

반복하중을 받는 대형 콘크리트 판구조의 이력거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Hysteretic Behavior of Large Concrete Panel Structures
Subjected to Cyclic Loads

- 3층 대형판 구조체 실험결과를 중심으로 -

서 수 연 ¹⁾ Seo, S. Y.	박 병 순 ¹⁾ Park, B. S.	이 봉 효 ²⁾ Lee, B. H.
김 성 수 ³⁾ Kim, S. S.	이 원 호 ⁴⁾ Yi, W. H.	이 리 형 ⁵⁾ Lee, L. H.

ABSTRACT

Four 3-story 1/2 scaled large concrete panel structures were designed and tested to estimate the seismic resistance capacity of large concrete panel high rise building systems. Test specimens were modeled three story of 24 or 15 story buildings and set up to represent the actual stress of the buildings. The axial force was constant and the horizontal force was loaded by ductility ratio. Results indicated that the joints of specimens were behaved monolithically to maximum strength. It was shown that the joint box connecting system had lower maximum strength and energy dissipation capacity than welding connection system, but had better deformation capacity.

1. 서 론

대형콘크리트 판구조 시스템의 안정성을 평가하기 위해서는 정적인 하중에 대한 접합부의 성능 뿐만 아니라 지진 또는 바람에 의한 동적인 하중에서의 전체적인 거동에 대해서도 평가되어야 한다. 현재 국내에서는 이러한 대형 콘크리트 판 구조 시스템에 대한 연구의 관심이 집중되고 있으나 아직까지는 충분한 연구결과가 축적되고 있지 않은 상황에 있다. 본 연구에서는 이러한 대형 콘크리트 판구조의 내진성능을 평가하기 위한 실험연구로서 고층 시스템인 24층 및 15층의 최하부 3개층을 축소모델로 제작·실험하여 접합부의 형식 및 시스템의 차이에 따른 접합부의 변형능력, 연성, 에너지 소산성능 등과 같은 고층 대형 콘크리트 판 구조 시스템의 내진성능을 파악하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험체 계획

실험체는 실제 대상건물 중 가장 일반적인 형태이며 중요부위로 평가되는 위치에서 1층~3층 부위를 모델링 하였으며 실험체의 크기는 실험장치 등의 용량을 고려하여 실물크기의 1/2 축소규격으로 계획하였다. 또한 실험체의 총 수량은 구조 시스템의 차이와 중앙부 수직 접합부의 형태에 따라 4개로 계획하였다. 상세한 실험체의

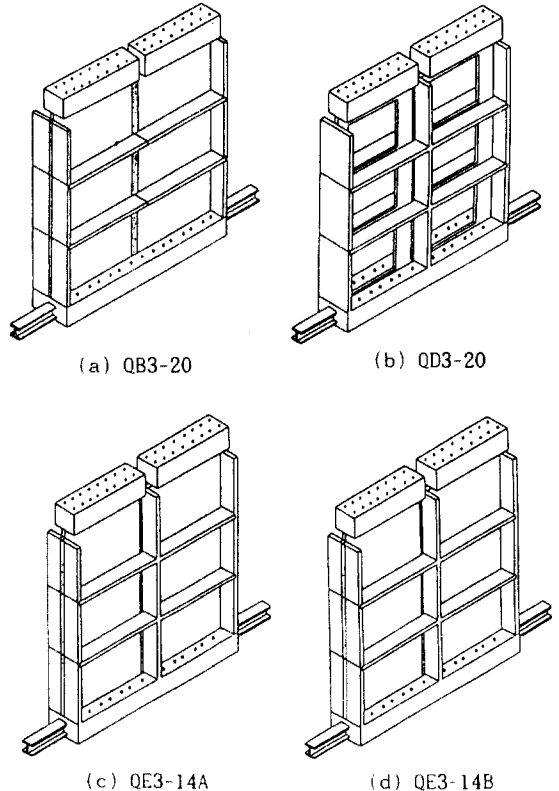


그림 1. 실험체 형상

- 1) 한양대 대학원
- 2) 동서산업 건축부 차장
- 3) 청주대학교 부교수·공박
- 4) 광운대학교 조교수·공박
- 5) 한양대학교 교수·공박

