

대구시 D-22-89 배수 구역의 부정류 해석연구

○이종필¹⁾·김형근²⁾·김상현³⁾·이현동⁴⁾

1. 서론

관수로내의 흐름이 펌프의 가동과 정지, 밸브의 개폐 등에 의해 발생하는 수격현상은 관로 내 각종 시설물들을 파괴하여 상당한 피해를 야기 시키는 원인이 되고 있다. 관의 파열로 인한 누수, 부압 발생으로 인한 좌굴 등을 고려한 안정적인 시스템 구축과 유지관리비의 절약을 위해서는 부정류 해석을 통한 천이 흐름을 고려한 관망 관리가 필수적이다. 본 연구에서는 부정류 해석을 위해 개발된 프로그램을 대구시 산격동지역의 D-22구역의 89번 배수구역의 관망에 적용하여 실용성을 평가하였으며, 해석의 결과 및 실제 관망에 대한 부정류 해석에 따르는 문제점에 대하여 고찰하였다.

2. 부정류 해석방법

2.1 부정류 해석 코드의 개발

특성선방법(MOC)은 미소공간축과 미소시간축의 비가 충격파의 속도로 정의된 특성선상에서 운동량방정식과 질량보존방정식을 결합하여 유한차분형태의 적분을 통해 임의의 지점의 수압과 유량을 구할 수 있는데, 이런 방법을 이용하여 부정류 해석 코드를 개발하였다. 그림1은 부정류 해석 프로그램의 Flow-chart를 보여 주는 것으로써, 초기에 input data를 입력 받은 후에 계산을 수행하기에 앞서, 프로그램의 안정성을 위한 적절한 courant수를 정하게 된다. 결정되어진 courant수에 따라 가상으로 관을 절단하여 입력된 관망을 다시 재구성한다. 이렇게 재구성된 관망 자료를 특성선 방법과 적절한 보간 방법에 의해 각 지점의 수압과 유량을 계산하게 되며, 밸브,에어 챔버, 펌프등과 같은 수리구조물이 설치된 경우는 부프로그램을 이용하여 계산이 이루어진다. 부정류 해석코드는 초기 시작시간에서 시간간격 dt 동안 시간이 증가되면서 반복계산을 수행하게 된다.

-
- 1) 부산대학교 환경공학과 석사과정
 - 2) 부산대학교 환경공학과 석사과정
 - 3) 부산대학교 환경공학과 조교수
 - 4) 한국건설기술연구원 책임연구원

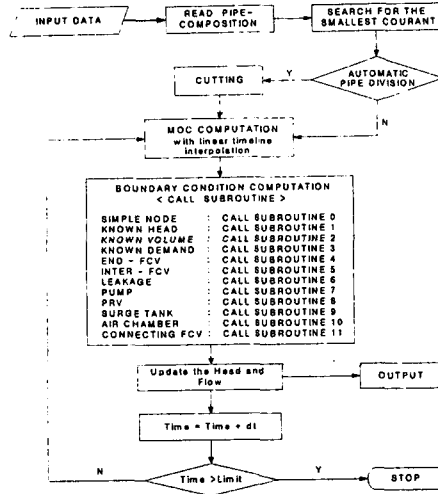


그림 1. 부정류 해석 프로그램 Flow-chart

2.2 대구시 89번 배수구역 적용사례

2.2.1 적용지역 및 적용자료

관망해석에 적용된 지역은 대구 지역중에서 D-22번 중구역의 89번 소구역으로서, 598개의 pipe와 580개의 절점으로 구성된 구역이며, 배수관망의 총 연장은 2817.6m이며, 관말의 급수전은 289개로 구성되었다. 구역 내의 사용된 관의 제원 및 성상은 표 2에 나타난다.

