

폴리머 콘크리트 세그먼트를 이용한 현장 조립식 맨홀 설치 연구

Study installing a manhole to on-site methods to assemble as use polymer concrete segment

김 동 훈*, 한 진 우
(Dong Hun Kim and Jin Woo Han)

Abstract : 지하에 설치된 맨홀의 구조물이 노후되거나, 내부에 수용된 시설물로 작업 공간이 협소하여 맨홀 구조물을 대개체 할 필요가 있을 경우, 지금까지는 대부분 현장 콘크리트 타설에 의한 방법을 사용하였다. 이러한 방법은 거푸집 시공, 콘크리트 타설, 콘크리트 양생, 거푸집 철거 등의 공정이 소요되어 공사 기간이 장기화 되고, 도심지에 위치한 맨홀인 경우에는 차량과 보행자의 통행 불편을 초래하기도 하였다. 또한, 통상적으로 사용되고 있는 프리캐스트 맨홀에 비해 시공 품질이 낮아 향후 맨홀의 운용 및 유지관리에 많은 어려움을 겪는 원인이 되기도 하였다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해, 폴리머 콘크리트를 이용하여 하부, 벽체, 상부로 구성된 다수의 세그먼트를 생산한 후, 현장에서 이들 세그먼트를 조립하여 맨홀을 설치하는 방법을 연구하였다. 가변형 거푸집을 이용한 세그먼트 제작과 조립식 블록에 의한 관구를 사용하여 현장 적용성을 높임은 물론, 프리캐스트로 생산되는 폴리머 콘크리트 맨홀 수준의 시공 품질을 확보할 수 있도록 하였다.

Keywords: manhole, polymer concrete, multi-divided segment

I. 서론

기존에 사용중인 통신 및 전력용 맨홀 내부에는 많은 케이블 및 시설물들이 수용되어 있다. 이러한 맨홀 구조물이 노후되거나 맨홀 내부의 작업 공간이 협소하여 새로운 맨홀을 만들기 위해서는, 기존 맨홀을 철거한 후 콘크리트를 타설하여 맨홀을 신설하는 방법이 주로 사용되었다. 이는 통신이나 전력 공급의 중단 없이 케이블이 포설된 상태에서 구조물을 시공할 수 있는 가장 일반적인 방법이기 때문이다. 그러나, 본 논문에서는 폴리머 콘크리트 맨홀과 동일한 재료로 제작된 다수의 세그먼트를 접착하는 방법으로 현장에서 맨홀을 조립 설치하는 방법을 연구하였다.

이를 위해서는 세그먼트를 접착하는 접착제의 자체 강도와 접착 강도에 대한 검토가 우선되어야 한다. 폴리머 콘크리트 맨홀 구조물의 접착용으로 사용되는 접착 수지로 공시체를 제작한 다음, 경화 시간 별로 휨 강도를 측정하였고, 폴리머 콘크리트 공시체를 절단한 후 접착 수지로 접착한 다음, 휨 강도를 측정하여 접착 강도를 확인하였다.

또한, 분할 구조의 맨홀에 대한 구조 안전성을 확인하기 위하여, 기존 폴리머 콘크리트 맨홀 2기를 각각 10 Piece와 11 Piece로 분할한 후, 접착 수지로 접착하여 구조 안전성 실험을 실시하였다.

현장에서 운용중인 맨홀을 철거하고, 다분할 세그먼트를 이용하여 조립식 맨홀을 구축하기 위해서는, 다양한 현장 여건에 적합한 맨홀 규격을 만족시킬 수 있는 세그먼트 제작이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 가변형 거푸집(상하부 및 벽체)을 개발하여, 다양한 크기의 세그먼트를 하나의 거푸집으로 생산할 수 있도록 하였다.

II. 접착제의 강도 특성

조립식 맨홀의 세그먼트를 접착하는 접착제는 폴리머 콘크리트 맨홀의 상하부 구조물 접착에 사용하는 접착제를 사용하였으며, 접착제 만으로 휨 공시체를 제작하여 강도를 측정하였다. 또한, 접착제의 접착 강도를 측정하기 위해 폴리머 콘크리트로 제작한 휨 공시체의 중앙을 절단하고 접착제를 도포하여 접착한 후, 공시체의 휨 강도를 측정하였다.

1. 접착제 재료의 강도 측정

접착제는 접착용 수지와 탈크(Talc), 해포석을 <표-1>의 중량 배합비와 같이 배합하였으며, 실제 현장에서는 온도나 습도 및 기타 상황에 따라 다소의 증감이 있을 수 있다.

표 1. 접착제 배합비 (단위 : %)

접착수지	탈크	해포석	비고
48.6	48.6	2.8	

지하에 설치되는 맨홀은 얇은 부재로 형성된 구조 특성상 휨 강도가 파괴에 미치는 영향이 크다. 따라서, 이미 재료적인 성능이 검증된 폴리머 콘크리트는 제외하고, 폴리머 콘크리트로 제작된 세그먼트를 접착해 주는 접착제의 휨 강도를 측정하였으며, 그 결과는 <표-2>와 같다.

표 2. 접착제의 휨 강도

구분	휨강도 (kgf/cm ²)	변형률	비고
시료	252.4	2,944	공시체는 강제양생
	251.4	2,900	
	256.7	2,752	
평균	253.5	2,865	

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 8. 16., 채택확정 : 2007. 8. 8.

김동훈, 한진우 : KT인프라연구소

(kdh1314@kt.co.kr, jinuhan001@kt.co.kr)

2. 접착제의 접착 강도 측정

위에서 접착제만으로 제작한 공시체의 휨 강도가 253.5 kgf/cm²로 측정되어, 폴리머 콘크리트 맨홀에서 요구하는 공시체의 휨 강도인 200 kgf/cm²보다 훨씬 큼을 알 수 있다. 이를 통해 세그먼트 사이에 경화된 형태로 존재하는 접착제 재료는 맨홀의 구조 안전성에 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있다.

따라서, 분할된 두 세그먼트 사이에 도포된 접착제의 접착 강도가 맨홀 전체의 구조 안전성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있으며, 접착제의 접착 강도를 이를 확인코자 하였다. 실험 방법은 <그림 1>과 같이 폴리머 콘크리트로 제작된 공시체를 절단한 후, 절단면에 접착제를 도포하여 분할된 두 공시체 조각을 다시 접착한 다음, 상온에서 접착제가 경화되도록 하였다.

