

구조물의 3차원 모델링을 위한 직선측정기법의 적용

The Application of Line Measurement Method for 3D Modeling of Construction

강준목* · 김위현** · 강기석***

Kang, Joon-Mook · Kim, Wee-Hyun · Kang, Ki-Suk

요 旨

일반적으로 많은 건축물들은 형태의 규칙성에 기인된 일련의 정의된 규칙을 이용하여 축조된다. 하지만, 기존 사진실측으로 건축물에 대한 3차원 모델링을 수행하기 위해서는 많은 기준점의 배치, 영상의 피복범위에 따른 촬영점 선정, 중복도 고려 등 다소 복잡한 절차가 수반된다. 본 연구에서는 평행, 수직성, 평면과 같은 대상물에 대한 사전정보가 유용하게 적용될 수 있는 건축물의 3차원 재건분야에 직선측정기법을 적용함으로써, 기존의 까다로운 조건을 탈피하여 보다 효율적으로 3차원 모델을 재현해 본 후, 정확도 검증을 통해 건축물 사진측량 분야에 이러한 기법의 적용 가능성을 제시하고자 하였다.

1. 서론

일반적으로 인간이 만든 많은 대상물들은 대상물 형태의 규칙성에 기인된 미리 정의된 규칙을 이용하여 축조된다. 평면이 종종 등장하고, 평행성과 수직성을 내포한 대상물 직선 및 평면과 같은 대칭성이 바로 그러한 예라 할 수 있다. 직선측정기법은 여러 가지 잇점을 가지고 명확한 직선이나 커브, 또는 박스, 튜브, 슬라브 등을 포함한 일련의 기하학적 기본형으로 일반화 될 수 있는 다면체로 구성된 대상물의 3차원 재건을 위한 새로운 접근이다.

대상물의 직선 특징들은 종종 용이하게 보이고 구석진 점들보다 인식이 용이할 경우가 많다. 이러한 경우 통상적인 점 대신 직선을 관측할 수 있고, 이로부터 폐색된 대상물의 부분 및 보이지 않는 점들의 재건을 가능하게 할 수 있다. 기하학적 관점으로부터, 직선들은 영상에서 부분

적으로 보여도 된다는 잇점을 가진다. 그리고 이는 다른 영상들에서 똑같은 부분이 아니어도 된다는 사실을 의미한다.

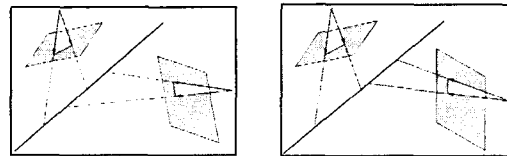


그림 1. 두 영상간 직선일치의 유연성

대상물의 외관을 결정짓는 영상직선들은, 직선측정기법 접근방법의 주요 관측유형으로서 대상물 경계의 투영결과로 가정되고 수동 혹은 자동으로 추출될 수 있다.

모델링 하고자 하는 대상물이 어떤 정도의 일

* 정희원 · 충남대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 042-821-7747(E-mail:kang_jm@hanbat.chungnam.ac.kr)

** 정희원 · 충남대학교 토목공학과 박사과정 · 공학석사 · 042-823-4557(E-mail:k2surv@empal.com)

*** 정희원 · 충남대학교 토목공학과 석사과정 · 042-823-4557(E-mail:kks2114@daum.net)

반화를 포함하고 있는 다면체로 구성되어 있다는 가정은, 개념상 중요한 부분을 차지한다. 이러한 다면성 때문에, 면을 생성하는 각 점들의 집합은 공통평면에 속하고 대상물의 다면체성과 규칙성은 기하학적으로 대상물 구속조건과 같은, 점과 선, 그리고 면 개체 사이의 가정된 관계로서 표현될 수 있다.

