

地震洪水を想定した堤防補強方法と被害低減に関する考察

東北学院大学工学部環境建設工学科 学生会員 ○松谷祐助小野寺悠太
東北学院大学工学部環境建設工学科 フェロー会員 飛田善雄

1. はじめに

現在、南関東または首都にマグニチュード 7 クラスの直下型地震が 30 年以内に発生する確率は 70%とされている。これは地震調査委員会が発表したものである[1]。本研究では、地震洪水による甚大な水害被害が懸念されている都市部（墨田区、江東区、足立区、葛飾区、江戸川区）に着目し、直下型地震が発生した場合、地震洪水がもたらす被害に対する様々な対策の適用性について考察し、被害低減につながる対策の比較検討を行う。

2. 首都直下地震がもたらす被害想定と地震洪水

首都直下地震が発生した場合、最大死者 2 万 3000 人、倒壊、焼失する建物は約 61 万棟、経時的損失総額が約 95 兆円と甚大な被害が想定されている。さらに、海拔ゼロメートル地帯である都市部では、大規模な水害も懸念される。直下型地震による堤体下部地盤の液状化により、堤体が破損して堤体が沈下して河川水あるいは海水が流れ込んで起こる洪水を「地震洪水」と呼んでいる[1]。

特に地震洪水のリスクが高い地域は、江東 5 区（墨田区、江東区、足立区、葛飾区、江戸川区）である。約 250 万人が生活しているこの地域で想定される水害は最大で 10 メートル以上の深い浸水、大河川に囲まれた地域のため 2 週間以上浸水が続くと想定されている。江東 5 区の水害に対する防災上の課題として以下のことが上げられる[2]。

- 地域に大河川が 5 つ以上もあること。
- 大河川に囲まれているため洪水時、孤立する可能性が高い。
- 避難できる高台が全くない。
- 避難場所が水没してしまう。
- 住民の高齢化が進展し始めている。

これらの課題から求められる対策としては、安全な避難経路の確保や、水害や震災に対応する防災上の拠点にできる強固な地盤を有する（スーパー堤防）が上げられる。

3. 液状化判定法の適用性

地震洪水をもたらす堤防の下部の液状化の可能性を検討する必要がある。ボーリング地点の液状化判定結果による PL 値と表層砂層の FL 値から、液状化の

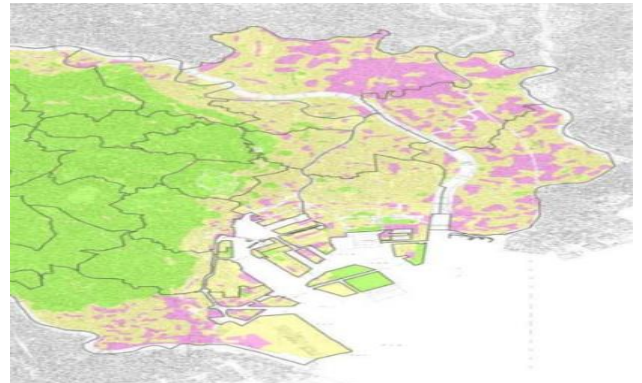


図-1 領域判定法による液状化予測図

（東京都江東 5 区、ピンクが液状化大）

可能性の程度をそれぞれ区分した領域表示で作成する領域判定法の適用性について検討する。

図-1は領域判定法による都市部（東京都の江東 5 区）の結果である[3]。液状化の発生有無の判定することが可能になり、領域判定法は液状化発生を概ね整合して判定できる（見逃さない）結果が得られた[3]。これにより、液状化危険度マップの作成や「液状化する」と判定された箇所の液状化対策が可能となる。

しかし、液状化は地表面で噴砂やクラックが確認できない場合液状化と判定することは困難である。すなわち、非液状化箇所と判断されても、液状化が地盤内部では発生している可能性がある。

領域判定法は発生有無を判定するものであり、堤体などの地盤の変形量等の予測ができるものはないことを考慮し、各地の地盤特性を考慮して領域判定法を適宜修正することが重要である。

4. 都市部の堤防における液状化対策の限界

東日本大震災をはじめ、過去の震災によって多くの堤防は決壊している。堤体の大きな変形や沈下が起こった地点では、液状化の影響がみられた[4]。

都市部は海拔ゼロメートル地帯であっても、堤防が 1 メートル程度の高さしかない。被害を軽減するためにも堤防を強化しなければならない。しかし、多くの堤防対策がある中、都市部のような狭隘地域では重機など入るスペースが限られており、コストもかかる。首都直下型地震が 30 年以内に 70%の確率で発生する

