

# 프리캐스트 조립식 맨홀 접합부의 구조성능 평가

정철현<sup>†</sup> · 송나영

단국대학교 토목환경공학과

(2010. 1. 7. 접수 / 2011. 3. 10. 채택)

## Evaluation of Structural Performance of Joint in Precast Prefabricated Manhole

Chul-Hun Chung<sup>†</sup> · Na-Young Song

Civil & Environmental Engineering, Dankook University

(Received January 7, 2010 / Accepted March 10, 2011)

**Abstract** : In this study, static tests were done on the joints between precast manholes and the joints between manhole and sewer. The static loading tests in not only elastic range but also ultimate state of model members were carried out to investigate the bond strength and ultimate load of a joint of precast manholes. Specimens were tested in bending, horizontal shear, horizontal shear of circumferencial direction and direct tension. The results of tests indicated good structural performance of the joints between precast manholes and the joints between manhole and sewer.

**Key Words** : precast manhole, sewer, bond strength, joint between manholes, joint between manhole and sewer

### 1. 서론

지하구조물의 파괴거동은 일반 상부 구조물과는 달리 급속한 붕괴사고 등에 크게 노출되어 있지 않으며 대형사고의 위험을 충분히 감지할 시간적 여유가 있다고 볼 수 있다. 그러나 환경관련 지하 구조물인 하수관거나 오수 맨홀의 경우는 붕괴로 인한 사고보다는 균열 및 누수에 의한 지속적인 환경오염이 더욱 심각한 문제라고 할 수 있다.

일반적으로 국내에서 이루어지고 있는 현장타설 맨홀의 경우 작업공간의 확보, 지하수위에 따른 사면의 보호, 지하수위 저감을 위한 양수 작업 및 특히 우기로 인한 공정 지연 등의 단점이 있으며, 기존의 조립식 맨홀의 경우에도 접합부에서의 균열 및 누수의 우려뿐만 아니라 상·하부 구체의 이음부에 대한 일체성 및 수밀성을 확보하는 데에도 문제가 있다. 그러나 프리캐스트 조립식 맨홀은 조립 속도가 빠르며 시공 후 즉시 되메우기를 할 수 있어 공사 시 야기되는 시민불편 사항, 교통 흐름의 방해, 불필요한 시간낭비 등의 문제를 해소할 수 있어 복잡한 도심지 공사에도 매우 효과적이다. 또한

철저한 품질관리가 가능한 공장에서 제작되므로 품질이 균일하며, 고강도 콘크리트를 사용하므로 구조체의 수밀성과 내구성을 증진시킬 수 있는 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 더욱이 기존 노후 맨홀의 교체 시에도 급속 시공이 가능하며, 시공 및 교체 현장의 소음, 분진 및 매연 등을 근본적으로 차단하는 것이 가능하다. 이를 위해서는 프리캐스트 조립식 맨홀 구조에 존재하는 프리캐스트 부재 사이의 접합부와 프리캐스트 맨홀과 하수관거 접합부의 사용성 및 구조안전성 확보가 중요하다. Issa 등은 프리캐스트 바닥판간 이음부 형태와 채움재료의 현황을 분석하였는데, 시공사례로부터 이음부 형식으로는 female-to-female 형식을, 채움재료로는 무수축모르타가 가장 많이 사용되고 있음을 확인하였다<sup>1)</sup>. 김영진 등은 프리캐스트 교량바닥판 이음부 채움재의 부착특성에 관한 연구에서 실험방법과 무수축모르타의 강도특성을 평가하였다<sup>2)</sup>. 정철현 등은 프리캐스트 교량바닥판 연결부의 정적 및 피로실험을 통해서 연결부의 형상을 제시하고, 휨에 대한 연결부의 구조성능 및 피로성능을 평가하였다<sup>3,4)</sup>. 김영진 등은 프리캐스트 교량바닥판 접합부에 적용하기 위한 female-to-female 형식의 형상을 다양하게 제안하고 해석 및 실험을 통해서 전단

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
chchung5@dankook.ac.kr

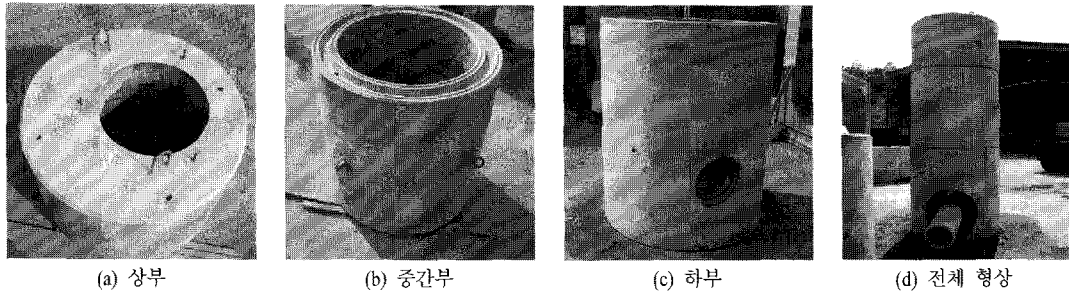


Fig. 1. Shapes of precast prefabricated manhole.

력에 대한 저항능력이 우수한 형상을 결정하였다<sup>3)</sup>.

본 연구에서는 현장타설 맨홀과 기존 프리캐스트 조립식 맨홀 접합방법에 대한 문제점을 해소하고 접합부의 강도와 수밀성을 높이기 위해 조립식 프리캐스트 맨홀 접합부의 형상 및 접합방법을 제시한 후, 요소실험을 통해서 프리캐스트 조립식 맨홀 접합부의 사용성 및 구조성능을 평가하였다. 요소실험에서는 프리캐스트 부재간 접합부의 수평 전단, 원환(circumferencial)방향 수평 전단, 직접 인장 및 힘 실험 등을 수행하였다. 또한, 프리캐스트 맨홀과 하수관거 접합부에 대한 접합방식을 제시하고, 이에 대한 전단 및 인장실험을 수행하여 사용성 및 구조성능을 평가하였다.

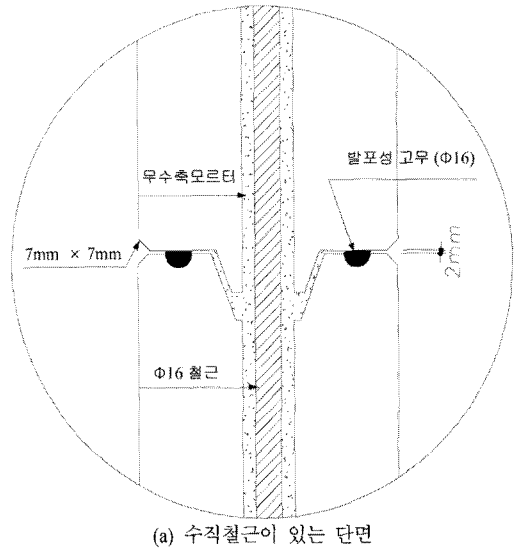
## 2. 접합부 요소실험

### 2.1. 조립식 맨홀의 접합부

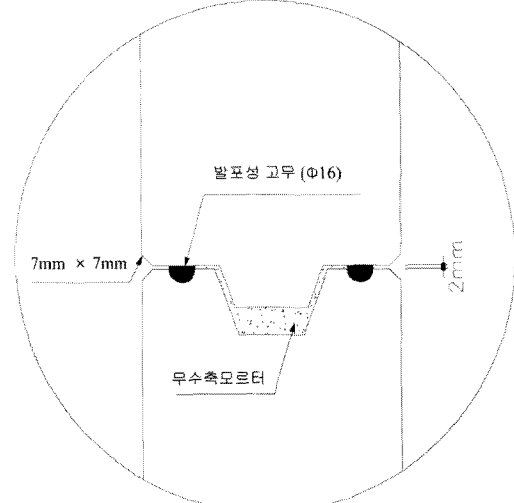
본 연구에서 제안하는 프리캐스트 조립식 맨홀 구조는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 상부, 중간부 및 하부 블록에 의해서 조립되며, 블록은 4개의 수직 철근(D16)이 설치되는 수직방향 무수축모르터 삽입홀(Fig. 2(a))과 블록간 전단기 형상의 접합부(Fig. 2(b))를 통해서 일체화된다. Fig. 1(a)의 상면에 설치된 4개의 작은 홀은 블록 조립 후 일체화를 위한 수직철근이 삽입되는 곳으로 원형단면 내에서 90° 간격으로 Fig. 2(a)와 같이 총 4개가 설치된다. 기존의 조립식 맨홀 시공과정보다 4개의 철근을 삽입하고, 충전하는 과정이 추가되는데, 이 과정이 전체 공기나 경제성에 미치는 영향은 매우 작은 것으로 확인되었다.

