

GIS를 이용한 풍속고도분포계수 산정

Estimation of Velocity Pressure Exposure Coefficient using GIS

성 민 호^{*}최 세 휴^{**}

Min Ho Seong

Se Hyu Choi

요약 도시화가 진행됨에 따라 고층아파트와 고층빌딩 등 지형지물의 변화가 많이 일어나고 있다. 지형지물의 변화는 강풍 발생의 원인으로 작용하며, 풍속은 풍상측 지형지물의 영향으로 같은 속도의 바람이 불어올지라도 그 값이 증가 또는 감소한다. 설계기준에서는 이러한 변화를 풍속고도분포계수로 정의하고, 지표면조도에 따라 그 값을 산정하여 반영하도록 하고 있지만 현실에서는 설계자의 주관적 판단에 따라 지표면조도를 결정하여 풍속고도분포계수를 산정하고 있으며, 건설지점의 지표면조도를 구분하기 위한 연구와 자료 또한 부족한 실정이다. 본 논문에서는 최근 고층주거건물이 많이 건설된 지역을 대상으로 건축물의 수직높이에 따른 지표면조도를 GIS프로그램을 이용하여 정량적으로 구분함으로써 풍속고도분포계수를 보다 합리적으로 산정하고자 한다. 풍하중을 고려한 구조물 설계 시 본 연구에서 제안한 풍속고도분포계수 산정방법을 이용함으로써 설계의 합리성과 구조물의 안전성을 더 높일 수 있을 것이다.

키워드 : 풍속고도분포계수, 지표면조도, GIS, 풍속

Abstract As an urbanization is in progress, the change of the planimetric features and topography including high-rise residential buildings commonly occur. The change of the planimetric features and topography causes occurrence of the strong wind and wind speed increase or decrease due to the effect of planimetric features and topography on the windward side even though the wind blows with the same speed. In the design standard, this change by wind speed is defined as the velocity pressure exposure coefficient, the value of coefficient is estimated and reflected by ground surface roughness, but in a reality, ground surface roughness is determined in accordance with the subjective judgement of designer and then the velocity pressure exposure coefficient is estimated, moreover the research and data for classification of ground surface roughness are insufficient. In this paper, we will estimate the velocity pressure exposure coefficient by the quantified method for classifying ground surface roughness by using GIS according to the height of a building targeting area where high-rise residential buildings are built lately. When the structure subjected to wind load is designed, reasonability of design and safety of structure will be more improved by using the estimation method of velocity pressure exposure coefficient presented in this study.

Keywords : Velocity Pressure Exposure Coefficient, Ground Surface Roughness, GIS, Wind Speed

1. 서론

풍속은 구조물에 도달하기 전까지 풍상측 지형지물의 영향에 의해 강도가 급속히 변화하므로 그 예측이 어렵다. 우리나라에서도 강풍으로 인한 피해를

매년 경험함으로써 주변 지형지물에 따른 풍속의 변화량을 풍속고도분포계수로 정의하고, 보다 안전한 설계기준 및 하중기준을 지속적으로 제시하고 있지만 실 설계에서는 풍속고도분포계수 산정 시 기준이 되는 지표면조도가 설계자의 주관적 판단에

⁺ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업지원을 받아 수행된 것임(No. 2010-0025726). 또한, 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

^{**} 경북대학교 공간정보학과 석사과정. mhseong@knu.ac.kr

^{*} 경북대학교 건축토목공학부 부교수. shchoi@knu.ac.kr(교신저자)

따라 결정되고 있어 설계의 합리성과 구조물의 안전성에 문제가 되고 있다.

풍속고도분포계수 산정 시 기준이 되는 지표면조도에 관하여 김영덕 등[2]은 지표면조도와 상관관계가 높은 Gust Factor(최대순간 풍속/평균풍속)를 분석함으로써 과거 기상대 주변의 지표면조도를 결정하고 평균풍속의 값을 보정하였다. 김현구와 최재우[3]는 실측자료에 근거한 포항지역의 평균 고도분포지수를 구함으로써 건축구조기준에서 제시한 지표면조도구분에 따라 산정된 고도분포지수가 실제와 상당한 차이가 있다는 것을 증명하였다. 이승수와 장은미[6]는 태풍의 위험을 평가하기 위한 수단으로 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 풍속지형계수 및 풍속의 지표 거칠기의 변화를 분석하였다.

