

GIS 정보를 이용한 풍속지형계수 산정

Estimation of the Topographic Factor of Wind Speed Using GIS Information

성 민 호* 최 세 휴**
Min Ho Seong Se Hyu Choi

요 약 최근 국지적 강풍 및 태풍에 의한 피해규모가 증가하고 있다. 국토의 70%이상이 산악지형인 우리나라에서는 산악지형의 특성에 따른 풍속의 변화를 적절하게 반영한 풍하중 산정이 필요하며 건축구조기준(2009)에서도 이를 명시하여 설계과정에 반영하도록 하고 있다. 그러나 실제 구조물 설계 시 지형적 특성을 고려한 풍속지형계수를 산정하기 위해서는 현지 지형측량 등 여러 가지 어려운 점을 가지고 있다. 본 논문에서는 수치지형도에서 TIN보간법을 이용한 수치표고모델(DEM)을 제작하고, ESRI® ArcObject™와 프로그래밍 언어인 비주얼 베이직(Visual Basic)을 사용하여 풍속지형계수를 자동적으로 산정할 수 있는 인터페이스를 설계·구현하였다. 이를 도심지에 위치한 산악지형에 적용함으로써 풍속지형계수 산정 인터페이스의 실용성을 점검하였다.

키워드 : 풍속지형계수, GIS, 수치표고모델

Abstract Recently damage scale by local winds and typhoon has dramatically increased. Korea has the terrain over 70% of the land and the planning of the wind load is necessary to estimate reflecting appropriately the change of the wind-speed according to the characteristic of the terrain and in the Korean Building Code(2009), this is stated and it reflects to the design process. However, in order to estimate the topographic factor of the wind speed considering the topographic characteristics in the structure design actually, it has many difficult points including the local topographic survey, etc. In this paper, the Digital Elevation Model(DEM) is created using TIN interpolation method in the form of the digital map and then the interface was designed and implemented which can automatically estimate the topographic factor of wind speed by using ESRI®ArcObject™ and the Visual Basic programming language. By applying it to the terrain which positioned in the downtown area, the practicality of the topographic factor of wind speed estimation interface was checked.

Keywords : Topographic Factor of Wind Speed, GIS, DEM

1. 서 론

최근 국지적 강풍 및 태풍에 의한 피해가 자주 발생하고 있으며, 국토의 대부분이 산악지형으로 구성되어 있는 우리나라의 경우 풍하중 설계 시 지형적 영향에 따른 풍속의 증가를 고려하도록 하고 있다.

풍속에 영향을 미치는 지형계수에 대한 연구로는 Miller와 Davenport[1]가 산등성이나 급경사지에서

의 풍속할증 비율을 주요 하중기준들이 제시하는 비율과 비교하였으며, Ishihara와 Hibi[2]가 3차원 급경사 지형에서 난류의 특성에 대한 연구를 수행하였다. 조강표 등[7]은 독립된 3차원 산악지형에 의한 풍속할증효과를 풍동실험을 통해 조사하여 주요 풍하중 기준과 비교하고 분석하였다. 그러나 실제 구조물 설계 시 지형적 특성을 고려한 풍속지형계수를 산정하기 위해서는 풍동실험 및 현지 지형측량 등

† 본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원금을 받아 수행된 것임. (No. 2011-0026509). 또한, 본 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

* 경북대학교 공간정보학과 석사과정, mhseong@knu.ac.kr

** 경북대학교 건축토목공학부 부교수, shchoi@knu.ac.kr(교신저자)*

여러 가지 어려움이 있다.

우리나라는 국가기초지리정보(NGIS)사업에 의해 전국적인 수치지형도가 구축되어 있어 어느 지역에서나 수치표고모델(DEM)을 제작할 수 있으며 그 활용영역이 점차 증가하고 있다. 수치표고모델의 신뢰성을 향상시키기 위해 우제윤 등[4]은 우리나라의 수치표고모델 구축을 위하여 지형별로 적합한 보간 방법과 알맞은 격자크기에 대한 연구를 수행하였고, 이석배 등[5]은 다양한 중력학적 보정방법을 이용하여 지형효과를 산출하고 이를 비교·분석하였으며, 이태윤 등[6]은 신뢰성 있는 수치표고모델을 자동으로 생성하기 위해서 기존 수치표고모델을 이용하여 자동으로 추출한 접합점(Tie-points)과 영상 피라미드 그리고 정합 결과에서 발생한 이상값(Outlier)을 기존 수치표고모델로 보정하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 수치지형도를 이용한 수치표고모델을 제작하고 GIS 정보를 이용한 산악지형에서의 풍속지형계수를 산정할 수 있는 인터페이스를 설계 구현함으로써 지형의 특성에 따른 풍속의 변화를 구조설계에 반영하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 TIN 보간법