### 2.2. 사용재료

조립식 프리캐스트 맨홀 접합부의 요소실험을 위한 실험체의 콘크리트 설계강도는 35 MPa이며, 실린더 공시체에서 측정된 콘크리트의 28일 강도는



(a) 수직철근이 있는 단면



(b) 수직철근이 없는 단면

Fig. 2. Shapes of joint.

약 38.3 MPa로 측정되었다. 맨홀 접합부에 채움재로 사용되는 무수축모르터는 입방체의 16일 강도

Table 1. Material properties

항 목	콘크리트	무수축모르터	PVC관
단위중량(kgf/m <sup>3</sup> )	2350	2200	1390
설계강도(MPa)	35	50	
포아송비	0.18	0.18	0.35

가 약 45 MPa로 측정되었다. 조립식 맨홀의 각 구성재료에 대한 재료특성은 Table 1과 같다. 접합부에 사용되는 백업재는 접합부에 채움재를 충전할 때 채움재가 유출되는 것을 방지하는 역할을 하며, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 고무발포재, 수팽창지수재 등으로 적용 가능하다. 프리캐스트 맨홀 접합부에는 직경 16 mm인 원형 고무발포재가 적용되었다.

### 2.3. 실험체 제작 및 실험

프리캐스트 맨홀 접합부에는 전단과 휨이 복합적으로 작용하는데, 접합부는 불연속면이 형성되기 때문에 이 접합부에서는 원활한 하중전달 및 구조적 연속성이 이루어져 누수 방지 및 구조적 안전성이 확보되어야 한다. 김영진 등은 프리캐스트 교량바닥판간 접합부의 전단키 형상을 제안하고 사용성 및 구조적 안전성을 확인하였다<sup>3)</sup>. 본 실험에서는 이를 참고하여 Fig. 3과 같이 프리캐스트 조립식 맨홀 접합부의 전단키 단면상세를 결정하였다.

실제 구조물에서는 하중형태가 복합적으로 작용하지만, 이를 요소실험에서 모사하는 것이 어렵고, 실제 설계에서 요구하는 기준이 각각의 작용하중에 대한 강도이기 때문에 접합부 성능을 평가하기 위한 요소실험에서 개별하중에 대한 실험을 수행하였다. 따라서 접합부의 구조성능을 평가하기 위하여 수평 전단, 직접 인장, 원환방향 수평 전단 및

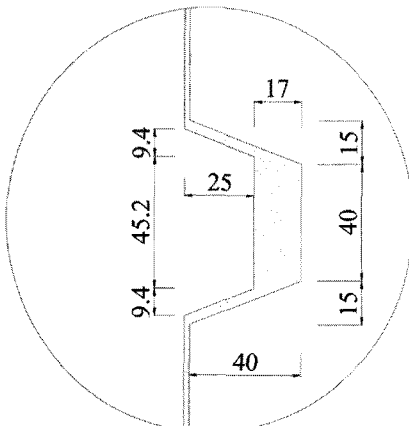


Fig. 3. Detail of shear key(unit : mm).

휨 인장 등을 평가할 수 있는 각각의 실험체를 제작하였다. 수평 전단은 하수관거에 측방향으로 작용하는 토압 및 상재 활하중에 의한 측압에 의해 발생하는 하중형태를 모사한 요소실험이며, 직접 인장은 하수관거의 부등침하, 접합부 무수축모르터 및 프리캐스트 부재의 건조수축에 의한 하중형태를 모사한 요소실험이다. 원환방향 수평 전단은 온도하중, 하수관거 내부의 수압, 외부의 토압으로 인해 발생하는 원환방향 후프응력을 모사한 요소실험이다. 휨 인장실험은 원통형 하수관거에 비해 칭 하중이 작용하는 경우 발생할 수 있는 휨 인장을 평가하기 위하여 수행되었다. 맨홀 접합부가 원형이지만 부분적으로 직선의 형상으로 가정하여 요소실험체를 제작하였다.

또한, 조립식 프리캐스트 맨홀의 기존 접합방법과 본 연구에서 제안된 접합방법을 비교하기 위하여 높이방향으로 프리캐스트 맨홀 벽체 내에 설치되는 철근의 유무에 대한 실험을 수행하였다. 철근이 없는 실험체의 접합부는 Fig. 2(b)에 나타난 것과 같이 맨홀의 일반 접합부의 형상과 같으며, 철근이 있는 경우는 Fig. 2(a)로서 수직철근은 D16을 사용하였다. 철근이 삽입된 실험체의 접합은 실제의 조립식 프리캐스트 맨홀의 접합방법과 동일하게 철근의 삽입구를 통해 무수축모르터를 주입하여 그라우팅 하였다. 실험체의 종류 및 개수는 Table 2와 같다.

수평 전단 실험체는 프리캐스트 맨홀 접합부의 일부분을 모사하여 80×160×190 mm 크기로 제작하였고, 접합부에 철근을 배근하는 경우는 모든 실험체의 측면으로 직경 32 mm의 홀을 내었다. 부착면 처리, 무수축모르터 타설 및 양생 후 휨 파괴를 방지하기 위해 외부 구속을 도입하였으며 조립된 전단실험체의 형상은 Fig. 4와 같다. 작용하중의 방향은 가운데 위로 나온 블록에 위에서 수직하중을 재하하였다.

Table 2. Test specimens

실험체 종류	기 호	연결부 철근 유무	실험체 수
수평 전단	DVS-RN	X	2
	DVS-RE	O	2
원환방향 수평 전단	DHS-RN	X	2
	DHS-RE	O	2
직접 인장	DT-RN	X	2
	DT-RE	O	2
휨 인장	B-RN	X	2
	B-RE	O	2

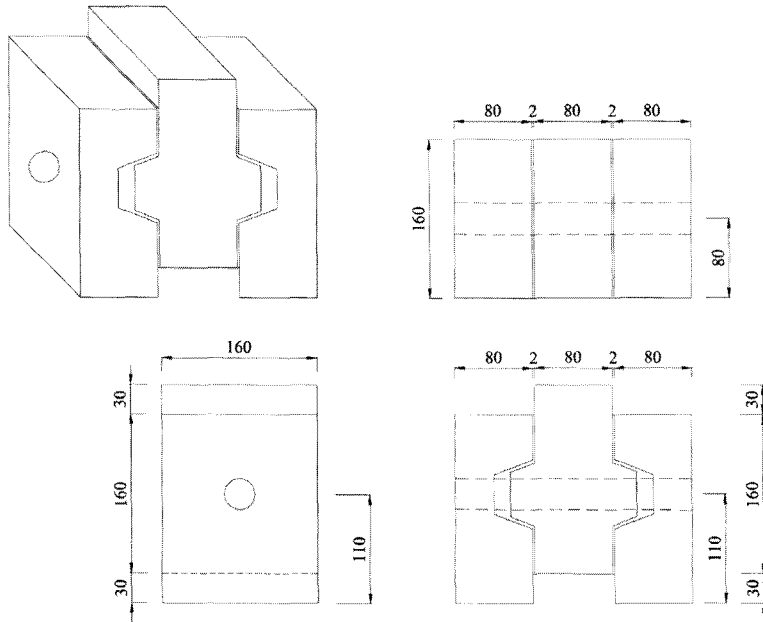


Fig. 4. Cross section of horizontal shear specimen.

