FLOOD RISK ANALYSIS OF RAILWAY STATIONS FOR PLUVIAL FOODING

寺田 光宏1*・石垣 泰輔2・島田 広昭3

Mitsuhiro TERADA^{1*}, Taisuke ISHIGAKI², Hiroaki SHIMADA³

Heavy rainfall caused a severe flooding and underground space was also inundated. The objective of this study is that the flood risk of railway station which has underground spaces is discussed on the bases of damage costs. When a local inundation occurs in the case of pluvial flooding, these underground spaces are filled up in a short time because they are very small. In this study, pluvial flooding in the center area of Osaka is calculated by using InfoWork CS, and damage costs of three stations are figured out in the several cases of different design rainfalls. The results show that the damage cost of each station is different and it depends on the micro-topography around there.

Key Words : Pluvial flooding, Railway station, Damage costs, Risk analysis

1. はじめに

地下鉄道駅の浸水対策は水防法で義務付けられている ことから,避難計画が策定されつつあり,対策は地上駅 と比較し進んでいる.首都圏では,地下鉄道の浸水防止 対策協議会が開催される等対策が進みつつある.

一方地上駅では、2000年の東海豪雨時にはJR東海道新 幹線が9月11日の午後から12日午後にかけてほぼ24時間 運休し、5万人以上の乗客が車内で一夜を明かした.こ の運休時間は、新幹線開業以来最長のものとなり、運輸 省鉄道局からJR東海に対して改善の検討が指示される等、 豪雨災害時の列車運行体制に関しての大きな課題を残し た.このように鉄道駅の浸水被害が顕在化しつつあり、 鉄道駅の浸水被害は社会に与える影響が大変大きいもの である.山陽電鉄板宿駅等の一部の駅では策定済みであ るが、本研究で対象としている関西圏の地上駅での対策 は遅れている.

また,森兼ら^{1) 2)} によると海老江処理区において InfoWorks CSを用いた大規模地下空間を対象とした内水 氾濫における地下街への対策の研究がなされている.ま た尾崎ら³⁾,浅野ら⁴⁾によって同じくInfoWorks CSを用 いた海老江処理区の脆弱要因等の研究がなされている. さらに、地上駅の研究としては、石垣ら^{5 の}によって、 愛知県春日井市の高蔵寺駅における現地調査や内水、高 潮、津波等のハザードマップ等を利用した浸水危険要因 の研究がなされている.

以上のように、地上駅での浸水被害予測や浸水対策の 研究はなされているが、地下駅に比べ数が少なく、浸水 被害リスクを評価している研究はほとんどなされていな い、そこで、本研究では、鉄道駅における浸水被害リス ク評価し、遅れている鉄道駅での浸水対策や避難対策の 一助となることを目的とする.

2. 処理区及び対象駅の概要

(1) 海老江処理区の概要

図-1に対象とする海老江処理区の概要を示す.本論文 で対象とする海老江処理区は昭和15年に通水し、大阪 駅を含む大阪の北部中心市街地の内水排除を担っている. 対象とする区域は福島区の全部、中之島を除く北区の大 部分及び此花区の一部である.処理区の面積は1,215haと なっている.処理区内には1つの処理場と3箇所の抽水 所があり,これらの施設で雨水排水を行っている.

キーワード : 内水氾濫, 鉄道駅, 浸水被害額, 浸水被害リスク

¹正会員 オリジナル設計(株), Kansai branch, One section, Original engieering Consultants.(E-mail:terada-a1314@oec-solution.co.jp)
²正会員 関西大学 環境都市工学部教授 Professor, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University
³正会員 関西大学 環境都市工学部准教授 Associate professor, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University



(2) 対象駅の概要

海老江処理区内にはJR, 阪急電鉄及び阪神電鉄が走っ ているが, JRを除く私鉄の地上駅を本研究の対象とする. 表-1に対象とする駅の概要を示す.表-1より,いずれ の駅も改札が1階にあり,駅周辺が浸水被害を受けた場 合運行に支障をきたす可能性が高い.また,A駅はJRや 地下鉄千日前の駅とも接続しており,大規模な地下空間 を有しており,1日の乗降者数が多く,A駅では特に浸 水に対して留意が必要であると考えられる.いずれの駅 の標高はOP+1.0~1.5m前後であるが,A駅・B駅は周辺 地盤高よりも高くなっており,C駅は周辺地盤高よりも 低く,くぼ地になっている.