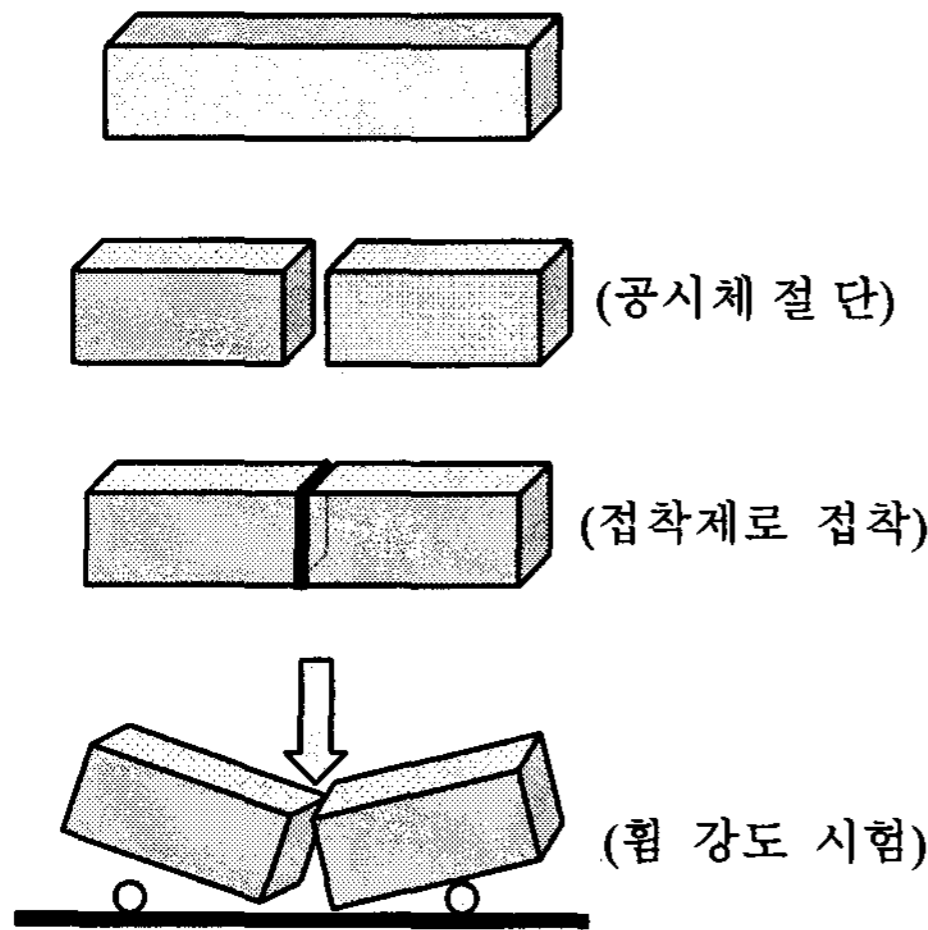


그림 1. 접착제의 접착 강도 시험 방법

접착제 도포 후 경과 시간에 따라 2시간 ~ 7일까지의 접착 강도를 공시체 휨 강도 시험방법에 따라 측정하였으며, 그 결과는 <표 3> 및 <그림 2>와 같다.

표 3. 경화 시간 별 접착제의 접착 강도 (단위 : kgf/cm²)

2h	3h	4h	1d	3d	7d
71.7	118.2	140.0	203.1	238.6	229.7

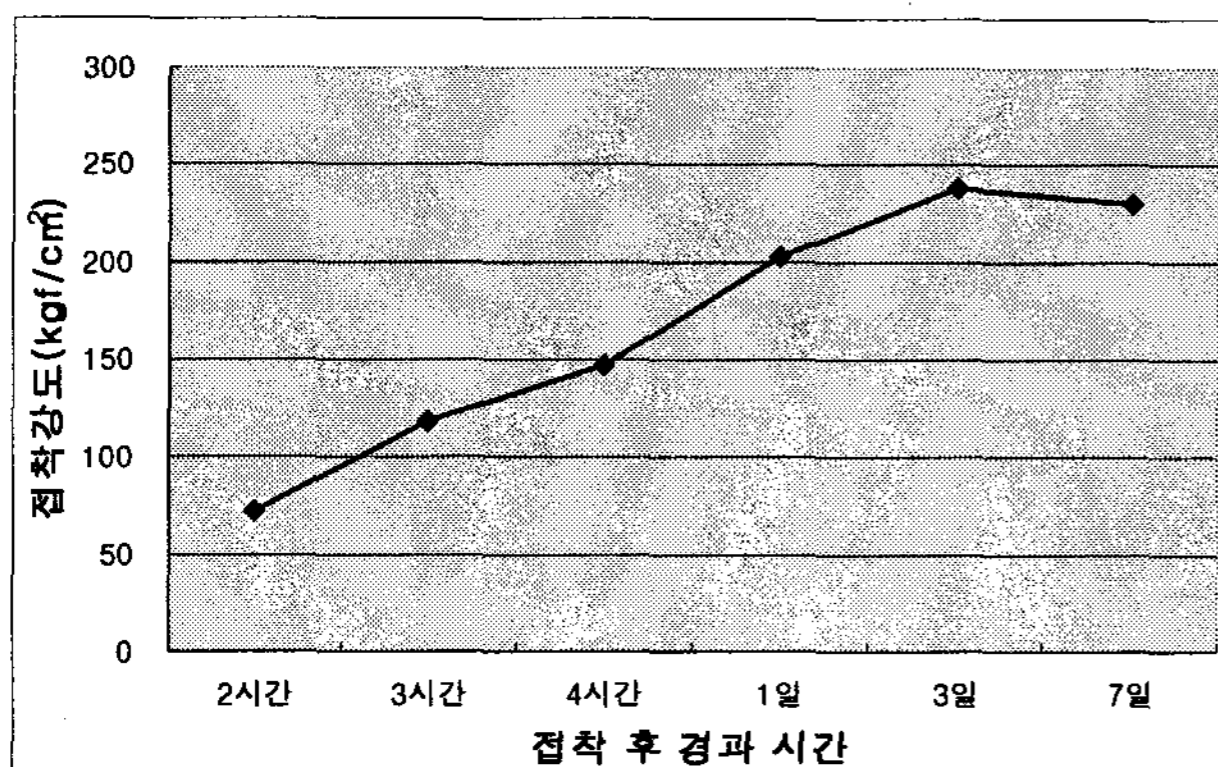


그림 2. 접착 후 경과 시간 별 접착 강도

이 실험을 통해서 접착제를 도포한 후 1일이 경과하면, 절단된 공시체 사이에 도포된 접착제의 접착 강도가 맨홀의 구조적인 안전성을 위해 요구하는 휨 강도(200 kgf/cm²) 이상을 발휘한다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 접착제 도포 후 최소 24시간이 경과되면 구조물로서의 소요 강도를 발휘할 수 있으므로, 현장에서 조립식으로 맨홀을 설치한 후의 후속 작업인 되메움이나 도로 포장을 신속하게 진행하여 공사기간을 대폭적으로 단축하는 것이 가능해진다.