영상에서의 한 점이 공간에서 한줄기 광선과 연관되어 있는 것처럼, 영상에서 한 직선은 공간상 한 평면과 연관되어 있다. 이 평면을 해석평면(interpretation plane)이라 하는데, 대상물 점들은 대상물 직선들의 교차로서 정의되고, 바로 이러한 해석평면의 교차점으로부터 도출된다. 이것은 폐색된 대상물 점들, 또는 잘 정의되지 않는 대상물 점들이 만일 관련된 직선들의 충분한 측정이 유효하다면 정확히 재건될 수 있다는 사실을 의미한다.

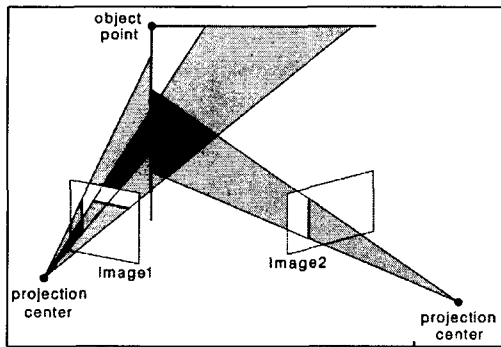


그림 2. 해석평면의 상호교차

기존 사진측량의 기법으로 건축물에 대한 3차원 모델링을 수행하기 위해서는 많은 기준점의 배치, 영상의 피복범위에 따른 촬영점 선정, 중복도 고려 등 많은 복잡한 절차가 수반된다. 하지만 건축물과 같이 평행, 수직성, 평면과 같은 대상물에 대한 사전정보가 유용하게 적용될 수 있는 건축물 3차원 재건분야에 이러한 직선측정기법을 적용함으로써, 기존의 제약조건에 구속되지 않고 보

다 효율적으로 3차원 모델을 처리해 본 후, 건축물 사진측량 분야에 이러한 기법의 효용 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 대상물 선정

본 연구를 위한 대상 건축물로서 충남대학교 청룡관을 선정하였다. 언덕에 위치하고 있는 이 건물은 전면이 삼각뿔 형태로 돌출되어 있고 동일 평면으로 구성되어 있지 않아, 좌·우 영상 획득시 이러한 기복으로 인해 보이지 않는 점들이 많다. 또한 전방 근접거리에 고층 건물이 위치해 있어 촬영거리의 확보에도 어려움이 있었다. 따라서, 좌·우에서 획득한 각 영상에서 동일점만을 확보하여 특징적인 외관을 재현하기가 수월하지 않고, 촬영 피복범위에 따른 영상에서 건물 외관의 누락부분도 포함되어 있어 본 연구를 수행하는데 적합하다고 판단되었다.

다음 그림 3은 연구대상 건축물인 청룡관을 보여주고 있다.



그림 3. 청룡관 전경

3. 카메라 검정

적용 대상물에 대한 정확한 3차원 모델링 성과

표 1. 카메라 검정 결과

단위 (mm)

	방사왜곡계수		접선왜곡계수	
	K1	K2	P1	P2
Lens Distortion	5.926E-005	2.132E-006	4.224E-005	-1.128E-005
Principal Point	X : 10.7657		H : 6.9560	
Focal Length	26.1724			

를 도출하기 위하여 영상획득에 사용할 Fuji S1-Pro digital camera에 대한 정밀한 검정을 실시하였다. 줌렌즈의 사용이 가능한 카메라지만, 적용 대상물에 대한 촬영 조건등의 제약을 고려하여 렌즈 초점거리를 광각인 28mm로 고정하고, 카메라 검정을 위한 영상을 획득하여 검정을 수행한 결과 표 1과 같은 결과를 도출하였다.

카메라 검정 결과, 카메라에 제공된 초점거리와 다소 차이가 있음을 발견하였다.

4. 영상획득 및 실측

카메라 검정을 마친 Fuji S1-Pro digital camera를 사용하여 대상물에 대한 영상을 획득하였다. 대상 건축물은 전면에 기복이 있고, 동일한 평면으로 구성되어 있지 않아 좌·우 영상에서 보이지 않는 부분이 발생하였다. 또한 전방의 근접된 거리에 고층 건물이 위치해 있어 촬영거리의 확보가 난해하였다.

