Numerical Methods in Rock Engineering -Introduction of the course(Week1, 8 Mar 2021)

Ki-Bok Min, PhD

Professor Department of Energy Resources Engineering Seoul National University



SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

Introduction Schedules, Room and Instructors

- Lectures (3 credits)
 - Mon: 15:30 16:15
- Lecture Room: 38-323
- Instructor and Teaching Assistant
 - Ki-Bok Min, Room:38-303, kbmin@snu.ac.kr
 - Hwajung Yoo, Room:135, yhj0313@snu.ac.kr





Introduction Objectives of the course



- Objective;
 - Be familiar with essential concepts of various numerical methods applied in rock engineering or other related subsurface engineering.
 - Understand the basic principles of numerical methods FEM, (FDM, BEM) and DEM
 - Be able to apply numerical methods in rock mechanics/geomechanics problems.
 - Emphasis on hands-on experience of applying numerical methods to actual problem of interest

Introduction Contents of the course



	주(기간)	강의내용			
	week 1, 3/8	- Introduction of the course			
		- Numerical approach in rock engineering/Geomechanics			
	week 2, 3/15	- Finite Element Method (Gallerkin FEM) - Home assignment #1: Summary of Paper by numerical method			
	week 3, 3/22	- Finite Element Method (1D)			
	week 4, 3/29	- Finite Element Method (1D & 2D)			
	week 5, 4/5	- Finite Element Method (2D)			
	week 6, 4/12	- Finite Element Method (2D elastic problem) - Home assignment #2: Coding of FEM program			
	week 7, 4/19	- Finite Element Method (Exercise, COMSOL)			
강의	week 8, 4/26	- Discrete Element Method (Introduction)			
계획		- Explicit Discrete Element Method (Particulate system) - Home assignment #3: FEM exercise			
Schedule	week 9, 5/3	- Explicit Discrete Element Method (Blocky system)			
	week 10, 5/10	- Explicit Discrete Element Method (Blocky system) - Home assignment #4: DEM paper reading			
	week 11, 5/17	- DEM Exercise (PFC, UDEC)			
	week 12, 5/24	- DEM (implicit method: Discontinuous Deformation Analysis and Numerical Manifold Method) by invited			
		speaker (Prof Tomofumi Koyama (Kansai University, Japan, tentative) - Home assignment #5: DEM exercise			
	week 13, 5/31	Presentation of progress of term paper & Consultation with instructor			
	week 14, 6/7	Outstanding issues in numerical methods for geomechanics			
	week 15, 6/14	- Presentation of Term Papers			
		- Final Exam - Home Assignment #5: Submission and Presentation of Term paper			

Introduction References



- References (FEM & DEM)
 - Overview
 - ୠ Jing L, 2003, A review of techniques, advances and outstanding issues in numerical modelling for rock mechanics and rock engineering. Int J Rock Mech Min Sci, 40(3): p. 283-353.
 - FEM
 - ন্ধ Burnett DS, 1987, Finite Element Analysis from concepts to applications, Addison-Wesley Publishing Company, 844p (or other numerous FEM textbook)
 - DEM
 - ℜ Jing, L. , Stephansson O, 2007, Fundamentals of Discrete Element Methods for Rock Engineering: Theory and Applications. Elsevier Science
 - ন্থ Cundall PA, 1979, Discrete Numerical-model for granular assemblies, Geotechnique, 29(1): p.47-65
 - Potyondy DO, Cundall PA, 2004, A bonded-particle model for rock, Int J rock Mech Min Sci, 41(8): p.1329-1364
 - ন্থ Cundall PA, 1988, Formulation of a 3-dimensional distinct element model. 1. A Scheme to detect and represent contacts in a system composed of many polyhedral blocks, Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 25(3):p.107-116
 - ন্ধ Hart R, Cundall PA, 1988, Formulation of a 3-dimensional distinct element model. 2. Mechanical calculations for motion and interaction of a system composed of many polyhedral blocks, Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr, 25(3):p.117-125

Introduction Assessment



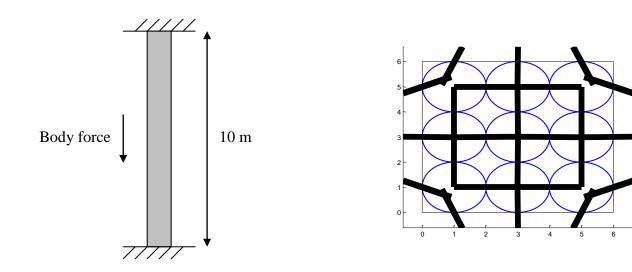
- Assessment
 - Home Assignment
 - Final Exam : 20 %
 - Term paper : 20 %
 - Participation : 10 %