표 1 실험체 일람

단위 : mm

실험체 명	대상 건물	높이	길이	사 용 철근					조인트 박스	전단키	축용력 (kg/cm ²)
				벽	슬래브	L. B.	V. T. B.	S. B.			
QB3-20	24	3900	4000	φ3-100x100	φ6@150 φ5@150	φ 5	HD13	2-HD6	65x77. 3x35-1. 2	70x70	26. 00
QD3-20	24	3900	4000	φ3-100x100	φ6@150 φ5@150	φ 5	HD13	2-HD6	65x77. 3x35-1. 2	52. 5x70	7. 25
QE3-14A	15	3900	4000	φ3-100x100	φ3-50x50	φ 5	HD10	1-D7	용접 이음	40x70	21. 43
QE3-14B	15	3900	4000	φ4-100x150	HD7@150	φ 4	HD13	1-D7	60x72. 3x50-0. 6	50x70	21. 43

Q B 3 - 20
 ┌ 벽두께 (Full Scale 일때의 값)
 └ 층 수 (3층)
 수직접합부 형식 (B, D, E 형)
 Quasi-Static

형상과 일람은 그림 1 및 표 1과 같으며 실험체 제작시 사용한 콘크리트 및 모르터, 그리고 용접철망, 철근 등의 재료적 특성은 표 2, 표 3, 표 4와 같다.

표 2 콘크리트 및 모르터 강도 단위 : kg/cm²

시험 일자	구 분	QB1-20	QD1-20	QE1-14
28일 압축 강도	PC 벽판	319	316	320
	수평접합부	296	296	285
	수직접합부	320	320	278
	J. B 모르터	270	270	296
	보간모르터	388	388	388
시험시의 강도	수평접합부	335(26)	335(26)	323(19)
	수직접합부	296	296	285

* () 내는 인장강도임

표 3 철근의 인장강도 시험결과

구분	E x10 ⁶ (t/cm ²)	항 복 시		σ _u (kg/cm ²)	신 율 (%)
		σ _y (kg/cm ²)	ε _y (x10 ⁻⁶)		
φ 4	1. 43	4694	3299	5020	9. 26
φ 5	1. 09	4622	4208	5405	12. 08
HD6	2. 34	4700	2006	4541	14. 92
HD7	2. 26	4717	2083	5228	18. 75
HD13	1. 65	5284	3205	8232	21. 15

표 4 용접철망의 재료시험결과

시 험 항 목	단 위	φ4-100x150	φ3-100
인장강도	kgf/mm ²	69	75
용접접전단강도	kgf/mm ²	41	45

* 상기결과는 한국화학 검사소에서 시험한 결과임

2.2 실험방법

실험체의 형상은 중앙부에 수직 접합부가 있는 3층 형식으로서 작용축력은 수직 접합부를 중심으로 2개 벽 판넬의 독립적인 거동이 가능하도록 50t Actuator를 각 벽 판넬에 설치하여 일정하게 축력을 작용시켰으며, 횡력은 3층 상부에서만 가력하였다. 또한 축력 및 횡력에 의한 실험체의 면외변형을 방지하기 위하여 각층 슬래브에서의 면외변형을 구속하였으며 상세한 실험체의 설치상황은 그림 2와 같다.

본 실험에서 측정하고자하는 주요 부위는 각 접합부의 변형으로 변위 측정용 LVDT는 수직 접합부의 전단 미끄러짐과 벌어짐, 수평 접합부에서의 상하 벽 판넬의 벌어짐 및 상대 미끄러짐 변위, 각 층에서의 횡변위 등을 측정하도록 설치하였다. Strain Gage의 부착위치는 수평 접합부의 수직 보강철근과 수직 접합부의 Loop 철근에 부착하여 변형도를 측정하였다. 각 실험체에 대한 LVDT 및 Strain Gage의 부착위치는 그림 3과 같다.

실험체에 작용시킨 횡력은 그림 4와 같이 변위 연성비의 비율로 각 단계별로 2 사이클씩 가력하였다.