3. 評価方法

リスクとは発生確率及び被害額の積で表すことがで

表-1 対象とする鉄道駅の概要

| 駅名 | 状況 |
|----|---|
| A駅 | 阪神本線の駅である。乗降者数は約 33,000人/日と多く、JRと地下鉄千日前 線と連絡しており、大規模な地下街を 有する。駅の構造は改札が1階部で、 ホームは高架となっている。 |
| B駅 | 阪神本線の駅である。普通電車のみが 停車し、乗降者数は約5,000人/日と少 ない。駅の構造は改札が1階部で、ホー ムは高架となっている。 |
| C駅 | 阪急宝塚線、神戸線の普通電車のみが 停車する駅である。乗降者数として は、約10,000人/日とあまり多くない が、十三駅と梅田駅の間にあるため、 通過する電車の本数は多い。また、駅 の構造は、改札が1階部で、ホームは高 架となっている。 |



図-2 リスクマトリックス

きる.内水被害は津波や地震等のハザードと比較し,一般的に,発生確率が高く,被害額は小さい.図-2に被 害額と発生確率の関係を表す一般的なリスクマトリック スのイメージを示す.そこで,今回対象とする浸水被害 リスクはI領域の浸水被害リスクを評価する.

(1) 数値解析モデルの概要

浸水被害の有無や浸水時間(運休時間)の算出には下 水道ネットワーク内と地上の氾濫水を同時に計算するこ とができる InfoWorks CS(英国:Wallingford Software 社製)を用いた.モデルは有効降雨モデル,地表面流出 モデル,管内水理モデル,地表面氾濫計算モデルから構 成されている.降雨データをインプットデータとし,各 地表面(道路,屋根,浸透域)に応じて有効降雨を算定 し,単一貯留池モデルにより地表面流出量を算定する. 地表面流出量が管内水理モデルのインプットデータとな り,管きょ内水理は、サンブナン式により計算される. 図-3に解析に用いた降雨データを示す.降雨データは 浸水リスク算出のため,発生確率毎に10年確率,20年 確率,30年確率,50年確率,100年確率までの中央集中 型の5降雨を与えた.



図-3 解析に用いた降雨波形

(2) 浸水被害額の算出方法

浸水被害額は、運休時間や代替輸送による移動時間の 増加時間に影響が出る乗客の延べ人数と時間評価額を掛 け合わせることによって算出される被害額に、駅の清掃 費用を加えて算出する.

運休による被害額は InfoWorks CS による浸水時間を 運休時間と考え,影響する乗客の延べ人数と乗客の時間 評価額を掛け合わせることによって求める.復旧までの 代替輸送による間接被害額は代替輸送による増加時間を 影響が出る延べ乗客数と時間評価額を掛け合わることに より求める.また清掃費用は事業所の清掃費用¹⁰を計 上するものとした.以下に被害額項目を示す.

- ① 運行停止に伴う被害額
- ② 鉄道復旧までの間接被害額(移動時間増加分)
- ③ 駅の清掃費用

なお、乗客1人当たりの時間評価額は鉄道プロジェクトの評価手法マニュアルより、42円/分[®]とした.また 復旧までの時間は「水害の被害指標分析の手引き」 (案)[®]より1~5日の中間値である3日とした.この3 日間は代替輸送により普段より通勤等の移動に時間がか かるものとして、被害額を計上した.代替輸送時間はバ ス輸送にかかる増加時間を計上した.

4. 評価結果

表-2に確率降雨毎の被害額を示す.表-2によるとC 駅では10年確率~100年確率降雨まですべてのケース で浸水被害が発生するが,A駅及びB駅ではいずれのケ ースも浸水被害が発生しない.これらの要因としては, 駅周辺の標高等の微地形が大きく影響していると考えら れる.表-3に年平均被害額を示す.年平均被害額とは 発生確率と被害額を掛け合わせることにより算出される. ここでは,被害額と発生確率掛け合わせているため,そ の駅の浸水被害リスクと考える.表-3によると C駅で の年平均被害額(浸水リスク)は19(百万円)(表-3)となっている.C駅ではこれらを軽減する対策を実 施していかなければならない.このことより C駅では, 頻繁に発生する浸水に対して対策を進めていく必要があ る.また,A駅及びB駅においては比較的小さな降雨に

| 表−2 砰 | 崔率年毎の | 被害额 |
|-------|-------|-----|
|-------|-------|-----|

| 駅名 | 被害額(円) | | | | | |
|----|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| | 10年確率 | 20年確率 | 30年確率 | 50年確率 | 100年確率 | |
| A駅 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| B駅 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| C駅 | 62,786,222 | 63,772,340 | 64,218,884 | 64,665,428 | 64,721,246 | |

