

고려대학교 수자원공학연구실

김 중 훈 (고려대학교 토목환경공학과 교수)

1. 수자원공학연구실의 개요

(1) 연혁

고려대학교 토목환경공학과와 역사는 1964년에 신설된 토목공학과에서 40명의 신입생을 받아들인면서 시작되었고 1991년에 토목환경공학과로 개칭되면서 현재에 이르고 있으며, 지금까지 약 1300명의 학부졸업생과 약 300명의 대학원졸업생이 배출되어 사회 각 분야에서 활약하고 있다. 1968년에 석사과정이 신설되며 시작된 대학원은 1971년에 박사과정이 개설되었고, 지금은 구조공학, 지반공학, 수자원공학, 환경공학의 4분야로 나누어져 있다.

고려대학교 수자원공학연구실의 역사는 1967년 최영박 교수가 토목환경공학과에 부임하면서 시작되었다. 부임이후 지속적인 연구작업과 후학지도에 열의를 보여준 최영박 교수의 노력으로 대학원의 체계를 갖추어 나갈 수 있었으며, 이후 1983년 윤용남 교수의 부임으로 보다 체계적인 교과과정과 연구체제의 수립이 가능하였고 이를 통해 이론과 실재를 연계하는 학문의 질적인 발전을 도모할 수 있었다. 또한 1993년 김중훈 교수의 부임으로 교육과 연구활동이 더욱 활발하게 이루어지고 있다.

수자원공학연구실은 현재까지 총 10명의 박사과 53명의 석사를 배출하였으며 연도별 배출현황은 표 1과 같다.

표 1. 학위배출 현황

학위\연도	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	계
석사	1	3	-	1	2	1	4	2	1	1	2	4	6	4	4	2	4	1	1	2	6	1	4	53
박사	1		1				1	1		1						1		1	1	2				10

(2) 인적구성

현재 전임 교수진은 윤용남교수(수문학 및 수문통계학), 김중훈교수(수리학 및 수자원시스템공학)의 2인으로 구성되어 있으며, 연구진은 박사후과정 1명, 박사과정 9명(파트타임 4명), 석사과정 12명으로 구성되어 있다.

2. 교 육

수자원공학 분야의 학부 및 대학원 과정에서 개설되고 있는 교과목을 요약하면 표 2와 같다.

3. 연 구

수자원에 관련된 제반문제의 해결은 쾌적한 환경과 국가의 경제기반을 원활히 조성할 수 있게하며, 이에 따른 수자원 관련분야의 연구는 지금까지 많은 발전을 거듭해온 것이 사실이다. 따라서 공공성과 공익성이라는 수자원의 특성에 맞추어 학문적인 영역에서 수행할 수 있는 연구업무를 분담함으로써 우리나라 수자원관리, 이용에 효율성을 제고하고자 함이 본 연구실이 나아갈 방향이라고 할 수 있으며 주요 연구분야를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

표 2. 수자원공학 관련 학부 및 대학원 교과목 요약

학부 과정		대학원 과정	
구분	과 목 명	구 분	과 목 명
2학년	기초수리학 I 기초수리학 II	기초공통	응용수리학 응용수문학
3학년	환경수리학 수리학실험 수문학	전공	유체역학 유체동력학 난류확산론
			수리학 개수로 수리학 관수로 수리학 유사이송론 응용지하수학 조석 및 하구수리 부정류해석기법
4학년	수자원공학 수공구조물 설계 해안 및 항만공학	전공	수문학 확정론적 수문학 도시유역 수문학 확률론적 수문학 추계학적 수문학 유역모형화 기법
			수자원 시스템 수자원시스템공학 수자원계획 및 관리

(1) 하천공학(수리, 수문) 분야

수자원공학의 가장 기본이 되는 수리, 수문학을 바탕으로 실무적인 수자원분야의 일들을 주로 다루고 있으며 최근에는 교각의 세굴 및 세굴심 측정, 배수영향검토 등의 수리분야와 가뭄기록조사, 기존댐 용수 공급능력 평가, 홍수피해분석, 도시유출 등의 수문분야를 통틀어 폭넓은 연구가 진행되고 있다. 다음은 그 중 몇몇 연구의 연구내용을 요약한 것이다.