보다 정확도가 높은 대상물의 재현을 위해서는 다양한 촬영 각도 및 중복도, 촬영거리에서 대상물 전면에 대한 영상의 확보가 필수적으로 요구된다. 하지만, 본 연구의 목적상, 중복도를 고려하지 않고 가능한 적은 매수의 영상으로 직선측정기법을 적용하기 위해 촬영각에 의해 가려 실제 보이지 않는 다수의 대상물 점들과 카메라 화각에 의해 영상에서 누락된 점들을 포함하여 전면에 국한하여 영상을 획득하였다.

카메라 앵글간에 광선이 이루는 각이 직각에 근접할수록 발생할 수 있는 오류의 가능성이 감소되므로, 노출시의 카메라 위치를 최대한 직각에 근접하도록 설정하였고, 동시에 근접한 사진들간에 겹치는 부분이 최대한 많이 잡히도록 고려하였다.

건축물에 대한 공통적인 사전정보를 바탕으로 직선측정기법을 통해 점, 직선, 평면등의 다양한 구속조건들을 적용하여 대상물을 재현하고, 그 도출된 모델링 성과에 대한 정확도를 비교·검토해 보기 위하여 토털스테이션을 이용하여 확실히 식별 가능한 건물 모서리 및 창틀부분에 대해 삼각측량을 실시하였다. 그리고, 도출된 대상물점들에 대한 X,Y,Z 좌표성적을 토대로 대상물에서 보이는 몇 개의 부재를 선택한 후 그 부재의 길이를 도출하였다.

5. 대상물 재현 및 정확도 분석

획득된 각 영상에서 공통적으로 확실히 인식 가능한 점들을 가능한 다수 확보하여, 공간상에서 각 공유점들에 대한 좌표를 도출한다. 폐합된 직선이지만 모서리 부분들이 식재된 조경수라든가 촬영각에 의해 공통적으로 관측되지 않는 경우, 그러한 모서리들과 관련된 공통된 직선들을 영상에서 추출하고, 이렇게 추출된 직선들을 3차원 공간상에서 구현을 한다. 이들 직선들은 확실한 교차점이 아직 존재하지 않기 때문에 3차원 공간상에서 폐합되지 않은 상태로 존재하게 된다. 이렇게 미완성된 직선들을 상호 직교 및 동일평면이라는 사전정보를 바탕으로 구속조건을 부여하여 번들조정에 의해 상호 교차시킴으로써 영상에서 보이지 않는 모서리 부분의 교차점을 재현하였다. 구속조건등을 부여하여 폐합된 직선들은 다면체를 형성하여 보다 구체적으로 실제 영상에서 보이지 않아 구현이 어려웠던 부분들에 대한 3차원 재현을 가능하게 하였다.

구현된 3차원 대상 건축물의 정확도 검증을 위해, 부재 65개를 임의 선택하여 길이를 추출하고, 이를 삼각측량 성과에 의한 동일한 부재의 길이와 비교하여 그 편차를 도출한 결과 그림 4와 같은 결과를 얻었다.

총 65개의 부재길이에 대한 비교 결과, 그림에서 보이는 바와 같이, 최대 9.514cm의 다소 큰 편차를 보이는 부재도 있었지만, 평균 1.747cm의 편차를 보이며, 비교적 양호한 정확도로 대상물 재현이 가능함을 알 수 있었다.

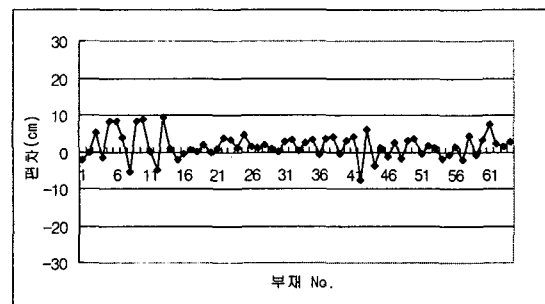


그림 4. 대상물 부재길이 편차

특히, 장애물에 의해 가리거나 촬영각에 의해 모서리 끝부분이 관측되지 않아 재현하기 어려운 부분에 대하여, 각 영상에서 공통적으로 관측되는 직선들에 구속조건등을 부여하여 폐합시킴으로써