참고로, 본 실험에 사용된 공시체는 휨 강도가 293.7 kgf/cm²으로, 접착제의 자체 휨 강도와 1일 접착 강도에 비해 각각 1.16배와 1.45배 크므로 측정된 강도에는 영향을 미치지 않았다고 볼 수 있다.

III. 분할 구조 맨홀에 대한 구조 안전성

분할된 각각의 세그먼트들을 접착하여 형성된 맨홀의 구조 안전성을 검증하기 위해, 같은 배합비를 적용하여 같은 생산 설비에서 제작된 폴리머 콘크리트 광3호 규격의 맨홀 2기를 대상으로 파괴시험을 실시하였다.

시험에 사용된 폴리머 콘크리트 맨홀은 <그림 3>과 같이 하부 슬라브, 벽체, 상부 슬라브로 분할하였다. 이때, 하부 슬라브는 작업 공간 내 케이블에 의한 지장을 최소화 하면서 설치 작업을 할 수 있도록 길이 방향으로 2개의 조각으로 분할하였고, 벽체는 4단으로 절단하되 각 단이 “ㄱ”자 모양의 2개 조각이 되게 하였다. 이는 벽체 세그먼트의 장단변 방향으로 길이를 조절하여 임의 규격의 맨홀을 손쉽게 형성할 수 있도록 하기 위함이다. 상부 슬라브는 길이 방향에 대해 2개의 조각으로 절단한 것을 사용한 맨홀과, 절단하지 않은 것을 사용한 맨홀에 대해 비교 시험하였다.

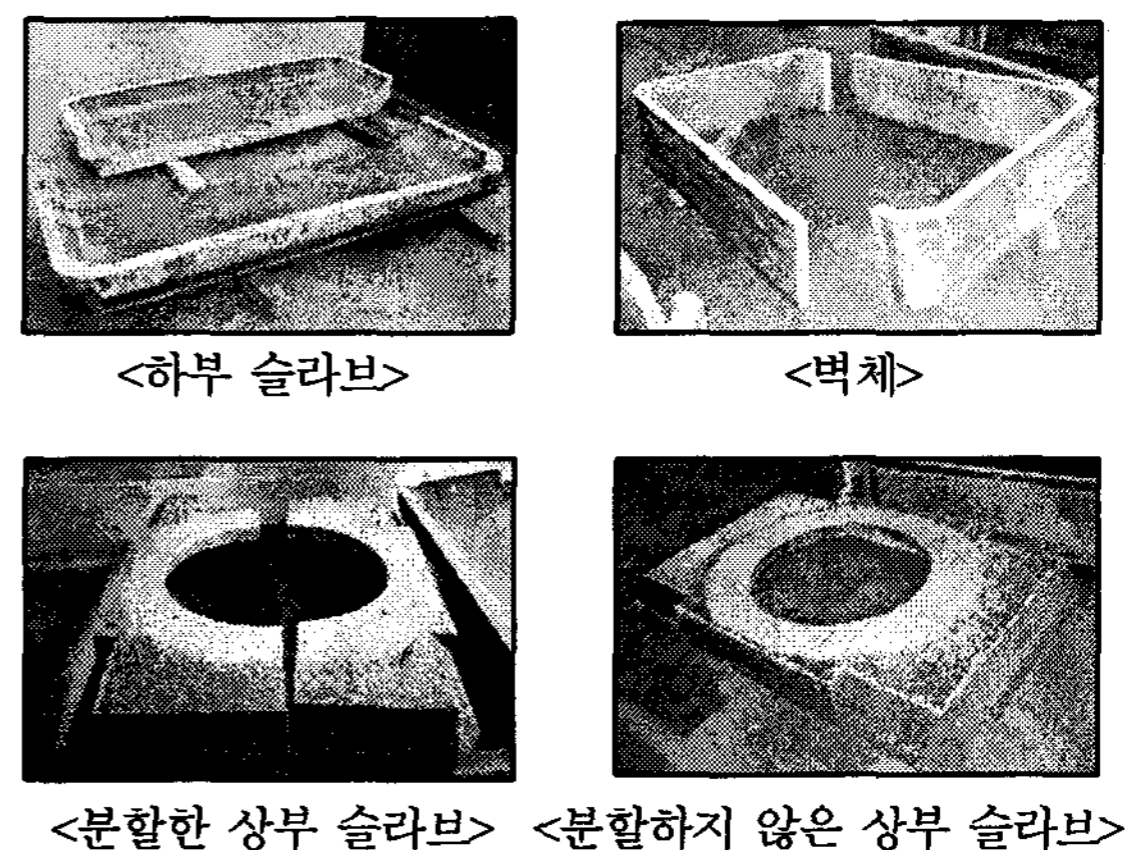


그림 3. 기성 제품 폴리머 콘크리트 맨홀 분할

분할된 맨홀의 조립은 <표 1>의 배합비에 의한 접착제를 사용하여 <그림 4>와 같이 하부 슬라브부터 벽체, 상부 슬라브 순서로 조립하였다.