· '96년 7월 경기북부지역 홍수피해 조사분석

1996년 7월 26일에서 28일까지 3일에 걸쳐 경기도 북부지방에 내린 집중호우로 인한 한탄강유역의 주요지점별 홍수의 크기, 홍수피해상황, 연천댐의 일부 유실이 지역의 홍수피해에 미친 영향을 조사분석하였다. 이를 통해 철원에서는 200년, 연천에서는 500년 빈도를 가지는 막대한 양의 강우와 강우초기의 강우발생시간 분포, 북쪽에서 남쪽방향으로 3~6시간 간격을 두고 발생한 전반적 강우시간 분포, 최대의 강우가 집중되었던 철원지방의 지형적인 완만함과 이에 따른 도달시간의 지체가 조합되어 최악의 홍수피해를 유발한 것으로 판단하였고 연천댐 지점에서 홍수수문곡선의 분석을 통하여 댐의 역할에 대해 알아보았다.

· 기존 교량 단면에서의 홍수로 인한 최대 세굴심도 예측절차의 개발

한강 하류의 잠실수중보·인도교 구간의 대형교량의 교각에서의 최대 국부세굴심을 추정하기 위하여 WSPRO 및 FASTTABS모형으로 수리계산을 실시하고 그 결과를 사용하여 경험공식에 의해 교각주위의 최대 세굴심을 추정함으로써 교량기초부의 안정성검토 절차를 개발하였다.

· 도시하천 복개구간의 교각으로 인한 배수영향의 실험적 연구

도시하천 복개구간내 흐름의 수리현상은 복개슬라브를 지지하는 말뚝군 주위에 발생하는 와류의 중첩 및 간섭효과 때문에 대단히 복잡하다. 본 연구에서는 말뚝군의 여러 가지 배치에 따른 배수위 상승효과를 정량적으로 산정하기 위한 방법을 제한하기 위해 광범위한 실험적 연구를 수행하였다. 배수위 상승을 지배하는 인자로는 말뚝군으로 인한 흐름단면의 축소율과 흐름의 Froude수, 흐름방향으로의 말뚝군 간격, 복개구간의 총길이 등으로 밝혀졌다. 흐름방향에 직각인 방향으로 교각을 설치한 경우 단면 축소율과 흐름의 Froude수가 배수위 상승에 미치는 영향을 분석하였으며 배수위 상승량의 산정을 위한 다중회귀분석식을 도출하였다. 흐름의 횡방향 및 종방향으로 배치시킨 말뚝군이 배수위 상승에 미치는 영향도 단면 축소율, 흐름의 Froude수, 흐름방향의 말뚝간 간격 및 복개구간의 총길이 등의 항으로 분석하였으며, 실험자료의 다중회귀분석에 의해 이들 영향인자를 사용하여 배수위 상승률을 산정할 수 있는 경험식을 도출, 제안하였다.

(2) 수자원 시스템 공학 분야

수자원 시스템의 구성원리와 시스템의 경제성을 감안한 최적화기법에 의해 수자원 시스템의 효율적인 계획을 하는데 필요한 기본원리와 응용에 관해 연구한다. 최근에 진행된 몇몇 연구제목과 내용을 살펴보면 다음과 같다.

• 수도권 하수처리장의 최적운영에 관한 연구

설계기준 및 수질기준에 합당한 제약조건을 고려하여 하수처리장의 최소비용운영을 위해 비선형계획법을 적용하였으며, 수질변화는 QUAL2E모형을 이용하여 모델링을 하였다.

한강수계에 위치한 4개의 수도권 하수처리장에 적용한 결과, BOD 수질기준에 따른 하수처리장의 적절한 운영율을 계산할 수 있었으며, 각 하수처리장에서 유입유량에 따라 하수를 처리하는 것보다 한강의 정해진 수질조건을 유지하는 한도내에서 적정하수량을 처리하는 것이 경제적임을 알 수 있었다. 또한, 이 모델을 이용하여 주어진 하수처리장 운영하에서의 한강 수질도 예측가능하다.

• 최적화 모형을 이용한 수자원의 적정 배분

다목적법을 포함하는 중소하천을 네트워크로 나타내고 비용과 편익을 고려한 순별 최적 물배분 모형을 수립하였다. 이를 위한 최적화모형은 정상운영모형과 비정상운영모형으로 구성되어진다. 정상운영모형은 농업용수 수요량을 만족하면서 수자원 배분시 발생하는 비용과 발전으로 인한 편익의 차를 최소로 하는 모형으로, 발전함수의 비선형성으로 인하여 비선형계획법 문제가 되며, 비정상운영모형은 정상운영모형을 적용할 수 없을 경우, 발전 편익보다는 수요량 만족을 최우선으로 하면서 댐의 저류량 회복을 도모하는 모형으로 선형계획법 문제가 된다. 해당 순부터 기준시점까지 수자원 부존량을 고려한 최적운영방안을 도출하고, 이때 필요한 저수지 유입량 및 농업용수 수요량은 추계학적 모의모형을 이용하여 구하였다.

