

FLDWAV 모형의 소개

(미국 기상청(NWS)의 FLDWAV 워크샵을 다녀와서)

김 원

(한국건설기술선임연구원 수자원연구실)

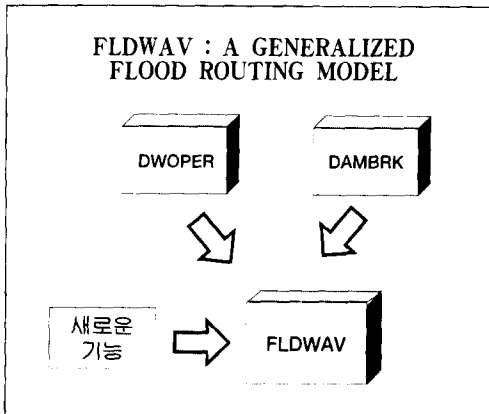
FLDWAV 모형은 미국 기상청의 Fread 박사가 최근에 일차원 하천흐름 모형인 DWOPER과 댐과괴과 해석모형인 DAMBRK를 합하고 새로운 기능을 추가해서 만든 모형이다. 필자가 DWOPER 모형을 처음 접한 것은 석사논문을 준비하면서이다. 그때만 해도 우리나라에 소개된 일차원 하천흐름 모형은 몇 개에 불과했고 그나마도 신뢰성 있게 사용할 수 있는 것은 많지 않았다. 그중 하나가 DWOPER 모형이었다. 계산의 안정성, 초기조건의 계산, 다양한 상하류경계조건, 다양한 형태의 하천에 적용할 수 있는 점 등으로 인해 여러 나라에서 사용된 적이 있었고 우리나라에서도 여러 연구에서 언급되고 있었다. 그 때부터 이 모형과 인연을 맺기 시작해 지금까지 사용하고 있고 얼마 전에는 실시간 홍수예측에 적용한 적도 있다. 현재에도 이 모형을 또 다른 구간에 적용하

기 위한 작업을 진행중이다. 얼마 전에는 우연치 않게 FLDWAV 모형의 베타테스트를 실시할 수 있는 기회가 있어 나름대로 테스트를 해서 보내준 적도 있다. 이런 인연과 하천흐름모형에 대한 관심, 연구과제에서의 필요성 때문에 지난 11월 4일부터 11월 8일까지 미국 미네소타주 미니애폴리스의 한 호텔에서 열린 FLDWAV 모형 워크샵에 같이 근무하고 있는 김양수 박사와 함께 참가하게 되었다. 이 워크샵은 FLDWAV 모형의 최종 발표를 앞두고 DWOPER, DAMBRK 모형의 사용자 또는 이 모형에 관심있는 사람들을 대상으로 열린 것이다. 이 워크샵의 참가비는 1인당 \$150(숙식비 제외)이었으며 정기적인 워크샵이 아니기 때문에 언제 다시 개최될지는 알 수 없다.

FLDWAV 모형은?

FLDWAV란 모형이 처음 책이나 논문에 소개된 지는 이미 10년이 넘게 지났다. 지난 해에는 베타테스트를 실시하면서 '95년 11월에 최종판을 발표하겠다고 하였으나 아직까지 최종판은 발표되지 않은 상태이다. 이번에 열린 워크샵도 지난 8월에 개최하기로 하였었으나 3개월 가량 연기되어 11월에 개최되었다. 이 모형의 개발자인 Fread 박사는 이미 10년 전에 모형을 개발한다고 하였는데 이제서야 발표를 하게 되었다는 말로 워크샵을 시작하였다.

FLDWAV 모형은 미국 기상청(NWS) Hydrologic Research Laboratory의 Fread박사가 1978년에 발표한 일차원 하천흐름모형인



FLDWAV 모형의 구성

DWOPER와 1980년에 발표한 댐파괴해석 모형인 DAMBRK를 합치고 새로운 기능을 추가하여 만든 모형이다. DWOPER와 DAMBRK도 모두 Fread 박사가 개발한 모형이며 FLDWAV 모형은 J.M. Lewis와 공동으로 개발하였다.

FLDWAV 모형의 주요 특징은 다음과 같다.

- 모듈단위로 구성됨(120개 정도의 하부프로그램)
- 대형컴퓨터, 워크스테이션, PC 에서 운용 가능
- 단면갯수에 제한이 없음
- 다양한 상하류 경계조건 적용 가능(수위, 유량, 한계류, 수위-유량 관계곡선, 루프형 수위-유량 관계곡선)
- 댐파괴로 인한 수문곡선의 생성
- 댐, 교량, 제방파괴, 지류유입, 사수역, 사행, 조위로 인한 배수영향 고려
- 뉴턴니안 유체 또는 비뉴턴니안 유체에 적용 가능
- 상류, 사류, 혼합류에 모두 적용 가능
- 가동수문, 압력흐름, 홍수터 모의 가능
- METRIC 단위 가능
- 음해법, 양해법, level pool 방법, 확산법(diffusion), Muskingum-Cunge 법 적용 가능
- Kalman filter 적용 가능
- 하도망 모의 가능

FLDWAV 모형은 '97년 1월 10일에 발표될 예정이며 가격은 \$300이다. 인터넷 'hsp.nws.noaa.gov/hrl/'에 접속하면 모형에 대한 내용, 구입방법 등을 알 수 있다.

