

# GMT를 이용한 플라스틱 지하 저류시설 거동특성 분석

이민우\*, 이관호\*, 김성겸\*, 손민수\*, 최성진\*\*

\*공주대학교 건설환경공학과

\*\*LH 한국토지주택공사

e-mail:dl406200@naver.com

## Analysis of the Behavior Water Reservoir of Plastic Underground Reservoirs Using GMT

Min-Woo Lee\*, Kwan-Ho Lee\*, Seong-Kyum Kim\*, Min-Su Son\*, Seong-Jin Choi\*\*

\*Dept. of Construction and Environmental Engineering, Kongju University

\*\*Korea Land & Housing Corporation

### 요약

최근 기후변화는 현대 사회에 급격한 변화를 가져오고 있다. 이로 인해 자연재해와 관련된 문제들이 사회적, 경제적 영향을 미치고 있다. 특히 폭우는 예측하기 어려운 패턴과 강도로 나타나며, 도시 및 지역 사회에 심각한 홍수 피해를 초래하고 있다. 이러한 현상은 물 관리 및 인프라 개선의 필요성을 강조한다. 또한, 문명의 발달에 따라 도시화가 가속되어 콘크리트로 인해 빗물이 빠지지 못하는 "불투수층"이 많이 생겨나게 되었고, 이렇게 늘어난 불투수층으로 인하여 도심지역 침수 피해가 늘어나게 되었다. 따라서, 최근 기후 변화에 대응하여 빗물을 효과적으로 관리할 수 있는 빗물 저장 시설 및 시스템에 관한 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 기존에 사용되는 재료의 문제점을 보완하여 GMT(Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics)를 사용한 플라스틱 지하 저류장치를 개발하는 것을 목표로 한다. 빗물저류조의 3차원 구조 거동 특성을 파악하기 위해 MIDAS-GTS 범용구조해석 프로그램을 활용하였다. 해석에 적용된 재료는 PP(Poly Propylene)와 GMT(Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics)를 사용하였으며, 하부 지지 역할로는 콘크리트 재료를 적용하였다. 해석 모델은 토피 두께와 상부 교통하중, 저류조의 재료를 변화하여 해석하였다. 저류조의 종류와 무관하게 토피 고에 따른 최대 연직 변위 위치는 저류조 상부 중앙으로 일정하게 나타났다. 하중재하가 없을 때 토피고 증가에 따라 저류조 상판의 연직 변위가 증가하는 경향을 보이지만, 상부 하중을 적용했을 때 1m에서 2m 구간에서 변위가 감소하는 값(8.4%~31.7%)을 나타냈다. 토피 높이 및 상부 하중 변화에 따른 유한 요소 해석 결과, GMT 재료를 사용한 저류조가 최대 연직 변위 저감효과를 보여 26.3%~29.6% 높은 변위 감소를 기록하였다. GMT 저류조의 경우 PP 저류조 보다 동일한 외부 조건에서 최대 변위와 유효응력 변화가 적을 것으로 판단된다. 이는 GMT 재료가 기존의 문제점을 해결한 방안으로 저류조의 재료 선정에 또 다른 대안으로 활용이 가능함을 의미한다.

효율적인 빗물 관리 시설 연구에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다.

본 연구에서는 빗물저류조의 3차원 구조 거동 특성을 파악하기 위해 MIDAS-GTS 범용구조해석 프로그램을 활용하였다. 기존 플라스틱 저류조의 재료인 PP(Poly Propylene)의 내구성 문제점을 보완하기 위해 GMT(Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics)를 활용한 빗물저류조의 거동 특성을 분석하였다. 해석에 적용된 재료는 PP와 GMT를 사용하여 비교 분석했으며, 하부 지지 역할로는 콘크리트 재료를 적용하였다. 해석 모델의 경계조건은 토피 두께(1m, 2m, 4m, 6m)와 상부 교통하중(0tonf, 20tonf, 39tonf), 저류조의 재료를 변화하여 해석하였다.

### 1. 서론

도시화로 인한 불투수층이 확대되고 급격한 기후 변화로 인해 강우 강도가 증가하면서 도시지역에 심각한 피해가 발생하고 있다. 도시 개발로 인한 불투수 면적의 증가는 돌발성 집중강우가 증가하면서 홍수로 인한 피해 뿐만 아니라 도시 내 열섬 효과와 같은 다양한 문제를 야기하고 있다. 이러한 이상기후로 인해 홍수량 및 침투 유출량의 증가에 따라 하천에 유입되는 물의 양이 증가하여 홍수 위험을 가중시킨다. 따라서 도시 지역에서의 홍수 위험을 관리하고 예방하기 위한