본 논문에서는 건설지점 주변의 실제 건축물들의 수직높이에 따른 지표면조도를 GIS를 이용하여 정량적으로 분석함으로써 보다 합리적인 풍속고도분포계수 산정방법을 제시하고자 한다.

2. 풍속고도분포계수와 지표면조도

건축구조기준(KBC) 2009에서 제시하는 설계풍속은 식(1)과 같다.

$$V_z = V_0 K_z K_d I_w \quad (1)$$

여기서, V_0 는 지역별 기본 풍속이며, K_z 는 풍속고도분포계수, K_d 는 지형의 효과를 고려하는 풍속지형계수, I_w 는 건축물의 중요도계수이다.

풍속고도분포계수(K_z)는 건설지점의 지표면조도

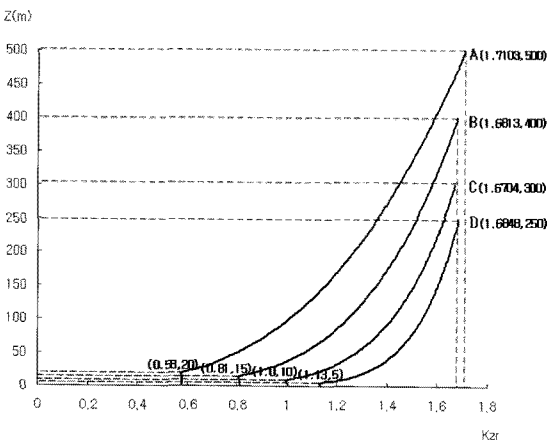


그림 1. 지표면조도별 수직높이에 따른 풍속고도분포계수

와 그에 따른 대기경계층시작높이(Z_b), 기준경도풍 높이(Z_g) 및 풍속고도분포지수(α)에 따라 표 1과 같이 산정되며, 지표면조도별 수직높이에 따른 풍속고도분포계수는 그림 1과 같이 나타난다.

대기경계층시작높이(Z_b), 기준경도풍 높이(Z_g) 및 풍속고도분포지수(α)는 지표면조도에 따라 표 2와 같이 결정되므로 풍속고도분포계수를 산정하기 위해서는 지표면조도를 정확히 구분하는 것이 가장 중요하다. 건축구조기준(KBC) 2009에서 제시하고 있는 지표면조도는 건설지점 주변지역의 지표면 상태에 따라 표 3과 같이 구분한다.

표 1. 지표면조도에 따른 풍속고도분포계수

	지표면조도			
	A	B	C	D
$Z \leq Z_b$	0.58	0.81	1.0	1.13
$Z_b < Z \leq Z_g$	$0.22 Z^a$	$0.45 Z^a$	$0.71 Z^a$	$0.97 Z^a$

※ 여기서 Z 는 지표면으로부터의 수직높이

표 2. 지표면조도에 따른 Z_b , Z_g , α

	지표면조도			
	A	B	C	D
Z_b (m)	20	15	10	5
Z_g (m)	500	400	300	250
α	0.33	0.22	0.15	0.10

표 3. 지표면조도구분

지표면조도	주변지역의 지표면 상태	예시
A	대도시 중심부에서 10층(30m) 이상의 대규모 고층건축물이 밀집해 있는 지역	
B	높이 3.5m 정도의 주택과 같은 건축물이 밀집해 있는 지역, 중층건축물이 산재해 있는 지역	
C	높이 1.5~10m 정도의 장애물이 산재해 있는 지역, 저층건축물이 산재해 있는 지역	
D	장애물이 거의 없고, 주변 장애물의 평균높이가 1.5m 이하인 지역, 해안·초원·비행장	

그러나 표 3과 같이 건축구조기준(KBC) 2009에서는 지표면조도에 대한 명확한 구분방법을 제시하지 않고 있으며, 지표면상태별 예시 그림에 근거하여 설계자의 주관적 판단이 개입된다는 점은 설계의 안전성이나 경제성에 큰 문제가 된다. 또한, 우리나라의 경우 국토의 면적이 좁아 한 지역에 서로 다른 용도구역이 설정되어 있어 대부분의 지역에서 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있으므로 그 판단은 더욱 힘들어 진다.