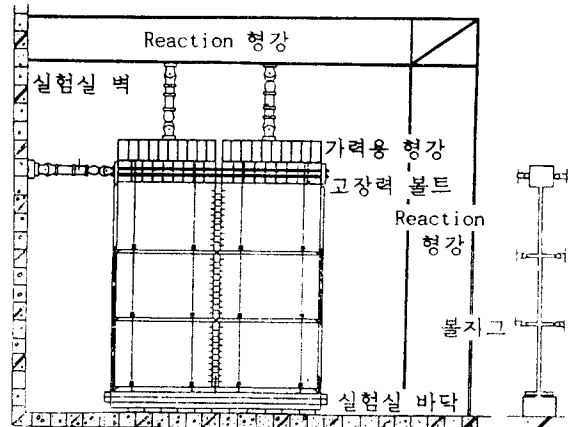


그림 2. 실험체 설치상황

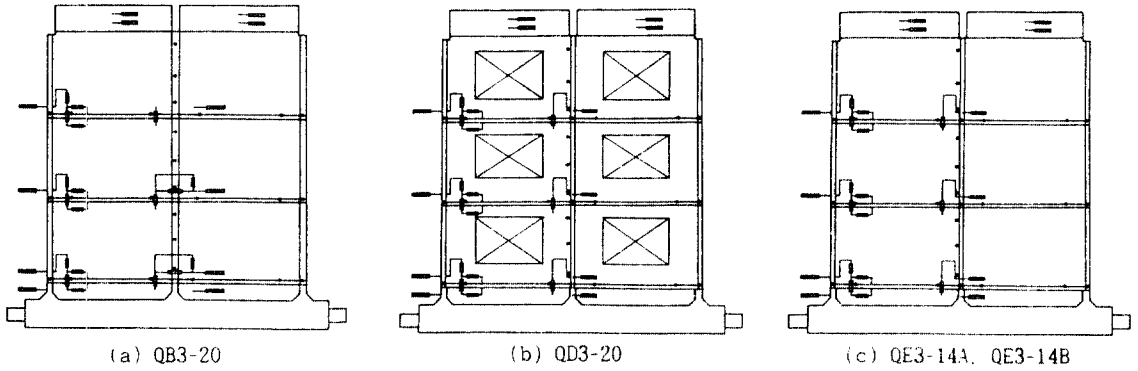


그림 3. 측정계기 부착 위치

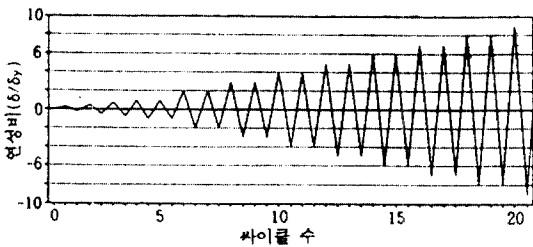


그림 4. 변위이력

이 같은 QE3-14A 실험체와 QE3-14B 실험체에서는 수평 접합부의 수직 보강철근을 용접으로 연결한 QE3-14A 실험체가 수직 접합부에서 초기균열이 발생하였으며 조인트 박스를 통하여 수직 보강철근을 연결시킨 QE3-14B 실험체는 수평 접합부에서 초기 균열이 발생하였다. 초기 균열 발생시의 하중은 QB3-20 실험체가 가장 높은 38.6t (7.72 kg/cm²)으로 나타났고, QE3-14A 실험체와 QE3-14B 실험체는 거의 유사한 17.6t (4.5 kg/cm²), 17.2t (4.4 kg/cm²)으로 나타났다. 다른 실험체 비하여 축응력이 낮은 QD3-20 실험체에서의 초기 균열 하중은 비교적 낮은 10.0t (1.82 kg/cm²)으로 나타났다. 최대 하중시에 있어서 각 실험체의 하중을 살펴보면 역시 QD3-20 실험체의 값이 다른 실험체에 비하여 현저하게 낮은 값을 나타내고 있으며, 이 때의 변위값은 다른 실험체의 2배 이상의 변위를 보여주어 상당히 연성적인 거동을 보여주고 있다. 실험결과 나타난 각 실험체의 접합부 및 벽 판넬에서의 균열 발생 하중 및 변위를 정리하여 나타내면 표 5와 같으며, 각 실험체별 균열상황은 그림 5 및 표 6과 같다.