워크샵 진행

워크샵은 11월 4일(월)부터 11월 8일(금)까지 4박 5일 동안 미국 미네소타주 미니애폴리스의 한 호텔에서 미국 기상청 산하의 중북부하천예보센터(NCRFC, North Central River Forecast Center) 주관으로 개최되었다.

모두 49명이 참가하였는데 이중 미국 홍수통제소 직원이 23명으로 미국의 13개 모든 홍수통제소에서 한명이상 참가하였다. 나머지는 미공병단, Natural Resources, 용역회사, 연구소 등의 직원들로서 이들은 관심분야에 따라 크게 두 분야로 나눌 수 있다. 한 분야는 하천흐름해석이고 다른 한 분야는 댐파괴해석으로 주로 댐을 관리하는 민간회사에서 온 사람들이었다.

모든 강의는 모형의 개발자인 Fread 박사가 진행하였고 실습은 J.M. Lewis가 일부를 진행하였다. 강의내용은 FLDWAV 모형의 특징에서부터 지배방정식, 자료입력, 각 옵션의 역할, 보정, 모의의 어려운 점, 변수결정, 댐파괴해석, BREACH, SMPDBK, DAMCAT 등 많은 분야에 대한 내용을 예제를 통한 실습을 곁들이면서 상세하게 진행하였다.

첫날인 11월 4일 월요일은 오후 1시부터 강의가 진행되었다. 사전에 등록을 완료했기 때문에 별도의 등록절차없이 바로 강의가 시작되었다. 이날의 강의는 부정류 흐름의 종류, 하도의 종류 및 형태, 부정류 모형의 적용 범위, FLDWAV 모형의 특징, 해석범위, Teton 댐의 파괴 사례 등을 소개하는 내용이었다. 강의는 오후 5시에 끝나고 오후 6시부터 1시간 정도 간단한 다과시간이 진행되었다. 이 자리에서 참석자들과 자연스럽게 서로 인사를 나누었는데 D.L. Fread, J.M. Lewis, Ming Jin 등 모형의 개발자, 사전에 미리 워크샵과는 별도로 우리 일행이 방문하기로 예정되어 있었던 NCRFC의 책임자인 Dean Braatz 등도 이 자리에서 인사를 나누었다. 캐나다의 한 민간회사에서 참석한 사람을 제외하고 외국인은 우리 일행 두사람뿐이었다. 미국의 각 홍수통제소에서 참석한 사람들은 대부분 서로 알고 있는 사이였다.

둘째날의 강의는 아침 8시부터 시작되었다. 이날 오전과 오후에 진행된 강의내용은 모형에서 사용하고 있는 지배방정식의 형태, 차분기법, 경계조건, 하류경계의 위치, 확산방법의 안정성과 동역학 방법의 정확성을 동시에 만족시

키기 위해 새로 도입한 LPI(Local Partial Inertial) 기법, 내부경계조건, 지류 유입, 제방 파괴, 홍수터 모의, 저수지의 Level-Pool 추적, 댐파괴로 인한 유출량 등 이었다. 이날 저녁에는 샘플 입력자료를 구성하고 모형을 실행시켜 얻어진 결과를 보고 함께 토의하는 내용으로 10시까지 진행되었다.

셋째날의 강의도 아침 8시에 시작해서 저녁 10시에 끝나는 강행군이었다. 강의 내용은 입력변수를 하나하나 설명하는 것이었다. 저녁시간에는 하천의 형태에 따른 모형의 입력과 출력을 보면서 토의하는 내용으로 진행되었다.

넷째날은 아침 8시부터 오후 5시까지 강의가 진행되었다. 강의 내용은 모형사용의 어려운 점들, 하도단면의 내삽, 문제의 단순화, 혼합류(사류, 상류), 단면간격의 결정 및 그에 따른 결과의 변화, 시간간격의 결정, 각종 변수의 결정, 댐파괴 홍수파의 특성, SMPDBK, BREACH 등에 관한 것이었다.

이날 저녁에는 만찬시간이 있었다. 전문진행자가 초청되어 진행을 하였는데 오래 전에 이 지역의 울창한 숲을 지키기 위해 댐의 건설을 반대하였던 한 여성의 얘기를 노래와 함께 진행하였던 것이 매우 인상적이었다.

마지막 날은 댐파괴 데이터베이스의 일종인 DAMCAT에 대한 강의와 Teton 댐을 비롯한 여러 댐의 파괴과정을 슬라이드를 보는 것으로 5일간의 워크샵을 오전 12시에 마무리했다.

이날 오후에는 우리 일행만 별도로 NCRFC를 방문하여 홍수통제소의 시스템, 모형, 운영방법, 조직 등에 관한 자료를 수집하였다.

