

台北市での雨水ポンプ運転支援システムの実証試験

Field Test and Verification of Operational Support System for Urban Drainage at Pumping Station in Taipei

平山 浩太郎 片山 恭介 新山 雅永

■ HIRAYAMA Kotaro ■ KATAYAMA Kyosuke ■ NIITYAMA Masanaga

大型化した台風などによる集中豪雨は都市部を中心に浸水災害を引き起こし、その被害は全世界で深刻化している。集中豪雨による都市の浸水被害を防ぐため、効果的な雨水対策システム技術の開発が求められている。

東芝はこれまで、計測・制御システム技術を基盤として、雨水ポンプ場をはじめとする雨水対策施設を効率的に運用する様々な雨水対策システム技術を開発してきた。今回、日本と同様に都市型水害への対策を進める台北市(台湾)で、都市型水害対策に関する研究を台湾世曦工程顧問会社と共同で行った。この研究では実証試験を通じて、ファジィ推論を用いた雨水ポンプ運転支援システムが都市型水害リスクにつながる水位上昇の抑制に有効で、より人間の感覚に近い制御を提供できることを確認した。

The risk of urban flooding is increasing throughout the world. To prevent urban flooding caused by heavy rainfall, there is a strong need for the development of efficient urban drainage technologies.

Toshiba has been developing various systems and technologies in the field of supervisory control and operational support systems for drainage pumping facilities based on its accumulated measurement and control system technologies. In cooperation with CECI Engineering Consultants, Inc., we have performed joint research for an operational support system for drainage pumps at a pumping station in Taipei. Through field tests, we confirmed that the operational support system for drainage pumps is effective in controlling the rise of water level associated with flood risk, and that fuzzy control is equivalent to manual control by experienced operators.

1 まえがき

近年、大型化した台風や、ヒートアイランド現象などによって発生するとされる局地的集中豪雨の影響で、浸水災害が頻発している。都市部では市街地化や道路の舗装化に伴い雨水が地面に浸透せず、都市型水害を引き起こし問題となっている。この対策のためには、下水道管や雨水排水ポンプ施設を増強し、また、雨水滞水池や大規模な地下貯留施設を建設して、それらを有効に活用することが不可欠である。

東芝はこれまで、国内を中心に都市型水害対策施設の有効活用を図るために、雨水排水ポンプ施設の運転支援などのシステム及び技術を開発してきた。また、雨水対策に対するニーズは、国内だけでなく海外、特に都市化の著しい東南アジア地域でも高い。

そこで当社は、台湾世曦工程顧問会社(CECI Engineering Consultants, Inc.:以下、CECIと略記)との共同研究として、集中豪雨の多発する台湾の台北市で、都市型水害対策に関する研究を行ってきた。この共同研究では、当社が開発した雨水ポンプ運転支援システムを台北市のポンプ所に導入し、実際の集中豪雨発生下で実証試験を行った。

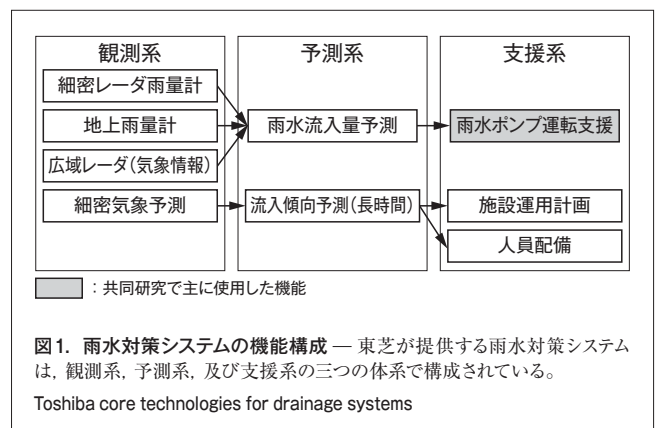
ここでは、台湾を襲った台風13号(Sinlaku)による記録的豪雨下での実証試験結果とその評価について述べる。

2 雨水対策システムの概要

都市型水害対策のためには、地下貯留施設などの建設に代表される雨水滞留機能と、雨水排水ポンプ施設の増強などによる雨水排水機能の強化が有効である。しかし、これらの建設には多大な資金と長い建設期間を要する。