: 50 % ~5 home assignments

Introduction Home Assignments (40%)



- #1 1 page summary of selected papers on numerical analysis
- #2 1D(or 2D) coding of FEM/FDM (use excel, matlab, or other codes)
- #3 Exercise with FEM code (comsol multiphysics)
- #4 Paper reading (DEM) classical paper of your choice
- #5 Exercise with UDEC/PFC



Introduction Term Project (20%)



- Select a subsurface engineering problem of your interest and conduct a numerical analysis using any available codes.
- Term paper must include;
 - ন্থ Clear objectives
 - $\ensuremath{\mathfrak{P}}$ One or two verification cases
 - ন্থ Thorough formulation of the chosen numerical method
 - $\ensuremath{\mathfrak{B}}$ Concise presentation and discussion on the results
- Timeline
 - a 31 MayProposal (1 page) & 10 minutes presentationa 7 JuneConsultation with instructora 14 JunePresentation and submission of Term Paper

Introduction Term Project



- A list of example topics
 - Reproduction of published landmark papers
 - Borehole Stability problem in Anisotropic Media (FEM or FDM)
 - Fracture propagation in petroleum/geothermal reservoir (BEM or DEM)
 - Calibration of micromechanical parameters for transversely isotropic rock rock (DEM)
 - Coupled (thermo) hydromechanical analysis in porous medium
 - CO2 injection in saline formation
 - Thermomechanical analysis for geological repository of nuclear waste
 - Slope Stability in fractured or continuum rock
 - Reinforcement of tunnel
 - Determination of equivalent properties of fractured rock mass (DEM)

Introduction Term Project



- Presentation
 - Presentation is an extremely important part of your professional life. Therefore, you have a good reason to be serious about this.
 - 10 minutes + 5 min (questions)

Introduction Term Project



- Your term papers will be published as proceedings.
- Your term papers may be developed into journal papers in the future.

Proceedings of
2011 SNU Student Conference
- Numerical Analysis in Rock Engineering -

Editor : Ki-Bok Min

Department of Energy Resources Engineering

Seoul National University

Introduction Final Exam (Take home)



- Demonstration of basic concepts and principles on numerical method, FEM & DEM.. Or numerical skills
- The details will be announced later.

"Beyond Reservoir Geomechanics" Being SNU Students/Alumni



SNU and our society

- 서울대의 두가지 빚 (빚TWO) Social responsibility of Seoul National University (two kinds of debts)
 - 국내 (government)
 - 국외 (overseas)