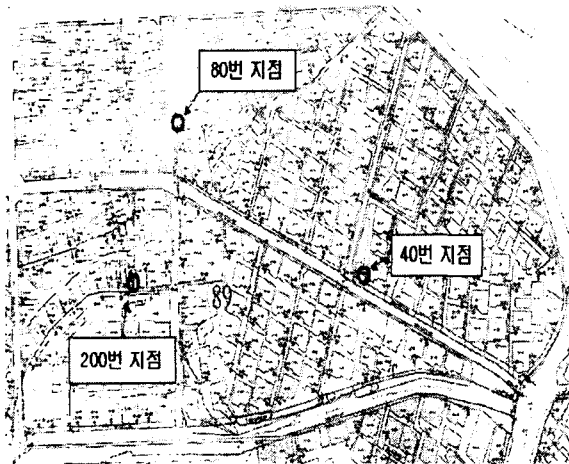


그림 2. 89번 소구역도

관경(mm)	관길이(m)	관재질
200	497	DTC
150	34	DTC
100	647.8	DTC
80	1015.6	DTC, PFP
50	238	PFP, EPS
40	299.8	PFP, EPS
25	59.4	STS
13	26	
Total	2817.6	

표 1. 89번구역의 관망 제원

표1에서 DTC는 덕타일주철관, PFP는 폴리에틸렌강관, EPS는 폴리스티렌계수지관, STS는 스테인리스관을 말

한다.

2.2.2 적용결과

각각 관로에 대한 초기조건의 결정이 난해하여 가정 값을 주고 정상상태로 수렴되어 가는 과정을 특성선 방법에 기초한 천이류 해석을 수행하였으며. 모의의 적용조건은 유입부에 설치되어있는 압력계의 압력을 경계조건으로 지정하였으며, 수요 지점의 유량산정은 대구시 상수도 사업본부의 통계에는 2000년도 평균 1인당 하루 물 사용량은 $382\ell/\text{일}\cdot\text{인}$, 2001년도의 평균 1인당 하루 물 사용량 $378\ell/\text{일}\cdot\text{인}$ 이다. 따라서, 부정류 해석 프로그램의 유량 입력값으로는 $370\ell/\text{일}\cdot\text{인}$ 을 사용하였다. 각각의 급수전(node)의 사용 인구를 알 수가 없었기에 임의적으로 한 급수전 당 20명으로 가정하였으며, 89번 구역 내의 급수전의 수는 289개로 나타났다. 이러한 가정을 통해서 나타난 급수전 하나의 유량 및 89번 구역으로 들어가는 총 유량은 $370\ell/\text{일}\cdot\text{인}$ 에 한급수전당 사용인구인 20인을 곱하면 $0.000086\text{m}^3/\text{s}$ 로 나타나며, 89번 구역으로 들어가는 총 유량은 $0.000086\text{m}^3/\text{s}\times 289=0.024854\text{m}^3/\text{s}$ 로 가정하였다.

