

서울대학교 수공학연구실

서일원

서울대학교 토목공학과 부교수

1. 수공학연구실 개요

(1) 연혁

서울대학교 수공학연구실의 역사는 1946년 9월에 설립된 서울대학교 토목공학과에 원태상 교수가 취임하여 하천공학 및 위생공학을 강의하면서부터 시작되었다. 1954년 3월 안수한 교수가 취임하여 수리학을 강의하게 되었고, 1974년 1월 선우중호 교수의 부임으로 수문학이 교과과정에 추가되었다. 1979년에 공과대학이 관악 캠퍼스로 이전함에 따라 토목공학과에 수리·항만실험실 공간이 확보되었으며, 그후 필요한 실험시설을 갖추게 되었다. 1982년 9월 이길성 교수, 1992년 2월 서일원 교수, 1997년 3월 서경덕 교수가 부임하여 교육과 연구활동이 더욱 활발하게 이루어지고 있다.

(2) 세부전공

복잡한 수리현상의 해석과 수자원시스템의 합리적인 설계 및 운영 최적화를 연구하는 계산수리학 및 수자원시스템분야, 물의 발생, 순환 및 유출과정을 연구하는 수문학 및 하천공학분야, 해안·해양에서의 수

리적인 문제와 항만구조물 설계기술을 연구하는 해안 및 항만공학분야와 수환경에서의 물의 운동 및 오염 문제를 연구하는 환경수리학분야로 전공을 세분할 수 있으며 이들 세부전공의 유기적인 연계와 협력하여 교육 및 연구가 이루어지고 있다.

(3) 인적구성

현재 전임 교수진은 이길성교수(계산수리학 및 수자원시스템), 서일원교수(환경수리학), 서경덕교수(해안 및 항만공학)의 3인으로 구성되어 있으며, 대학원생은 박사과정 23인(파트타임 10인), 석사과정 11인(파트타임 2인)으로 구성되어 있다.

(4) 학위배출현황

연도별 학위배출현황은 표 1과 같다.

2. 교육

수공학분야의 학사 및 대학원 과정에서 개설되고 있는 교과를 요약하면 표 2와 같다.

표 1. 학위배출현황

(단위: 명)

년도/학위	57	65	66	70	71	74	75	76	78	79	80	81	82	83	84
석 사	1	3	1	1	1		1	2	1	3	1	1	5	8	2
박 사		1		1	1	1	1								

3. 연구

수공학연구실에서는 토목공학에 관련된 유체와 물에 관련된 다양한 문제에 관한 연구와 교육을 수행하고 있다. 수공학 연구실에서 수행해 온 연구분야는 시대에 따라 변천하여 왔다.

1950-1975년 기간에는 하천공학, 하천·댐수리학, 해안·항만공학분야의 연구를 주로 수행하였고, 1976-1980년에는 댐공학, 수리학, 해안·항만공학분야, 수문학분야의 연구를 주로 수행하였다. 1981-1990년 기간에는 하천·댐공학, 해안공학, 지표수 및 지하수 수문학, 계산 수리학 및 수자원시스템분야의 연구를 수행하였다. 1990년대에 들어와서는 연구의 방향이 다양화하게 된다. 유체와 물의 역학 및 양적 거동에 관한 연구뿐만 아니라 수환경에서 발생하는 오염의 예측·제어기술 개발을 위한 연구에 중점을 두는 방향으로 나아가고 있다. 최근 수행된 연구의 연구분야별 세부내용은 다음 표2와 같다.