## 2. 해석모델

### 2.1 재료 특성

해석에 적용된 재료의 물성은 [표 1]과 같다. PP(Poly Propylene)는 기존 범용으로 사용되고 있는 PP 수지이며, 양생 기간이 필요 없기 때문에 시공 기간을 50% 이상 단축할 수 있고, 조립식 구조이며, 경량성으로 인해 시공이 간편하고, 유지관리가 쉽다. GMT(Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics)는 Glass Fiber를 부직포 형태로 직조하여 PP 수지에 함침 시켜 제조한 고강도 복합수지이다. 냉연 강판에 준하는 인장 강도와 Plastic의 경량화를 동시 만족하는 복합소재로 PP 소재보다 강도가 우수하다. 하부 지지 역할로는 콘크리트 재료를 적용하였고, 지반 조건은 [표 2]와 같다.

[표 1] 적용재료의 물성

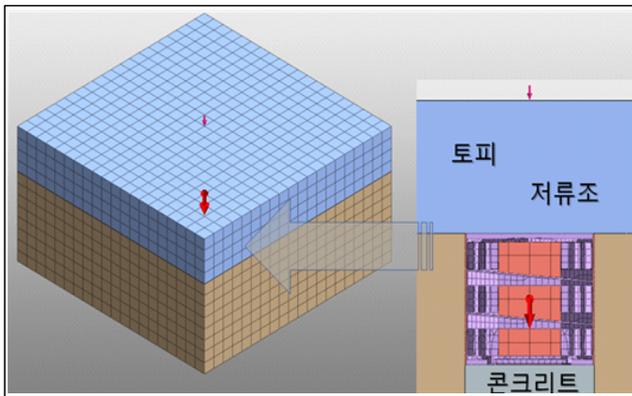
재료	탄성계수 (kN/m <sup>2</sup> )	프와송비	단위중량 (kN/m <sup>3</sup> )
PP	1,500,000	0.42	8.826
GMT	5,000,000	0.126	11.768
콘크리트	34,350,540	0.15	24

[표 2] 지반 조건 물성

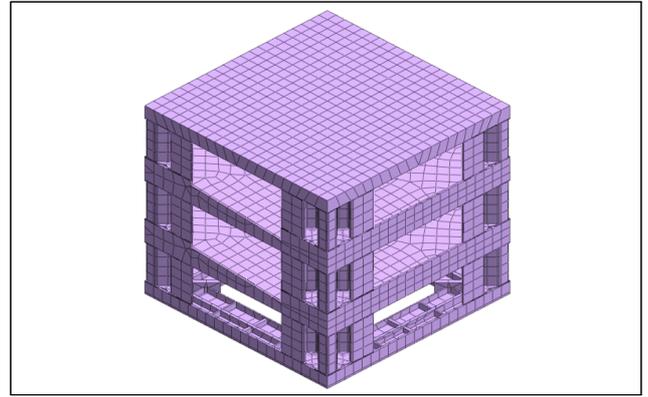
지반물성치	탄성계수 (kN/m <sup>2</sup> )	프와송비	단위중량 (kN/m <sup>3</sup> )	초기공극비	마찰각 (°)
(Elastic)	15,000	0.15	17	0.5	30

### 2.2 경계조건

경계조건은 [그림 1]과 같이 해석을 진행하였으며, 토피의 두께를 1m, 2m, 4m, 6m로 다양하게 변화 시키고, 상부 교통하중을 0tonf, 20tonf, 39tonf로 다르게 설정하면서, 저류조의 소재를 변경하여 해석하였다. PP와 GMT는 동일한 모델이며, [그림 2]는 저류조의 모델이다.



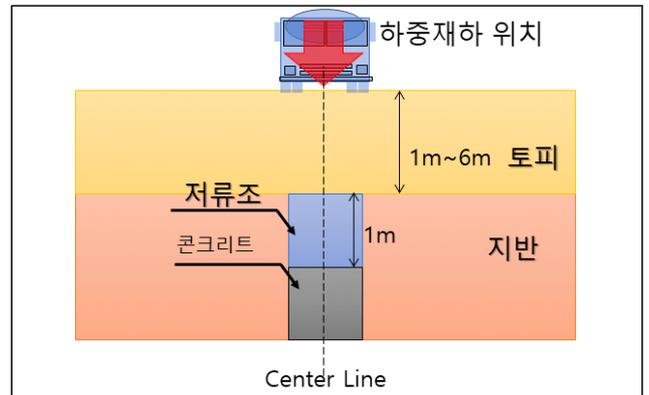
[그림 1] 지반 및 전체 모델링



[그림 2] 빗물저류조 모델링(PP, GMT)