정상운영모형의 경우, 최대 1500여개의 결정변수로 이루어진 비선형계획법 문제이므로, Frank-Wolfe Algorithm을 이용한 축차선형계획법으로 풀이하였다. 본 연구의 대상유역으로는 섬진강댐과 동진강유역을 포함하는 동진농지개발조합 관내를 선택하였으며, 최적화모형을 적용한 결과, 실제 운영에서 발생한 물부족이 해소되었고, 발전량은 증가하였다.

(3) 상·하수도공학 분야

상수도시설은 크게 정수시설과 급수시설로 나눌 수 있고, 하수도시설은 크게 우수배제시설과 폐수처리시설로 나눌 수 있다. 이중 상수도의 급수시설과 하수도의 우수배제시설은 수공학 전공자들이 다루어야 할 분야임에도 불구하고 그동안 우리나라에서는 타분야 종사자들이 취급해왔던 분야이기도 하다. 특히 관망시스템의 설계 및 해석은 심한 비선형으로 말미암아 고도의 기술과 많은 계산과정을 요하게 된다. 따라서 이 분야에서의 연구는 주로 전산프로그램의 수결과 연계성을 통하여 수행되고 있으며, 최근 실시된 연구를 살펴보면 다음과 같다.

• 기존 상수도 노후관망의 개량 및 관리기법의 개발

상수도 관망시설에서 각 관로는 시간이 경과함에 따라 각종 부식이 일어나 통수능이 저하된다. 그러므로 적절한 시기에 갱생이나 교체등의 처리를 해주어야 한다. 이 연구에서는 각 수요절점에서 요구수량, 요구압력 등의 수리학적 조건을 만족시켜주며 동시에 최소의 비용으로 노후된 관로를 처리해주는 의사결정모형을 개발하였다. 교체비용, 관파열보수비용, 양수비용, 관파열률, 연이율등은 각 관로의 교체시기를 경제적으로 결정하는데 이용된다. 그리고 배수시설의 수리학적 만족여부는 관망계산프로그램 KYPIPE에 의해 점검된다. 시스템이 수리학적 조건을 만족시키지 못할 경우 교체시기는 조건이 만족될 때까지 앞당겨진다. 이 모형은 기존 송배수시설인 수도권 광역상수도 제 1단계에 적용되었다.

• 광역상수도시설의 최적설계 및 합리적 운영방안에 관한 연구

전국적으로 실시되고 있는 광역상수도사업에 있어 설계시에서부터 최적설계 개념을 도입하여 전액 국고로 지원되고 있는 광역상수도의 시설공사의 경비를 절감하고 완공후 운영에 있어서도 전문가 시스템을 도입함으로써 합리적인 운영을 통해 경비를 절감시킬 수 있도록 하는 것이 연구의 목적이다. 특히 전문가 시스템에 관망해석 프로그램인 KYPIPE를 연계시킴

으로써 관로파손사고시 수요지점에서의 수압강하에 대한 대응책으로서 펌핑시설의 운영방안을 제시해 주는 등, 상수도시설의 각종 사고에 대한 의사결정을 지원하는 프로그램을 개발하였다.

• 상수도 최적노선선정에 관한 연구

배수시설의 노선선정문제는 배수시설의 수리학적 요소결정만큼 중요한 문제이다. 이 연구는 대규모 도·농수시설의 최적노선선정과 더불어 배수시설내에 존재하는 취수장, 가압장, 정수장, 배수장등과도 유기적으로 결합시켜 이들을 적지에 배치하는 문제도 동시에 고려해준다. 최적노선의 선정은 유전자 알고리즘의 적용도 평가, 선택, 교차, 돌연변이 등의 과정을 응용하여 이루어진다.

• 비선형계획법을 이용한 상수도 관망설계에 관한 연구

비선형계획법을 이용하여 설계기준에 합당한 제약 조건을 고려 최저경비의 관망시스템을 설계할 수 있는 방안에 대하여 연구하였다. 경기도 고양군의 고양 배수지를 급수원으로 하는 배수유역에 실제 적용하여 기존의 설계와 비교한 결과 기존 수리모의모형에서 사용되고 있는 반복계산 과정이 필요없이 설계가 가능함을 알 수 있었고, 설계의 최적화를 도모하는 동시에 수요절점에서의 유량 및 수압조건을 만족시킬 수 있었다. 이상의 결과와 같이, 본 연구에서의 비선형계획법(NLP)을 이용한 상수도 관망설계가 실무에서도 효과적으로 사용될 수 있음을 알 수 있었고 최적화 설계로 인하여 경제적 측면까지도 고려할 수 있음을 알 수 있었다.