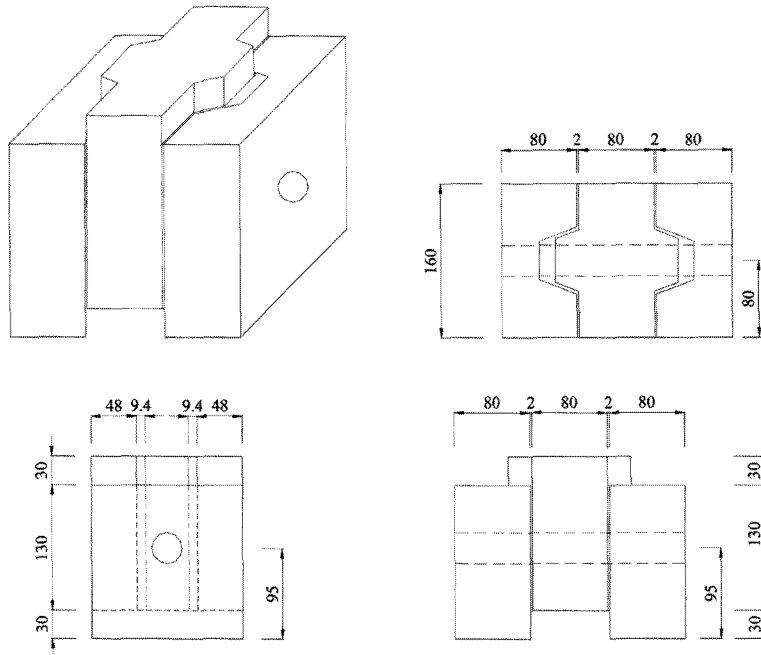


Fig. 5. Cross section of horizontal shear(hoop direction) specimen.

원환방향 수평 전단 실험체는 80×160×160 mm의 크기로 제작하였으며, 조립된 실험체의 형상은 Fig. 5와 같다. 작용하중의 방향은 가운데 위로 나온 블록에 위에서 수직하중을 재하하였다.

직접 인장 실험을 위한 인장기구와 인장 실험체

는 Fig. 6에 나타난 것과 같이 160×160×150 mm의 틀 속에 인장기구를 먼저 설치한 후 콘크리트를 타설하여 부재를 제작하였다. 부재가 완성되면 부착면 처리 후 무수축모르터를 타설하고, 무수축모르터 양생 후 돌출된 직경 32 mm의 파이프를 이용하여

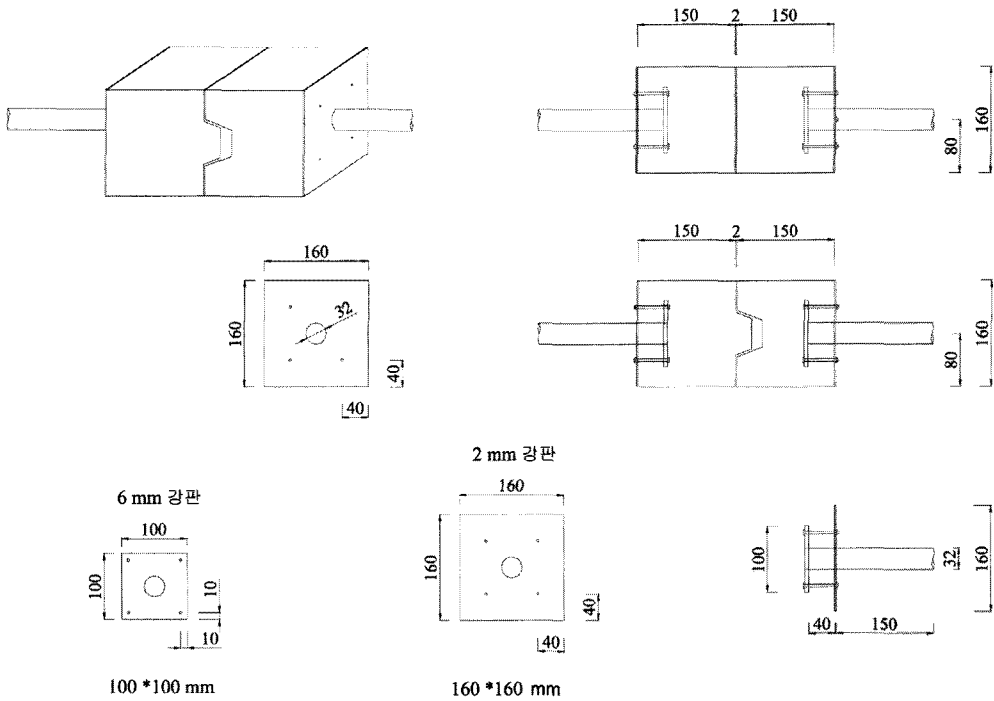


Fig. 6. Cross section of direct tension specimen.

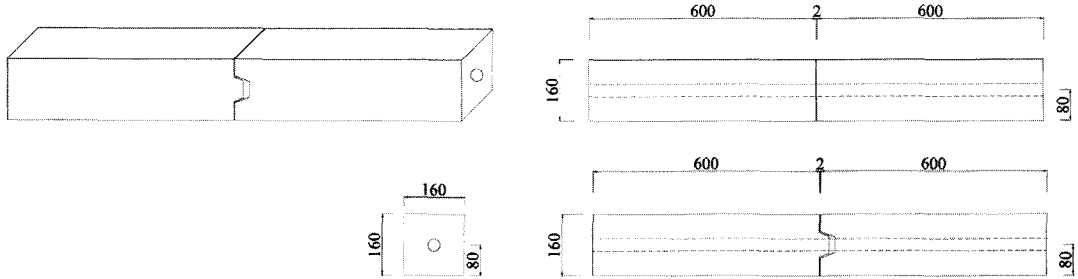


Fig. 7. Cross section of bending specimen.

인장시험을 수행하였다.

휨 인장 실험체의 형상은 Fig. 7과 같으며, 160×160×600 mm 크기의 콘크리트 부재로 제작하여 면처리를 한 후 제작된 두 개의 콘크리트 부재에 무수축모르터를 타설하여 합성하였다.

전단시험시에는 작용 전단력의 편심재하를 방지하기 위해 바닥면과 하중 작용면이 수평이 되도록 하였으며, 요소시험의 전경은 Fig. 8과 같다.

## 2.4. 실험결과

### 2.4.1. 수평 전단

수평 전단 실험에서 측정된 하중-상대변위 곡선은 Fig. 9와 같다. 접합면에 철근이 설치되지 않은

실험체의 실험결과에서 보면 약 30 kN의 하중에서 부착면의 일부분이 탈락한 후, 약 77 kN에서 전단기에 인장균열이 발생하였고, 이후 전단기의 저항으로 하중이 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 부착면이 완전히 떨어지는 부착파괴는 발생하지 않았다. 철근이 삽입된 실험체의 경우, 약 50 kN에서 부착부의 일부분이 떨어진 후 철근의 저항으로 약 200 kN 이상까지 내력이 증가하였다. 접합부에 철근이 배근된 실험체(DVS-RE)의 경우는 내부에 삽입된 철근의 다웰효과로 인해 약 2배 정도 파괴하중이 증가하는 결과를 보였다. 접합부에 설치된 철근의 유무에 따른 파괴형상은 Fig. 10과 같다. 철근이 없는 경우는 부분적으로 부착이 떨어진 후 전단기가