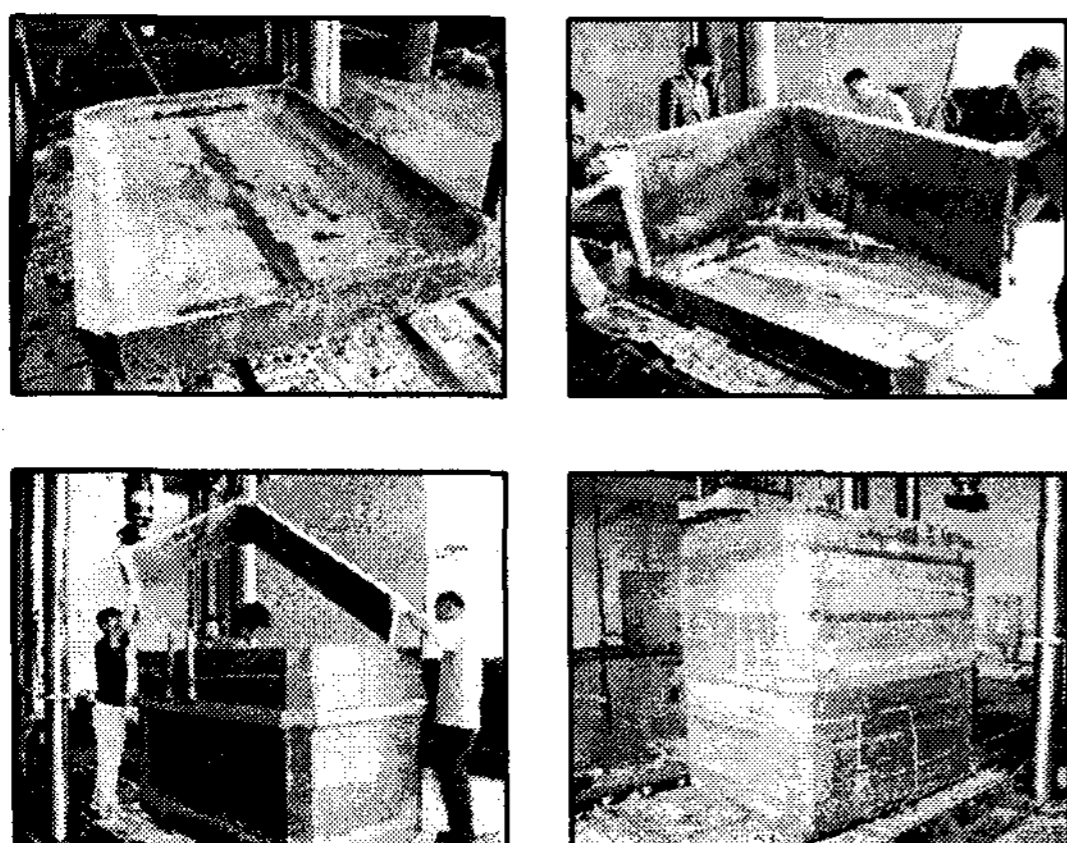


그림 4. 분할된 세그먼트를 접착하여 맨홀 조립

도포된 접착제가 경화되어 소요의 강도를 발휘할 수 있도록 24시간이 경과한 후 파괴시험을 실시하였다. 파괴시험은 <그림 5>와 같이 100톤 UTM을 사용하여 맨홀에 최초 균열이 발생 할 때까지 하중을 재하였으며, 균열 여부는 맨홀 내부에 부착한 콘크리트 변형률 게이지를 통해 판단하였다.

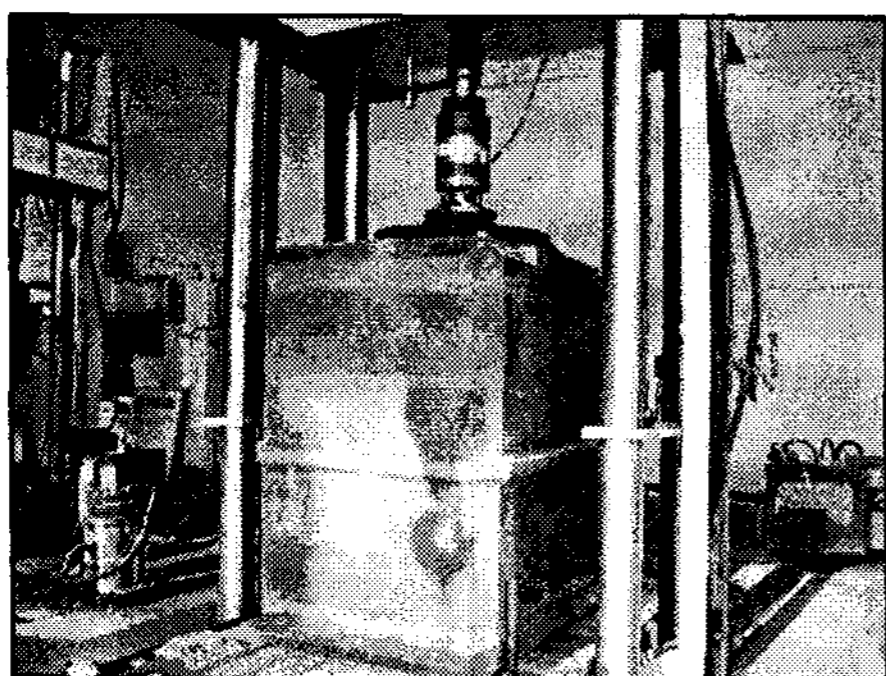


그림 5. 100톤 UTM을 이용한 맨홀 파괴시험

시험 대상인 2기의 맨홀에 대해 파괴시험을 실시하여 하중-변형률 그래프로 나타낸 것이 <그림 6> 및 <그림 7>과 같다. 상부 슬라브를 분할한 맨홀의 파괴 하중은 18.04톤이었고, 상부 슬라브를 분할하지 않은 맨홀은 47.02톤으로, 해당 규격의 맨홀에서 요구되는 파괴 하중인 37.44톤을 훨씬 상회하였다. 이를 통해 상부 슬라브가 분할되지 않은 경우에는, 다분할 세그먼트를 접착하여 조립된 맨홀의 구조 안전성은 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