そこで当社は、既存の施設を最大限に有効活用するために、計測・制御技術、シミュレーション技術、予測技術、及び最適化技術などを基盤として、雨水対策システム技術を開発してきた。

当社が提供する雨水対策システムの機能構成を図1に示



す。観測系では、細密レーダ雨量計や地上雨量計、広域レーダや細密気象予測により、降雨の状況を把握する。予測系では、観測系で得られた降雨情報から、地上にある雨水対策施設への雨水の流入量を予測する。支援系では、予測系で得られる雨水流入量予測の結果に基づき、雨水ポンプの運転支援情報や施設運用計画、防災関係機関の人員配備支援情報などを提供する。

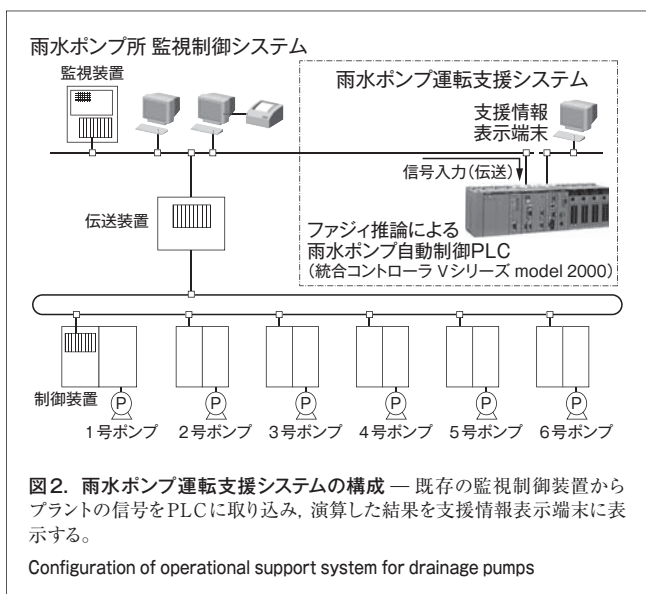
3 台北市での実証試験

台北市は台北盆地の中央に位置しており、市内を流れる淡水河の河口が海水の満ち干の影響を受けやすいことから、地理的に洪水が発生しやすい。加えて、台風の進路に位置することから降雨が多く、市街地は高度に都市化されているため、都市型水害対策へのニーズが高い。

当社とCECIは、台北市の都市型水害対策に関する共同研究で、台北市の雨水ポンプ所に雨水ポンプ運転支援システムを導入し、集中豪雨下での実証試験を行った。実証試験の目的は、ファジィ推論を用いた雨水ポンプ制御が浸水防除に有効であるかと、この制御が大雨時の運転員の経験に基づく運転判断に合致するかの二つを確認することである。

3.1 雨水ポンプ運転支援システムの構成

雨水ポンプ所に導入した雨水ポンプ運転支援システムの構成を図2に示す。計測と制御の中心となる雨水ポンプ自動制御システムを構成するPLC (Programmable Logic Controller) には統合コントローラ Vシリーズ model 2000を採用し、プラントの信号を既存の監視制御装置から取り込み、システムを構築した。また、このシステムは日本で納入実績のある同種システムの設計手法を活用したうえで、当社がシステム設計を行い、中国にある広州東芝白雲自動化システム有限公司で製造した。



3.2 ファジィ推論を用いた雨水ポンプ制御方式

雨水ポンプ運転支援システムは、支援情報表示端末に出力される図3に示すようなポンプ運転ガイダンスに沿って、運転員がポンプを操作するシステムである。ここでは、その核となるファジィ推論を用いた雨水ポンプ制御方式について述べる。