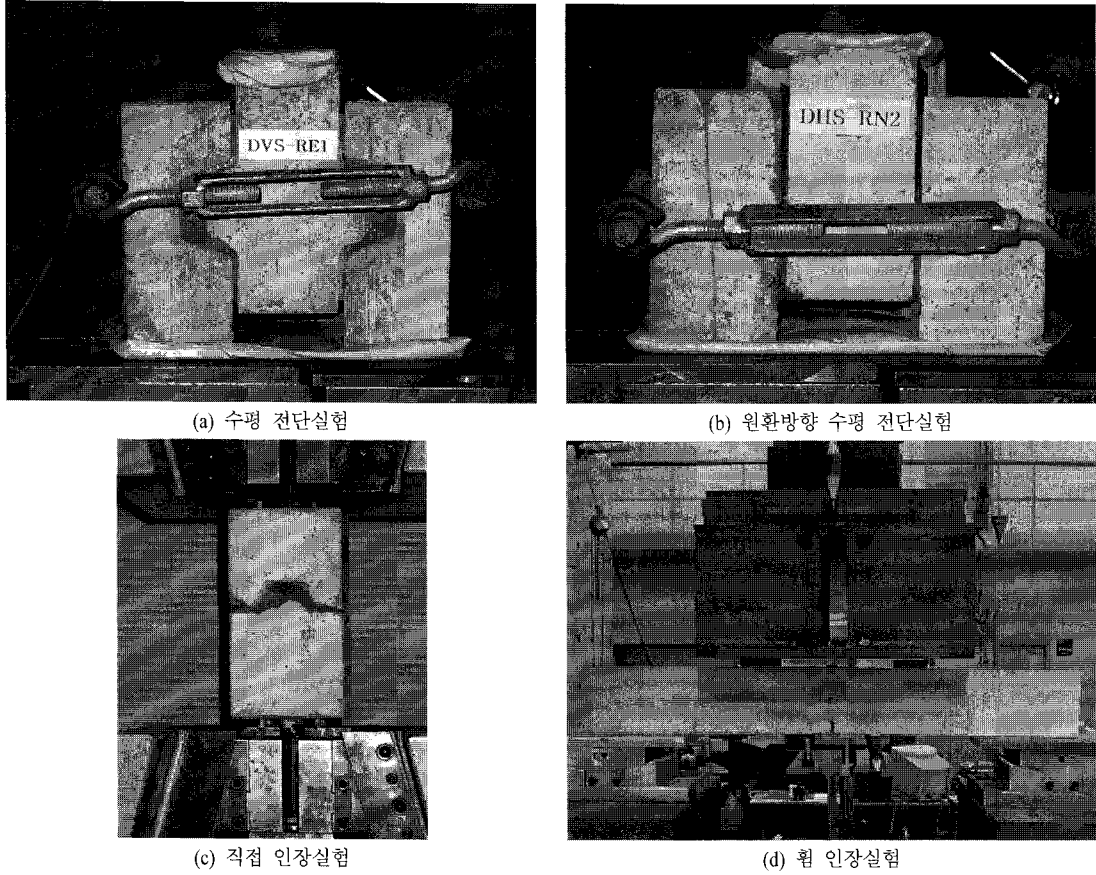


Fig. 8. Test set-up.

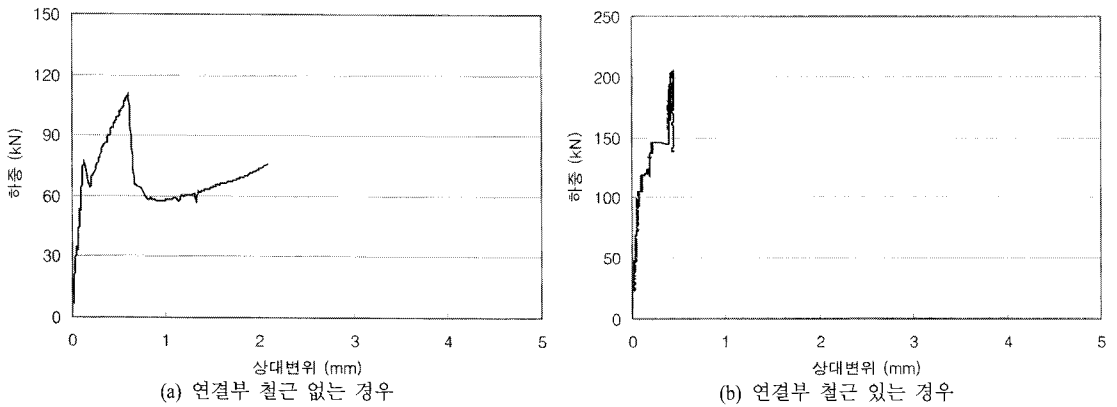


Fig. 9. Horizontal shear load-slip curve.

하중에 저항하게 되므로 Fig. 10(a)에 보인 것과 같이 접합부의 파괴가 아닌 최종파괴는 전단키의 면을 따라 파괴되는 취성파괴가 발생하였으며, 접합부에 철근이 설치된 경우는 접합면의 부착파괴 후에 Fig. 10(b)에 나타난 것과 같이 철근의 다웰로

인한 철근 위치에서의 할렬파괴가 발생하였다. 철근이 있는 경우의 최종 파괴형태는 철근이 없는 경우와 다르게 철근에 의한 전단키의 보강으로 인해 전단키의 파괴는 발생하지 않았으며, 철근에 의한 할렬파괴와 함께 부착면이 탈락하였다.

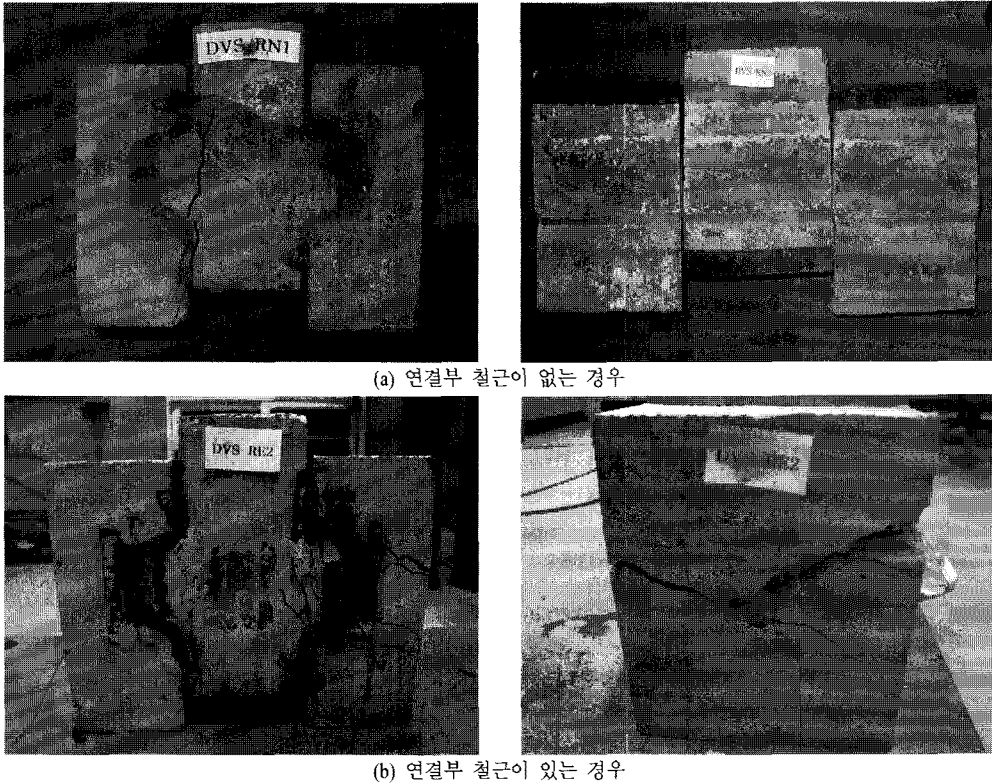
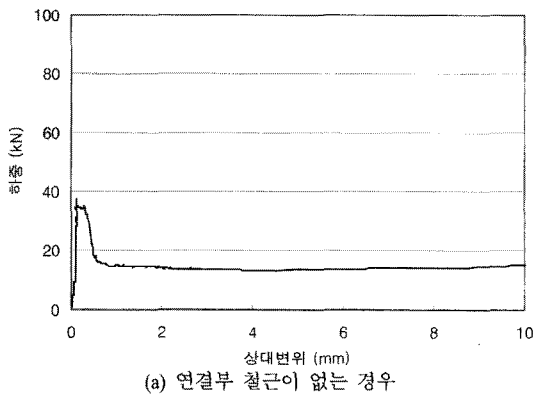


Fig. 10. Failure patterns of horizontal shear specimen.