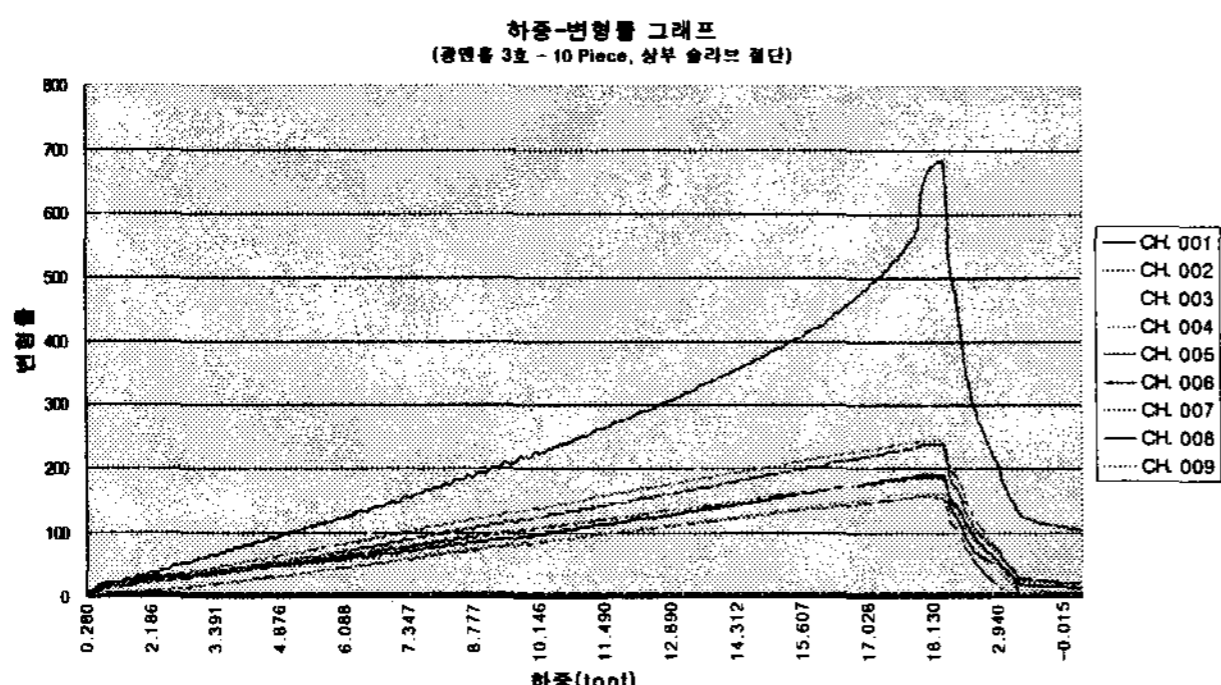


그림 6. 상부 슬라브를 절단한 맨홀의 파괴시험 결과

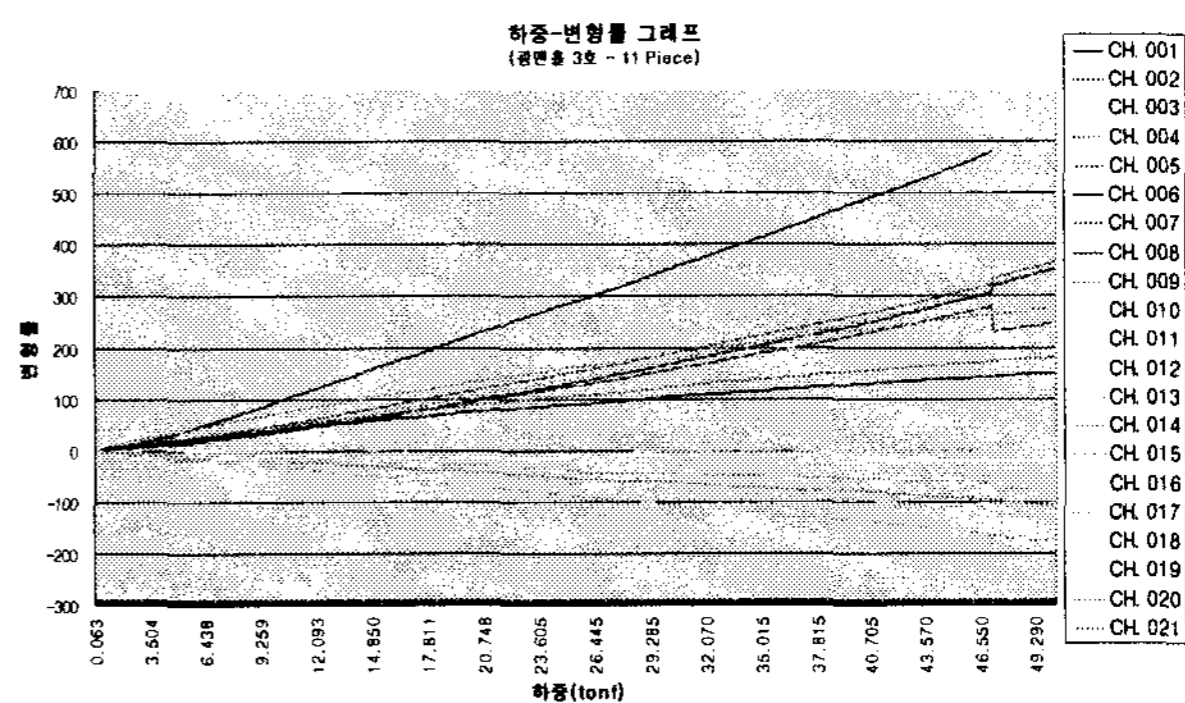


그림 7. 상부 슬라브를 절단하지 않은 맨홀의 파괴시험 결과

참고로 <그림 7>에서와 같이 재하 하중 증가에 따라 일부 게이지의 변형률이 반비례하는 것을 볼 수 있는데, 이는 맨홀 상부에서 연직 방향의 하중이 작용할 경우 벽체에서 연직 방향으로 수축이 발생한 결과이며, 조립식 맨홀의 벽체는 구조적인 안전성에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

IV. 세그먼트 거푸집 특성

1. 맨홀 세그먼트용 거푸집

지금까지의 시험을 통해 폴리머 콘크리트로 제작된 다분할 세그먼트를 이용하여 접착수지로 조립한 맨홀이 구조적으로 안전함을 확인하였다. 본 장에서는 현장에서의 조립 작업성이 우수한 세그먼트를 경제적으로 제작하기 위한 거푸집 특성에 대해 고찰하고자 한다.

대개체 할 기존 맨홀의 가장 큰 특징이 규격의 정형화가 되어 있지 않고, 대부분 현장 여건에 따라 시공되었다는 것을 감안할 때, 맨홀을 구성하는 세그먼트의 규격이 매우 다양해야만 한다. 이는 소요되는 세그먼트 수와 같은 수의 거푸집이 필요하게 되며, 결국 경제성 측면에서는 사실상 적용이 불가능한 방법이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 하나의 거푸집으로 다양한 크기의 세그먼트를 제작할 수 있는 가변형 구조의 거푸집이 필요하게 되며, 이는 <그림 8>과 같은 방법으로 구현이 가능하다.