(1) 계산수리학 분야

좌표변환에 의한 2차원 수질모형의 개발 및 적용에서는 수질관리 대책을 효율적으로 수립하는데 기본이 되는 평면 2차원 동적 수질모형을 개발하여 수도권 주민의 상수원수로 이용되는 팔당호에 적용하였다. 개발된 모형은 자동 격자생성모형, 흐름모형, 운송(이송·확산)모형, 수질모형, 자동보정모형으로 구성되어 8개의 수질항목을 모의하며, 모형의 보정과정에서 총 14개의 매개변수를 영향계수법을 이용한 자동보정모형으로 최적추정하였다. 그리고 좌표변환을 이용한 2차원 유사이동모형의 개발 및 적용에서는 유사이동현상을 예측할 수 있는 수치모형의 개발이 수공구조물의 안전 및 수질관리 차원에서 중요한 문제로 부각되고 있음에 따라 흐름모형, 수송모형, 바닥변형모형, 난류모형, 점착성 및 비점착성 유사량공식을 결합하여 유사이동모형을 구성하고 불규칙한 경계를 현실적으로 묘사할 수 있도록 Poisson 방정식을 이용하여 직교곡선 좌표계로 변환된 평면 2차원 비정상 유사이동 수치모형을 개발하여 이를 잠실수중보 상류부에

적용하여 수치모형의 현장적용성 및 예측정도를 검토하였다. 또한 경인운하의 서해갑문에서 해수유입에 의한 염도확산을 분석하기 위해서 복잡한 양상을 보이는 해수와 담수의 교환과정을 조위, 갑실의 크기, 운하의 규모, 운영시간만을 고려한 개념적인 모형으로 표현하여 갑문을 통하여 유입되는 해수의 양을 산정하고 가변격자를 이용한 수치모형을 적용하여 운하 속으로 유입되는 해수의 확산범위를 파악하였다. 이러한 연구과제의 지속적인 개선과 더불어 3차원 수질 모델링, 난류모형을 이용한 국부세굴의 수치해석, 그리고 댐의 여수로 유입부 흐름에 대한 모

표 2. 수공학분야의 학사 및 대학원 과정 교과 요약

학사과정		대학원과정	
구분	과 목 명	구 분	과 목 명
2학년	물의 과학 기초유체역학 및 실험	기초교과	
		응용 교과	수리학분야
수문학분야	이론수리학 개수로수리학 수리학산 및 이동이론 유사이동론		
수자원공학분야	이론수문학 수문학특론 지하수이론		
해안·항만공학분야	파랑역학 파랑역학특론 해안공학특론		
3학년	수리학 및 실험 수문학 환경수리학 및 실험		
4학년	하천 및 댐공학 해안 및 항만공학 수자원공학 수리설계		

형실험 및 수치실험을 수행하고 있다.

(2) 수자원시스템 분야

한강수계 저수지군의 홍수시 예측 및 제어에 대한 연구에서는 홍수예측모형에 대한 개선과 댐 연계 운영방안에 대한 필요성이 대두됨에 따라 홍수 예측방법 중 하도추적 방법의 개선방안을 부분적으로 제시하고, 최적화기법에 의한 홍수제어의 한 방안을 마련하였으며, 예측과 제어를 동시에 수행하는 저수지군의 운영모형을 수립하였다. 그리고 비정상 하천수질 예측을 위한 GUI시스템의 개발에 대한 연구에서는 팔당댐-잠실수중보를 대상으로 비정상 오염물질의 확산거동을 모의하고 이를 즉각적으로 해석할 수 있도록 WINDOWS를 기반으로 하는 GUI(Graphical User Interface) 시스템을 개발하였으며, 지리정보 시스템을 결합한 SWMM은 도시지역에서의 유출문제와 비점원 오염물에 의한 하천수질의 오염 문제에 대한 연구로서 강우-유출 모의와 오염모의를 할 수 있는 SWMM을 안양천 유역에 적용함에 있어서 지리정보 시스템(PC-Arc/Info)을 이용하여 유역특성자료를 획득하고 그 효용성을 확인하였다. 또한 낙동강수계 실시간 최적 저수관리 시스템 개발에 대한 연구에서는 낙동강 유역에서 갈수시 저수관리 목적의 댐운영을 통한 하천수량의 안정적 확보와 기존의 저수관리 업무에 대한 비상시 대처능력을 향상시키고, 가용수 자원의 최적이용을 도모하는 방안에서 실시간 자료를 수집·분석을 통한 최적의 댐방류량을 결정함과 아울러 하류수질을 예측하여 하천수질을 안정적으로 유지할 수 있는 댐운영방안의 자동화모형, 통합 댐운영모형, GUI 모형 등이 포함된 저수관리 시스템을 개발하였다. 향후연구로서 개발된 수문모형의 최적 매개변수 추정을 위한 유전자 알고리즘, 영향계수법 등의 적용을 시도하고 있으며, 도시유역 관리체계의 효율적 구성을 위하여 지리정보체계의 도입과 인공위성 관측 자료의 결합을 통하여 토지이용도의 분석 및 수질자료의 추정과정을 개선하고, 전문가시스템 등의 기법을 적용하여 사용자의 의사결정과정을 도울 수 있는 시스템을 구성하고자 한다.

