한성대학교

결과보고서

교과목명		기계자동화 캡스톤디자인		
과제명		집수정 토사 제거 장치 설계를 위한 2D 입자 기반 궤적 시뮬레이션		
팀명		기계11조		
지도교수 (과제 책임자)	소속	기계전자공학부	성명	우윤환
저작권		저작자 표시-비영리-동일조건 변경 허락(CC BY-NC-SA)		

팀원현황

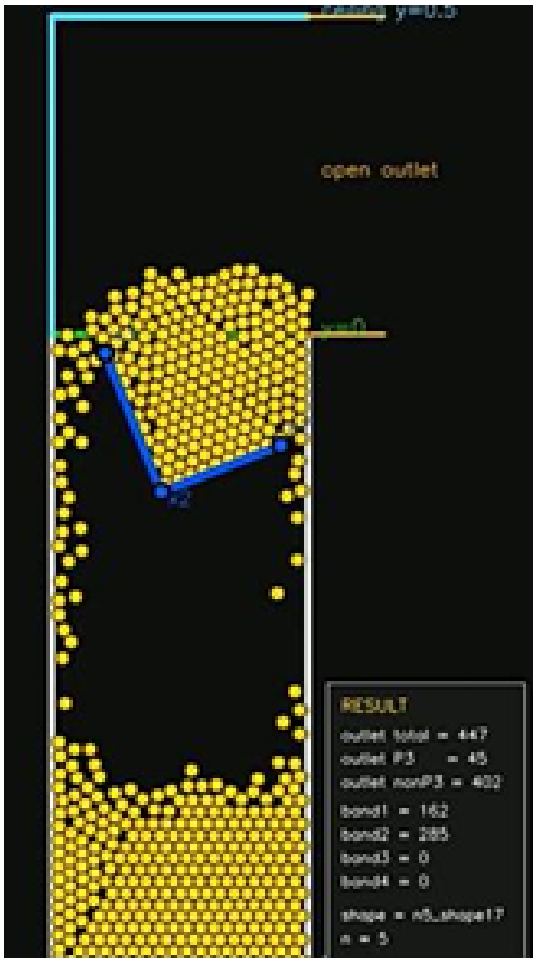
직책	성명	소속학과
팀장	한지훈	기계전자공학부
팀원	고기영	기계전자공학부
팀원	박성윤	기계전자공학부

5학년 0 명 | 4학년 3 명 | 3학년 0 명 | 2학년 0 명 | 1학년 0 명 | 총 3 명

과제소개

과제개요	빗물받이 내부에 퇴적된 토사를 제거하기 위한 포크레인형 토사 제거 장치를 설계. 빗물받이는 시간이 지남에 따라 토사, 낙엽, 이물질 등이 쌓이게 되며, 이는 배수 성능 저하와 도로 침수의 원인이 될 수 있다. 기존의 수작업 청소 방식은 작업 공간이 좁고 깊어 작업 효율이 낮으며, 작업자가 오염물이나 이물질에 직접 노출될 수 있다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 제한된 공간 안에서 토사를 굴착, 상승, 배출할 수 있는 소형 기계 장치를 제안하고자 한다. 장치의 기본 구조는 굴착기의 작업 원리를 참고한 포크레인형 3자유도 링크 기구로 설정하였다. 또한 삽의 궤적이 토사 제거에 적합한지 검토하기 위해 2D 입자 기반 시뮬레이션을 활용하였다. 이를 통해 삽의 굴착 및 배출 동작을 비교하고, 토사 제거에 적합한 작업 궤적과 링크 기구의 설계 방향을 제시하는 것을 목표로 한다.
과제목표 및 필요성	매년 여름철 집중호우 시 강남역 일대와 같은 저지대 도심에서는 반복적인 침수 피해가 발생하고 있으며, 이는 시민 안전과 도시 기능을 위협하는 대표적인 도시재난 문제로 대두되고 있다. 특히 빗물받이는 우수 유입의 시작점으로서 하수관로가 정상적으로 기능하기 위해 반드시 원활한 배수가 이루어져야 한다. 그러나 담