TIN(Triangulated Irregular Networks) 보간법은 불규칙하게 분포된 위치에서 높이데이터를 추출하여 이들 위치를 삼각형의 형태로 연결하여 전체 지형을 불규칙한 삼각형의 망으로 표현하는 방식이다. 이러한 TIN 방식은 세 지점의 위치를 가지고 하나의 삼각형을 이루며, 각각의 삼각형 내에서 경사의 크기 및 방향 등이 결정되어 지형의 3차원적인 표현을 가능하게 한다. TIN 방식은 위상구조를 가지는 벡터형식이며, 래스터방식에 비해 비교적 적은 지점에서 추출된 높이 데이터를 사용하여 전반적인 지형의 형태를 나타낼 수 있으며, 계곡이나 골짜기 등, 지형의 변화가 심한 지역에서는 자료의 밀도를 높임으로써 지표면의 형태를 정확하게 나타낼 수 있다는 장점이 있다. 반면, TIN 보간법의 단점은 자료 파일을 생성하기 위해서 훨씬 많은 처리를 요하며 TIN을 생성하는 알고리즘에 따라 부수적으로 발생하는 오차에 차이가 나고, 생성된 삼각형의 경계부근에서 생성되는 불필요한 객체를 제거하기 위한 수작업이 필요하다는 점이다.

TIN 보간법은 무작위로 추출된 소수의 점으로부터 지형을 생성하기 때문에 지형을 가장 정확히 묘사하기 위해서는 이웃 점들과의 관계를 잘 확보할 수 있는가에 달려있다. 이때 구성되는 삼각망은 정삼각망이 되도록 하며, 가능한 높이의 차가 최소가 되도록 한다. 또한, 삼각망의 가장 긴 변을 가능한 짧게 구성되도록 한다. 이 세 가지 조건을 가장 잘 만족시키며 지형에 잘 일치되는 최적화 알고리즘인 Delaunay 삼각구분법이 일반적으로 가장 많이 이용된다.

본 연구에서는 1:5,000 축척의 수치지형도에서 등고선과 표고점 등 높이데이터를 추출하여 TIN 보간법으로 3차원 지표면을 생성하고, 1m × 1m 격자간격의 수치표고모델을 생성하였다.

2.2 풍속지형계수 산정 인터페이스

건축구조기준(2009)에서 제시하는 설계풍속은 식(1)과 같다.

$$V_z = V_o K_{zr} K_{zt} I_w \quad (1)$$

여기서, V_o 는 지역에 따른 기본 풍속이며, K_{zr} 은 풍속의 고도분포계수, K_{zt} 는 지형의 효과를 고려하는 풍속지형계수, I_w 는 건축물의 중요도계수이다. 풍속지형계수(K_{zt})는 풍속에 영향을 미치는 지형의 영향을 수치화하여 나타냄으로써 풍속의 증가정도를 결정하게 되며, 그림 1의 산정절차에 따라 산정한다.

풍속지형계수 산정에 필요한 지리정보(H , L_w , $5H$ 까지의 수평거리)를 수치표고모델에서 측정하기 위하여 ESRI[®]ArcObject[™]와 프로그래밍 언어인 비주얼 베이직(Visual Basic)을 이용하여 직접 구현하였다. 또한, 풍속지형계수 산정절차에 나타나는 변수들을 포함하는 인터페이스를 설계하고, 각 연산과정을 구현하였다.