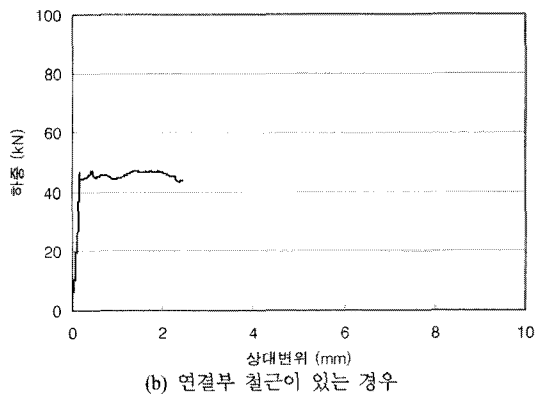
2.4.2. 원환방향 수평 전단

원환방향 수평 전단실험에서 측정된 하중-상대 변위 곡선은 Fig. 11과 같다. Fig. 11(a)에 나타낸 접합면에 연결부 철근이 설치되지 않은 실험체의 실험결과에서 보면, 재하하중이 약 40 kN에 도달하기 직전에 부착파괴가 발생하였다. 원환방향 수평 전단 실험체는 반경방향 수평 전단 시험과 달리 전단 키의 저항이 없으므로 부착파괴가 발생한 후 하중

이 급격히 감소하였으며, 이후 접합면에서의 마찰로 인해 어느 정도의 하중에 저항하면서 상대변위가 발생하였다. 연결부 철근이 삽입된 경우는 Fig. 11(b)에서와 같이 부착이 떨어진 후 철근의 다웰효과에 의해 약간의 하중이 증가하지만 하중방향으로 전단키의 저항이 없어 최대하중에 도달한 후 철근의 항복이 발생하였다. 접합부에 연결부 철근이 설치된 실험체(DHS-RE)의 경우는 반경방향 수



(a) 연결부 철근이 없는 경우



(b) 연결부 철근이 있는 경우

Fig. 11. Horizontal shear(circumferential direction) load-slip curve.

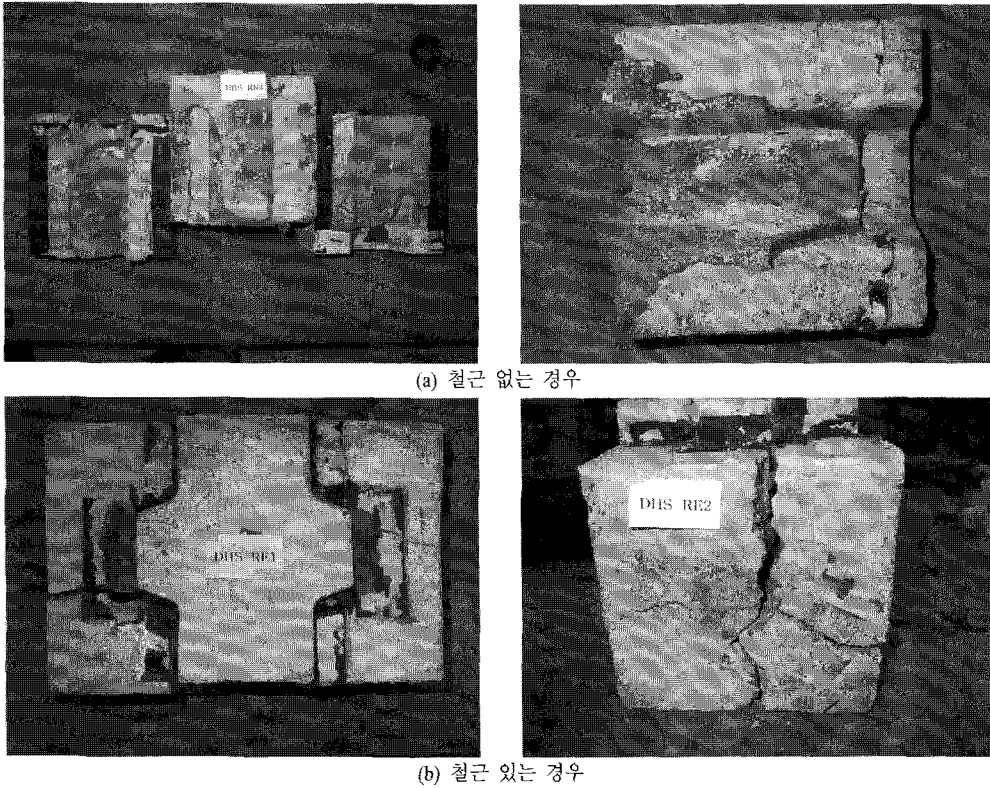


Fig. 12. Failure patterns of horizontal shear(circumferential direction) specimen.

평 전단 실험체에서와 같이 하중을 분담할 수 있는 전단키가 없어 철근이 하중을 대부분 부담하여 철근의 항복과 함께 할렬파괴가 발생하였다. 원환 방향 수평 전단 실험체의 최종 파괴형상은 Fig. 12와 같다. 접합부에 연결부 철근이 설치되지 않은 경우의 파괴는 접합면의 부착파괴로 발생하였으며, 연결부 철근이 설치된 경우는 접합면의 부착파괴 후 철근의 항복과 함께 할렬파괴가 발생하였다.

### 2.4.3. 직접 인장

직접 인장 실험에서 측정된 하중-변위 곡선은 Fig. 13과 같다. 실험결과, 직접 인장 실험체는 전단 실험체와 다르게 전단키 또는 마찰 등 부착파괴 후에 하중에 저항할 수 있는 장치가 없으므로 인장응력으로 인한 접합면의 부착이 파괴되는 순간에 최대 하중에 도달하였다. 접합부에 연결부 철근이 설치된 경우는 접합면의 부착파괴 후에 실험체와 합성

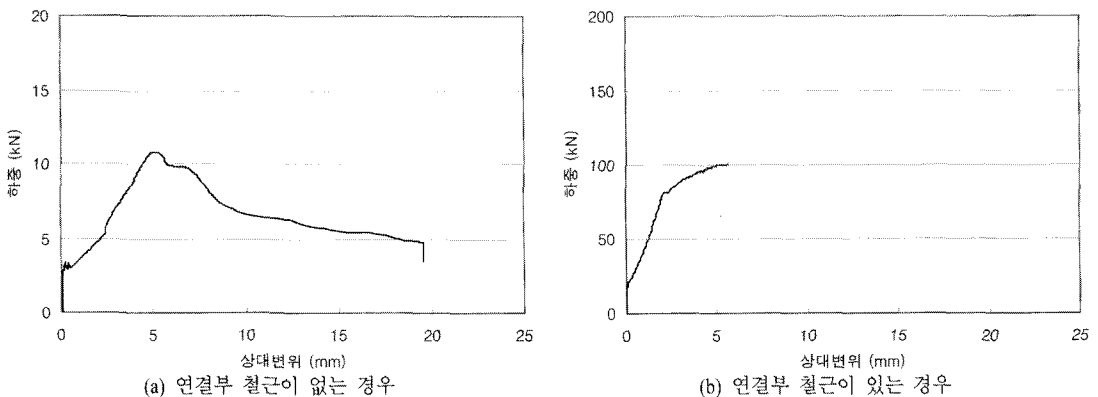


Fig. 13. Direct tension load - slip curve.



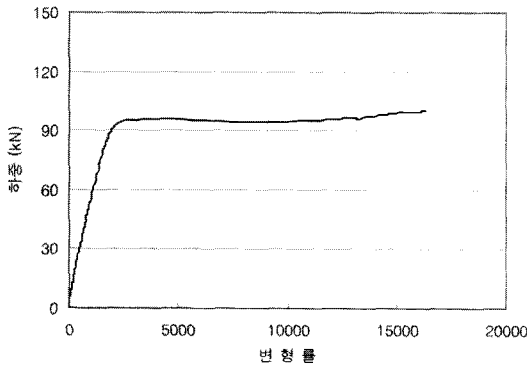


Fig. 14. Direct tension load - strain curve.