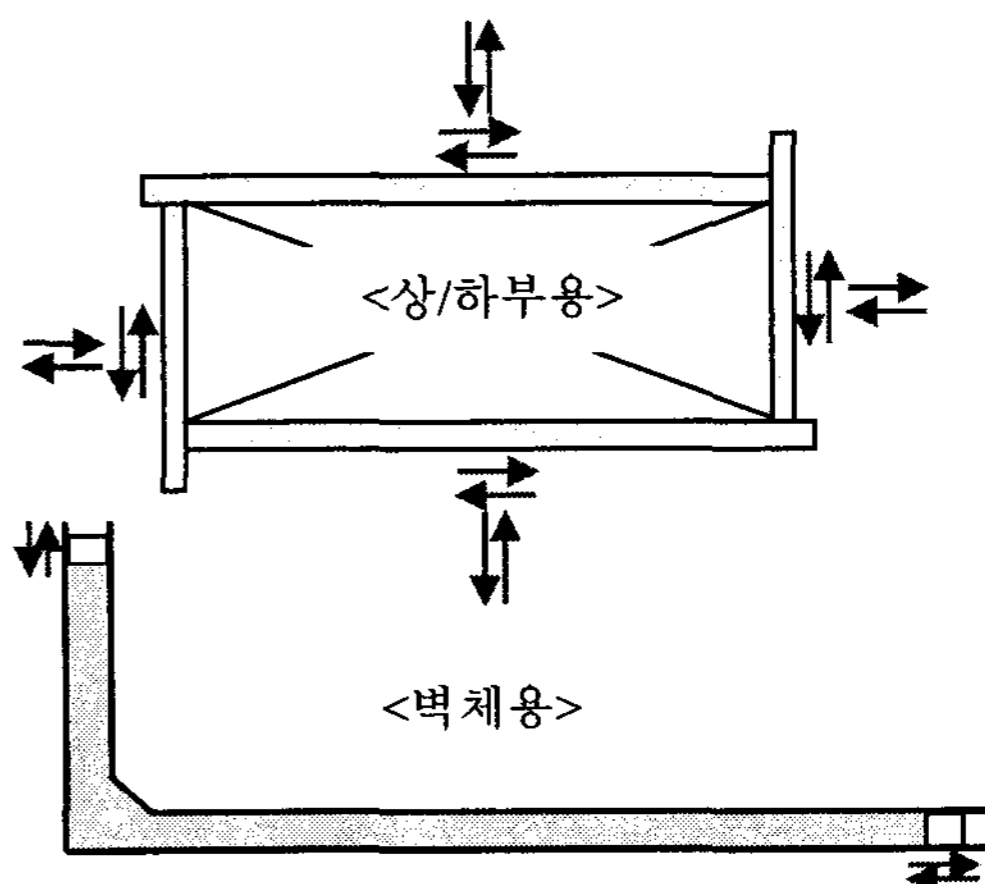
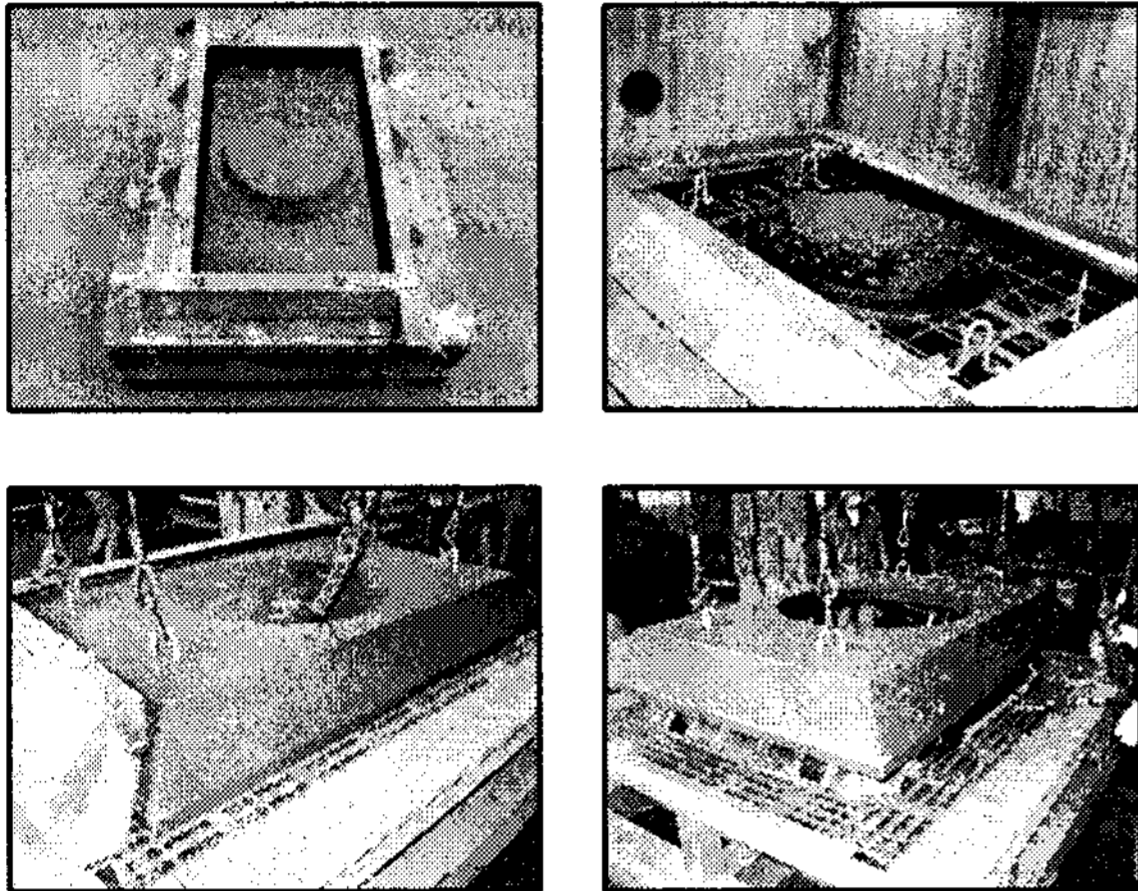
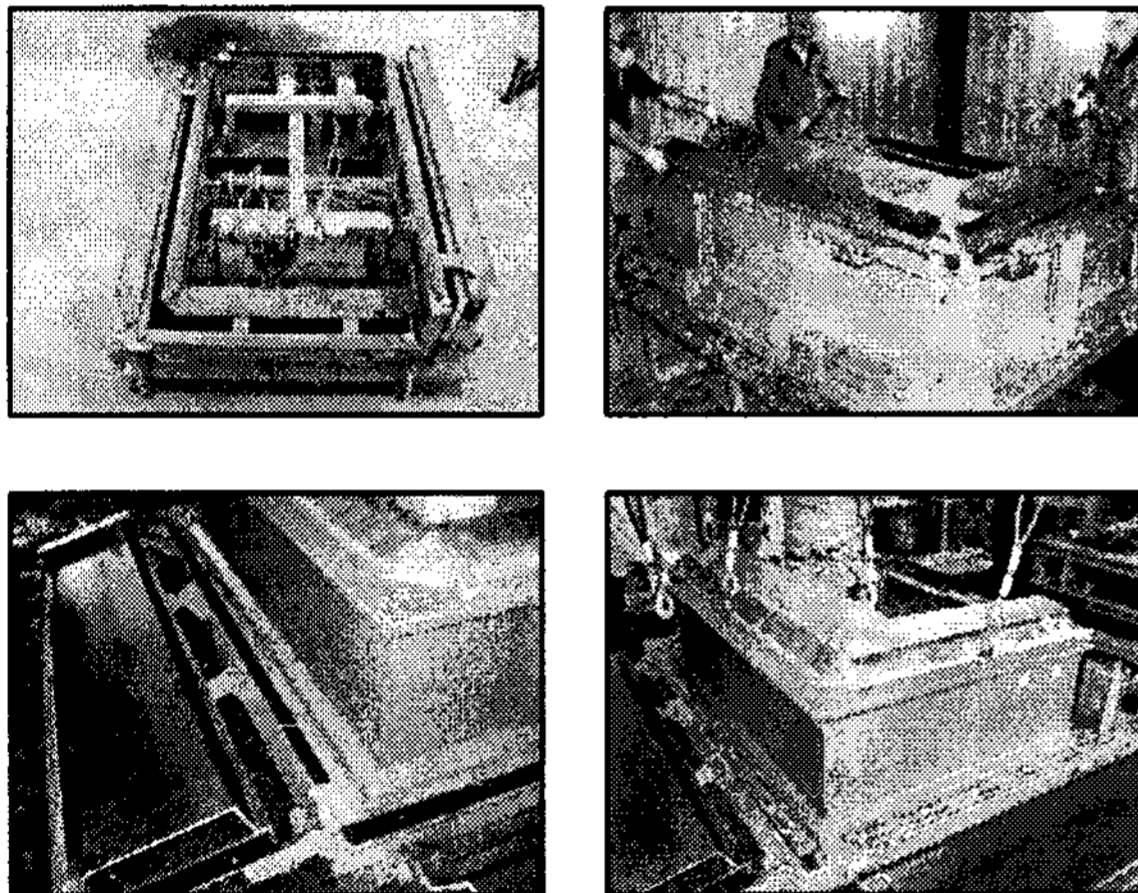