Dd-Im	빚투 📼 🔍				로그인
통합검색 뉴스	· 카페 블로그 이미지 동영상 팀 웹문서 더보기 ~ 기간전체	¥			
	개성한 빛루 마이크로닷 연해계 빛루 차해한 마동석 빛루 도끼 휘인 빛루 연해인 빛루 빛루 마마무 빛루 운동 티파니 빛루 우지원 티파니 비 부모사: >	실시간 이슈 검색어 1 이용찬 교수	NEW	6 고퇴;	70
	신 [<u>원숙, 진남편 빛투 논란</u> 2시간전 채널A 다음뉴스 J.도 태었다" 연매계에 몰아치는 '빛투' 폭로 이번한 한고운 조여장… 연애계 강타한 '빛투' 경보 1고은 조대장, 부친 사기 폭로에 아른 가장사 고팩 X자세한 내용은	2 연우 3 이재수 4 거문도 5 궁금한 이야기 y	↑187 ↑149 ↑128 ↑115	7 현미 8 미선: 9 모모(10 김병)	밴드
L	박원숙 빚뜻의혹해 "사실무근, 견 남편이 회사 내 7시간전 '매일경제TV 박원숙 빛뜻의혹, "전 남편이 회사 대표로 내 이름 12시간전 '디지팅타임스 '다음뉴스 박원숙 빛뜻의혹, 전 남편 영급된 이유? 13시간전 '데일리스포츠한국 대학뉴스 5위 '제방기'>	실시간 뉴스 검색어 중합	91	na	<u>ح</u> ة
	2만수, 묘 항한 병부' 폭로에 "아들로서 책임 다하겠다" 2시간전 노컷뉴스 : 다음뉴스 [월도 산태의(국제한, 운민수)의 소속사가 운민수 이더니를 한한 병투 (영법oo 나도 태었다) 로가 나오자 입장을 밝혔다. 베이저나인은 7일 늦은 오후 입장문을 내고 운민수 병투' 논란에 '휴 채무 발미병 들었다. 아 1시간전 등양입보 ! 다음뉴스 '유 병투 약독' 인사 산복 한다면 아들콘서 2시간전 '지'다. 다음뉴스 운민수 속 '휴 채우 논란 불했다. 명입 끝까지 다 1시간전 '조로운아 다음뉴스 인수, 모친 병투 논란에 '사실관계 확인 후 책임' '36분전 : 아주공제선목	1 유치원 3법 2 카카오 카香 3 일등후디스 4 창약제도 개편 5 산강분유		6 백낙감 7 세월: 8 고성 9 다자니 10 국회:	호 교통사고 月
	시전=400개U인 제공가수 응민수(30도 부모의 별루 논란에 취압리가 전위을 확인한 뒤 책임 값다고 방성다. 7월 05년동 르민수의 0대니가 23년 전 교양 친구에게 1000만 응민수 속 10년 17년 별루 가상관개 확인종" 시간전 스포츠등아 [다음뉴스 응민수 혹 '모친 채무 물했다상실 확인 휴 쪽입 2.가간전 스타즈테이 다음뉴스 생권수 별루의혹에 강력한 입장 보인 이유 "사실 범적 시호 다 지나 2년 전 영일보 [에 백원속은 별루 의록과 명예됨은 소송에 대한 입장을 밝혔다.박원속은 6일 별루 논란에 휩싸 다 2.7 전전 백원속에게 1억 형반 만원을 발리주고 받게 못했다는 A씨가	관련검색이 빛투 뜻 마이크로닷 차예련 도끼 마마무 취인 빛투		이병현 빛 연예계 빛 마동석 빛 휘인 빛록 연예인 빛	(早) 早
4	높스워치) 연예계 별루 논란, 연 끊은 부모의 별, 번제 의무는? 시간전: 《한뉴스가》 다음뉴스 출연 : 순수호 변호사〉배우 한고은 씨와 조여정 씨도 아버지 별으로 인해 雙투 논란에 휘말했습 [다. 두 사람 모두 가족사로 인해 아버지와 현재 연락을 하고 있지 않아 이슈S] 윤민수, 윤 '빛두'의혹"문전박대-경찰까지 불렀다'	빚투 마마무 티파니 빚투 티파니		빚루 운동 우지원 비 부모시	5

"Beyond Reservoir Geome Being SNU Students/Alumr

窗 대학소개 역사 **** 대학현황 / 재무정보공시 2021년도 방안된게 에스템링 2021년도 법인회계 세입·세출예산 020년도 방안하게 예산한테 2019년도 기부금 모금액 및 활용실? 2019년도 범인하게 겸산 공사 2019년도 법인하게 예산한 https://www.snu.ac.kr/about 2021. 2. 서울대학교 정부출연금: 512,353,000,000 KRW (~5,123억원) 등록금(학부 및 대학원): 178,705,000,000 KRW (~1,787억원) 512,353,000,000 ÷ 178,705,000,000 = 2.87 4년 등록금 x 2.87배 = 졸업시 정부출연금 혜택 총계

세입 총괄

			(단위: 백만원)
구 분	2020(A)	2021(B)	중감(B-A)
합 계	863,485	911,954	48,469
정부출연금 수입	486,565	512,353	25,788
소계	486,565	512,353	25,788
등록금 수입 ¹⁾	180,278	178,705	-1,573
교내 타회계전입금 수입 ²⁾	21,786	25,920	4,134
교육부대 수입 ³⁾	27,285	25,957	-1,328
전기 일반 이월금4)	16,500	41,300	24,800
부설학교 수입 ⁵⁾	475	0	-475
소계	246,324	271,882	25,558
보조금 ⁶⁾	15,101	16,730	1,629
수입대체경비 ⁷⁾	115,495	110,990	-4,505
소계	130,596	127,719	-2,877

대비 대부분의 항목(예금이자 수입, 재산운용수입 등)에서 세입 감소 4) 전기 일반 이월금: 2020년도 말 자금이월 예상액(약 413억원)을 세입예산에 편성 후