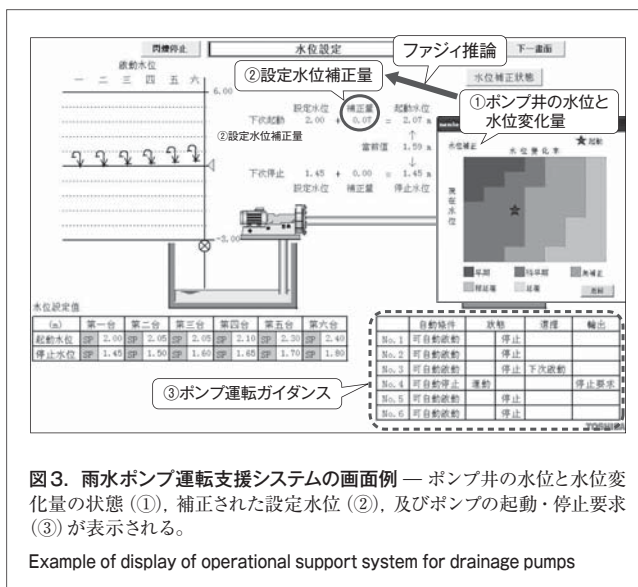


図3. 雨水ポンプ運転支援システムの画面例 — ポンプ井の水位と水位変化量の状態 (①)、補正された設定水位 (②)、及びポンプの起動・停止要求 (③) が表示される。

Example of display of operational support system for drainage pumps

従来の雨水ポンプ所の自動制御では、ポンプ井 (せい) の水位計測値が設定水位に達したときにポンプの起動又は停止を行う設定水位制御が一般的である。しかし、ポンプ所への雨水流入量は降雨状況により大きく変化するため、大雨時には運転員の手動介入運転が必要となる場合も少なくなかった。このとき運転員は、過去の経験を生かして降雨状況やポンプ井水位の高低、水位上昇の速さなどを判断し、安全面を重視した浸水防除のためのポンプ運転を行うことが多い。

このような人間の感覚を制御規範として表現する方法の一つにファジィ推論がある。当社は、雨水ポンプ所の規模や構造に応じてあらかじめ決められた雨水ポンプの起動・停止設定水位を、リアルタイムで補正する雨水ポンプ自動制御システムを開発している⁽¹⁾。このシステムは、ポンプ井の現在水位と水位変化量を入力とし、ファジィ推論によって設定水位補正量を計算し制御すること (以下、ファジィ制御と略記) を特長とする。先に述べた経験的な制御則と同様の考え方に基づいて、運転員にも受け入れられやすいという利点がある。

3.3 実証試験結果

実証試験は2008年9月13～15日に行った。この3日間で、台北市では台風により約600 mmの記録的な降雨量が観測された。

実証試験中は、運転ガイダンスに基づくポンプの運転が、記録的集中豪雨下でもポンプ井水位を浸水に対して安全に保ち、ハンチング (短い周期でのポンプの起動と停止) もなく安

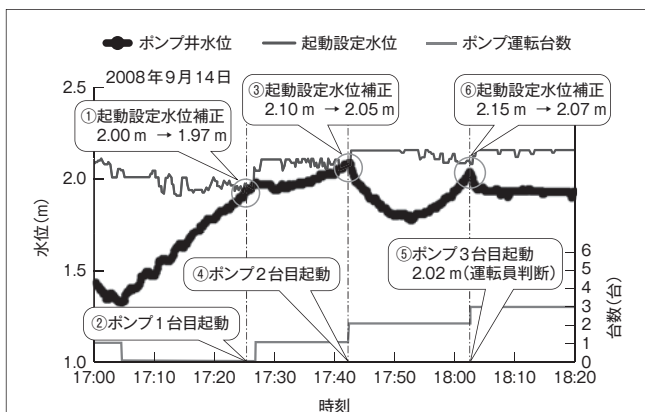


図4. 実証試験結果の一例 — ポンプ起動の設定水位を補正しながら、運転ガイダンスでポンプ起動指令を出力するときの起動設定水位(①、③)は、運転員の判断によるポンプ1台目、2台目の起動と一致したが(②、④)、ポンプ3台目の起動時(⑤)には、ポンプ起動指令を出力するまで補正できなかった(⑥)。

Results of field test

定していることを確認した。

実証試験結果の一例を図4に示す。1～2台目のポンプの初期起動では、運転支援システムによる運転ガイダンスは運転員の判断と合致した。しかし、3台目のポンプについては運転ガイダンスと運転員の判断が合致せず、運転員の判断により運転した。この結果から、運転ガイダンスを運転員の判断に更に近づける必要があることがわかった。