소 감

매우 긴 5일간의 워크샵이었다. 출국 전 현재 수행하고 있는 과제의 중간보고, 출장준비, 토목학회 참석 등으로 별로 휴식을 취하지 못한 채 떠나게 되었고 미니애폴리스에 일요일 저녁에 도착하여 월요일 오전에 몇시간 휴식을 취한 게 전부인 우리 일행에게 아침 8시부터

저녁 10시까지 계속된 강의는 그야말로 강행군이었다. 시차적응을 할 사이도 없었고 눈, 비까지 내리는 추운 날씨, 시내로부터 멀리 떨어져 호텔내에서만 식사를 해야 하는 상황은 우리를 더욱 힘들게 만들었다. 또 영어로 진행되는 워크샵이기 때문에 잠시라도 정신을 집중하지 않으면 내용을 제대로 파악할 수 없는 어려움도 있었다.

그러나 이런 상황에서도 많은 것을 배울 수 있었다.

먼저 워크샵의 내용이 매우 알차다고 생각된다. DWOPER이나 FLDWAV 모형에 관한 거의 모든 내용들을 모형의 개발자로부터 직접 자세하게 들을 수 있는 좋은 기회였다. Fread 박사가 DWOPER를 처음으로 발표한 것이 1978년이므로 FLDWAV 모형의 개발에 20년 가까이 소요된 것이다. 오랜 세월동안 이 하나의 모형 개발에 집중하였기 때문에 이 모형에 관한 한 그는 매우 자신이 있었다. 뭔가를 억지로 한다는 생각보다는 자연스럽게 흘러나와 즐거움을 느끼면서 신이 나서 강의를 하는 모습이였다.

다음으로 그 동안 일차원모형을 사용해 오면서 궁금해 하던 것을 모형의 개발자와 워크샵 참가자들과 대화를 나누면서 어느 정도 해결할 수 있었다는 것이다. 참가자들은 대부분 일차원 모형에 관해 상당한 지식을 가지고 있었으며 나름대로 경험도 풍부하였다. 특히 홍수통제소에서 참가한 사람들 중에는 DWOPER 모형을 이용해 홍수예보모형을 개발하였거나 현재 사용하고 있는 사람들도 있었다. 일부 통제소에서는 FLDWAV 모형을 홍수예보에 이용하기 위해 현재 검정작업을 하고 있었으며 대부분 앞으로 이 모형을 홍수예보에 이용할 예정이라고 하였다. 따라서 이들은 이 모형에 대해서 상당한 관심을 갖고 있었다. 이들의 장점은 모형의 사용중에 어려움이 발생하면 모형의 개발자나 다른 사용자에게 언제든지 쉽게 접촉하여 서로 많은 정보를 교환할 수 있는 것이었다.

워크샵 내내 부러우면서도 놀랐던 사실은



워크샵 모습

Fread 박사의 전문성이다. 거의 20년 동안 하나의 모형을 개발하기 위해 모든 노력을 다할 수 있었다는 사실과 주위의 여건이 뒷받침해 줄 수 있다는 사실에 부러움을 느낀다. 한 사람이 많은 분야의 일을 하고 있고 해야 하며 세월이 지나면 만물박사가 될 수 밖에 없는 우리의 여건, 그래서 질보다는 양, 깊이보다는 너비를 중요시하는 우리의 여건, 기초적이고 기본적인 연구보다는 당장 눈앞에 실용화될 수 있는 연구를 바라는 우리의 현실과는 너무 거리가 크게 느껴진다. 워크샵에 참여한 참석자들도 대부분 나름대로의 전문성을 가지고 있었다.

또 하나 느낀 사실은 Fread 박사와 참석자들의 열정이다. Fread 박사는 워크샵 내내 시계를 지니지 않고 강의를 진행했는데 꼭 2시간 이상 계속해서 강의를 하고 워크샵 진행자들이 휴식을 요청하고 나서야 15분 정도의 휴식시간을 가졌다. 휴식시간에도 참석자들이 개별적

로 찾아가서 질문을 하는 바람에 10분이나 15분으로 예정했던 휴식시간은 30분이 되는 경우가 대부분이었다. 워크샵 둘째날과 셋째날은 이런 식으로 아침 8시부터 밤 10시까지 거의 12시간 동안 서서 강의를 진행하였다. 이 분의 나이는 올해 55세이다. 그럼에도 별로 피로한 기색을 찾아 볼 수 없을 정도로 활기차게 강의를 진행하였다. 그에 못지 않게 참석자들의 자세도 매우 진지했다. 강의에 늦거나 빠지는 경우는 거의 없었으며 휴식시간이 지나도 아무도 휴식을 요청하는 참석자는 없었다. 선택사항으로 되어 있던 저녁시간의 강의에도 거의 모두가 참석하는 열의를 보였다. 또 궁금한 사항에 대해서는 언제든지 질문을 하여 의문사항을 해결하고자 하였다.

많은 것을 배우고 많은 것을 느낀 NWS FLD-WAV 워크샵이었다. ☺