이에 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우에 건축구조기준(KBC) 2009에서는 지표면조도를 건설지점의 풍상측에 대하여 그림 2에 나타난 것처럼 45°의 영역 중 건축물의 기준높이 H 의 40배와 3km이내의 범위 중 적은 범위에 속하는 지표면 상태를 대상으로 다음과 같이 세 가지 경우로 나누어 판단하도록 하고 있다.

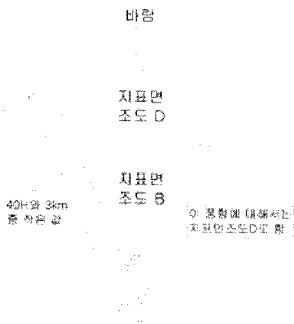


그림 2. 둘 이상의 지표면조도구분의 예

첫째, 검토대상범위 내의 풍상측에 급격한 지표면 조도의 변화가 없을 경우에는 45° 범위내의 평균적인 지표면 상태를 그 풍향에 대한 지표면조도로 한다. 일반적으로 평탄한 지표면조도를 선정하는 것이 풍하중이 커져 안전해진다.

둘째, 검토대상범위 내의 풍상측이 평탄 상태에서 거친 상태로 급변하는 경우에는 급변하는 지점보다 풍상측에 위치한 평탄상태를 지표면조도로 선택한다.

셋째, 검토대상범위 내의 풍상측이 거친 상태에서 평탄 상태로 변하는 경우에는 변화 후의 평탄상태를 지표면조도로 선택한다.

그러나 현재의 기준은 건설되는 건축물의 높이가 높아질수록 지표면조도를 검토하는 범위가 넓어지기 때문에 평탄한 지표면조도를 선택하는 경우가 많아지고, 구조물의 안전성만을 위하여 평탄한 지표

면조도를 선택할 경우 과다설계가 되어 설계의 합리성이 떨어지게 된다.

이와 같이, 설계풍속의 크기에 큰 영향을 미치는 풍속고도분포계수를 보다 합리적으로 산정하기 위해서는 정량적인 분석방법을 통한 지표면조도 구분에 대한 연구와 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우에서의 합리적인 지표면조도 결정에 대한 연구가 필요하다.

3. 풍속고도분포계수 산정방법

본 연구에서는 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 도시지역에 건설되는 건축물의 높이에 따른 검토대상범위 내 지표면조도를 GIS를 이용하여 정량적으로 분석하고 지표면조도별 가중치에 따른 합리적인 풍속고도분포계수를 산정하기 위한 방법을 다음과 같이 제시한다.

1) 건설지점 주변의 건축물을 대상으로 실제 수직 높이자료를 조사하고 GIS프로그램의 속성자료로 입력한다. 여기서, 건축물의 높이자료는 각 지방자치단체에 구축되어 있는 공간정보시스템을 이용하거나, AIS(건축행정시스템)을 통해 건축물대장에 나타나는 지상층수를 조사하여 평균높이 3미터를 곱한 후 속성자료로 입력한다.

2) 도시지역의 혼합되어 있는 지표면조도를 구분하기 위해서 건축구조기준(KBC) 2009와 ASCE/SEI (American Society of Civil Engineers/Structural Engineering Institute) 7-05를 참고하여 건축물의 높이에 따라 지표면조도가 구분되고 풍속고도분포계수는 지표면조도별 건축물 면적에 비례한다고 가정하여 표 4와 같이 구분하였다.

표 4. 건축물 높이에 따른 지표면조도

지표면 조도	건축물 높이구분
A	검토대상범위내 높이 30m이상의 건축물
B	검토대상범위내 높이 3.5m이상~30m미만의 건축물
C	검토대상범위내 높이 3.5m미만의 건축물
D	검토대상범위를 도시지역으로 한정함으로써 고려하지 않음

3) 건설되는 건축물 높이에 따라 고려되어야 하는 검토대상범위 내 건축물들을 추출하고 GIS프로그램의 면적 속성값 계산(Calculate Geometry)기능을 이용하여 각 건축물의 면적을 계산한다.