3. 실험결과

3.1 균열진행상황

초기 균열의 발생은 전체적으로 수직 또는 수평 접합부에서 나타났으나 벽 판넬에 개구부가 있는 QD3-20 실험체에서는 개구부를 따라 벽 판넬에 먼저 균열이 나타났다. 또한 중앙부에 2개의 벽 판넬이 맞댄 수직 접합이 음인 QB3-20 실험체는 수직 접합부에서 초기 균열이 발생하였고, 비교적 유사한 구조형식이며 작용하는 축응력

표 5 실험결과 일람

단위 : t, mm

실험체명	층 수	축력 (t)	전 단 력 (t)					횡 변 위(mm)				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
QB3-20	3	104		54.3 ⁽¹⁷⁾	64.6 ⁽²¹⁾			1.63	3.20	6.29		
	2		38.6 ⁽¹⁵⁾	37.3 ⁽¹⁶⁾	61.3 ⁽¹⁹⁾	66.7 ⁽²⁷⁾	68.0 ⁽²⁵⁾		1.62	4.68	11.07	9.73
	1			54.3 ⁽¹⁷⁾	38.6 ⁽¹⁸⁾	64.6 ⁽²¹⁾			3.47	3.25	6.29	
QD3-20	3	29		18.3 ⁽¹³⁾	19.4 ⁽¹²⁾	14.1 ⁽⁶⁾		1.17	5.06	4.89	2.05	
	2		10.0 ⁽⁴⁾	18.3 ⁽¹³⁾	18.1 ⁽¹⁰⁾	14.1 ⁽⁶⁾	24.2 ⁽⁴²⁾		5.06	4.01	2.05	24.82
	1			19.4 ⁽¹²⁾	18.1 ⁽¹⁰⁾	14.1 ⁽⁶⁾			4.89	4.01	2.05	
QE3-14A	3	60		39.0 ⁽¹⁹⁾	26.1 ⁽¹¹⁾	36.5 ⁽¹⁷⁾		1.01	5.46	1.91	4.55	
	2		17.6 ⁽⁷⁾	15.9 ⁽⁹⁾	26.1 ⁽¹¹⁾	33.7 ⁽¹⁵⁾	50.2 ⁽²⁸⁾		0.92	1.91	3.54	10.19
	1			15.9 ⁽⁹⁾	-	33.7 ⁽¹⁵⁾			0.92	0.92	3.54	
QE3-14B	3	60		29.0 ⁽³⁷⁾	35.6 ⁽²¹⁾	29.0 ⁽³⁷⁾		0.91	14.34	6.82	14.34	
	2		17.2 ⁽⁷⁾	33.7 ⁽³⁵⁾	32.7 ⁽¹¹⁾	36.9 ⁽¹³⁾	38.6 ⁽¹⁹⁾		13.03	2.68	3.69	6.39
	1			36.9 ⁽¹³⁾	26.5 ⁽⁹⁾	32.8 ⁽¹²⁾			3.69	1.77	2.75	

(1) 항복하중, (2) 수직접합부 초기균열하중, (3) 수평접합부 초기균열하중, (4) 벽 사균열하중
(5) 최대하중 (6), (7), (8), (9), (10) 각 하중에 대한 변위를 나타냄.

* 첨자는 사이클을 나타냄.

