氾濫原対策を考慮した治水システムの設計技術に関する検討

京都大学大学院　学生員　○　福永光記
京都大学大学院　正員　堀　智晴
京都大学大学院　正員　椎葉充晴

1　はじめに

従来の治水計画で予め決められた規模の洪水を氾濫させることを許容せずに河道及びその関連施設で処理することを目標とし、施設の配置や規模を決定するものであった。しかしながら施設完成後や施設の建設途中に洪水が発生する可能性は存在するし、計画で決定された施設群の建設には多大な時間と費用がかかってしまう。さらに、治水施設の配置、規模計画のオプションとして氾濫原対策を考慮にいれていないという問題もあり、氾濫原対策を考慮するためには、計画に用いる安全度指標を河道の安全度から氾濫原の地先の安全度へと視点を変える必要がある。そこで、本研究では従来のダム建設や河道整備に加え、氾濫原においてとりうる対策オプションを含めた治水システムの設計方法に関して検討を進める。

2　治水計画の考え方

2.1　被害の計測

従来の治水計画では河道の溢水頻度が安全度の指標であったが、氾濫原対策の効果はこの指標ではとらえることができない。そこで、氾濫原に在住している人達を含めた氾濫原における安全度を考えていく。そのためには、堤防やダム等の連続的で広域的なハード施設が、降雨や洪水といった外力に抵抗する力（治水力）ばかりではなく、氾濫原における局所的なハード対策や警戒避難システムといったソフト対策によって外力に抵抗する力（耐水力）が働くことで、最終的に人的被害と物的被害がどの程度になるのかをはかる。

2.2　治水対策の種類

ハード対策としては、河道対策や雨水貯留等の流出抑制、そして氾濫原におけるかさ上げやピロティー化といったものが挙げられる。ソフト対策としては予警報、警戒避難システムや水害保険システム等が挙げられる。そこで、水害保険や氾濫原での対策を氾濫原対策とし、河道対策や流出抑制を洪水流対策として分けて考える。

2.3　洪水流対策と氾濫原対策の取り扱い方

洪水流対策と氾濫原対策の取り扱い方法として、次の二つの方法が考えられる。

一つ目として両対策をそれぞれ同時に決定変数として考える方法である。この考え方は、治水対策の進度を考慮してやる必要があり、また洪水流対策が予定よりおくれた場合にその分を氾濫原対策の拡充等で補えることが考えられ、逆の場合も同様に考えられる。また、治水対策の進度によって想定される人的被害や物的被害はかわってくる。つまり治水計画が終了して以降に想定される人的被害と物的被害と治水対策を行っている途中で洪水が発生したときの人的被害と物的被害は当然かわってくるということである。この方法は理想的な考え方であるが、治水対策に関わる全てを決定変数に取り込む必要があるため、非常に複雑となり多大な労力を要する。つまり治水対策に関わる全てを決定変数に取り込み定式化した式を解くことが非常に困難である。

二つ目として両対策のうちどちらか片方を定数として外部から代入する方法である。例えば、洪水流対策で対処できる部分を定数として与え、守りきれない部分を氾濫原対策でまかない被害を軽減させる考え方である。この考え方は、両対策を個別に考えているが、洪水流対策の安全度をパラメーターとして扱うことができるため、感度分析を通じて両対策の関係を探っていくことは可能である。

2.4　人的被害の軽減を目指した氾濫原計画

人的被害と物的被害双方に対して、将来的に洪水流対策と

治水計画、氾濫外力、耐水力、スパイダーグラフ
京都市左京区吉田本町　０７５－７５３－５０９６　０７５－７５３－４９０７

氾濫原対策を施すことを考えられるが、現時点ではその準備段階として人的被害のみについて考える。つまり、氾濫原での被害を人的被害に帰着する。そこで以下のようなモデル式が書ける。

$$C(e) \rightarrow \min$$
$$\text{subject to}$$
$$M = f(a,b,e) \le B$$

eは氾濫原対策､Cは対策に必要とされる費用である。B は人的被害の与えられる許容値である。また f は人的被害を求める関数で、a は人的条件、b は降雨や洪水といった外力条件である。しかしながらこの関数を求めることは非常に困難である。そこで、人的被害を避難することが必要なのにその目的を達成することができなかった人の数とすれば関数 f として堀[1][2]らが提案する水害避難ミクロモデルを用いることができる。一方避難可能な氾濫流条件をあらかじめ求めておくことができれば、上のモデル式氾濫流の状態を効果的に制御する問題に帰着することができる。つまり以下のようにモデル式が書ける。

$$C(x) \rightarrow \min$$
$$\text{subject to}$$
$$h(x) \le E$$

ここで対策をｘとし（ただし一つの対策のための複数の施策を考慮にいれｘはベクトルであるとする）ｈをこの対策に対する氾濫流の特性とし、E は避難可能な氾濫条件（ただし氾濫条件は複数考えられるのでベクトルであるとする）である。C は対策ｘに必要とされる費用を表す。ｈは具体的に氾濫原の各地点における浸水深や流速であり、氾濫シミュレーションによって求められる。

2.5　スパイダーグラフを用いた治水計画の考え方

従来の考え方では氾濫外力は主に浸水深で考えられていたが、ここでは浸水頻度、浸水時間、氾濫流到達時間、最大流速そして最大浸水深の５つの要素を用いて考えてみる。例えば、浸水頻度の場合１/10 ならレベル１、2/10 ならレベル２、3/10 ならレベル 3、4/10 ならレベル 4、5/10 を超えるものはレベル５といったようにして５段階にレベル分けする。そして先述した５つの要素にかんしてもそれぞれ５段階にレベル分けして考える。また氾濫原における考え方は、氾濫原をいくつかのブロックに分割して考える。その１つを例として、表したものをスパイダーグラフとして図化したものを以下に示す。

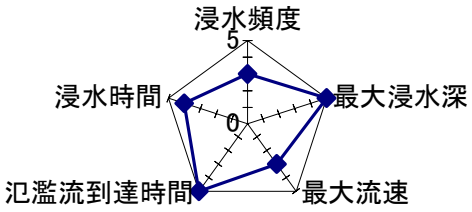

図　　氾濫外力レベル

次にソフト対策を含む氾濫原対策を行うことで生じる耐水力も同様に５つの要素を５段階に分けてスパイダーグラフで考える。被害も同様にスパイダーグラフで表す。ここで氾濫外力レベルと地先の耐水力レベルから各ブロックの被害レベルを求め、そこから流域の被害レベルを評価する。各ブロックの被害レベルが最適な形で低減するような外力に対して治水力が作用した後に生じる氾濫外力メニューと耐水力メニューの組み合わせを求めるという方法をとれば、複雑で具体的に求めることが困難とされる関数を求める必要がないという利点がある。最適化の手法として遺伝的アルゴリズムの利用が考えられる。

3　結論　　本研究ではソフト対策とハード対策を洪水流対策と氾濫原対策にわけて考えを進めた。また現段階では準備段階として氾濫原での被害を人的被害のみに着目してモデル式を提案した。次にスパイダーグラフを用いた治水計画の考え方についてふれた。

参考文献

[1]高棹琢馬、椎葉充晴、堀智晴：住民意識の変化過程を考慮した水害避難モデルの設計、1993.

[2] 高棹琢馬、椎葉充晴、堀智晴：住民意識を考慮した水害避難行動シミュレーションモデルの開発、水文･水資源学会　1991 年度研究発表会要旨集、1991、pp330－333.