그림 8. 가변형 거푸집의 작동 원리

이러한 가변 구조 원리를 적용한 거푸집과, 이를 이용하여 생산한 세그먼트가 <그림 9>와 같다. 상/하부용 거푸집은 개구부 유무를 제외하고는 구조상 동일하며, 벽체용 거푸집은 다양한 현장 여건을 감안하여 높이가 다른 두 가지의 세그먼트를 동시에 제작할 수 있도록 하였다.



<상(하)부용 세그먼트 제작>



<벽체용 세그먼트 제작>

그림 9. 가변형 거푸집을 이용한 세그먼트 제작

이와 같은 방법으로 제작된 세그먼트를 조립하여 <그림 10>과 같이 맨홀을 형성하였으며, 이를 통해 가변형 거푸집이 허용하는 최소 최대 규격 내에서는, 거푸집의 조정을 통하여 어떠한 규격의 세그먼트 제작도 가능함을 확인하였다.

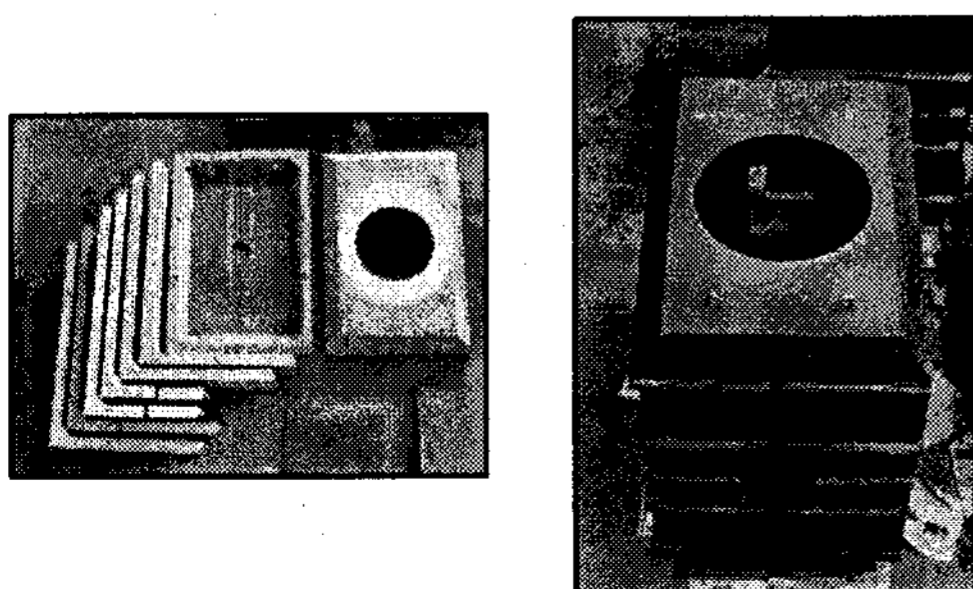


그림 10. 세그먼트를 접착하여 맨홀 조립

2. 관구용 블록 거푸집

기존에 운용중인 맨홀은 각종 케이블을 비롯한 시설물들이 관구를 통하여 맨홀로 수용되어 있어, 현장 조립식 맨홀에서는 관구부 처리 방법이 최종적인 맨홀의 시공 품질을 좌우한다고 할 만큼 중요하다.

본 논문에서는 맨홀에 수용된 100mm용 통신 관로를 당초의 배열에 맞게 정렬하고, 맨홀 외부로부터의 누수를 차단할 수 있는 구조의 조립식 관구에 대해 검토하였다.

<그림 11>에서와 같이 두 가지 형태의 블록을 조합하여 다양한 크기의 관구를 형성할 수 있도록 하였으며, 블록은 맨홀 세그먼트와 같은 폴리머 콘크리트로 제작하는 것이 동일한 접착제를 사용함으로써 맨홀의 방수 성능을 높일 수 있다고 판단된다. <그림 12>는 블록용 거푸집을 통해 제작한 시제품 블록을 현장에 시험 적용하여 관구를 형성한 것이다.

