

관로 내 상태 평가를 위한 영상정보 처리 방안

김 원 대(인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 조교수)

요지

본 연구는 도시의 근간 시설인 하수도 관거를 관리하는데 있어 필요한 정보를 취득하기 위하여 사용되어왔던 과거의 폐쇄회로 카메라에 의한 영상 취득 방식이 가지고 있는 한계를 극복하고, 자세한 정보를 취득하기 위하여 영상을 이용한 도면화 방안에 대한 방법을 도출하는데 목적이 있다.

측면 카메라를 이용하여 취득된 영상을 수치영상처리과정을 통하여 처리하고, 영상 모자이크 기법을 적용하여 합성의 과정을 거친 후 위치 정보와 결합하는 과정을 통하여 하수관거에 대한 정밀한 정보를 취득하는 과정을 개발하였으며, 이에 필요한 장비를 개발하였다.

이러한 연구의 과정을 통하여 도출된 결과는 하수관거의 내부 정보를 정밀하게 취득할 수 있었으며, 향후 지형정보체계 등과 결합하여 효율적인 정보의 운용이 가능할 것으로 사료된다.

1. 연구 필요성 및 목적

도시의 기본적인 기능을 수행하기 위해서는 많은 시설물들을 필요로 한다. 이러한 시설물 중에는 가시적으로 볼 수 있는 시설물도 있지만, 전기, 통신, 가스, 난방, 상하수도 등 지하에 있는 관개로 가시적인 점검이나 보수를 할 수 없는 대상물들이 많이 존재한다.

특히 하수 시설물의 경우에 있어서는 시설물 전체가 지하에 존재하며, 위생적인 도시의 관리를 위해서는 반드시 꾸준한 점검과 시설물의 보수가 이루어 져야 함에도 불구하고 가시적인 대상물이 아님으로써 지속적인 관리가 부재한 실정이다.

이러한 지하시설물의 관리는 위생적인 도시, 청결한 도시를 유지하는데 큰 도움이 될 뿐만 아니라, 최근 빈번하게 발생하고 있는 호우로 인한 도시 내 배수시설의 유지에 있어서도 많은 문제를 유발하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 영상처리 기법을 이용하여 하수관로를 설계도와 같은 기능을 할 수 있도록 구성함으로써 관로 내부의 현황을 파악하고, 보수 후의 현황을 용이하게 판단할 수 있는 자료를 생산해 내기 위한 방법을 도출하고자 한다.

2. 관로 내 영상 취득 방법

과거 관로내의 정보를 취득하는 방법은 주로 전방을 주시하는 카메라를 장착한 자주차 또는 견인차를 이용하는 방법이 주로 사용되었다. 그림 1에 나타난 바와 같이 카메라를 장착한 기체가 전진하면서 영상을 취득하는 방법으로, 취득된 영상은 그림 2에 나타난 바와 같이 전방만을 주시하게 되므로 포함하고 있는 정보에는 한계가 있다고 할 수 있다.

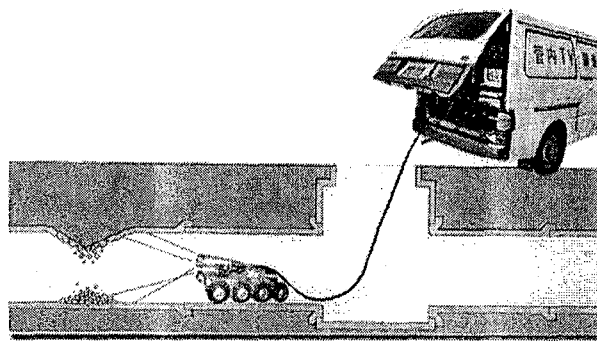
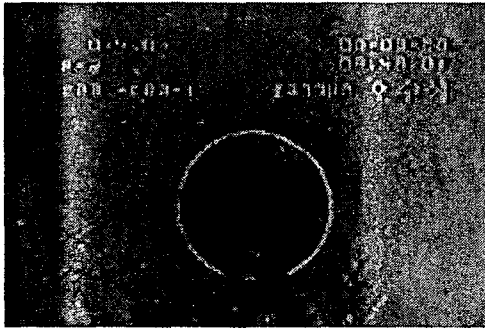
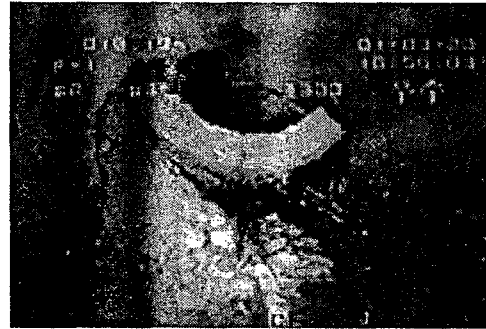