4) 검토대상범위 내 총 건축물 면적에 대한 지표면조도 A, B, C로 구분된 건축물들의 면적비율을 산출한다.

5) 건설되는 건축물의 지표면으로부터 수직높이를 고려하여 표 1과 표 2에 따라 각 지표면조도 A, B, C별로 풍속고도분포계수를 산정한다.

6) 각 지표면조도별로 산정된 풍속고도분포계수에 면적비율에 비례하는 가중치를 적용하고 그 값을 합산하여 풍속고도분포계수를 산정한다. 여기서, 풍속고도분포계수에 지표면조도별 가중치를 적용하는 것은 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 경우 하나의 지표면조도를 선택함으로써 발생하는 파소·과다설계의 문제점을 개선하기 위해서이다.

위에서 설명된 내용을 정리하여 나타낸 풍속고도분포계수 산정절차는 그림 3과 같다.

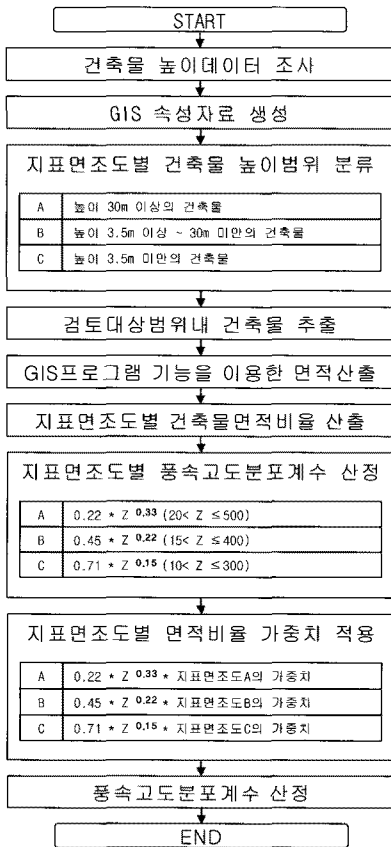


그림 3. 풍속고도분포계수 산정절차

4. 연구적용

4.1 연구지역

본 연구에서는 대구광역시 북구 침산동 일대를 연구지역으로 선정하였다. 침산동의 행정구역은 침산 1동, 침산 2동, 침산 3동으로 구분되어 있으며 침산 2동과 침산 3동의 경우 주변에 경북도청과 북구청, 도서관, 지방 국세청, 대구도시공사 등 행정편의시설 및 기반시설들이 위치해 있으며 대형마트와 백화점이 들어서면서 최근 급속히 고층아파트와 상가시설들이 들어서게 되었다. 그러나 침산1동의 경우 산악지형과 공단지역이 위치하여 현재까지도 낙후된 주거시설과 공장들이 위치해 있어 서로 다른 지표면조도를 나타낸다. 이에 도시지역의 둘 이상의 지표면조도를 구분하기에 적합한 지역이라고 사료되어 침산동을 연구대상으로 선정하였다.

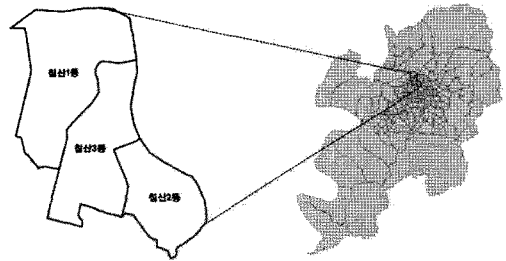


그림 4. 침산동 행정구역

4.2 적용

ArcGIS를 이용하여 대구시 건축물 Layer에서 연구지역내의 건축물들을 추출한 후 건축물의 수직높이 자료를 입력하여 GIS속성자료를 생성하였다. 여기서, 건축물의 높이자료는 대구시에 구축된 공간정보시스템과 건축물대장 등을 통하여 조사되었다.

표 4에서 제시된 지표면조도별 건축물 높이범위를 기준으로 연구지역의 건축물을 그림 5와 같이 분류하여 나타내었다.

둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 연구지역에서 풍속고도분포계수 산정을 위한 지표면조도를 결정하기 위하여, 우선 해당지역의 내대지에 30m와 60m높이의 건축물을 짓는다고 가정하고 연구지역의 주 풍향을 북서풍으로 정하였다. 여기서, 건설되는 건축물의 높이를 다르게 설정함으로써 설계 시 검토대상범위의 변화에 따른 풍속고도분포계수의

변화를 확인할 수 있다.

북서풍에 대한 30m높이의 건축물과 60m높이의 건축물에 적용되는 지표면조도를 결정하기 위해 GIS프로그램에 풍상측에 대한 호의 반지름이 40H가 되는 영역을 polygon으로 생성한 후 검토대상범위 내의 건축물들을 추출하였다.

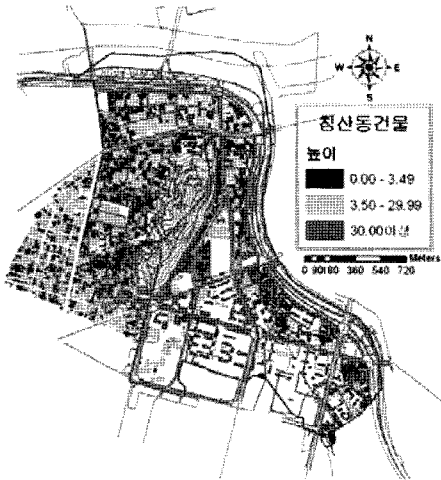


그림 5. 건축물 수직높이별 분류

GIS프로그램의 기능을 이용하여 검토대상범위 내의 건축물들을 대상으로 각 건축물의 면적을 계산하고 지표면조도 A, B, C에 포함되는 건축물 높이별 면적비율을 산출하였다.

30m높이 건축물의 검토대상범위(1,200m)내 지표면조도별 면적비율은 표 5와 같으며, 60m높이 건축

물의 검토대상범위(2,400m)내 지표면조도별 면적비율은 표 7과 같다.

각 지표면조도별 풍속고도분포계수 산정식에 건설되는 건축물높이 30m($Z=30$), 60m($Z=60$)를 대입하고 그 값을 산정하였다.

각 지표면조도별로 산정된 풍속고도분포계수에 표 5와 표 7의 면적비율에 비례하는 가중치를 적용한 후 그 값을 합산하여 풍속고도분포계수를 산정하였다.

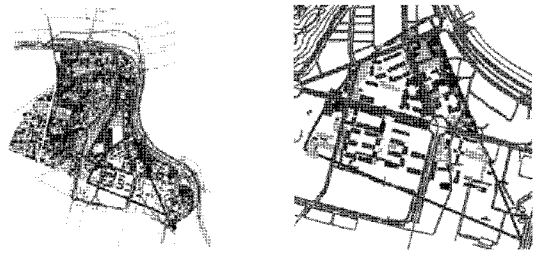


그림 6. 30m 높이 건축물의 검토대상범위

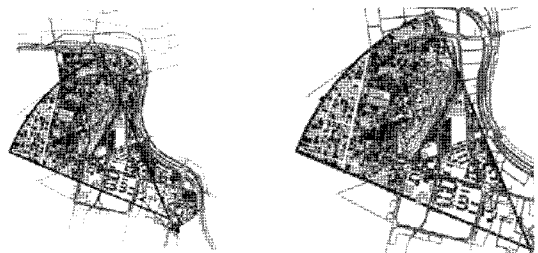


그림 7. 60m 높이 건축물의 검토대상범위

표 5. 30m높이 건축물의 검토대상범위내 지표면조도별 면적비율

분류	전체건물	지표면조도별 건축물 높이범위		
		A	B	C
		$30 \leq h$	$3.5 \leq h < 30$	$h < 3.5$
건축물수	369	70	159	140
면적(m ²)	131,719.51	67,340.32	47,252.00	17,127.19
면적비율	100%	51.1%	35.9%	13.0%