(3) 수문학 및 하천공학 분야

동역학적 복합모형에 의한 경사면 강우-유출구조의 해석에 관한 연구에서는 지표면 흐름과 지하의 포화-비포화 흐름 및 하도흐름을 포함하여 지표 및 지하 영역에서의 복합적인 상호 관계를 규명하고자 강우-유출 구조에 대한 동역학적이며 수치해석적인 모형화에 관한 연구를 수행하였으며 특히 가변유원면적(Variable source area)에서의 포화지표면 흐름과 직접유출에 기여하는 복류수의 거동에 주안점을 두었다. 그리고 비포화 비균질 다공성 매질에서 이력현상 모형의 개발 및 적용에서는 모세관 압력과 함수량과의 관계에서 발생하는 이력현상을 모형화하여 비포화 흐름을 해석하였으며, 다공성 매질에서 이력현상에 관한 실험적 연구에서는 모세관 압력수두와 함수비에 대한 실험을 수행하고 이 자료를 이용하여 침투율 산정공식 유도를 위해 Richards식을 수치해석하였다. 또한 비포화, 비균질, 이방성 매질에서 스펙트럼 섭동 방법을 이용하여 추계학적인 흐름모형을 개발하였으며, 상태벡터 모형에 의한 다변량 단기 강우예측을 수행하였고, 프랙탈이론을 수문학에 적용하여 유역의 자기상사성을 이용한 수문지형학적 응답을 해석하였다. 그리고 평택 복합화력 냉각수계통 구조물에 대한 수리모형실험, 남강댐의 홍수조절용 수리구조물인 계수문에 대한 수리모형실험, 밀양 다목적 댐에 대한 수리모형실험, 유사의 영향이 큰 모디콜라강에서 안정된 취수기능과 침사지의 역할을 검토하기 위한 네팔 모디콜라강 수력개발사업 수리모형실험 등을 수행하였다.

(4) 해안 및 항만공학 분야

연안 해수유동 및 온배수 확산에 관한 3차원 수치모형에서는 연안해역에서 시간적으로 변화하는 3차원적 특성을 갖는 해수유동 및 물질확산현상을 파악하기 위하여 자유수면을 고려하고 연직확산계수의 산정에 보편성을 갖는 난류모형을 도입한 연안 해수유동 및 온배수 확산에 관한 3차원 수치모형을 개발하였으며, 혼성방파제에 작용하는 중복파압에 관한 연구에서는 중복파압 공식의 이론적 한계를 극복하고 방파