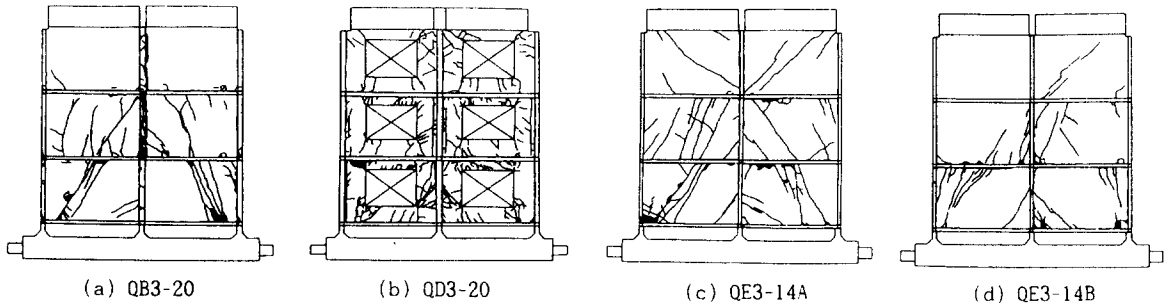


그림 5. 최종균열상황

표 6 실험체의 종국파괴양상

실험체명	층수	수직접합부	수평접합부	벽판사균열
QB3-20	3	전단파괴	-	-
	2	전단파괴	미끄러짐파괴	-
	1	-	-	사압괴
QD3-20	3	-	-	개구부
	2	-	미끄러짐파괴	모서리에
	1	전단파괴	미끄러짐파괴	균열
QE3-14A	3	-	미끄러짐파괴	-
	2	전단파괴	미끄러짐파괴	-
	1	-	-	사압괴
QE3-14B	3	-	-	-
	2	전단파괴	미끄러짐파괴	-
	1	전단파괴	미끄러짐파괴	-

단계 ($24\delta_y = 20.93\text{mm}$)에서의 강도는 항복강도에 대해서는 (+) 사이클이 1.19배, (-) 사이클이 1.33배이며, 최대 강도에 대해서는 (+) 사이클이 42%, (-) 사이클이 47%를 보여 서로간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. QE3-14B 실험체에서는 최대 하중 이후 강도의 오르내림 현상이 나타났으며, 최종 파괴시까지의 곡선은 (-) 사이클이 (+) 사이클에 비하여 다소 연성적인 양상을 보이고 있다. 이는 최대 하중 이후 (+) 사이클시에 압축으로 인한 2층 슬래브 그라우트 콘크리트의 부서짐이 최대 하중 이후부터 나타나 이에 기인한 것으로 판단된다. (-) 사이클에서 나타난 최대 하중 직후 강도의 급격한 저하는 압축에 의한 1층 벽 판넬의 사압괴와 더불어 1층 수직 접합부에 균열이 발생함으로써 강도의 급격한 저하가 나타났으나 이후의 강도증가는 압축축에서의 골재 맞물림에 의해 나타나 일정한 강도를 유지한 것으로 보인다. 비교적 (+) 사이클과 (-) 사이클이 비슷한 양상을 보인 QB3-20 실험체의 항복강도 및 최대 강도에 대한 최종 단계의 강도를 비율로 표시하면 각각, 95%, 53%로 나타났으며 QD3-20 실험체는 각각 231%, 95%로 나타났다.

3.2 하중-변위 곡선

각 실험체 3층 상부의 횡방향 가력하중에 대한 중앙부 변위의 관계곡선으로 부터 실험체별 최대강도, 강성, 에너지 소산성능 등을 계산하여 비교하면 다음과 같다.

(1) 최대강도의 비교

그림 6은 각 실험체의 강도변화를 나타낸 것으로서 PC 구조의 특성상 발생하는 여러개의 접합부에 의해서 전반적으로 최대 강도 이후에는 다소 불규칙적인 변화를 보이고 있다. 실험체 별로 (+) 사이클과 (-) 사이클에서의 강도변화를 관찰해보면 QB3-20 실험체와 QD3-20 실험체에서는 별다른 차이가 없이 유사한 거동을 보이지만 QE3-14A 실험체와 QE3-14B 실험체는 다소 다른 거동을 보이고 있다. QE3-14A 실험체에서는 최대 강도 이후 (+) 사이클에서 곧바로 하중이 감소하는 현상을 보였으나 (-) 사이클에서는 어느 정도 강도의 지속을 보인후 감소하는 양상을 보이고 있다. 이는 (+) 사이클시 인장축 조인트 박스의 파괴가 심각하게 나타나면서 1층 벽 판넬에 나타난 사균열 폭이 순간적으로 넓어지면서 1층 중앙부 벽 판넬 압축축이 밀려나가게 되어 발생한 것으로 보이며, 3층 수평 접합부에서의 수평 변형이 순간적으로 증가하여 발생한 것으로 보인다. 반대로 (-) 사이클에서는 이러한 변형이 골재의 맞물림에 의해 구속되어 강도의 저하가 지연된 것으로 보인다. QE3-14A 실험체의 최종

