ揚水ポンプが使用出来、受水槽と高置水槽が使用可能とする。ケース2,5,では指定避難階層の衛生器具により高置水槽(H)が利用不可能である。そこで高置水槽(H)を利用するために新規バイパスの設置案を想定する。ケース3,6では不足しがちな雑用水を確保するため、余剰分の上水を雑用水として代替利用するために一つ上の上水系統の高置水槽を下の雑用水系統の高置水槽に接続する新規バイパスの設置案を想定し機能継続の予測を行う。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ケース | 受水槽 | 高置水槽(H) | 高置水槽(M) | 高置水槽(L) | 上水代替利用 |
| 1 | × | × | 〇 | 〇 | × |
| 2 | × | 〇 | 〇 | 〇 | × |
| 3 | × | 〇 | 〇 | 〇 | 〇 |
| 4 | 〇 | × | 〇 | 〇 | × |
| 5 | 〇 | 〇 | 〇 | 〇 | × |
| 6 | 〇 | 〇 | 〇 | 〇 | 〇 |

表6　想定ケース

図3　ライフラインの被害と建物利用計画図(ケース1,4)

水道本管

高置水槽(H)

ケース1(使用不可)

衛生器具

受水槽

ケース1

使用不可

排水槽

下水本管

揚水ポンプ

ケース1

(使用不可)

28F

20F

8F

M

高置水槽(L)

高置水槽(M)

PHF

**×**

**×**

計測位置

・指定避難階

(3～8F)

・災害対策本部

(2F)

・傷病者対応

(1F)

**×**

**×**

**×**

**×**

:上水系統

:雑用水系統

:排水系統

図4　ライフラインの被害と建物利用計画図(ケース2,5)

水道本管

高置水槽(H)

衛生器具

受水槽

ケース2

使用不可

排水槽

下水本管

揚水ポンプ

ケース2

(使用不可)

28F

20F

8F

M

高置水槽(L)

高置水槽(M)

PHF

**×**

**×**

計測位置

・指定避難階

(3～8F)

・災害対策本部

(2F)

・傷病者対応

(1F)

**×**

**×**

図5　ライフラインの被害と建物利用計画図(ケース3,6)

水道本管

高置水槽(H)

衛生器具

受水槽

ケース3

使用不可

排水槽

下水本管

揚水ポンプ

ケース3

(使用不可)

28F

20F

8F

M

高置水槽(L)

高置水槽(M)

PHF

**×**

**×**

計測位置

・指定避難階

(3～8F)

・災害対策本部

(2F)

・傷病者対応

(1F)

**×**

**×**

3．5　発災シーン設定

授業の有無により在館人数は大きく変動するので授業の有無により大別した。発災想定時刻は通勤通学ラッシュ時である8:00、住宅内の滞在者数が1日のなかで最も少ない12:00、帰宅ラッシュ時である18:00、入学試験日は試験中である13:00とする。

3．6　発災時における在館人数の想定

平日における時刻別雑用水給水量のピーク時(15:00)の在館人数を2500人と仮定し発災時別の在館人数を想定した6）。

表7　想定在館人数

|  |  |
| --- | --- |
|  | 発災時刻 |
| 8:00 | 12:00 | 18:00 |
| 平日 | 1048人 | 2727人 | 1944人 |
| 休日 | 944人 | 1637人 | 1244人 |
| 長期休暇 | 899人 | 1492人 | 1339人 |
| 入学試験 | - | 1475人 | - |

3．7　衛生器具使用条件

表8に衛生器具使用条件を示す。対象期間は一般的に公的支援が見込まれないとされる発災後72時間とする。使用割合は前節と同じとする。

表8　使用条件

|  |  |
| --- | --- |
| 上水使用用途 | 手洗い水、飲料水 |
| 雑用水使用用途 | トイレ洗浄水 |
| 飲料水 | 3L/日 |
| 手洗い器吐水量 | 1L/回 |