제의 안정성을 해석하기 위하여 경계요소법을 이용한 수치모델을 개발하였다. 현재 중점적으로 수행하고 있는 연구는 수심이 급격히 변하는 지역에서 해저면 경사의 제곱항과 해저면 곡률항을 포함시켜 파랑의 변형을 계산할 수 있는 새로운 시간의존 파랑 방정식을 개발하는 것이다. 차후 수년 간의 연구 방향은 전술한 시간의존 파랑 방정식을 수치모형화하여 실제 해역에 적용할 수 있도록 하는 것과 또한 이를 이용하여 해안 보호, 항만 정온도 개선 등 제반 해안공학적 문제들을 해결하기 위한 노력이 될 것이다. 항만 정온도 개선을 위한 연구에서는 지금까지 주로 사용되어 온 방파제의 적절한 배치에 의한 항내 정온도 개선 방법에서 탈피하여 항 입구 부근의 해저면을 대규모로 준설하여 굴절 및 회절에 의해 파랑에너지를 분산시킴으로써 항내로 침입하는 파랑에너지를 감소시키는 새로운 방안에 대하여 연구할 계획이다.

(5) 환경수리학 분야

환경수리학 분야에서는 유체와 물의 특성 그리고 이들의 운동에 관한 기초적인 지식을 바탕으로 하여 하천, 호수, 하구 및 해안 등의 수환경계에서의 물의 운동과 물속에 존재하는 다양한 형태의 물질의 역학에 대해서 연구한다. 특히 자연 수계에 유입된 오염물질의 이동 및 확산 또는 변환을 일으키는 물의 운동의 물리적인 과정에 대해 중점적으로 연구한다. 또한 물과 물속에 용존, 부유 또는 그외의 형태로 존재하는 물질의 동역학에 대하여 연구한다. 최근 완료하였거나 수행중인 연구과제를 소분야로 분류하여 서술하면 다음과 같다.

하천수질모델링: 자연하천에서 오염물질의 확산 및 저장에 관한 연구에서는 자연하천에서의 오염물질 농도분포를 구명하기 위해 수학적 모형을 개발하였다. 본 모형은 물질교환 기구와 흡탈착 과정을 규정하는 부모형으로 이루어져 있다. 하천단면에 존재하는 두 개의 가상적인 구역인 분류대와 저장대 간에 발생하는 물질교환은 교환 모형과 확산 모형이라 이름지어진 두 개의 다른 기구로 설명되어진다. 본 모형에 의한 수치모의와 실험 및 실측자료를 비교한 결과 본 모형이 실제 농도분포를 정확하게 모의한다는 사실이

밝혀졌다. 중분산계수에 관한 연구에서는 자연하천에서 수집하기 용이한 수리량자료로부터 중분산계수를 추정하는 공식을 개발하였다. 개발된 중분산계수 추정공식은 분산실험이 수행되지 않아서 중분산계수 실측치를 구할 수 없는 하천에 1차원 분산모형을 적용할 경우에 사용할 수 있다. 우선 자연하천의 중분산과정을 정확하게 대표하는 중분산계수의 선정을 위하여 기존에 제안된 중분산계수 추정공식들을 비교·분석하였다. 나아가서 차원해석을 수행하여 물리적 의미를 가진 변수를 선정한 후, 비선형 다중회귀방법을 적용하여 중분산계수를 추정하는 회귀식을 유도하였다. 기존의 공식과 비교한 결과, 본 연구에서 개발한 추정식이 자연하천의 분산특성을 보다 정확하게 설명할 수 있음이 밝혀졌다. 자연하천에서 오염물질의 횡 확산 해석 연구에서는 횡확산과정을 정확하게 모의하기 위하여 2차원 유관확산모형을 개발하였다. 본 모형에서는 독립변수로서 횡방향거리 대신에 횡방향누가유량을 도입하였고, 하천의 주흐름을 따라 좌표축을 설정하는 자연좌표계를 사용하였으며 수치방법으로서 Eulerian-Lagrangian method를 이용하였다. 유관확산방정식을 연산자분리방법을 이용하여 이송을 지배하는 방정식과 확산을 지배하는 방정식으로 분리하였고 이송방정식은 Eulerian 계산격자상에서 특성곡선법을 이용하였고 확산방정식은 중앙차분법을 이용하여 수치모의 하였다. 자연하천에서 행해진 정상상태의 색소실험 결과를 모의한 결과 본 연구의 유관 분산모형은 대체로 우수한 거동을 보이고 있음이 밝혀졌다.