그림 1. 현재의 관로 내 영상 취득 방법



(a)



(b)

그림 2 현재의 기기를 이용한 취득 영상

이러한 정보의 경우 개략적인 상황을 판단할 수 있으나, 위치 정보의 취득이나 정밀한 균열 현상의 발견 등에는 많은 문제를 포함하고 있다.

본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하기 위하여 다음과 같은 영상 취득 장비를 개발하였다.(그림 3)

그림에서 보는 바와 같이 하수관을 4개의 부분으로 나누어 영상을 취득할 수 있으며, 전방을 주시하는 카메라를 장착하여 기계가 전진하면서 영상을 취득하는데 있어 도움이 되도록 하였다.

여기에 장착된 카메라가 담당하는 영상 각은 그림 4에 나타난 바와 같이 분할되었으며, 중복이 되는 부분은 하수관 단면의 전부를 취득하기 위한 안전율을 고려한 부분으로 향후 영상의 처리를 위한 역할도 동시에 담당하는 부분이다.

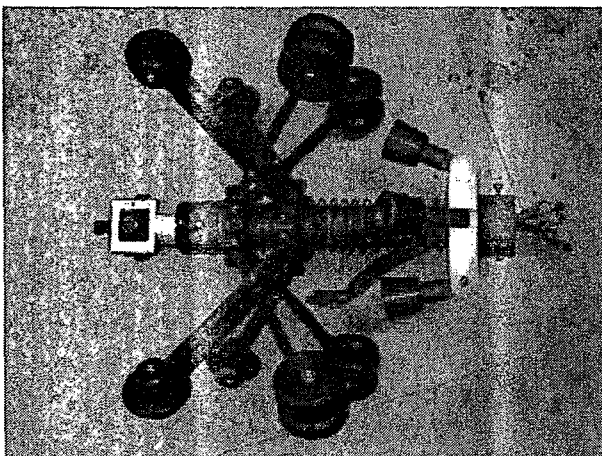


그림 3 본 연구 개발 장비

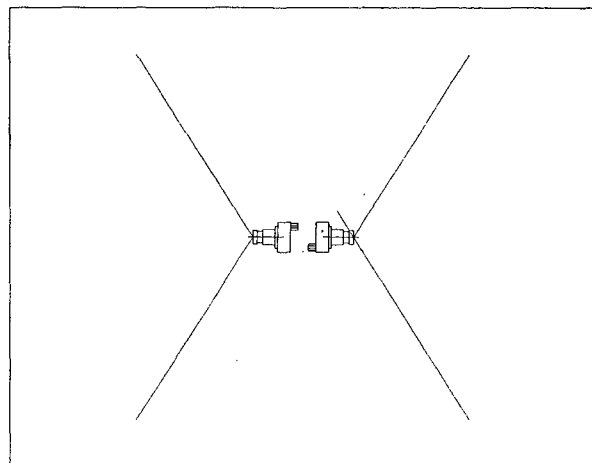


그림 4 카메라의 영상 분할 각도

3. 취득 영상의 처리

3.1 영상 보정 계수의 산출

취득된 영상은 카메라 자체의 왜곡 정보뿐만 아니라 곡면이 하수관을 취득하는데 있어서의 구면 왜곡을 동시에 가지고 있다. 따라서 이러한 왜곡을 처리하여야만 정확한 정보를 취득할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 왜곡을 보정하기 위하여 영상 보정 계수를 산출하여 처리하고자 한다.

우선 그림 5와 같은 격자 형태의 기준판을 원통에 부착하여 기준 영상을 취득한다. 기준판에는 10cm 간격의 격자가 흑백으로 인쇄되어 있으며, 플로터를 이용한 인쇄 과정에서 변형이 발생하지 않도록 고품택 인쇄용지를 이용하였다.