5) 부설학교 수입: 2021년부터 고등학교 전 학년 무상교육 실시에 따른 세입 감소

7) 수입대체경비: 공개강좌, 법인재산활용 사업 등 177개 사업 수입금 계상

- 2) 교내 타회계전입금 수입: 부족 재원 보전을 위해 산학협력단 등 교내 타회계 지원금 편성 3) 교육부대 수입: 대학 운영 및 시설물 관리 등으로 발생하는 세입 재원을 계상, 전년
- 1) 등록금: 2021년도 학부·대학원 수업료 동결, 대학원 입학금 동결

이 중 일부를 적립금(건축·퇴직·장학적립금)으로 운영할 예정

6) 보조금: 정부 등의 별도 사업비 지원 계상

- 5 -

"Beyond Reservoir Geomechanics" Minnesota-SNU project (미네소타 프로젝트)



- A official development project conducted by University of Minnesota on Seoul National university
 - Sponsor: US FOA/ICA*
 - Duration: 1954 1962
 - Budget: ~ 10 million USD (현재가치~1200억원)
 - Target: 3 Colleges

ন্ধ Engineering, Medicine & Agriculture

– Туре

ର୍ବ Training of faculty members ର୍ବ Consulting on university operation ର୍ବ Infrastructure



From the left: Yung Mo Hwang- Dean of Engineering, Baik Hyun Cho- Dean of Agriculture, Dr. A.E. Schneider- Chief Advisor, Chae Koo Lee- Dean of Medicine.

*FOA: Foreign Operations Administration, ICA: Int Cooperation Administration Fowler S. Seoul National University, Schneider with Deans.. 1955-01-04. University of Minnesota Libraries, University Archives.,

umedia.lib.umn.edu/item/p16022coll175:20890 (방문일: 2021년 2월21일).



- SNU faculty's stay in U of Minnesota
 - 3-6 months
 - 1 year (senior faculty members)
 - 2 year (junior faculty members)
- 226 academic members visited U of Minnesota
 - 64 (Engineering, 54 Faculty + 10 lecturer + assistants), 57 (Agriculture), 78 (Medicine)
 - 15 PhD degrees, 71 MSc degrees
- Following work after visit to US
 - Developing new courses
 - Adopting new teaching methods



- Faculty members trained in the US
 - Total # of Faulty member (> fulltime lecturer) in Engineering in 1955: 66
 - >80 % of full time faculty member were trained through Minnesota Project

전공	연수인원	비고		
건축학	3	부교수 1, 조교수 1, 전임강사 1		
광산학	5	교수 1, 부교수 2, 전임강사2		
금속공학	5	부교수 3, 조교수 1, 강사 1		
기계공학	7	교수 3, 부교수 2, 조교수 2		
섬유공학	6	교수 2, 조교수 2, 전임강사 1, 조교 1		
원자핵공학	4	조교수 1, 강사 1, 조교 2		
전기공학	7	교수 2, 부교수 2, 조교수 3		
전자공학	3	부교수 2, 전임강사 1		
토목공학	6	교수 1, 부교수 1, 조교수 2, 전임강사 1, 강사 1		
항공조선공학	5	조교수 3, 전임강사 2		
화학공학	8	부교수 3, 조교수 1, 전임강사 1, 강사 2, 조교 1		
기타 (기초수학, 5		고스 인 ㅈ.코스 1 저이가라 1 가라 1		
기초물리, 기초화학 등)	Э	교수 2, 조교수 1, 전임강사 1 강사 1		
계	64	전임강사 이상 54명, 강사 및 조교 10명		



- Faculty members from SNU Mining Engineering
 - 송태윤 (부교수, 1955년 ~, 15개월)
 - 홍준기 (교수, 1956년 ~, 6개월)
 - 김동기 (전임강사, 1956년 ~, 24개월)
 - 김재극 (부교수, 1956년~, 12개월)
 - 전용원(전임강사, 1957년~, 24개월, 석사학위취득)