도출된 부재의 길이를 삼각측량에 의해 도출된 부재의 길이와 상호 비교해 본 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 2. 구속조건에 의한 부재길이 편차

부재	길이	측정길이 (m)	조건길이 (m)	편차(cm)
지붕 좌상단		3.003	3.003	0.027
지붕 좌하단		2.983	2.987	0.442
지붕 우상단		3.026	2.964	6.151
지붕 우하단		2.990	2.948	4.217
창틀1		1.530	1.554	2.365
창틀2		1.530	1.520	0.959
창틀3		1.531	1.528	0.269
창틀4		1.533	1.532	0.094

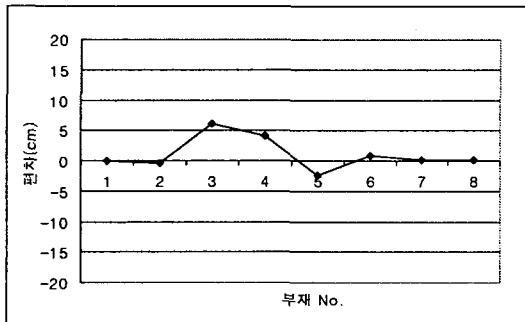


그림 5. 구속조건에 의한 부재길이 편차

비교 결과, 최대 6.151cm, 최소 0.027cm, 평균 1.113cm의 편차분포를 나타내었다.

최대편차를 보이는 대상부재는 지붕상단에 위치하고 있는 직선부재로서 그 상단이 기와에 가려 정확히 라인을 추출하기 어렵고, 실제 측량에서도 정확히 동일한 점을 관측하기가 어려워 이로인한 오차가 포함되어 다른 부재길이에 비해 상대적으로 큰 편차가 도출되었다고 판단된다.

6. 결 론

본 연구에서는, 일정한 규칙성을 바탕으로 측조되는 건축물을 기준점 배치 및 촬영 중복도등을 고려하지 않고 영상을 획득하여 직선측정기법

을 적용, 3차원으로 재현해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기존의 사진실측방법에 비해 기준점 측량 및 촬영조건의 제약이 따르지 않아 대상물에 대한 3차원 재현을 보다 신속하고 효율적으로 수행할 수 있었다.

2. 장애물에 의해 부분적으로 가리거나 촬영각에 의해 모서리 끝부분이 관측되지 않아 보충촬영이 불가피한 부분에 대해, 공통적으로 관측되는 직선들을 측정하여 구속조건을 부여하여 폐합시킴으로써, 촬영매수를 늘리지 않고 허용오차 내에서 대상 건축물의 3차원 재현이 가능하였다.

3. 문화재로 지정된 건축물 및 각종 구조물의 3차원 재건에 이러한 직선측정기법을 적용함으로써, 다소 까다로운 사진실측 절차없이 경제적이고 효율적인 방법으로 3차원 수치도면의 작성이 기대된다.

참고문헌

1. 송승호, 김용배, 주영은, 엄대용, "영상선점 기법에 의한 3차원 측위 시스템 구현", 한국측량학회, 제 20권, 제 2호, 2002, pp.87-93
2. F.A. van den Heuvel "A line-photogrammetric mathematical model for the reconstruction of polyhedral objects", 1999, SPIE Vol.3641 pp.60-71
3. Henri Veldhuis, George Vosselman, "The 3D reconstruction of straight and curved pipes using digital line photogrammetry", 1998, ISPRS, pp.6-16
4. M.G.Vosselman, F.A. van den Heuvel "Efficient 3D-modeling of buildings using a priori geometric object information", Proceedings of SPIE Vol.3174, pp.38-49.
5. van den Heuvel, "3d reconstruction from a single image using geometric constraints", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 53(6):354-368.
6. Tai, A., Kittler, J., Petrou, M., and Windeatt, T. "Vanishing Point Detection", Image and Vision Computing, 11(4):240-245.