

計画降雨パターンを考慮した治水施設整備計画問題に関する実験的考察

京都大学工学部	土木工学科	正員	吉川和広
京都大学工学部	土木工学科	正員	春名 攻
京都大学大学院	土木工学科	学生員	渡邊泰也
京都大学大学院交通土木工学科		学生員	○田井中靖久

1. はじめに

近年、都市化流域における水害の発生危険度やダメージポテンシャルの増大にともない、都市防災という観点からの治水計画問題は重要な課題となってきた。このため、治水防災水準の向上をめざして、ひとつの計画降雨がもたらす流出状態に対して治水施設を災害の少なくなるように計画をするという方法がとられてきた。ところがこの計画降雨の設定方法に関して計画理論的に見ていくつかの問題がある。その問題の一つが、一つの計画降雨のみを対象とする治水施設計画問題の論議で良いのかという疑問である。つまり、われわれはいろいろな降雨パターンに対して一定の治水安全度を確保するような治水施設の整備の必要性を考え、これらの降雨パターンを十分考慮した計画代替案の合理的な設計方法の開発が重要であると考えたのである。そこで本研究では、これらの観点から以下に述べるように猪名川流域の配置・規模決定問題を対象として、ハイブリッド型治水計画モデルを用いて、複数の降雨パターンを考慮した代替案の設計方法の開発を試みることにした。そして、実証分析を通して本方法の有効性の検証を行なった。

2. ハイブリッド型治水計画モデルの構成と概要

本研究では、洪水被害現象の再現を行なうシミュレーションモデルと、計画目的を追求するための最適探索モデルとを混成して、ハイブリッド型計画モデルを作成しており、その構成は図-1に示すようである。すなわちこのモデルは、まず各施設の施設規模の代替案をシミュレーションモデルに

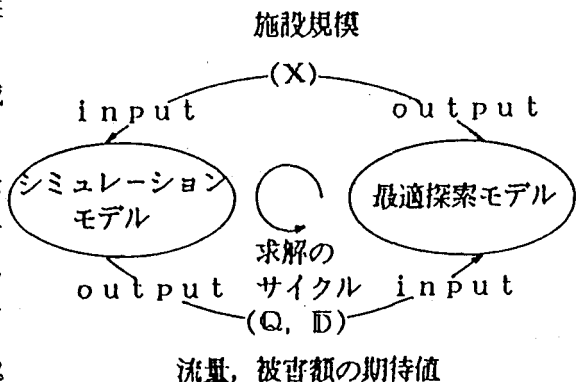


図-1 ハイブリッド型治水計画モデルの構成

入力し、それに対応する目的関数値や制約条件値を出力し、それを考慮して最適化手法によってよりよい各施設の施設規模の代替案を設計し、その代替案を再びシミュレーションモデルに入力するというサイクルを繰返すことによって、最適な施設規模の代替案を設計しようとするものである。またハイブリッド型治水計画モデルの最適探索モデルで用いる最適化手法は、コンプレックス法を用いることにした。そして本研究の主題である複数の