3．8　保有水量における外部受け入れ可能人数予測

　図6～9にケース2,3,5,6(最小保有水量)の余剰水量(外部受け入れが利用可能な水量)を示す。表9にケースごとの外部受け入れ人数を示す。余剰水量から外部受け入れ可能人数を算出した。ケース1～3ではほとんどのケースで外部受け入れが行われない。ケース4・5では平日の12時、18時発災以外では外部受け入れを見込まれる。ケース6の上水代替利用では余剰水量(上水)を雑用水として利用できるので、すべての発災時刻で外部受け入れを見込まれる。ケース1～3とケース4～6では、電力供給の有無により建物内の水槽で一番保有水量の大きい受水槽の利用の差が生じるため、外部受け入れ人数に差が生まれる。ケース1,4はケース2,5と高置水槽(H)のみしか変わらないので割愛する。

8

12

18

8

12

18

8

12

18

13

入試

長期

休暇

休日

平日

図6　余剰水量(ケース2)

:余剰水量(雑用水)

:余剰水量(上水)

20000

-20000

-60000

余剰水量[L]

8

12

18

8

12

18

8

12

18

13

入試

長期

休暇

休日

平日

発災時刻[時]

図7　余剰水量(ケース3)

20000

-60000

-100000

-20000



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 平日 | 休日 | 長期休暇 | 入試 |
| ケース | 発災時刻[時] | 8 | 12 | 18 | 8 | 12 | 18 | 8 | 12 | 18 | 13 |
| 1 | 外部受け入れ可能人数[人] | 最大- | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 最小- | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 〃 | - | - | - | 13 | - | - | 31 | - | - | - |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 〃 | 110 | - | - | 172 | - | - | 212 | - | - | - |
| - | - | - | 23 | - | - | 63 | - | - | - |
| 4 | 〃 | 405 | - | - | 447 | 166 | 326 | 465 | 225 | 287 | 232 |
| 320 | - | - | 363 | 82 | 241 | 381 | 141 | 203 | 148 |
| 5 | 〃 | 444 | - | - | 487 | 206 | 365 | 505 | 264 | 327 | 272 |
| 354 | - | - | 396 | 115 | 275 | 415 | 174 | 236 | 181 |
| 6 | 〃 | 2729 | 1245 | 1778 | 2822 | 2209 | 2557 | 2862 | 2337 | 2473 | 2353 |
| 1559 | 205 | 693 | 1622 | 1009 | 1357 | 1662 | 1139 | 1273 | 1153 |

表9　外部受け入れ可能人数(ケース1～6)

8

12

18

8

12

18

8

12

18

13

入試

長期

休暇

休日

平日

発災時刻[時]

図8　余剰水量(ケース5)

160000

120000

80000

40000

0

-40000

4．まとめ

・水害は地震と異なり、気象情報などにより事前にある程度予測ができる。事前計画策定により被害軽減も可能になる。

・浸水状況によっては地震より避難が長期化する。

・水害には水害、地震には地震の対策を今後さらに検討する必要がある。

参考文献

1)平野範彰：災害リスクマネジメントの考え方，No1,2007

2)葛飾区荒川洪水ハザードマップ

3)葛飾区:洪水緊急避難建物を指定しました

4)坂本和彦ほか:シミュレーションによる事務所ビルにおける給水負

荷動的算定法に関する研究,空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集{2016.9.14～16(鹿児島)},pp.29-32

5)陸上自衛隊:組織について(参照年月日:2020/1/14)

6)村上正浩，久田嘉章 他：大学を拠点とした地域減災体制の構築に関する研究(その1)，日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)

8

12

18

8

12

18

8

12

18

13

入試

長期

休暇

休日

平日

発災時刻[時]

図9　余剰水量(ケース6)

余剰水量[L]

160000

120000

80000

40000

0

余剰水量[L]