된 철근이 인장하중에 저항하기 때문에 최대내력이 크게 증가하여 Fig. 14에서와 같이 철근의 항복이 발생하였다. 직접 인장 실험체의 파괴형상을 Fig. 15에 나타내었다. 접합부에 연결부 철근이 삽입되지 않은 실험체는 최대하중에 도달할 때 접합면의 부착이 떨어지는 부착파괴가 발생하였으며, 연결부 철근이 삽입된 경우의 최종 파괴형태는 접합면의 부착파괴 후 철근이 인장하중에 저항함으로써 접합면의 부착에 의한 탈락 외에 실험체의 손상없이

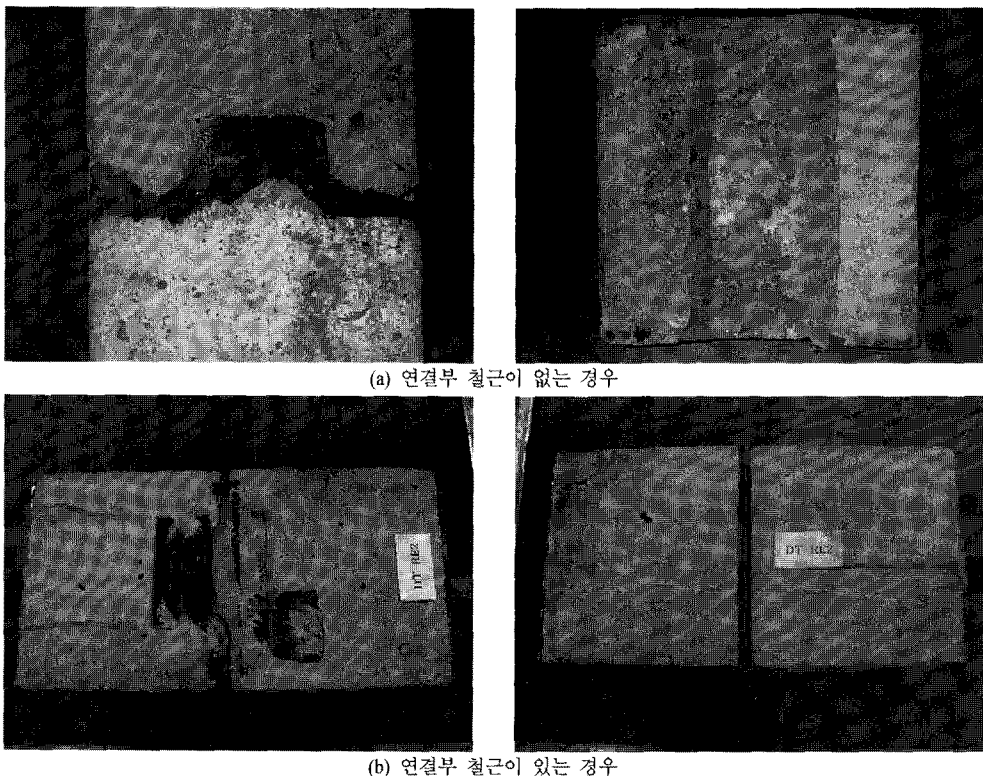
철근의 항복으로 파괴되었다.

#### 2.4.4. 힘 인장

힘 인장 실험에서 측정된 하중-변위 곡선은 Fig. 16과 같다. 실험결과, Fig. 16(a)에 나타낸 연결부 철근이 없는 경우의 실험체는 접합면의 부착이 떨어지면서 전단키의 저항 없이 갑작스럽게 부착파괴가 발생하였다. 연결부 철근이 설치되어 있는 경우는 부착면이 떨어진 이후에도 철근의 영향으로 전단면의 부착파괴는 발생하지 않고 파괴하중과 연성이 증가하다가 연결부 철근이 항복하면서 전단키의 지압으로 인해 파괴되었다. 철근이 설치되지 않은 실험체(B-RN)의 파괴강도는 부착강도에 의해서 결정되고, 철근이 설치된 실험체(B-RE)의 파괴강도는 실험체의 인장부에서 부착이 떨어지고 삽입된 철근의 항복 후 전단키의 지압에 의해 파괴되어 연결부 철근과 전단키에 의해서 파괴하중이 결정된다. 힘 인장 실험체의 파괴형상은 Fig. 17과 같다.

#### 2.4.5. 결과 분석

본 연구에서 수행된 요소실험 결과를 토대로 각



(a) 연결부 철근이 없는 경우

(b) 연결부 철근이 있는 경우

Fig. 15. Failure patterns of direct tension specimen.

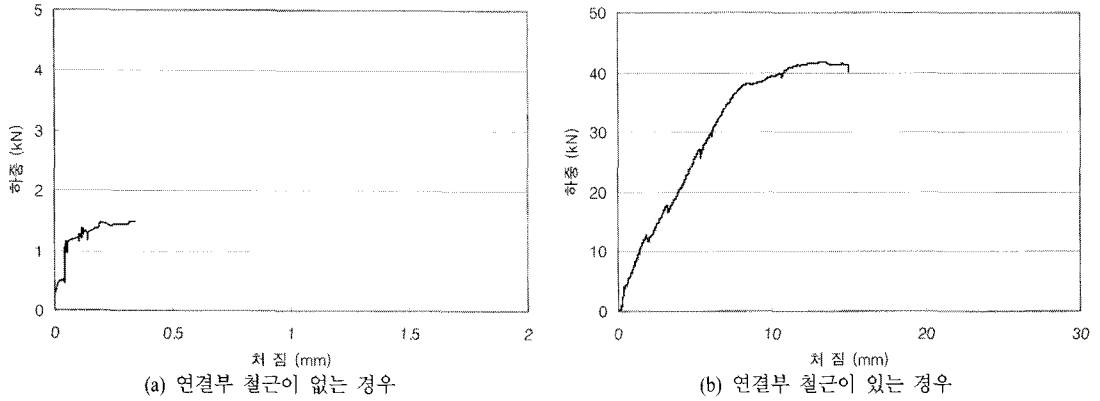


Fig. 16. Load – displacement curve.

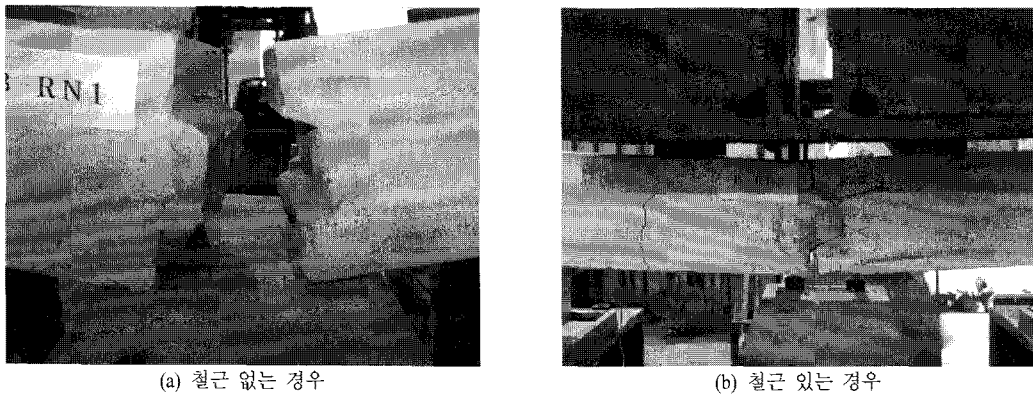


Fig. 17. Failure patterns of bending specimen.

Table 3. Bond strength and maximum load

하중	연결부철근	실계하중하 최대응력(MPa)	부착강도		최대하중	
			하중(kN)	강도(MPa)	하중(kN)	강도(MPa)
수평 전단	X	0.657	58.0	0.862	110.6	1.635
			63.8	0.949	104.0	1.537
	77.5		1.145	220.3	3.275	
	73.2		1.082	217.5	3.233	
원환방향 수평 전단	X	0.428	37.7	0.687	37.7	0.687
			42.5	0.773	42.5	0.773
	57.3		1.049	57.3	1.049	
	46.9		0.859	46.9	0.859	
직접 인장	X	0.113	13.3	0.394	13.3	0.394
			10.8	0.319	10.8	0.319
	10.9		0.324	98.5	2.928	
	17.0		0.505	100.1	2.977	
휨	X	0.113	1.5	0.439	1.5	0.439
			1.7	0.5	1.7	0.5
	12.7		3.722	41.8	12.235	
	12.5		3.632	37.2	10.902	

실험체에 대한 부착강도 및 파괴강도를 Table 3에 정리하였다. 실험결과, 접합부에 철근이 설치되지 않은 실험체는 전반적으로 접합면의 부착이 파괴되는 순간에 최대하중에 도달하였으나 철근이 설치되어 있는 경우에는 철근의 영향으로 인해 최대하중이 증가하였다. 또한, 접합부에 설치된 철근은 부착강도를 증가시키는 것으로 나타났다. 연결부 철근이 없는 경우 직접 전단 실험체를 제외한 나머지 실험체에서는 부착이 떨어지면서 파괴되어 부착강도와 최대강도를 같게 평가하였다. Table 3에 나타난 연결부 철근이 설치되지 않은 수평 전단 실험체의 부착강도는 전단기에 균열이 발생할 때의 하중으로 계산한 값이다. 수평 전단 실험체는 최대하중의 증가에 전단기의 영향이 크게 작용하였으며, 원환방향 수평 전단 실험체의 경우는 다른 실험체와 비교해서 상대적으로 철근의 영향이 작으므로 나타났다. 또한, 접합부에 철근이 설치된 경우의 직접 인장 실험체(DT-RE)와 휨 인장 실험체(B-RE)의 최대하중은 접합부의 부착파괴 후 연결부 철근이 항복할 때의 값이다.