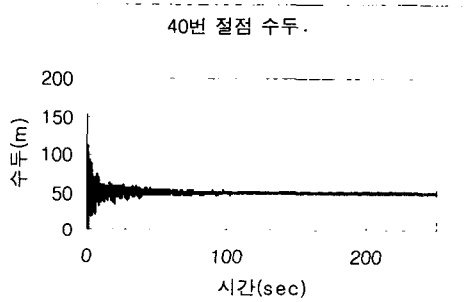


그림 3. 40번 절점의 수두변화

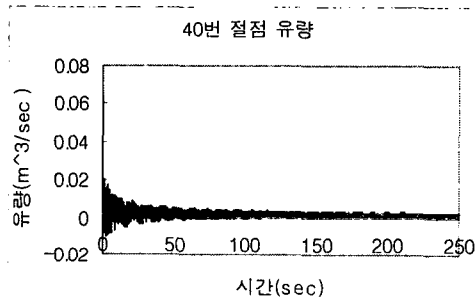


그림 4. 40번 절점의 유량변화

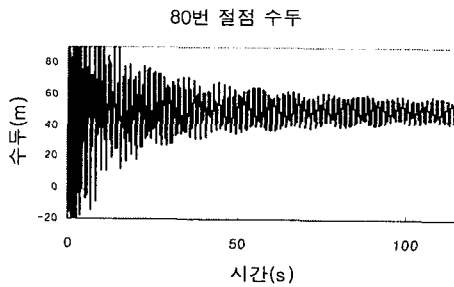


그림 5. 80번 절점의 수두변화

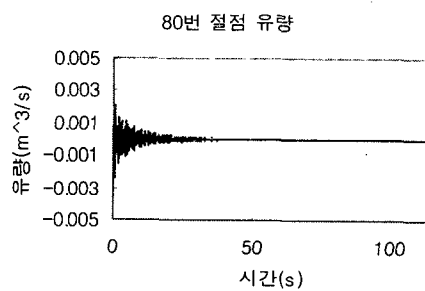


그림 6. 80번 절점의 유량변화

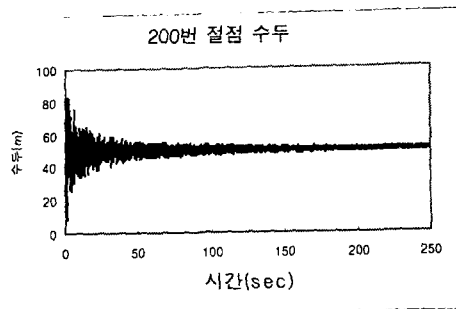


그림 7. 200번 절점의 수두변화

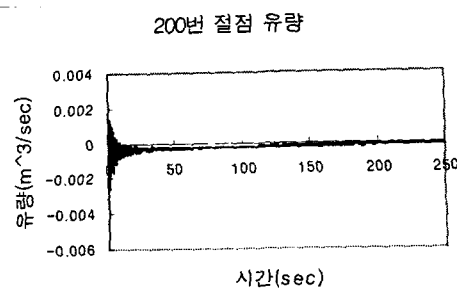


그림 8. 200번 절점의 유량변화

그림 3와 그림 5, 그림 7에서 보는바와 같이 80번 절점의 수두변화가 40번, 200번의 절점보다는 많이 발생함을 볼 수가 있다. 이는 80번 절점지점이 유입유량의 변화에 대해 더 민감하게 반응함을 예상할 수가 있다. 빈번한 수두변화로 인하여 관의 피로 강도가 더해져서 관 파손 등으로 인한 누수와 같은 문제가 발생할 가능성이 더 많음을 관망해석을 통해서 알 수가 있으며, 또한 수두변화의 현상이 두가지 패턴으로 나타남을 알 수 있으며, 이는 80번 절점 수두에 영향을 주는 요인은 유입유량만이 아니라 다른 영향 요소가 존재함을 예상할 수가 있다. 40번 절점의 수두변화가 빠른 시간 내에 수렴하는 결과를 보이는 것은 유입부의 일정한 압력으로 인해 압력변화가 빠르게 수렴하는 결과를 보이는 것 같다. 그림 4과 그림 6와 그림 8에서 보는바와 같이 유량이 유입되는 지점에 가까운 40번 절점의 유량변화가 다른 지역과 비교하여 심한 것을 볼 수 있다. 이런 결과는 유량변화에 대해 40번 절점이 민감하게 반응을 한다고 볼 수 있다. 유입지점에서 가장 먼 곳에 있는 200번 절점보다 80번 절점의 유량 변화의 수렴속도가 더 빨랐으며, 이는 유입유량에 따른 민감도가 가장 떨어지는 결과를 보인다. 이런 결과는 80번 절점지점의 유량은 정체의 가능성이 보이며, 정체에 따른 수돗물의 2차오염이 발생할 수 있다는 예상할 수가 있다.

3. 결론

부정류 해석 프로그램을 이용하여, 대구시 D-22-89번 구역의 부정류 해석을 수행하였으며, 전 구역에 대한 해석을 수행하였다. 해석을 통해 얻어진 수압과 유량 자료를 이용하여 관내의 수압 및 유량 변화 경향을 알아보았으며, 이런 자료를 바탕으로 관 파손 등에 의한 누수 발생지점을 예상하여, 관 파손과 같은 사고들을 미연에 방지 할 수가 있다. 배수구역을 부정류 해석프로그램을 이용해서 분석하는 데는 입력 자료가 방대하여 입력 자료를 만드는데 상당한 어려움이 있으며, 실제 자료의 부족으로 인한 가정들은 시스템분석의 정확성을 저하시키는 것을 생각된다. 분석을 실행 하는 데에도 PC용량의 한계로 인한 많은 시간이 소요되었다. 그러나, 실제 관망을 제어하기 위해서 필요한 실시간 모의의 관로제어에 대한 잠재성을 도출하였으며, PC용량의 증대와 병렬계산을 시행 하는 등의 여러 가지 보완이 필요한 것으로 판단된다.

감사의글 :본 연구는 환경부의 “차세대핵심환경기술개발사업(Eco-technopia 21 project)”으로 지원받은 과제입니다.

4. 참고문헌

대구광역시 상수도 사업본부 '2001년 상수도 급수현황' <http://www.daegu.go.kr/water/급수현황/index.html>