수중방류시스템 설계: 수중다공확산관에 의한 운배수 혼합특성연구에서는 수중다공확산관의 대표적인 형태인 T형확산관과 공유형확산관의 수리모형 연구를 통해 확산관 주변의 온도장과 근역에서의 회석률을 분석하였다. 공유형확산관의 최소회석률이 T형확산관의 최소회석률에 비해 월등히 크게 나타났다. 그리고 체적플럭스의 비의 증가에 따라 공유형확산관은 최소회석률이 크게 증가하는 반면에 T형확산관은 거의 일정한 양상을 보이고 있음이 밝혀졌다. 동일한 수심에 대해 유속의 비가 증가함에 따라 공유형확산관은 최소회석률이 증가하고 있지만, T형확산관은 일정한

값을 보인다. T형확산관의 회석률은 가로흐름의 유속에는 거의 영향을 받지 않고 주변수심이 증가할수록 증가하고, 공류형확산관의 회석률은 주변수의 유속과 수심이 증가할수록 급격히 증가한다.

환경하천역학: 자연하천의 하상변동 해석연구에서는 준 2차원 모형인 GSTARS모형을 금강 대청댐 하류구간과 한강 팔당댐 하류구간에 적용하여 장·단기 하상변동을 해석하였다. GSTARS모형과 HEC-6모형에 의한 장기 하상변동의 예측결과를 비교한 결과, 하상고 변동의 전체적인 경향에 있어서 두 모형이 모두 실측치에 근사하게 모의하고 있음이 밝혀졌다. GSTARS모형은 국부적인 퇴적 및 세굴을 제외하고는 하상의 횡방향 변화의 전체적인 경향에 있어서 실측치에 매우 근사하게 모의하였다. GSTARS모형 의한 단기 하상변동의 예측결과를 분석한 결과 우수한 거동을 보이고 있었다. 교각 주위의 난류 특성 연구에서는 3차원 초음파유속계를 이용하여, 교각 주위에서의 유속장 및 난류특성을 규명하였다. 또한 시간에 따른 세굴 양상과 평형세굴공의 형태를 측정하였다. 실험결과, 전체적인 세굴공의 형태는 교각전면부에서는 반원형이고 후면부에서는 반타원형으로 나타났다. 교각측면에서 난류전단응력과 난류강도가 매우 크게 나

타났으며, 일반적으로 평균유동과 난류 변동량간에는 상관성이 크지 않은 것으로 밝혀졌다.

4. 시 설

대학원생은 4개의 연구실과 1개의 전산실을 사용하고 있으며 연구실의 컴퓨터를 SNUNET을 이용하여 Network화하여 사용하고 있다. 수리·항만실험실은 옥내실험실(44m 8.8m 7.1m)과 옥외실험공간(50m 12m)을 확보하고 있으며 부대 시설로서 50, 30, 10마력 펌프 각 1대와 고수조와 저수조로 구성된 펌프실이 있다. 그리고 실험 장치는 경사조절 실험개수로, 불규칙과 조파장치 및 조파수조, 레이놀즈 시험기, 수리현상실험대 등을 보유하고 있으며, 계측 장비는 유속계(프로펠라식 미속계와 현장유속계, 초음파 유속계), 피토관, 수위계, 전기식 수위계, 용량식 파고계, 압력변환기, 전자기식 유량계, 다기능수질측정기, DO-BOD측정기, 전도율계, 데이터로거 등이 있다.

또한 자료실에는 수공학, 해안공학에 관련된 각종 서적, 보고서, 석·박사 학위논문 및 정기간행물 등을 비치, 관리하고 있다. ●