이렇게 취득 영상에 대하여 그림 6과 같이 기준점을 선정하고 격자에 대한 절대 값을 입력하여 영상에 대한 보정계수를 산출하였다. 기준점의 선정은 각 격자의 교차점으로 선정하였다.

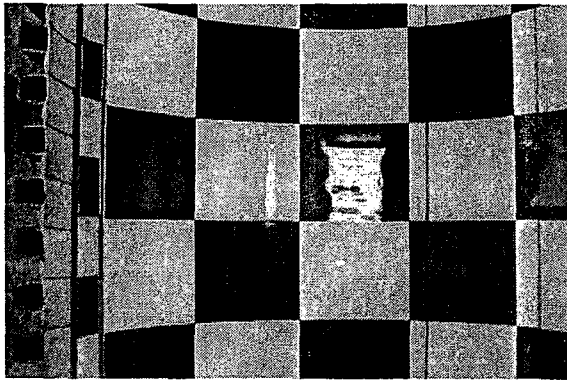


그림 5 취득된 기준 영상

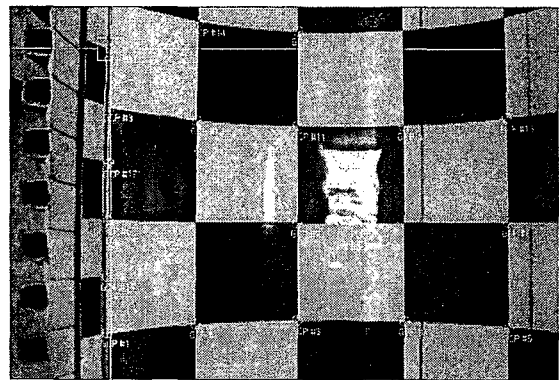


그림 6 기준점이 선정된 격자

이렇게 선정된 기준점의 관측 값과 절대값을 비교하여 수치영상 처리에 의한 보정 계수를 산출한 결과는 다음 그림 7과 같다. 여기에 이용된 영상 보정은 영상처리 전문 소프트웨어인 Imagine 8.0을 이용하였다.

Row	X'	Y'
Const	40.8545	-103.549
X	-1.14165	1.35995
Y	-0.100147	0.842775
X ²	0.0103133	-0.00527741
XY	0.000842641	-0.0129881
Y ²	0.000522209	0.00129415
X ³	-2.73108e-005	-1.72148e-006
X ² Y	-1.0052e-007	5.43517e-005
XY ²	-4.24351e-006	-2.10673e-006
Y ³	-5.24403e-008	-3.37093e-006

그림 7 산출된 영상 보정 계수

3.2 현장 적용 실험

전에 실험된 결과를 이용하여 실제의 관거 모형을 이용하여 현장 적용을 실험하였다. 실험에 이용된 관은 450mm 주름관을 이용하였으며 정확도 비교를 위하여 중간에 기준점을 설치하였다. 다음의 그림 8은 동영상으로 촬영된 원본에서 추출된 단위 영상을 나타내고 있다.

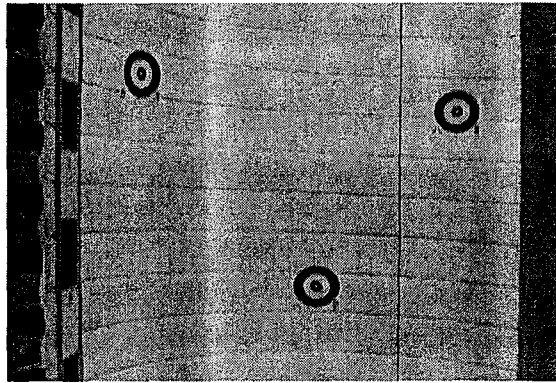


그림 8 추출된 단위 영상

그림 8과 같은 대상에 대하여 사전에 산출되어 있는 보정 계수를 이용하여 보정을 실시한 결과 영상은 다음 그림 9와 같다.