표 6. 30m높이 건축물의 풍속고도분포계수 산정

건물높이	지표면조도	지표면조도별 풍속고도분포계수	가중치적용	풍속고도분포계수
30m	A	$0.22 \times 30^{0.33} = 0.6758$	$0.6758 \times 51.1\% = 0.3453$	$\Sigma = 0.8403$
	B	$0.45 \times 30^{0.22} = 0.9509$	$0.9509 \times 35.9\% = 0.3413$	
	C	$0.71 \times 30^{0.15} = 1.1825$	$1.1825 \times 13.0\% = 0.1537$	

표 7. 60m높이 건축물의 검토대상범위내 지표면조도별 면적비율

분 류	전체건물	지표면조도별 건축물 높이범위		
		A	B	C
		$30 \leq h$	$3.5 \leq h < 30$	$h < 3.5$
건축물수	4,599	90	2,063	2,447
면적(㎡)	692,294.76	84,872.34	381,514.15	225,908.27
면적비율	100%	12.3%	55.1%	32.6%

표 8. 60m높이 건축물의 풍속고도분포계수 산정

건물높이	지표면조도	지표면조도별 풍속고도분포계수	가중치적용	풍속고도분포계수
60m	A	$0.22 \times 60^{0.33} = 0.8495$	$0.8495 \times 12.3\% = 0.1044$	$\Sigma = 1.1423$
	B	$0.45 \times 60^{0.22} = 1.1076$	$1.1076 \times 55.1\% = 0.6102$	
	C	$0.71 \times 60^{0.15} = 1.3121$	$1.3121 \times 32.6\% = 0.4277$	

4.3 결과분석

기존 건축구조기준(KBC) 2009에서 제시된 풍속 고도분포계수 산정방법에 따라 30m높이 건물을 연구지역에 지을 경우, 검토대상범위 안에는 표 5에 나타난 분석결과처럼 51.1%의 건축물이 높이 30m 이상이므로 지표면조도를 A로 결정하게 된다. 이는 지표면조도가 혼합되어 있는 도시지역에서 48.9%의 낮은 건축물들을 고려하지 않는 문제점이 발생하게 되며, 지표면조도 A로 결정되어 산정된 풍속고도분포계수 0.6758은 풍하중에 제곱에 비례하여 영향을 줌으로써 구조물의 안전성에 문제를 일으킨다. 특히, 지표면조도 A와 같이 높은 건축물들이 들어선 지역에서는 빌딩 풍(Building wind)이 빌딩사이의 좁은 길을 지나면서 그 강도가 더욱 빨라지므로 그에 대한 고려가 필요하다.

60m높이 건물의 경우에도 설계자가 검토대상범위의 지표면조도를 B로 판단한다면 풍속고도분포계수 1.1076이, 지표면조도를 C로 판단한다면 풍속고도분포계수 1.3121이 설계풍속 산정식에 적용된다. 이와 같이 기존의 풍속고도분포계수 산정에서는 설계자의 주관적 판단에 따라 건설지점의 지표면조도가 다르게 결정될 수 있으며, 이에 따른 풍속고도분포계수도 설계자에 따라 다르게 산정되어 과소·과다설계의 원인이 된다.

본 논문에서 제시하는 풍속고도분포계수 산정방법에 따르면 표 6과 같이 30m높이 건물의 경우에는 풍속고도분포계수 0.8403이, 표 8과 같이 60m높이

건물의 경우에는 풍속고도분포계수 1.1423이 설계 풍속 산정식에 적용된다. 즉, 둘 이상의 지표면조도가 혼합되어 있는 도시지역의 검토대상범위 내 실제 건축물들의 높이데이터에 근거하여 지표면조도별 건축물의 면적비율에 따라 가중치를 적용함으로써 보다 합리적인 풍속고도분포계수를 산정할 수 있었다.

또한, 건축물의 수직높이데이터를 데이터베이스로 구축함으로써 3차원 GIS프로그램을 이용하여 수치지도에서 등고선과 표고점을 추출한 후 연구지역의 지형을 DEM(Digital Elevation Model)으로 생성하고 건축물들을 높이 값에 따라 익스트루전(extrusion)할 수 있다. 건설지점의 건축물 및 지형을 3차원으로 표현함에 따라 지표면조도를 시각화하고 설계자의 의사결정을 뒷받침할 수 있다.