と想定されている中で、短期間で低コストの対策を考えた場合、都市部での対策には限界がある。人的被害を低減するためには、堤防強化などのハードな対策だけでは限界がある。

5. 都市部の脆弱性と低減する災害対策の限界

都市部の地震による災害対策として、建造物の耐震化や堤防の強化等の工学的手段によるハード対策と災害に迅速に対応するマニュアルや日頃から災害に備えての教育や備蓄をしておく仕組みをもって自然災害に抵抗するソフト対策（避難計画、ハザードマップ、防災訓練）がある。これにより、災害時、被害を低減することが可能になるが、ハード対策ではコストの大きい点、短期間での工事が困難な点、狭隘地域等の条件により、対策には限界がある。

一方ソフト対策では、少子高齢化が進んでいる江東5区では、避難体制の策定、避難方法、避難時間の確保、すべての面で多くの課題が考えられ、ハード対策・ソフト対策では、人的被害の軽減には不十分な対策と考えられる。

6. リスク論に基づく考察

江東5区ではハード対策・ソフト対策だけでは人的被害の低減には至らないと考えられる。被害を低減するために、リスク論に基づく考察を行う。リスクの概念は多くの分野に共通するものであり、それぞれの分野において定義は異なる。自然を対象にする理工学の多くの分野に共通する定義は式(1)で与えられる。

$$\text{リスク} = \text{確率} \times \text{ハザード} \quad (1)$$

対象とする事象（事業、災害、薬害など）を議論するために最も有用なリスク指標となるために、式(1)とは異なる表現方法がとられることが多い。自然災害の分野では式(2)で定義されることが多い。

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{脆弱性} \quad (2)$$

自然現象がもたらすハザードを低下させることは不可能である。しかし、脆弱性を低下させることは可能であり、脆弱性を低下させると、リスクの低下につながることを式(2)は示している。

堤体の嵩上げ、液状化対策などのハード対策や、避難訓練などのソフト対策を行えば脆弱性は低下する。その結果としてリスクが低減され、自然災害に対する対策の効果をリスク指標の低減として表現できる。自然災害で利用されるもう一つの指標があり、式(3)で示される[5]。

$$\text{リスク} = \text{ハザード} \times \text{曝露} \times \text{脆弱性} \quad (3)$$

式(3)に表現されている曝露は災害の影響下にある人口の割合を表している。

人口稠密な都市部においては、インフラ整備や避難行動等で脆弱性を低減させることには多くの困難が伴う。このことから、都市部でのリスクを低減するために、式(3)の曝露を減らすことが必要になる。すなわち移住の可能性を真摯に検討することが必要になる。

7. 移住がもたらす自然災害のリスク低減

大都市での自然災害に対するリスクの低減には移住を真摯に考える必要がある。しかし、移住は人の感情（生まれ育った土地への愛着、近隣関係など）が関わり、移住促進を進めようとしても、住民に納得してもらうことはきわめて困難である。

移住がもたらすリスク低減の効果は大きい。まず、空き地の確保が可能となる。空き地が生まれることにより、ハード・ソフト対策（高台等の避難場所の建設）による脆弱性の低下が可能になる。

最近の傾向として、人口減少問題を抱え移住促進に尽力する自治体が増えたことと、新しいライフスタイルを求める若年層が増えたことにより、都市部から過疎地域への移住者は年々増加している。

文献[6]では、移住の成功事例が収められている。行政・民間による地場産業の復興、移住者の受け入れサポート、高校生の県外からの受け入れ等、様々な取り組みにより、移住者の増加を実現している市町村が現れてきている。

江東5区における被害の甚大さを考えると、直下型地震が発生する前に移住を可能にすることが考えられるべきである。適切な対応によっては、積極的に移住を希望する住民がでることも予想される。致命的な災害を避けるために、移住促進のための大きな努力が必要とされている。

8. 参考文献

- [1]土屋信行：「首都水没」、文春新書、(2019)
- [2]江戸川区ハザードマップ江戸川区ホームページ
地図「どうなる？」～浸水の深さ・時間～ (2019)
- [3]国土交通省「液状化検討会議」検討成果 (2011)
- [4]河川堤防耐震対策緊急検討委員会：東日本大震災を踏まえた今後の河川堤防の耐震対策の進め方について報告書 (2011)
- [5]自然災害に対する安全性指標 GNS(Gross National Safety for natural disasters)～土砂災害・洪水災害を組み込んだ関東地方の市町村別リスク指標 2019 年版～
- [6]移住・定住施策の好事例集（第1弾）
内閣官房まち・ひと・しごと創世本部事務局 (2018)