각각의 과정을 통하여 하나의 연결된 관로에 대한 영상을 취합하여 결합하는 과정인 영상 모자이크 과정을 통하여 산출된 결과 영상은 다음의 그림 10과 같다. 영상을 결합하기 위하여 동영상에서 단위 영상을 취득하는데 있어서는 카메라가 일정한 속도로 이동하고 있다고 가정하고 일정 시간에 따라 영상을 추출할 수 있도록 하였다. 또한 필요한 부분 이외의 불필요 영역은 사전에 산출된 축척계수를 이용하여 대상을 영상소 단위로 계산된 좌표를 이용하여 필요 영역을 추출하였다.

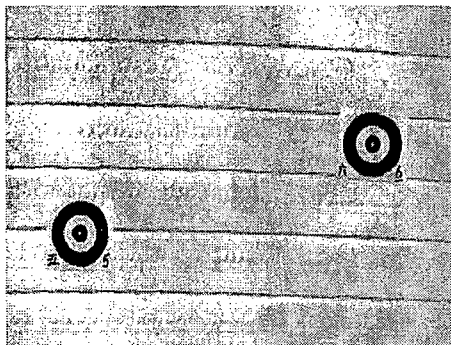


그림 9 변환 결과 영상

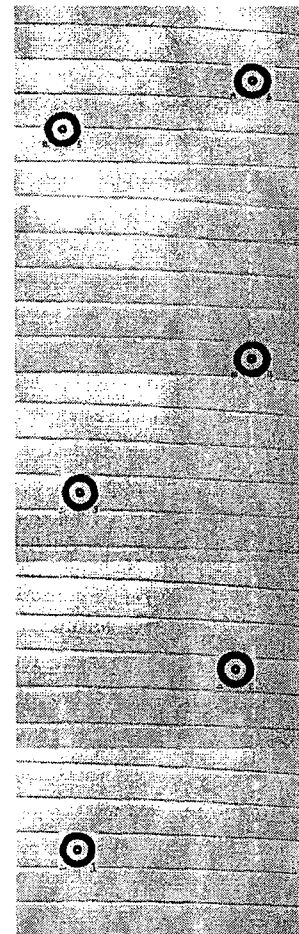


그림 10 결합 영상

3.3 정확도 분석

그림 10과 같이 산출된 결과 영상에 대하여 정확도 분석을 실시하였다. 실험 결과의 분석은 기준점 상호간의 위치 정보를 실측값과 비교하여 영상에서 도출된 결과와 비교하는 과정으로 수행하였다.

표 1은 기준값과 영상에서 관측한 값과의 비교를 나타내고 있다.

표 1 관측점간의 관측값 및 오차

대상 점	기준거리(cm)	관측거리(cm)	오차(cm)	오차율(%)
1 - 2	25.6	25.9	-0.3	1.2
1 - 3	38.1	38.1	0	0.0
2 - 3	25.3	25.2	0.1	0.4
2 - 4	33.6	33.3	0.3	0.9
3 - 4	23.4	23.5	-0.1	0.4
3 - 5	39.9	39.4	0.5	1.3
3 - 6	48.6	48.3	0.3	0.6
4 - 5	32.2	32.1	0.1	0.3
4 - 6	30.5	30.1	0.4	1.3
평균				0.71

4. 실험 결과의 적용 및 분석

3장의 결과는 관 단면을 절개하여 모형으로 제작된 관 모형을 대상으로 실시한 실험이다.

이 기법의 현장 적용을 위하여 현장 조건과 비슷한 상황에서 실험을 실시할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 현장과 같이 완전 원통인 관을 아크릴을 이용하여 제작하였다. 관의 지름은 300mm이며, 1m 짜리 관을 3개 연결하였다.

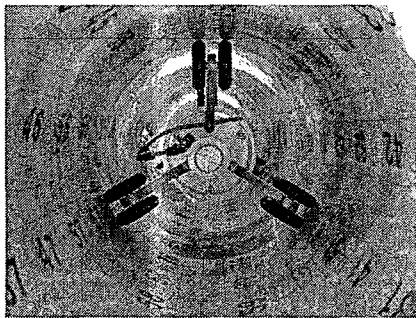


그림 11 제작된 관로 내부 모습

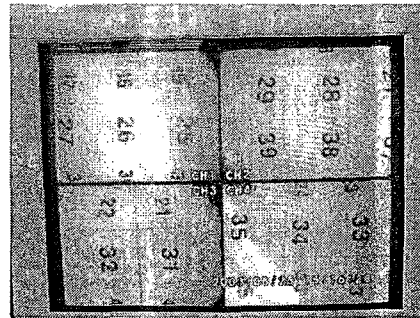


그림 12 DVR에 의한 영상의 기록

이러한 관로의 내부에 기기를 투입하고 전체에 대하여 영상을 취득하였다. 각각의 카메라에서 전송된 영상은 수치영상기록장치(DVR)을 이용하여 기록되었다.(그림 12)