풍속지형계수 산정을 위해 설계·구현한 사용자 인터페이스를 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 ①에서는 생성되는 수치표고모델(DEM)을 콤보박스에서 입력데이터로 선택한다. ②에서는 건축물의 위치가 산악지형의 풍상측인지 풍하측인지를 선택한다. ③에서 $H/2$ 포인트 생성 버튼을 눌러 최고점, 최저점, 중간점의 Shape File을 생성하면, 지표면높이(최저점)와 정점높이(최고점) 그리고 $H/2$ 높이(중간점) 값이 ④에 출력된다. ⑤에서 건물의 높이(z)를 텍스

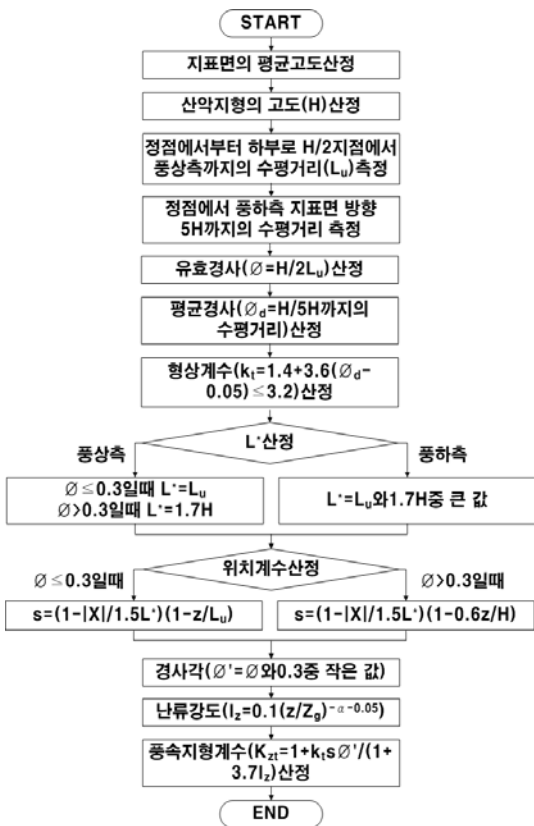


그림 1. 풍속지형계수 산정절차

트박스에 입력한 후, 최고점과 건물의 위치점을 선택하고 ⑥거리측정 버튼을 클릭하면 ⑦에 최고점과 건물의 거리가 출력된다. ⑧에서는 표 1의 지표면조도구분에 따라 대상지역의 지표면조도를 결정하여 콤보박스에서 선택한다. ⑨에서 생성된 최고점과 중간점을 선택한 후 L_u 값 측정 버튼을 누르면, 그 거리 값을 측정하여 ⑩에 출력되고, 최고점에서 풍하측 지표면 방향 5H되는 거리까지의 수평거리가 ⑪에 출력된다. 또한 산정한 지리정보(H , L_u , 5H까지의 수평거리 등)를 입력 값으로 하여 ⑫에 유효경사(ϕ), 평균경사(ϕ_d), 형상계수(k_1), L^* , 위치계수(s), ϕ , 난류강도(I_z)가 산정되며, ⑬에 풍속지형계수

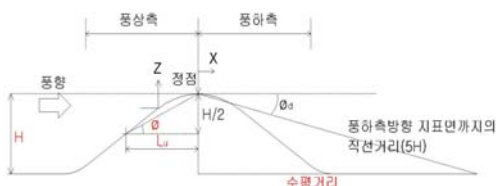


그림 2. 풍속지형계수의 지리정보

수(K_{zt})가 산정되어 출력된다.

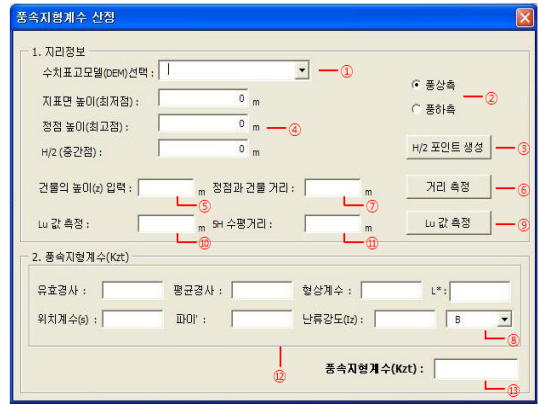


그림 3. 풍속지형계수 산정 인터페이스

표 1. 지표면조도구분

지표면 조도구분	주변지역의 지표면 상태	Z_g	α
A	대도시 중심부에서 10층 이상의 대규모 고층건축물이 밀집해 있는 지역	500	0.33
B	높이 3.5m 정도의 주택과 같은 건축물이 밀집해 있는 지역, 중층건물이 산재해 있는 지역	400	0.22
C	높이 1.5~10m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역, 저층건물이 산재해 있는 지역	300	0.15
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5m 이하인 지역, 해안·초원·비행장	250	0.10

* 건축구조기준 및 해설, 2009.