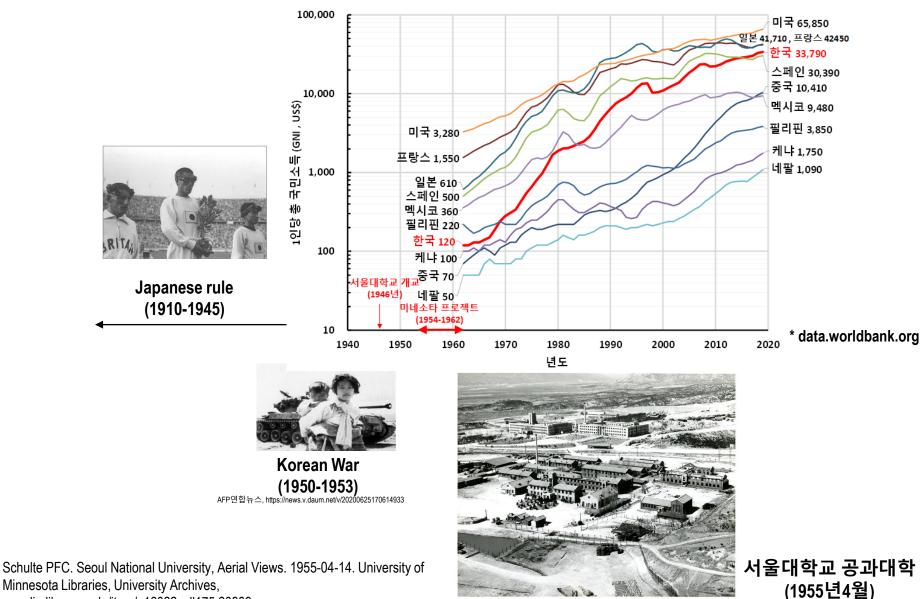


- Visiting scholars from U of Minnesota
 - 57 in total (43 associate professor/professor)
 - Advice on education system

		0			,
Name	start	end	Duration (month)	role	Afiliation
W.R. Weems	1955.2.1	1956. 7. 16	17.5	Overall	MIT
Carl Graffunder	1955.9.9	1 9 55. 12. 12	3	Architecture	U of Minnesota, lecturer
S. C. Larson	1955.9.1 6	1955. 12. 19	3	Electrical	U of Minnesota, A/ professor
	1955.9.26	1955. 12. 23	3	Monhaging	ll of Mignogota, profogoor
C. E. Lund	1958.4.1	1959.3.16	11.5	Mechanical	U of Minnesota, professor
C. A. Harris	1956.6.4	1956.9.1	3	Textile	Lowell U, professor
W.W. Staley	1956.6.16	19 57. 9 . 27	15.5	Mining	Idaho U, Professor
Paul Andersen	1956 . 7. 31	1956. 12. 31	4.5	Civil	II of Mignogota, profogace
Paul Andersen	1959.6.17	1959.12.14	6	CIVII	U of Minnesota, professor
Harvey Evans	19 57. 4. 1	1957. 7. 12	3.5	Naval architecture	MIT, Profesor
C. E. Schwartz	19 58.8.7	1959.93	13	Chemical	Virginia U, A/professor
J. W. McCarty	1959.9.10	1960. 9. 21	12.5	Textile	Georgia Tech, A/professor
Harold E. Babbitt	1960.6.15	1961.6.20	12	Civil	U Illinois, Professor
J. P. Hartnett	1960. 10. 17	1960. 10.29	0.5	Nuclear	U of Minnesota, professor

Advisors to the College of Engineering (Kim, 2009)





umedia.lib.umn.edu/item/p16022coll175:20889



- 에너지자원 국제인력양성장학금 (SNU Energy Resources Engineering Global Scholarship)
 - 10명의 저개발국가 일류인재 양성 (우리가 받은 혜택의 2배)
 - 모금기간 및 목표: 2019.4 2029.4 (10년간, 6억)





이정인 명예교수님 (가운데) 약정식 (5,000만원)

김기석 희송지오텍 대표 (오른쪽 세번째) 약정식 (5,000만원)

https://engerf.snu.ac.kr/fundinfo/my_fund_view.php?idx=29

"Beyond Reservoir Geomechanics" Being SNU Students/Alumni





We should not forget that "We are studying in Seoul National University through substantial support from general public expecting <u>both</u> academic excellency and (global and national) social responsibility"

- 2015년 작고한 정석규 동문(화학공학 졸)은 1967년 태성고무화학을 창업하여 국내최초로 공업용 특수고무 제품을 양산하였으며, 1987년부터 작고할 때까지 총 451억원을 서울대학교에 기부"
- … 이 세상은 혼자서 살아갈 수 있는 곳이 아닙니다. 반드시 누군가의 도움을 받는 한편 누군가에게 도움을 주면서 살아가고 있는 것입니다. 내가 사회에서 부(富)의 축적을 하게 된 것은 나의 노력의 성과라고도 하겠지만 남의 도움으로 이루어진 것이니 축적된 재물을 사회에 환원하는 것은 당연한 순리(順理)인 것입니다."

정석규 동문 신양문화재단 운영 서울대학교 위임식 인사말 중.