	배꽁초, 비닐, 낙엽 등 각종 쓰레기와 퇴적물이 빗물받이 내부 및 거름망에 쌓이면서 유효 단면적이 감소하고, 이로 인해 배수 성능이 급격히 저하된다. 또한 악취 차단을 위해 고무매트나 장판 등으로 빗물받이를 임의로 덮는 사례까지 발생하여 집중호우 시 침수를 더욱 가속화하는 문제가 존재한다. 이 캡스톤 과제는 이러한 문제를 해결하기 위해 집수정 내부의 이물질을 효과적으로 제거할 수 있는 토사 제거 장치를 개발하는 것을 목표로 한다. 특히 단순 반복 작업이 아닌, 삽의 최적 궤적을 기반으로 최소 횟수의 작업만으로 집수정 내부 이물질의 80% 이상을 제거할 수 있는 효율적인 메커니즘을 구현하고자 한다. 이를 통해 작업 효율 향상과 유지관리 비용 절감뿐만 아니라, 도심 침수 예방 및 시민 안전 확보에 기여하는 것을 목표로 한다.
과제내용	캡스톤 과제에서는 도심 저지대 침수의 주요 원인 중 하나인 빗물받이 및 집수정 내부 퇴적물 문제를 해결하기 위해, 집수정 내부 이물질 제거 장치를 설계하고 최적화하였다. 먼저 빗물받이 내부 작업 환경과 삽의 작업 범위를 고려하여 포크레인형 메커니즘 구조와 삽 궤적을 설계하였다. 이후 MATLAB 기반의 궤적 생성 및 최적화를 수행하여 집수정 내부를 효율적으로 이동할 수 있는 경로를 도출하였으며, 다양한 작업 깊이에 대응할 수 있도록 반복 작업 경로를 구성하였다. 또한 2D 입자 기반 궤적 시뮬레이션을 통해 삽의 움직임에 따른 토사 및 이물질 제거 과정을 분석하고, 최소 작업 횟수 대비 최대 제거 효율을 만족하는 궤적과 삽 형상을 선정하였다. 최종적으로는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 제작 가능한 형태의 집수정 토사 제거 장치를 구현하고, 집수정 내부 이물질의 80% 이상 제거를 목표로 성능을 검증하고자 한다.
과제결과	2차원 입자 기반 시뮬레이션을 통해 제한된 작업공간에서 적용 가능한 삽 궤적을 선정할 수 있었고, 이를 포크레인형 3관절 구조로 구현할 수 있음을 확인하였다. 논문용 구조 검토에서는 기준 운전 조건에서 선정 모터가 요구토크를 만족하였으며, O1 최대토크 자세의 구조해석 결과 주요 부재의 응력은 항복강도 이내로 나타났다. 다만 O2 관절은 service factor 및 토사 하중 증가 조건에서 가장 먼저 한계에 접근하였고, 실물급 직접 관절 구동 방식에서는 모터 외형 치수와 패키징이 주요 제약으로 확인되었다.
활용방안 및 기대효과	기존 집수정 내부 이물질 제거 작업은 작업자가 직접 빗물받이를 열고 삽이나 준설 장비를 이용해 수작업으로 제거해야 하므로 작업 시간이 오래 걸리고 노동 강도가 높다는 문제점이 있다. 또한 글루통 준설차와 같은 기존 준설 장비는 차량 진입이 어려운 좁은 도심 환경이나 갑작스러운 집중호우 상황에서 즉각적인 대응이 어렵고, 강우 중에는 작업 효율이 크게 저하되는 한계가 존재한다. 캡스톤 과제를 통해 개발한 집수정 토사 제거 장치는 포크레인형 메커니즘과 최적화된 삽 궤적을 적용하여 집수정 내부의 퇴적물과 쓰레기를 효율적으로 제거할 수 있다. 특히 MATLAB 기반 궤적 최적화와 2D 입자 기반 시뮬레이션을 통해 최소 작업 횟수 대비 최대 제거 효율을 가지는 작업 경로를 도출하였으며, 집수정 내부 이물질의 80% 이상 제거를 목표로 설계하였다. 이를 통해 기존 수작업 대비 작업 시간과 인력 소모를 줄일 수 있으며, 집중호우 발생 시 신속한 대응이 가능해 도심 침수 피해 감소에 기여할 것으로 기대된다. 또한 향후 반자동 및 자동화 시스템으로 확장 가능성이 있어 도시 배수 유지관리 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

결과물 사진		
	2D 입자 시뮬레이션	실제 시제품 사진

위와 같이 캡스톤디자인 교과목 결과보고서를 제출합니다.

2026. 07. 01

신청인(팀장) : 한지훈 (인) ***한지훈*** / 지도교수 : 우윤환 (인) ***우윤환***

자료 (집수정 토사 제거 장치 설계를 위한 2D 입자 기반 궤적 시뮬레이션)은 한성대학교 캡스톤디자인 수업 결과물로서 (기계11조)에 의해 창작되었으며 크리에이티브 커먼즈 라이선스 (저작자 표시-비영리-동일조건 변경 허락(CC BY-NC-SA)) 4.0에 따라 이용할 수 있습니다.