### 2.3 하중재하 위치

모델링에 하중재하는 총 3가지 종류로 진행하였다. 첫 번째로, 시공이 완료된 후에 토피에 의한 상재하중을 1단계, 상부 차량 하중(20tonf)을 모사한 중앙부를 2단계, 과적재 차량(39tonf)을 모사한 하중을 3단계로 모사하였다. 하중재하 위치는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 하중재하 위치

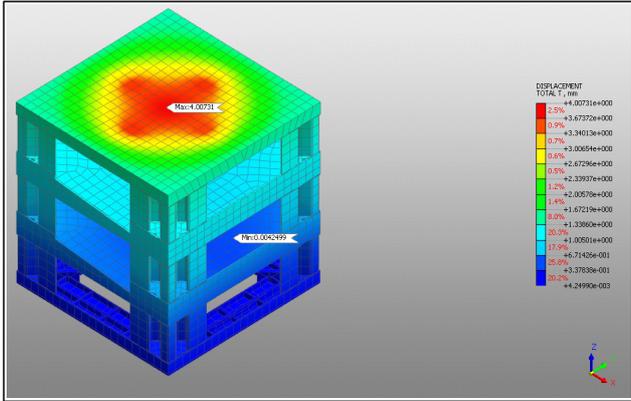
## 3. 해석 결과

### 3.1 연직변위

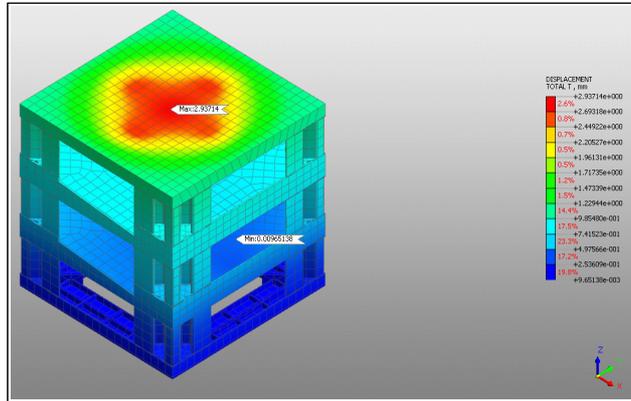
빗물저류조의 유한 요소 해석을 실시하여, 다양한 해석 모델에 따른 응력분포도, 변위 분포도를 확인하고 모델별로 비교하였다. [그림 4]와 [그림 5]는 하중 재하 시 빗물저류조에 적용되는 연직 침하(토피고 2m, 하중 크기 20tonf)를 나타내고 있다.

[표 3]과 같이 저류조 종류와 무관하게 토피고에 따른 최대 연직 변위 위치는 저류조 상부 중앙으로 동일하게 나타났다. 하중재하가 없을 경우, 토피고 증가에 따라 저류조 상판의 연직 변위가 증가하는 경향을 나타냈으나, 하중을 재하(20tonf, 39tonf) 했을 경우 1m~2m까지 변위가 감소하는 값(8.4%~31.7%)을 보였다. 이는 토피 1m 구간에서는 토피층이 얇아 하중이 분산되지 않고 저류조에

직접적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 토피 높이 및 상부 하중 변화에 따른 유한 요소 해석 결과 GMT 재료를 사용한 저류조가 적게는 26.3% 높게는 29.6% 저류조 상부의 최대 연직 변위 저감효과를 보였다.



[그림 4] PP저류조 최대연직변위 분석결과(토피2m, 하중 20tonf)



[그림 5] GMT저류조 최대연직변위 분석결과(토피2m, 하중 20tonf)

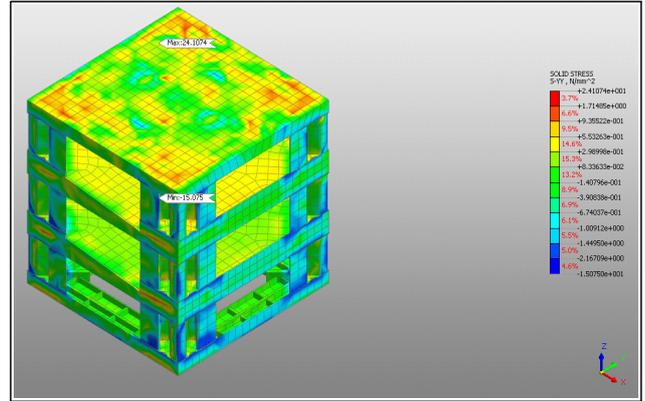
[표 3] 조건에 따른 저류조 종류별 최대연직변위(mm)