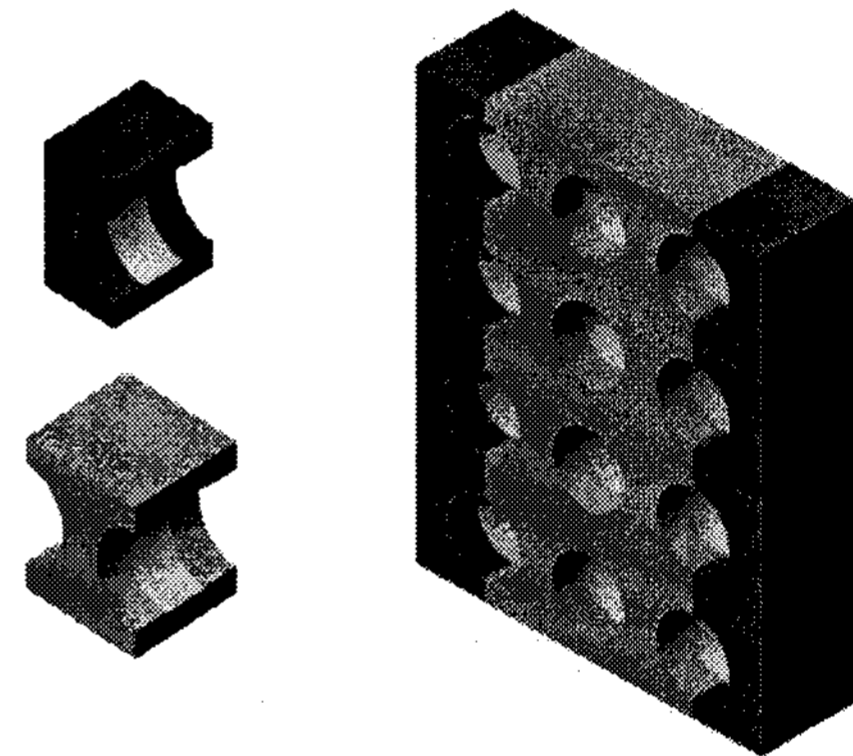


그림 11. 조립식 관구 블록의 기본 개념

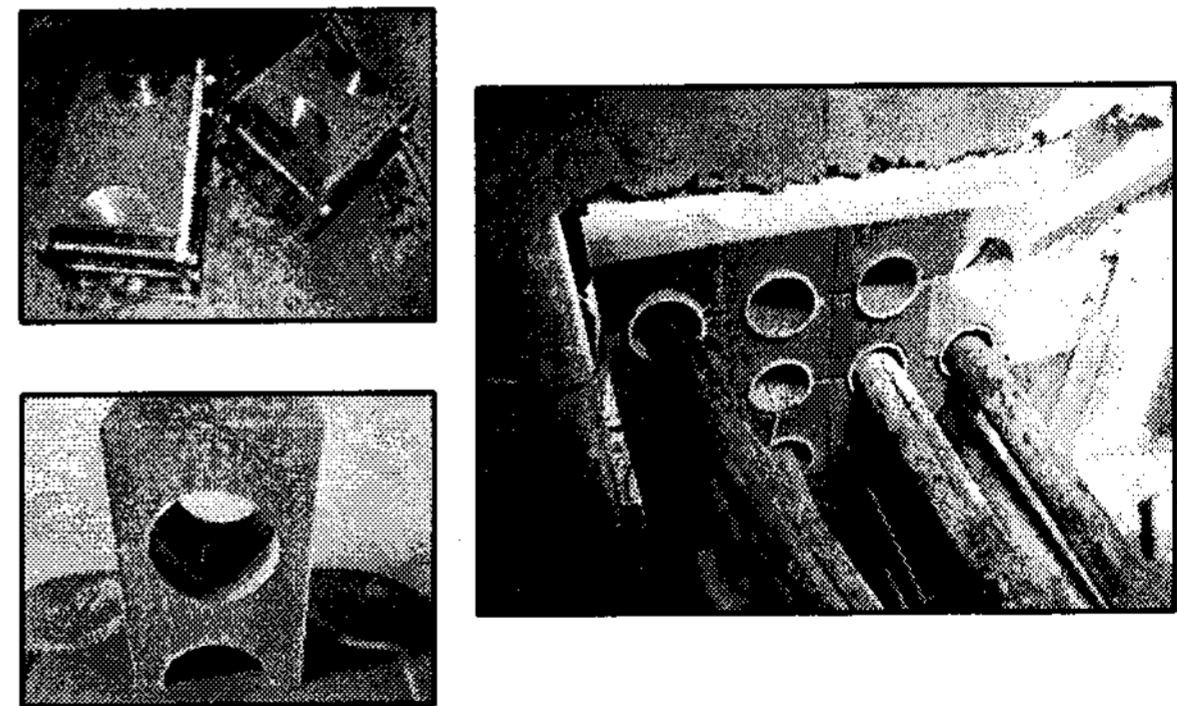


그림 12. 조립식 관구 블록 제작 및 시험 적용

V. 결론

이상으로 폴리머 콘크리트로 제작된 세그먼트와 관구 블록을 조립하여 맨홀을 설치하는 방법에 대해 검토하였으며, 이를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 세그먼트와 관구 블록의 접착에 사용되는 접착제의 자체 휨 강도는 253.5 kgf/cm²로 조립 맨홀의 구조 안전성에는 영향을 미치지 않는다.
- 세그먼트와 관구 블록의 접착에 사용되는 접착제의 1일 접착강도는 203.1 kgf/cm²로, 접착 후 1일이 경과하면 정상

적인 구조 내력을 발휘한다.

- 분할 구조의 맨홀에 있어서, 상부 슬라브가 분할되지 않으면 구조 안전성 면에서 문제가 없다.
- 하나의 거푸집으로 다양한 규격의 세그먼트를 생산하여 세그먼트 제작에 따른 경제성을 높일 수 있도록 가변형 구조의 거푸집을 적용한다.
- 다양한 규격의 관구 형성이 가능하도록 두 가지 형태의 관구용 블록을 조합하는 방법을 사용한다.

이러한 다분할 세그먼트 조립식 맨홀 설치 공법에 의해, 기존의 현장 콘크리트 타설 공법에 의한 공사 기간 장기화 및 시공 품질 저하라는 문제를 극복함으로써, 인프라 시설을 신속하고 경제적으로 구축하여 안정적인 서비스 제공에 기여할 수 있다고 사료된다.



김 동 훈

1994년 경북대학교 농공학과 석사 졸업.
1991년~현재 KT 인프라연구소 재직 중.
관심분야는 통신 관로, 맨홀 등임.



한 진 우

1989년 부산대학교 토목공학과 석사 졸업
1990년~현재 KT 인프라연구소 재직 중
관심분야는 통신 기초시설 분야임.