(4) 환경 수리학 분야

평상시 갈수기에 있어서 하천에 유입되는 일반 오염물질로 인한 수질변화를 예측하여 원수수질 및 상수공급에 관한 영향을 평가하고 적정수질관리방안을 제시하며, 특정 유해물질 누출사고 발생시에는 오염물질의 특성별 이송·확산과정을 예측하여 본류의 구간별 도달시간, 농도변화, 지속기간 등 하천에서의

오염물질 이송·확산에 대한 과학적분석과 누출량 평가, 누출지점 추적 등을 통하여 긴급 누출방지구조치 등 수질오염 사고의 현장 수습방안, 각 취수장에서의 취수중지와 같은 긴급하게 대처할 수 있도록 지원하는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다.

• 댐방류가 하류의 오염물질 농도저감에 미치는 영향에 관한 연구

유해물질의 누출사고시 희석효과를 위한 댐방류로 인한 하류에서의 흐름은 부정류로 보아야 하므로 수질해석 프로그램과 연계되어야 할 수리해석 프로그램은 부정류해석이 가능해야 한다. 따라서 수리해석모형은 미 육군공병단에서 개발한 부정류해석 모형인 UNET를 채택함으로써 단기간 누출사고의 경우 댐방류조작으로 인한 유량의 변화를 정확히 모의할 수 있도록 하였다. 또한, 수질예측부문에는 누출사고시 주로 독성유해물질이 문제가 되므로 WASP5모형의 부프로그램인 TOXI모형을 수리모형으로 채택된 UNET모형과 연계시켜 누출사고 대응 프로그램을 완성시켰다. 이를 '91년 디클로로메탄 누출사고에 적용하여 비교한 결과 실측치와 유사함을 알 수 있었으나 누출사고시 측정자료 및 가용자료가 절대적으로 부족하여 신뢰성 있는 모형의 계수산정에는 어려움이 있었다. 앞으로 하천수질에 대한 지속적인 자료수집과 자동수집과 자동수질측정장치의 설치 및 운영을 통한 실시간 수질자료획득 시스템이 구축된다면 보다 신뢰성 있는 모형으로의 개선이 기대되며, 유해물질 누출사고가 발생할 경우 댐방류량 결정 및 취수장에서의 후속조치 등과 같은 의사결정시 현장실무자가 쉽게 이용할 수 있도록 GUI(Graphic User Interface)를 통한 윈도우용 프로그램을 개발하여 실무에의 적용성을 더욱 높였다.

이상에서 살펴 본 것처럼 폭넓은 분야에 걸쳐 연구 활동이 진행중이며 앞으로 본 연구실은 수자원관련 문제에 있어서 보다 실질적인 분야에 대한 연구를 진행시키기 위해서 여러 노력을 경주하고 있다.

4. 시 설

대학원생은 연구실 4개와 자료실 및 전산실을 사용하고 있으며 교내전산망을 통한 개인 컴퓨터 및 Workstation의 Network화를 통해 효율적인 연구활동 및 교류를 하고 있다. 또한 다수의 실험장비를 보유한 수리실험실에서는 각종 수리실험을 효율적으로 실시하고 있다.

현재 본연구실에서 보유하고 있는 몇몇 주요 실험장비 및 연구기기는 수문관측 시스템, 개수로 실험장

치(50cm x 50cm x 15m), Basic Hydrology System, Feathometer(초음파 수심측정기), 수질측정장치(YSI 6820 + 610DM), 부유사 측정장비, Electro-magnetic 유속측정장치 등이 있다.

또한 수자원자료실에는 수자원공학에 관련된 각종 서적, 보고서, 학위논문 및 각종 저널등의 정기간행물을 비치 및 관리하고 있으며, 수공학전산실에는 Sun workstation 및 GIS 전용 컴퓨터가 설치되어 있고 수자원관련 각종 소프트웨어를 보유하고 있다. ●



물이 와야 배가 오지

남에게 베푸는 것이 있어야 값음이 있다.

물독 뒤에서 자랐느냐

사람의 옷차림이 물에 흠뻑 젖어 초라하게 된 모양.