表-3 年平均浸水被害防止額の算定結果 (C駅)

| 流量 | | 3 | 4 | 5 | (4) × (5) | 年平均 |
|-----|---------|-------|-------|---------|-----------|-------|
| 規模 | 年平均 | 被害軽減額 | 区間平均 | | 年平均 | 被害額の |
| | 超過確率 | (①-②) | 被害額 | 区間確率 | 被害額 | 累計 |
| | | | (百万円) | | (百万円) | (百万円) |
| 2 | 0.5000 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| 10 | 0. 1000 | 63 | 32 | 0. 4000 | 13 | 13 |
| 20 | 0.0500 | 64 | 64 | 0. 0500 | 3 | 16 |
| 30 | 0. 0333 | 64 | 64 | 0. 0167 | 1 | 17 |
| 50 | 0.0200 | 65 | 65 | 0. 0133 | 1 | 18 |
| 100 | 0.0100 | 65 | 65 | 0.0100 | 1 | 19 |

対しては浸水被害リスクが小さいことがわかった.しか し、100年確率降雨を上回る降雨に対しては浸水に対す るリスクがあり、対策を講じておく必要がある. また、 これらの結果より地上駅においても浸水被害リスクには 差異があり、一定でないことが確認できた.よって、他 の地上駅では同様な検討を行い、浸水被害リスクを評価 し、対策に役立てていくことが必要である.

5.おわりに

本論文により、内水氾濫に対しての浸水リスクには駅 によって偏りがあり、浸水に対しての脆弱性には差異が あることがわかってきた.また、C駅のような駅では浸 水に対する対策を講じることが急務である.また、この ような検討を他の地区にも拡大していくことが必要であ る.さらに、A駅やB駅ではゲリラ豪雨等のさらに大き な降雨を与えた解析をし、100年確率降雨を上回るよう な降雨に対する浸水被害リスクの評価が必要である.

今後地下空間の状況等の素因を、より分析をしていく 必要がある.そのことによって評価の精度が高まると考 えられる.また、より多くの鉄道駅を有する淀川右岸に 対象エリアを広げ、より多くの駅を評価していきたい.

参考文献

- 1) 森兼政行, 石垣泰輔, 尾崎平, 戸田圭一:大規模地下 空間を有する都市域における地下空間への内水氾濫 水の流入特性とその対策, 水工学論文集, 第55巻, pp. S967-S972. 2011.
- 2) 森兼政行,井上知美,石垣泰輔,尾崎平,戸田圭一:地 下駅を考慮した大規模地下空間での浸水特性と浸水 対応策の効果に関する検討:土木学会論文集B1(水 工学),Vol. 68,No. 4, pp. I_1003-I_1008, 2012.
- 3) 尾崎平,石垣泰輔,戸田圭一:高密度商業地域における内水氾濫の脆弱要因に関する考察:土木学会論文集B1(水工学), Vol.68, No.4, pp. I_1009-I_1014.

- 浅野統弘,尾崎平,石垣泰輔,戸田圭一:密集市街地 における内水氾濫時の歩行避難および車両移動の 危険度評価,土木学会論文集,B1(水工学), Vol69,No.4, pp. I_1561-I_1566, 2013.
- 5) 尾崎平,石垣泰輔,簗瀬範彦,清木隆文,中山学,戸田 圭一:地下改札口・地下道を有する鉄道駅の浸水 危険性に関する考察,土木学会第67回年次学術講 演会,CS9-007,2012
- 6) 石垣泰輔,坂本祥太,尾崎平,戸田圭一:地下空間を 含む鉄道駅の浸水危険要因について,土木学会地 下空間シンポジウム論文・報告集第187巻, pp. 57-

62, 2013.

- 7) 治水経済調査マニュアル(案),平成17年4月,国土交 通省河川局.
- 8) 鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2012(案)国土交通省鉄道局,2012年3月.
- 9) 水害の被害指標分析の手引き(案),平成25年7月, 国土交通省水管理国土保全局.