Kazuhiro Yosikawa Mamoru Haruna Yasunari Watanabe Yasuhisa Tainaka

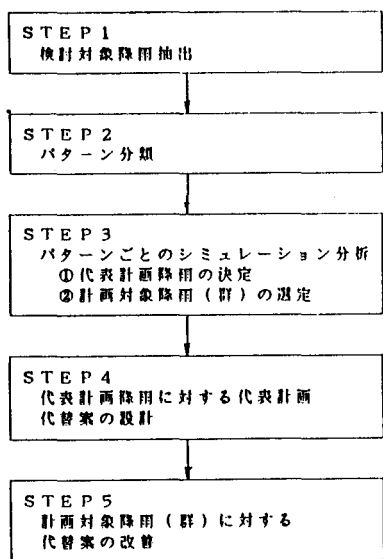


図-2 降雨に対する代替案の検討プロセス

計画降雨を対象とする議論では、このモデルを用いることとする。
3. 降雨パターンを考慮した代替案設計プロセスに関する検討

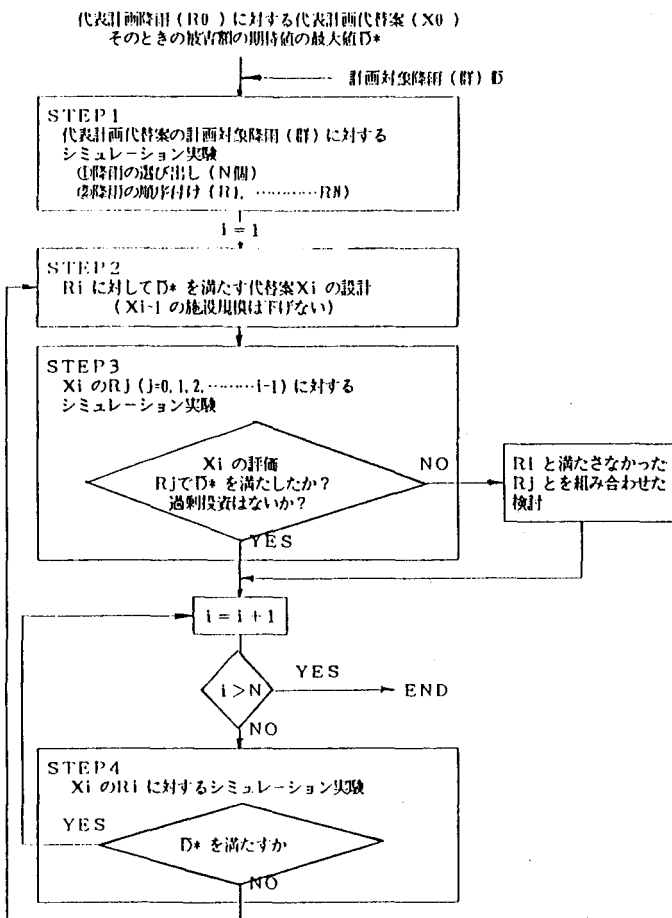


図-3 降雨の多様性を考慮した代替案の設計プロセス

分析について説明を加えるにあたって、まずモデル分析の方法について簡単に述べておくこととする。ハイブリッド型治水計画モデルは、目的関数値や制約条件値をシミュレーションモデルの出力値として表現するため、関数形が明らかでないので最適化手法は、非線形の問題にも対処できる方法である必要があるが、一般の非線形問題は局所解という問題があり、全域的な最適解を少数の探索によって得られる保証がない。従って、出力結果の動向を的確に把握してできるだけ効率的に最適解に接近していく方法をとる必要がある。またいろいろな降雨パターンに対して治水安全度を確保する治水施設を構築する必要があるため、複数の降雨を合理的・効率的に考慮できる方法をとる必要がある。

そこで、本研究では図-2に示す方法を用いることとした。すなわち、まず対象流域の降雨の中から検討対象降雨を抽出し、ついでこの検討対象降雨をパターン分類する。そして各パターンごとのシミュレーション分析を行ない、計画対象降雨（群）を選定するとともに代表計画降雨の決定を行ない、代表計画降雨に対する代表計画代替案の設計を行なう。そして最後に計画対象降雨（群）に対する代替案の改善を行ない、降雨パターンの変化を考慮した代替案を設計する方法である。特に計画対象降雨（群）に対する代替案の改善は、いろいろな降雨パターンに対して治水安全度を確保する治水施設を合理的・効率的に構築

する上で欠くこと出来ないものであり、そのプロセスを図-3に示した。すなわち代表計画代替案の計画対象降雨（群）に対するシミュレーション実験を行ない、治水安全度が代表計画降雨よりも低い降雨を選定し、それら降雨に対して順序付けを行なう。ついでそれら降雨に対して代表計画降雨の治水安全度を確保するような代替案を順次作成し、その代替案が代表降雨とそれまでに検討した降雨に対して、代表計画降雨の治水安全度を確保しているかを検討する。そして選定されたすべての降雨に対してそのようなプロセスを順次行なうことを通して、いろいろな降雨パターンに対して治水安全度を確保する治水施設を合理的・効率的に構築する方法である。

4. 実験的検討

表-1 降雨パターンの分類

本研究では、大阪府と兵庫県境を流れる淀川の一支出である猪名川流域を対象として実験的検討を行なった。猪名川流域は、都市化の進展によって治水安全度が低下しているにもかかわらず、都市化の進展に比して治水施設の整備が遅れている流域である。本研究では、当流域の治水施設の配置・規模決定問題を、被害額の期待値を評価尺度とする費用制約下の最大成分最小化問題として規定し、定式化した。ここで、費用制約下の問題であるから費用と効果の関係に着目し、予め費用に対する効率を求めておくことが有効であると考えられるので本研究では施設規模を各施設への投資額で表現することとした。

以下に、図-2のプロセスに従って行なった分析の一部を示す。まず昭和25年から昭和61年までの36年間の降雨の中から降雨観測点の半数以上で 50mm^3 の降雨のあった97降雨を検討対象降雨として抽出した。ついで総降雨量を考慮してクラスター分析を用いて降雨パターンの分類（表-1）を行ない、各降雨パターン代表降雨に対するシミュレーション実験結果より、計画対象降雨として降雨の引き伸ばし倍率が2.5倍以内の12降雨を選定するとともに、その選定された12降雨の中からシミュレーション実験による現況分析の結果を考慮して47年9月型降雨を代表計画降雨とすることとした。そこで47年9月型降雨を用いて、代表計画代替案の設計を行ない総費用をパラメータとするパラメトリック分析を行ない、その一部を表-2に示した。そしてその中から総費用300億円の場合について、降雨パターンを考慮した代替案の改善を行なうこととした。そこでまず代表計画代替案のシミュレーション実験を通して、代表計画降雨の治水安全度を確保していない6降雨を、降雨パターンを考慮した代替案の改善検討