3. 적용 예제

인구의 도시집중화가 진행됨에 따라 도심지에 위치한 산악지형에 건설되는 시설물이 점차 증가하고 있다. 대구광역시 중합유통단지에 위치한 독립된 산악지형에 구현된 풍속지형계수 산정 인터페이스를 적용해 보았다.

3.1 수치표고모델(DEM)생성

수치표고모델은 일반적으로 수치지형도에서 등고선과 표고점 등의 높이데이터를 추출하여 생성된다. 그림 4(a)와 같이 등고선과 표고점의 높이 값을 기

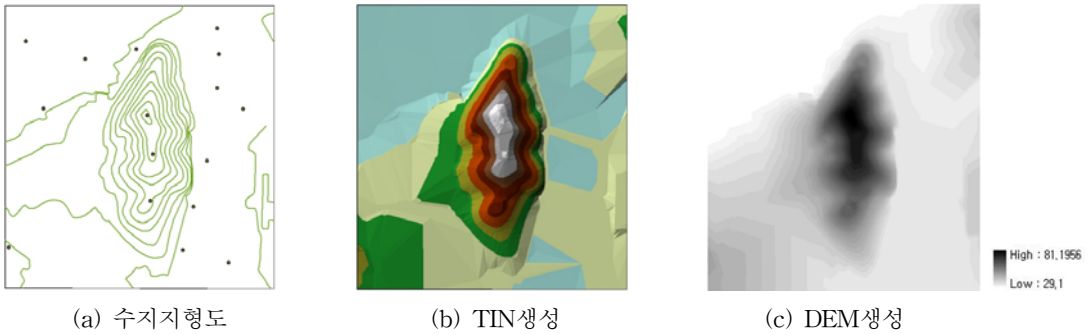


그림 4. 산격동 DEM 생성

반으로 TIN(Triangulated Irregular Networks) 보간 방법으로 3차원 지표면을 생성한 후 격자간격 1m × 1m의 수치표고모델로 변환하였다.

3.2 풍속지형계수 산정

그림 5의 ①에서 그림 4(c)에서 생성된 산격동의 수치표고모델을 입력 데이터로 선택한다. 본 논문에서는 풍하측에 건축물이 건설된다고 가정하였으므로 ②에서 풍하측을 선택 한 뒤 ③ H/2포인트 생성 버튼을 클릭하면, 그림 6과 같이 정점, H/2지점, 최저점에 포인트 타입의 Shape File이 생성된다. 또한 ④에 지표면 높이 29.1m, 정점 높이 81.1956m, H/2 높이 55.1478m가 출력된다.

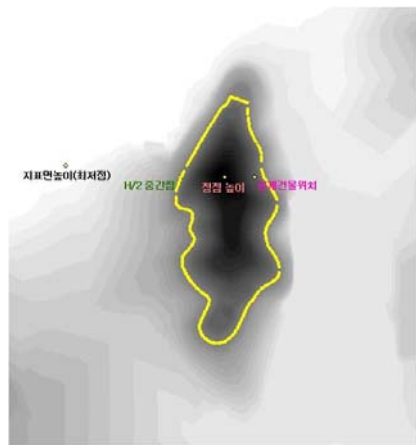


그림 6. H/2지점 등고선 생성

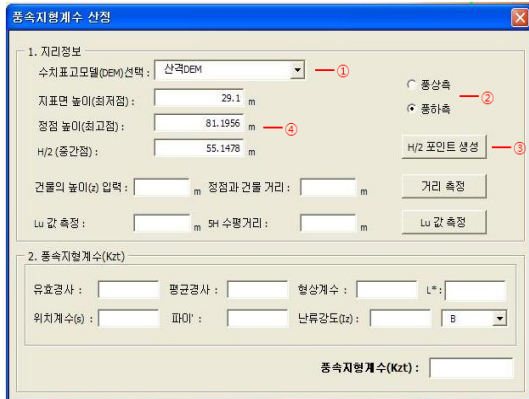


그림 5. 인터페이스(1)