Table 3에서 설계하중하 최대응력은 프리캐스트 조립식 맨홀 전체시스템에 설계하중이 작용할 때 맨홀에서 발생하는 최대응력이다. 각 요소실험에서 측정된 부착강도 및 파괴하중은 설계하중 조건에서 맨홀부에 발생하는 최대응력보다 큰 수준으로 프리캐스트 조립식 맨홀 접합부는 충분한 사용성 및 구조성능을 확보하는 것으로 판단된다.

이상의 연구결과를 토대로 프리캐스트 맨홀 시스템의 접합부의 단면형상 및 접합부 성능향상을 위한 수직철근(D16)은 본 시스템의 설계 및 시공지침

의 접합부 상세로 제시하였다<sup>6)</sup>.

### 3. 조립식 맨홀과 관거 접합부 실험

#### 3.1. 실험체 제작 및 실험

조립식 맨홀과 관거의 접합부는 쉬트거푸집과 탄성막음재를 설치한 후, 무수축모르터를 주입하여 일체화시켜 접합부의 구조적 안전성과 수밀성을 확보하였다(Fig. 18). 조립식 PC 맨홀의 유입관에 작용하는 토압 및 수압 등 외부하중에 대한 하수관거 접합부의 구조적 성능 및 사용성을 평가하기 위해 직접 전단과 인발 실험을 수행하였다. 전단과 인발 실험체는 Fig. 19와 같이 PC 맨홀 하부구체의 크기와 동일하게 제작하였다.



Fig. 18. Shapes of joint.

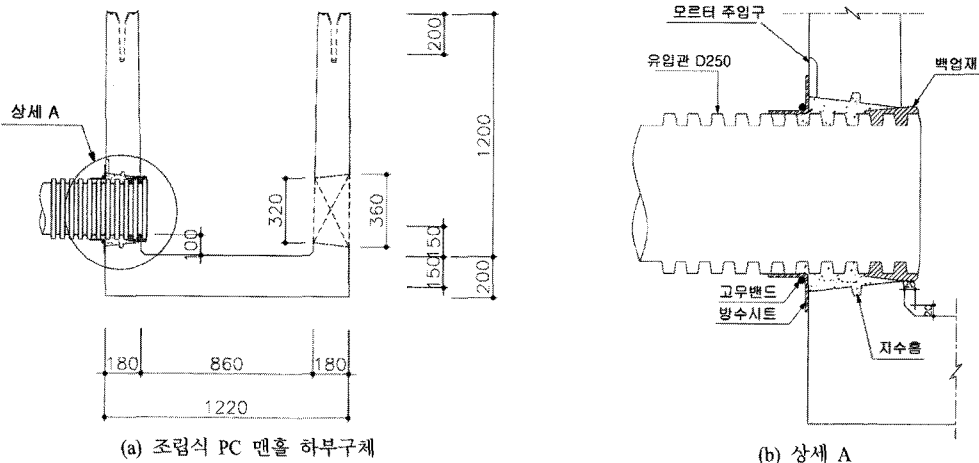


Fig. 19. Details of specimen.

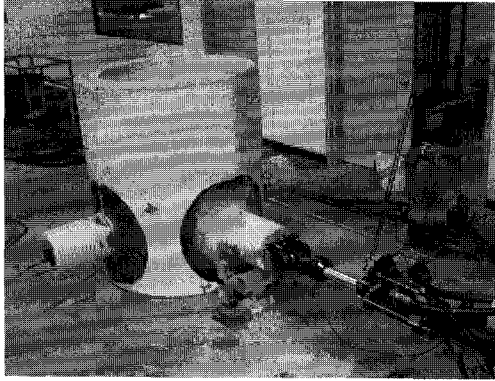


Fig. 20. Tension test set-up.

맨홀의 부등침하 등에 의해 발생하는 연결부에서의 인장하중에 대한 저항능력을 평가하기 위해서 Fig. 20에서와 같이 인발시험을 수행하였다. 맨홀과 하수관거의 접합에는 2가지 방법을 적용하였다. 슈트거푸집과 탄성막음재를 사용하여 연결부를 형성하는 과정은 동일하며, 기존 방법은 접합을 위해 일반 모르터를 외부에서 직접 타설하며, 본 연구에서 제안하는 방식은 주입구를 통해 무수축모르터를 주입하는 방법으로 이를 적용하여 각각의 실험체를 제작하였다. 기존 방식과 제안 방식에서 실험시 PVC 하수관거 양쪽과 실험체 뒤쪽으로 LVDT를 설치하여 상대변위를 측정하였다.

토압 및 지하수에 의한 수직하중이 작용할 때 PC 맨홀과 하수관거 연결부의 저항능력을 평가하기 위해 직접 전단 실험을 수행하였다. 직접 전단 실험체는 인발 실험체와 동일한 크기로 제작하였으며, 직접 전단 실험체의 형상 및 실험전경은 Fig. 21과 같다. 직접 전단에 대한 가력을 위해서 Fig. 22와 같이 하수관거 외부에 콘크리트를 타설하여 재하판을 제작하였으며, 타설된 콘크리트와 하수관거가

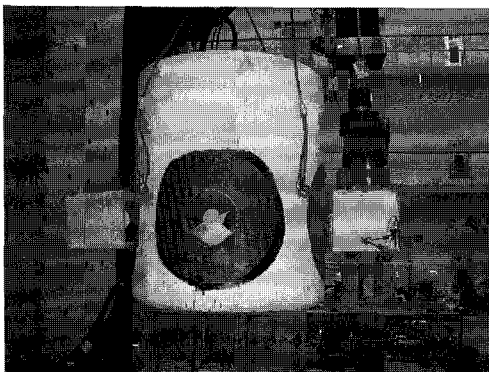


Fig. 21. Shear test set-up.

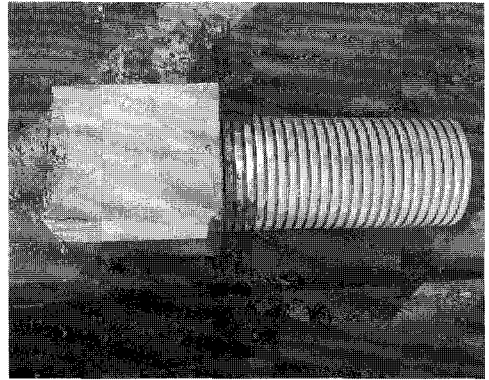


Fig. 22. Shapes of loading plate.

분리되는 것을 방지하기 위해서 하수관거와 콘크리트 사이에 앵커를 설치하였다. PVC 하수관거를 하부구체 연결부에 설치한 후 모르터 주입구를 통해 무수축모르터를 주입하여 PC 맨홀과 하수관거를 접합하였다. 실험시 유입관 재하판 하부에 LVDT를 설치하여 처짐을 측정하였다.