그림 12와 같이 취득된 영상은 앞서 3장에서 기술된 과정과 같이 처리를 하였다.

이렇게 취득된 영상은 단위 처리 과정을 통하여 왜곡을 보정하고 필요한 부분을 추출하였다. 전체의 과정을 통하여 최종적으로 산출된 결과는 다음 그림 13과 같다.

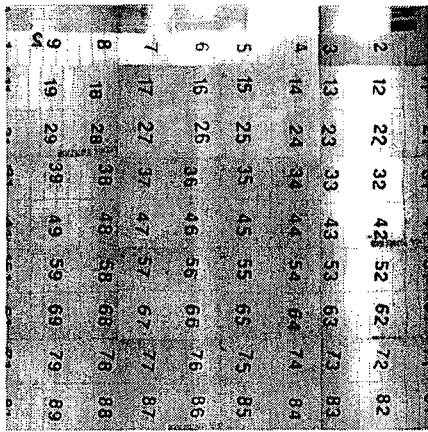


그림 13 처리 결과 전체 영상

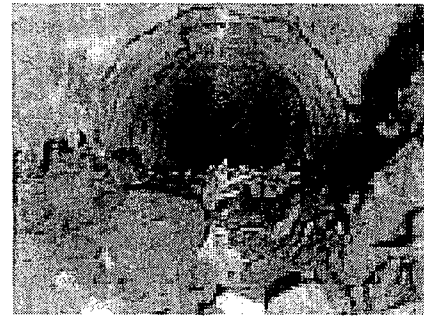


그림 14 전방 주시 결과 영상

그림 13에서 보는 바와 같이 전체의 영상에 대하여 처리한 결과는 약간의 변형은 있으나 그림 14와 같이 전방을 주시하여 촬영한 영상에 비하여 판독성이 우수하고, 관 내부의 상황을 쉽게 판단할 수 있는 것으로 조사되었다. 특히 사진 상에 나타난 선은 0.5mm 두께의 선으로서 이 기법을 적용할 경우 관 내부의 세밀한 문제점까지 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 하수관 내부의 상태를 관측하기 위하여 관 내부를 영상 도면화하기 위한 기법을 개발하기 위한 연구로서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 하수관 내부의 영상 도면화를 위한 시스템을 구축하고 영상을 처리하기 위한 기법을 개발하였다.
2. 관로 내부의 영상을 처리하여 결합한 영상 도면을 이용함으로써 효율적인 관로 내부 정보의 취득이 가능하였으며 세부적인 상황 판단을 위한 자료의 제공이 가능하였다.
3. 처리의 결과 도출된 결과물을 절대값 대비 1% 정도의 정확도를 가지고 있었으며, 정밀한 관측이 가능할 것으로 사료된다.
4. 향후 국가지리정보체계 등의 지하시설물 정보와 연계하여 운용되는 경우 효율적인 정보의 취득 및 운용이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 유복모 (1991), 사진측정학, 문운당, pp. 12-47.
2. 유복모 (1994), 지형공간정보론, 동명사, pp. 1-33.
3. Helava, U. V. (1988), Object-Space Least-Squares Correlation, P.E. & R.S., Vol. 54, No. 6, pp. 711-714.
4. 김원대 (2003), 수치사진측량학, 동인문화사
5. Meer, P. (1989), Stochastic image pyramids, Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 45(3), pp. 269-294.
6. Nwosu, Z. A. (1996), Digital versus analytical: a matter of photogrammetric coexistence, Geomatics Info Magazine, 10(1), pp. 35-37.
7. Schalkoff, R. J. (1989), Digital Image Processing and Computer Vision, John Wiley & Sons, Inc.,