降雨パターン	降雨の空間分布	降雨の時間分布	個数	代表降雨
1-1	本川上流域・余野川流域で降雨が多い	前方集中型	4	36年 9月16日
1-2		中央集中型	6	60年 6月24日
1-3		後方集中型	4	42年 10月26日
2-1	本川上流域・一階大階次川流域で降雨が多い	中央集中型	3	53年 6月15日 28年 9月23日
2-2		後方集中型	2	43年 8月20日
3-1	一階大階次川流域・余野川流域で降雨が多い	前方集中型	1	53年 9月15日
3-2		中央集中型	7	54年 9月30日 77年 8月16日
3-3		後方集中型	4	57年 7月31日
4-1	本川下流域・余野川流域で降雨が多い	前方集中型	1	50年 8月 6日
4-2		中央集中型	6	32年 6月26日
4-3		後方集中型	4	42年 7月 8日
5-1	余野川流域で降雨が多い	前方集中型	1	55年 10月18日
5-2		中央集中型	4	44年 6月25日
5-3		後方集中型	5	50年 8月22日
6-1	本川下流域で降雨が多い	前方集中型	1	51年 10月 8日
6-2		中央集中型	3	50年 7月 3日
6-3		後方集中型	6	40年 5月26日
7-1	本川下流域で降雨が少ない	中央集中型	4	34年 9月26日 35年 6月21日
7-2		後方集中型	2	55年 8月12日
8-1	流域で平均的に降雨がある	前方集中型	6	34年 8月12日
8-2		中央集中型	9	47年 7月11日 71年 6月17日
8-3		後方集中型	13	58年 9月14日

表-2 代表計画代替案設計結果

300連	猪名川 DUM	多田 遊水地	多田 改修	川西・池田 改修	支川 改修	総投資額	目的 院数値	(単位 100万円/年) (単位m ³ /s)			
								各地区の被差額の期待値			
								多田地区	川西・池田地区	支川地区	総量
近似曲面上の解	3262.56	0.00	9686.16	12037.80	4924.09	29910.61					
近似曲面上の解のシミュレーション	3262.56 (1384.61)	0.00 (0.00)	9686.16 (1166.25)	12037.80 (1936.11)	4924.09 (1.02)	29910.61	736.87	597.86	736.87	317.02	2690.09
ハイブリッド型計画モデルの初期解	3250.00 (1385.00)	0.00 (0.00)	8700.00 (967.80)	11450.00 (1811.64)	4797.47 (1.00)	28197.47	1446.68	1027.74	1446.68	394.97	2591.28
ハイブリッド型計画モデルによる解	4512.32 (1356.35)	2.06 (85.41)	9163.64 (1059.36)	11534.00 (1829.21)	5084.95 (1.04)	29999.97	840.06	646.65	840.06	299.84	2595.63
解近傍の改善値	4405.00 (1350.86)	0.00 (0.00)	9161.00 (1058.84)	11636.52 (1850.75)	4797.47 (1.00)	29999.99	779.69	641.43	779.69	394.97	2599.81

降雨とした。ついでその 6 降雨について 百万円

順序付けを行ない、代表計画降雨の治水安全度を確保するような代替案を順次作成し、その代替案が代表降雨とそれまでに検討した降雨に対して、代表計画降雨の治水安全度を確保しているかを検討し、図-4 に示すような結果を得た。これらの結果から図-3 に示した計画対象降雨に対する代替案の改善プロセスは、総費用の増加を最小にしつつ治水安全度を確保するような施設配置を求めることができ、図-2 に示した降雨パターンを考慮した代替案設計プロセスによって合理的・効率的に代替案を設計することが出来ることが明らかになったと考えた。従ってこの検討を通して本方法を用いたハイブリッド型治水計画モデルによる代替案の設計方法は、降雨パターンを考慮した治水施設の配置・規模決定問題に対して有効な方法であることがわかった。

5. おわりに

本研究では、降雨パターンを考慮した 図-4 降雨パターンの増加による代替案の変化ハイブリッド型治水計画モデルを用いた代替案の設計方法を提案して、実験的検討を加え、まずまずの成果を得た。しかし降雨パターンの分類に関しては、まだまだ空間的分類が不十分である。つぎに計画対象降雨に対する代替案の改善については、モデルの運用方法や計画降雨の取り扱いについて、検討を加えておく必要があると考えられる多くの事項を残している。今後それらについてより詳細な検討を加えてより充実したものにしていきたいと考えている。