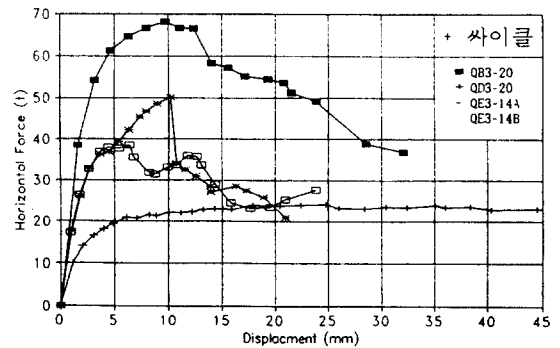


그림 6. 최대강도의 변화

(2) 강성 변화 비교

실험체의 강성 변화를 그림 7에 나타내었다. 실험체 별로 부재 항복시의 강성은 각각 QB3-20 실험체가 947.67 t/cm, QD3-20 실험체는 85.56 t/cm, QE3-14A 실험체는 173.87 t/cm, QE3-14B 실험체는 188.55 t/cm로 나타났으며, 최대 하중시에는 각각 102.19 t/cm, 9.76 t/cm, 49.22 t/cm, 60.37 t/cm로 나타나 다른 실험체에 비하여 QD3-20 실험체의 강성이 낮음을 알 수 있다. 또한 최대 하중시에서의 강성과 항복시 강성에 대한 비를 살펴보면 QB3-20 실험체 및 QD3-20 실험체는 11%,

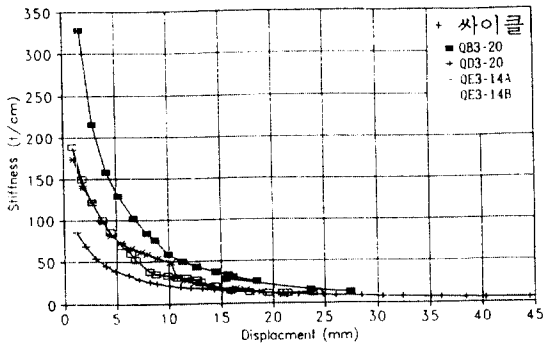


그림 7. 강성의 변화

QE3-14A 실험체는 28%, QE3-14B 실험체는 32%를 보여 최대 하중시까지 초기 강성 이후의 강성 변화는 QE3-14B 실험체가 가장 적게 나타났으며, QB3-20 실험체와 QD3-20 실험체에서는 변화가 크게 나타남을 알 수 있다. 중국 파괴시에서는 QB3-20 실험체가 1%이며 나머지 실험체는 6%로서 QB3-20 실험체가 가장 적게 나타났다. 또한 중국 파괴시에서 최대 하중시의 강성에 대한 비를 살펴보면 각각 13%, 53%, 20%, 20%로 나타나 QD3-20 실험체가 가장 높은 값을 나타내어 비록 초기 하중시의 강성은 작지만 그 이후의 강성의 손실은 가장 작은 것으로 나타났다.