3.4 ファジィ推論を用いた雨水ポンプ自動制御の評価

実証試験結果を受け、運転ガイダンスが運転員の判断にいつそう近づくように、ファジィ推論のルールテーブルなどのパラメータを調整した。次に、図4と同じ検証期間のシミュレーションにより、ファジィ制御の有効性を評価した。

3台目に起動したポンプについて、ファジィ制御により補正された起動設定水位を、パラメータ調整前後と比較して図5

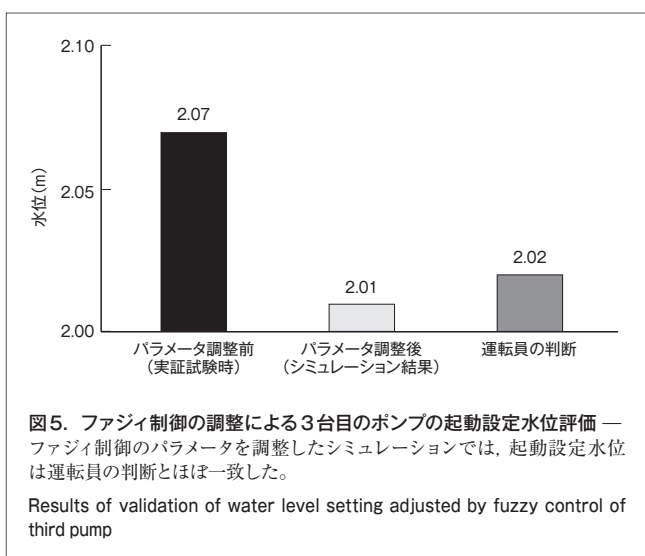


図5. ファジィ制御の調整による3台目のポンプの起動設定水位評価 — ファジィ制御のパラメータを調整したシミュレーションでは、起動設定水位は運転員の判断とほぼ一致した。

Results of validation of water level setting adjusted by fuzzy control of third pump

に示す。浸水リスクに直結する水位上昇を抑制する方向に制御が働くことから、ファジィ制御は浸水防除に有効であると言える。また、パラメータ調整後のシミュレーションでは、起動設定水位が2.01 mとなり、実証試験時の運転員判断による3台目起動時のポンプ井水位2.02 m付近まで下げることができた。すなわち、ファジィ制御は、ポンプ井水位に基づきポンプの起動と停止を行う運転員の経験的な判断を再現できるものと評価できる。

4 あとがき

ここでは、日本と同様に都市型水害対策に力を入れる台湾でのCECIとの共同研究の成果として、記録的集中豪雨下での雨水対策システムの実証試験結果について述べた。今回の実証試験では、ファジィ推論を用いた雨水ポンプ運転支援システムが都市型水害リスクにつながる水位上昇の抑制に有効で、かつ人間の感覚に近い安定した制御を提供することができていることを確認した。これにより、雨水ポンプ運転員の負荷軽減や省力化が期待できる。

今後、雨水対策システム技術の開発を進めながら実証例を増やすことで、より確かな雨水対策システムを構築して、都市型水害に悩むより多くの地域に提供し、安心して暮らせる社会づくりに貢献していきたい。

文献

- 長岩明弘, ほか. ファジィ制御を応用した雨水ポンプ制御システムの実用化. 電気学会論文誌. 121-D, 4, 2001, p.468-475.



平山 浩太郎 HIRAYAMA Kotaro

社会システム社 水・環境システム事業部 水・環境システム海外営業部。水・環境システムの技術営業及び雨水対策システムの研究・開発・エンジニアリング業務に従事。
Water and Environmental Systems Div.



片山 恭介 KATAYAMA Kyosuke

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 社会システム開発部主務。水・環境システムの研究・開発に従事。情報処理学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



新山 雅永 NIJIYAMA Masanaga

広州東芝白雲自動化系統有限公司 総工師。プラント監視制御システムの開発・設計・製造に従事。
Guangzhou Toshiba Baiyun Control System Engineering Co., Ltd.