그림과 8과 같이 설계될 건물의 위치(165228.851, 267267.689)를 벡터 데이터로 생성한다. 단 위치 좌표의 단위는 미터(meter)이고 동부원점과 TM좌표계를 사용하였다. 최고점과 생성된 건축물의 위치점을 선택한다. 그림 7의 ⑤에서 건물의 높이(z) 값을

60m로 입력한 뒤 ⑥거리 측정 버튼을 클릭하면 그림 8에 최고점과 건물의 위치점 사이에 라인 객체가 생성되고, 자동으로 라인객체의 수평거리 X 값이 측정되어 측정된 값 54.64m가 ⑦에 출력된다.

그림9의 ⑧에서 대상지역의 지표면조도를 B로 선택한 후 ⑨ L_u 값 측정 버튼을 클릭하면 그림 10과 같이 최고점과 중간점 사이에 라인 객체가 생성되고, 자동으로 라인객체의 수평거리 L_u 값이 측정되어 측정된 값 78.0m가 ⑩에 출력된다. 또한, ⑪에는 풍하측 지표면 방향과 5H되는 거리까지의 수평거리가 255.215m로 출력된다.

산정된 지리정보 ($H = 52.0956$, $L_u = 78.0$ m, 5H까지의 수평거리 = 255.215 m)들을 입력 값으로 하여 ⑫에 유효경사 ($\phi = H/2L_u$) 0.3339, 평균경사 ($\phi_d = H/5H$ 까지의 수평거리) 0.2041, 형상계수 ($k_t = 1.4 + 3.6(\phi_d - 0.05)$) 1.9548, $L^* = 88.5625$ 들이 각각 산정된다. 또한 위치계수(s)가 0.1819로,

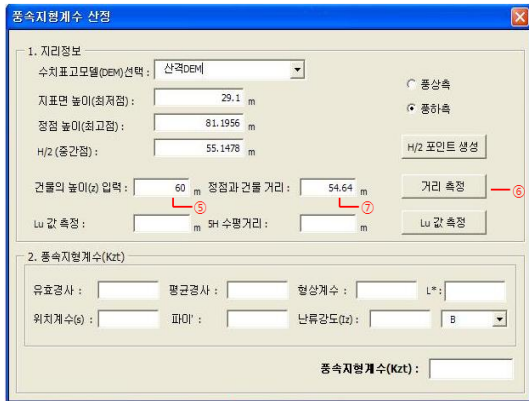


그림 7. 인터페이스(2)

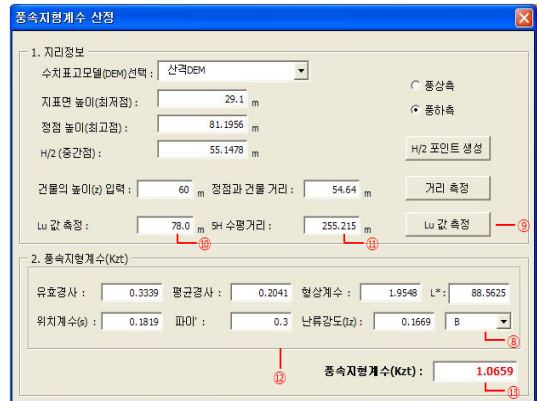


그림 9. 인터페이스(3)



그림 8. 건물위치 지정 및 거리측정

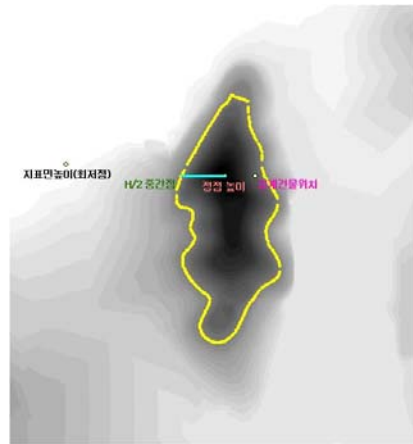


그림 10. L_u 값 측정

파이'(φ')가 0.3으로, 난류강도(I_z)가 0.1669로 각각 산정되며 최종적으로 그림 9의 ⑬에 풍속지형계수 (K_{zt})가 1.0659로 산정되어 출력되었다.