(3) 에너지 소산성능의 비교

에너지 소산성능은 역시 강도와 강성이 다른 실험체들보다 큰 QB3-20 실험체의 에너지 소산면적이 가장 크게 나타났다. 그림 8에 나타낸 각 실험체들의 에너지 소산면적에서 부재 항복시의 에너지 소산면적은 QB3-20 실험체가 가장 큰 27.58 t·mm로 나타났고, QD3-20 실험체가 가장 작은 5.88 t·mm로 나타났다. 각 실험체의 최대하중시 에너지 소산면적은 QB3-20이 854.38 t·mm, QD3-20이 441.44 t·mm, QE3-14A가 655.54 t·mm, QE3-14B가 261.22 t·mm로 나타났다. 전반적으로 QB3-20 실험체가 다른 실험체에 비하여 높은 에너지 소산성능을 보였고, QD3-20 실험체는 에너지 소산면적이 가장 낮게 나타났지만 계속하여 증가하는 양상을 보여주고 있다. 그림에서 QE3-14B 실험체는 약 13mm의 횡변위를 기점으로 하여 급격한 소산면적의 저하를 나타내고 있는데, 이는 각 접합부에서의 심각한 파괴와 수직 보강철근이 파단됨에 따라

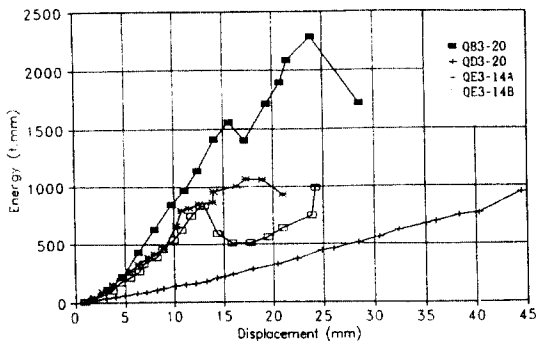


그림 8. 각 단계별 에너지 소산성능

초반에 나타나지 않던 하중 반전후의 강성저하가 두드러지게 나타남으로서 기인된 것으로 판단된다. 매 사이클마다 누적된 전체 에너지 소산면적은 QB3-20, QE3-14A, QE3-14B, QD3-20 실험체의 순으로 기울기가 증가하는 것으로 나타났다.

(4) 연성 및 에너지 소산성능의 평가

각 실험체의 최대 하중 및 파괴하중시의 연성을 평가하여 표 7에 나타내었다. QD3-20 실험체가 가장 연성적인 거동을 하는 것으로 나타났으며 최대 하중이후 급격한 강도의 저하를 보인 QE3-14A 실험체는 파괴시의 연성비와 최대하중시의 연성비가 거의 차이가 없어 가장 낮은 연성능력을 가진 것으로 나타났다. 반면에 에너지 소산성능은 QE3-14A 실험체가 24층 시스템인 QB3-20 실험체 보다도 높은 에너지 소산성능을 갖는 것으로 나타났다.

표 7. 연성 및 에너지 소산성능

실험체명	P _y (t)	δ _y (cm)	연 성		에너지 소산성능		
			δ _m /δ _y	δ _f /δ _y	E ₁ *2	E _m /E ₁	E _f /E ₁
QB3-20	38.6	1.63	6	12	63	13	27
QD3-20	10.0	1.17	21	-	12	37	-
QE3-14A	17.6	1.01	10	11	18	36	44
QE3-14B	17.2	0.91	7	33	16	16	37

*1 δ_r = 0.8 P_m 일대의 변위(중국파괴시의 변위)

*2 E₁ = P_y · δ_y

3.3 각 층의 횡변위

각 층에 설치한 LVDT를 통하여 1층, 2층, 3층의 바닥 미끄러짐과 상부부의 미끄러짐을 측정하였으며 그림 11에 각 부위에서의 균열 하중발생과 부재항복 및 최대 하중시의 층변위를 나타내었다. QB3-20 실험체는 17 사이클 까지 각 층별로 (+), (-) 사이클의 변위값이 비교적 대칭을 이루는 반면에 25 사이클이후에는 2층과 3층에서 (-) 사이클에 비하여 (+) 사이클에서의 변위값이 작게 나타났다. 이는 후반 사이클에서는 (-) 사이클에서 발생한 변위가 하중이 반전되어도 원래의 변위로 돌아가지 않고 축력에 의해 잔류변위로 남아 단지 수평 접합부의 들림에 의한 휨변형만을 함으로서 (-) 방향으로 변위가 크게 나타난 것으로 판단된다. (+), (-) 사이클 전체의 변위값에 대한 각 층의 변위폭 비로 나타내어 층별 변위량을 평가해보면 최대 하중시에는 2층과 3층의 변위비는 33.21%와 33.89%로 나타났으며 33 사이클에서의 변위비는 43.72%와 24.7%로 나타나 후반 사이클로 갈수록 2층에서의 변위가 커짐을 알 수 있다. 또한 전체변위에 대한 3층까지의 변위비가 15 사이클에서는 39.6%이며 33 사이클에서는 69.6%로 나타나 사이클 후반으로 갈수록 변위비율이 증가함을 알 수 있다.