### 3.2. 실험결과

Fig. 23과 24는 조립식 맨홀과 하수관거 접합부의 인발실험을 통해서 측정된 하중-변위곡선 및 파괴형상이다. 실험결과, 최대하중은 Fig. 23에 보인 것과 같이 기존 접합방법을 적용한 실험체의 경우보다 본 연구에서 제안된 접합방법을 적용한 실험체의 경우가 크게 나타났으며, 파괴형상 또한 큰 차이를 보였다. 일반 모르터를 사용하여 외부에서 직접 타설한 기존 접합방식의 경우는 Fig. 24(a)에 나타난 것과 같이 약 29 kN의 하중에서 연결부로부터 모르터가 분리되는 파괴형태를 보인 반면, 본 연구에서 제안한 접합방식은 Fig. 24(b)에 나타난 것과 같이 약 45 kN에서 연결부가 아닌 하수관거 부재에서 파괴가 발생하였다. 이와 같은 파괴거동의 차이는 제안 방식에서는 주입에 의해 무수축모르터를 시공하는데 비해 기존 방식에서는 모르터를 주입이 아닌 타설 방식으로 접합하여 접합부에서 일체화 성능이 부족하며, 또한 Fig. 19(b)에서 보면 하수관거의 주름부와 모르터의 접합부에서 인발에 대해 저항하는 모르터의 강도가 무수축모르터에 비해 상대적으로 작기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 기존의 접합방식과 비교하였을 때 본 연구에서 제안된 접합방식은 연결부에서의 인장에 대한 구조성능이 우수하며, 연결부의 합성보다는 하수관거의 강성이 조립식 맨홀의 파괴를 지배하는 요인이 되었다.

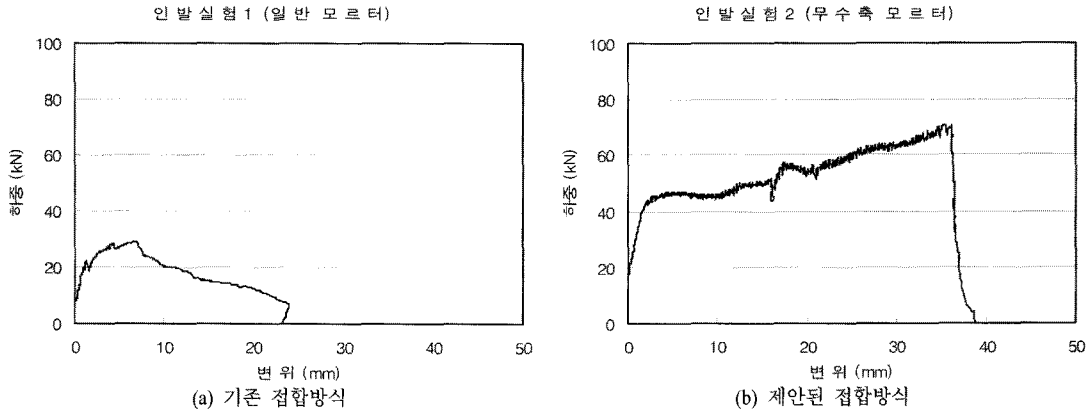


Fig. 23. Tension load - displacement curve.

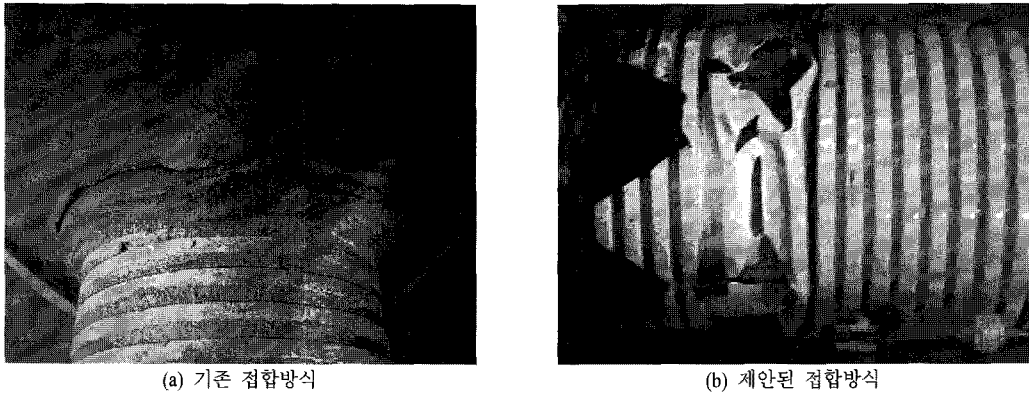


Fig. 24. Failure patterns of tension specimen.

직접 전단 실험은 본 연구에서 제안된 접합법에 대해서만 수행하였다. Fig. 25에서 보면, 약 23 kN에서 인발실험에서와 마찬가지로 접합부에서는 손상의 흔적이 없이 하수관거의 단면이 찌그러지는 파괴가 발생하였다. 따라서 전단 하중을 받는 경우에 있어서도 접합부가 아닌 하수관거의 강성이 조

립식 맨홀의 파괴를 지배하는 요인이 되는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 하수관거에 사용되는 조립식 맨홀의 블록간 접합부의 형상을 제시하고, 접합부에 작용하는 주요 하중형태에 대한 요소실험과 조립식 맨홀과 PVC관과의 접합부에서의 인발 및 직접 전단에 대한 실물실험을 수행하였다. 실험결과로부터 주요 하중형태에 따른 조립식 맨홀의 블록간 접합부의 부착강도 및 최대내력, 맨홀과 PVC관 접합부의 구조성능 등을 평가하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

조립식 맨홀의 블록간 접합부에 대한 요소실험에서 측정된 각 하중조건에 따른 부착강도는 설계 하중상태에서 접합부에 발생하는 최대응력보다 훨씬 큰 수준으로 확인되어 본 연구에서 제시된 접합방식이 사용성 및 구조적 안전성을 확보하는 것

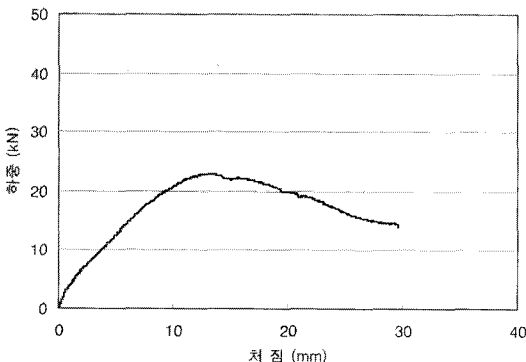


Fig. 25. Shear load - displacement curve.

으로 나타났다. 또한 맨홀 간 연결부에 철근이 설치되는 경우에는 부착강도(수평 전단 : 1.24, 원환방향 수평 전단 : 1.30, 직접 인장 : 1.16, 휨 인장 : 7.87배)와 최대내력(수평 전단 : 2.04, 원환방향 수평 전단 : 1.30, 직접 인장 : 8.24, 휨 인장 : 24.68배)이 크게 향상되는 것으로 나타났다.

조립식 맨홀과 하수관거의 기존 접합방법에 비해서 본 연구에서 제안한 방법은 연결부에서 인발 하중과 직접전단 하중에 대한 저항능력이 월등히 향상됨을 확인하였다. 기존 방법은 파괴가 맨홀과 하수관거의 접합부에서 발생하는 반면에 본 연구에서 제안한 방법은 접합부가 아닌 하수관거 본체에서 파괴가 발생되어 접합부의 구조성능이 약 55% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

감사의 글 : 이 논문은 2009년도 단국대학교 대학 연구비의 지원으로 연구 되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 1) M.A. Issa, I.I. Kaspar, and S.Y. Khayyat, "Full Depth Precast and Precast Prestressed Concrete Bridge Deck Panels", PCI J. Vol. 39, No. 1, pp. 59~80, 1995.
- 2) 김영진, 정철현, 심창수, "프리캐스트 콘크리트 교량바닥판 이음부 채움재의 부착특성연구", 한국콘크리트학회논문집, 제10권, 제1호, pp. 153~160, 1998.
- 3) 정철현, 김영진, 김성운, 박철립, "프리스트레스를 도입한 프리캐스트 교량바닥판 연결부에 관한 정적실험", 한국콘크리트학회논문집, 제10권, 제2호, pp. 109~117, 1998.
- 4) 정철현, 김영진, 장성욱, 김철영, 심창수, "프리스트레스를 도입한 프리캐스트 콘크리트 교량바닥판의 연결부에 관한 피로실험", 한국콘크리트학회논문집, 제10권, 제5호, pp. 159~165, 2008.
- 5) 김영진, 정철현, 김종희, "프리캐스트 콘크리트 교량바닥판의 female-to-female 이음부의 전단실험", 한국콘크리트학회논문집, 제10권, 제6호, pp. 161~168, 1998.
- 6) (주)토암산업, "조립식 PC 맨홀 접합부의 요소실험 및 성능평가", 연구보고서, 2004.