따라서, 적용 대상지인 대구광역시 종합유통단지 에 위치한 산악지형에 앞에서 가정한 풍향(서풍) 및 건물의 위치(풍하측), 지표면조도(B)를 적용하여 60m의 건축물을 설계한다면 풍속지형계수가 1.0659임을 알 수 있었다. 설계풍속은 풍속지형계수에 비례하고, 풍하중은 설계풍속의 제곱에 비례하기 때문에 건축물 설계 시 기본 풍속에 의한 풍하중보다 약 13.61% 증가된 풍하중을 건축물의 내풍설계 시 고려해야함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 GIS 정보를 이용한 풍속지형계수 산정 인터페이스를 설계·구현하였고, 이를 이용하여 산악지형에서의 지형적 특성에 따른 풍속의 변화를 반영하는 풍속지형계수를 산정하였으며, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 기존의 모형제작 및 풍동실험, 현지측량 등의 실험적 모델에서 벗어나 GIS 프로그래밍을 통한 풍속지형계수 산정 방법을 개발함으로써 보다 실용적으로 풍속지형계수 산정이 가능하게 되었다.

둘째, 풍하중 산정 시 산악지형에 건설되는 건축물의 위치와 높이, 지역의 풍향을 고려한 풍속지형계수를 반영할 수 있게 함으로써 건축물의 안전성과 설계의 합리성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 본 연구에서는 대상범위내 수치표고모델의 최저높이를 지표면의 높이로 가정하였으나 보다 정확한 지표면 높이를 산정하기 위하여 추가적인 연구가 필요함을 알 수 있었다.

넷째, 향후 풍소고도분포계수와 풍속지형계수를 GIS상에서 통합하여 보다 정량적이고 효율적인 풍속 계수 산정시스템 개발이 필요함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] C. A. Miller, A. G. Davenport, 1998, "Guidelines for the calculation of wind speed-ups in complex terrain", J. Wind Eng. & Indust. Aerodyn., vol. 74-76, pp. 189-197.
- [2] T. Ishihara, K. Hibi, 1999, "A Wind Tunnel study of Turbulent Flow over a Three-dimensional Steep Hill", Journal of Wind Engineering, vol. 83, pp. 95-107.
- [3] 성민호, 박경식, 최세휴, 2010, "지리정보를 이용한 풍속지형계수 산정", 한국공간정보학회지, 제18권 제3호, pp.13-22.
- [4] 우제윤, 구지희, 홍창희, 김태훈, 2001, "수치표고 모델(DEM) 구축을 위한 지형별 보간 방법 및 격자크기에 관한 연구", 개방형GIS학회 논문지, 제3권 제2호, pp. 5-19.
- [5] 이석배, 이동하, 권재현, 2008, "우리나라 수치표고 모델을 이용한 지형효과 산출방식의 비교평가", 한국지형공간정보학회지, 제16권 제1호, pp. 83-93.
- [6] 이태윤, 정재훈, 김태정, 2008, "고해상도 위성영상과 기존 수치표고모델을 이용하여 신뢰성이 향상된 수치표고모델의 자동 생성", 한국GIS학회지, 제10권 제2호, pp. 193-206.
- [7] 조강표, 홍성일, 조기성, 2008, "독립된 3차원 산악 지형의 풍속할증에 대한 풍동실험 및 고찰", 대한건축학회논문집-구조계, 제24권 제1호, pp.3-10.
- [8] 대한건축학회, 2010, "국토해양부 고시 건축구조 기준 및 해설", 기문당.



성 민 호

2009년 계명대학교 건축공학과 졸업
(공학사)

2010년~현재 경북대학교 공간정보학과 (석사과정)

관심분야는 방재GIS, 공간정보 관리

시스템



최 세 휴

1990년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학사)

1995년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학석사)

2000년 경북대학교 토목공학과 졸업

(공학박사)

2004년~현재 경북대학교 건축토목공학부 부교수

관심분야는 방재GIS, 공간정보 관리시스템