저류조 종류	하중크기	최대 연직 변위 (mm)			
		토피고 1m	토피고 2m	토피고 4m	토피고 6m
PP	0tonf	1.4	2.84	5.18	7.45
	20tonf	4.5	4.01	5.77	7.98
	39tonf	7.5	5.12	6.32	8.48
GMT	0tonf	1.03	2.09	3.82	5.49
	20tonf	3.21	2.94	4.25	5.88
	39tonf	5.28	3.74	4.66	6.25

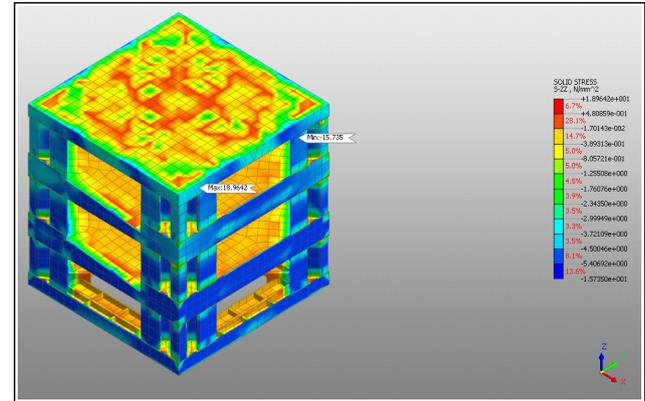
### 3.2 유효응력

[그림 6]과 [그림 7]은 토피 2m, 20tonf 재하 시 저류조에 대한 유효응력분포이다. [그림 6]과 [그림 7] 저류조 유효응력분포처럼 최대 유효응력은 저류조 코너 부분인 기둥부에서 최대 유효응력이 발생한다. PP 저류조의 경우 측면인 y축, GMT의 경우 수직 방향인 z축에서 최대 유효

응력이 발생한다. 각 조건의 최대 유효응력을 정리한 모든 해석 결과는 [표 4]와 같다.



[그림 6] PP저류조 유효응력 분석결과(토피2m, 하중 20tonf)



[그림 7] GMT저류조 유효응력 분석결과(토피2m, 하중 20tonf)

[표 4] 조건에 따른 저류조 종류별 최대유효응력(MPa)

저류조 종류	하중크기	최대 연직 변위 (mm)			
		토피고 1m	토피고 2m	토피고 4m	토피고 6m
PP	0tonf	9.91	16.8	30.37	43.4
	20tonf	26.25	24.11	33.82	46.45
	39tonf	42.97	31.05	37.11	49.35
GMT	0tonf	8.99	15.14	26.3	38.22
	20tonf	20.27	18.96	28.98	39.76
	39tonf	35.61	22.59	31.53	42.17

하중재하가 없을 시 GMT 기준으로 1m의 경우 9.3%, 2m의 경우 9.9%, 4m의 경우 13.4%, 6m의 경우 11.9%의 최대 유효응력 감소율을 나타냈으며, 차량 하중을 모사한 20tonf에서는 1m의 경우 22.8%, 2m의 경우 21.4%, 4m의 경우 14.3%, 6m의 경우 14.4% 감소율을 나타냈다. 과적재 차량 하중을 모사한 39tonf에서는 최소 14.5% 최대 유효응력 감소율을 보였다. 종합적으로 GMT 저류조의 경우 PP 저류조 보다 동일한 외부 조건에서 최대 변위와 유효응력 변화가 적을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해, GMT 소재를 활용한 플라스틱 지하 저류시설의 개발과 관련된 다양한 측면을 고려하였다. 재료에 따라 PP(Poly Propylene)와 GMT(Glass fiber Mat-reinforced Thermoplastics)을 사용하였으며, 해석 모델은 토피 두께와 상부 교통하중, 저류조의 재료를 변화하여 해석하였다. 이를 통해 GTM 재료를 활용한 저류조가 최대 연직 변위를 줄이고 유효응력 변화를 최소화함을 확인하였다. 이러한 결과를 통해, GMT 재료가 기존의 내구성 문제를 극복하고 빗물 관리에 새로운 가능성을 제시함으로써 도시 및 지역 사회의 침수 피해를 줄이고, 수해 예방에 기여할 수 있는 긍정적인 역할을 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] 김성훈, 이승용, 설기환, 최준혁, "폴리프로필렌을 이용한 빗물저류조의 개발과 구조 성능 평가", 한국방재학회논문집, Vol.16, No.2, pp.141-148, 2016.
- [2] 이상우, 남동군, 이동혁, "폐자원을 활용한 친환경 우수저류조 개발", 한국생산제조학회 학술발표대회 논문집, 한국생산제조학회, 개최지, pp.271-271, 2013.
- [3] 이관호, 김성겸, "기초형식 및 뒤채움재 종류별 강성관용 하수관거의 안전율", 한국산학기술학회 논문지, Vol.20, No.4, pp.606-612, 2019.