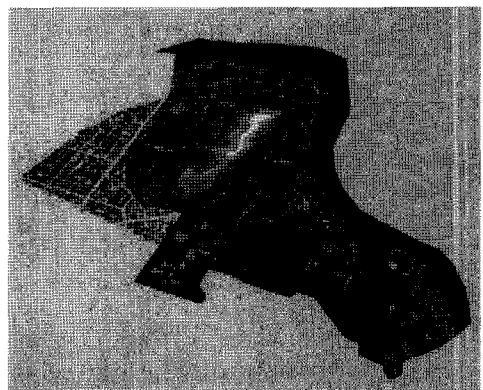


그림 8. ArcScene을 사용한 3차원 모델

5. 결론

본 연구에서는 풍속고도분포계수 산정 시 설계자의 주관적 판단에 의하여 결정되는 지표면조도를 보다 합리적으로 분석하기 위하여 건축물 높이에 따라 지표면조도를 구분하고 풍속고도분포계수는 지표면조도별 건축물 면적에 비례한다고 가정함으로써 GIS를 활용한 정량적인 풍속고도분포계수 산정방법을 제시하였다. GIS를 이용한 합리적인 지표면조도 분석방법을 통해 기존 설계자의 주관적 판단에 따라 풍속고도분포계수가 산정하는 문제점을 개선할 수 있었으며, 특히 둘 이상의 지표면조도가 혼합된 도시지역에서 보다 합리적으로 풍속고도분포계수를 산정할 수 있었다. 향후 풍속고도분포계수를 보다 더 합리적이고 객관적으로 산정하기 위해서는 보다 더 명확한 합리적인 지표면조도 구분과 방법에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다. 또한, 풍속고도분포계수는 주변 건축물의 높이자료의 정확성에 따라 많은 차이를 보이기 때문에 보다 정확한 공간정보를 기반으로 하는 3D 지도의 작성 및 속성자료 구축이 필요함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] T. Ngo, C. Letchford, 2008, "A comparison of topographic effects on gust wind speed", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 96, Issues 12, pp. 2273-2293.
- [2] 김영덕, 윤덕영, 최진영, 2008, "풍속의 G.F. 변화에 의한 지표면조도 분석(1) - 중부지방을 중심으로-", 한국풍공학회는논문집, 제12권, 제1호, pp. 25-32.
- [3] 김현구, 최재우, 2002, "Calculation of Wind Profile Exponent in Pohang Area", 한국풍공학회지, 제6권, 제1호, pp.47-52.
- [4] 박미라, 이주일, 강영욱, 2007, "건축물관련 행정 자료의 정비방안-건축물관련 정보 통합활용을 중심으로", 한국공간정보시스템학회 논문지, 제9권, 제3호, pp.15-26.
- [5] 이상복, 이승엽, 하재명, 2009, "조망점 선정을 위한 가시빈도분석에 관한 연구", 대한건축학회 논문집-계획계, 제25권, 제8호(통권250호), pp. 293-300.
- [6] 이승수, 장은미, 2009, "지리정보시스템을 이용한

태풍 위험 평가", The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 17, No. 2, pp.243-249.

- [7] 조강표, 정승환, 2010, "주변 구조물이 산악지형의 풍속 증가에 미치는 영향", 대한건축학회논문집-구조계, 제26권, 제1호, pp.55-62.
- [8] 대한건축학회, 2009, "건축구조기준", 기문당.
- [9] 대한건축학회, 2007, "건축물의 풍하중 및 지진하중", 기문당.
- [10] 대한건축학회, 2001, "풍하중 해석 및 설계", 대한건축학회.

논문접수 : 2010.11.10

수정일 : 2010.02.01

심사완료 : 2010.02.07



성민호

2009년 계명대학교 건축공학과 졸업
(공학사)

2010년~현재 경북대학교 공간정보학과
(석사과정)

관심분야 방재GIS, 공간정보 관리시스템



최세후

1990년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학사)

1995년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학석사)

2000년 경북대학교 토목공학과 졸업
(공학박사)

2004년~현재 경북대학교 건축토목공학부 부교수
관심분야 방재GIS, 공간정보 관리시스템