마찬가지로 QD3-20 실험체의 3층까지의 변위비도 사이클 초반에는 45.65%에서 60 사이클에서는 80.67%로 나타나 증가됨을 알 수 있다. QB3-20 실험체와 달리 QD3-20 실험체는 2, 3층에서 대체적으로 후반 사이클까지 (+) 사이클과 (-) 사이클의 변위값이 거의 같게 나타나 각

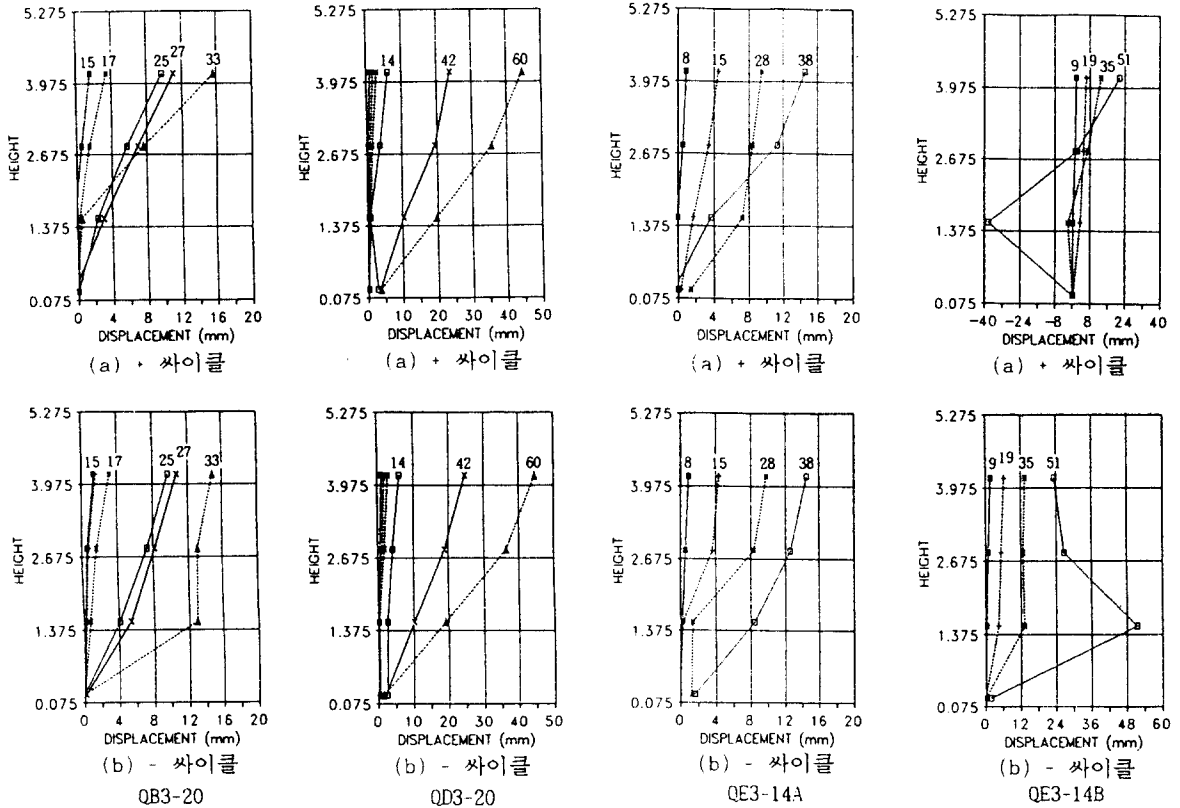


그림 9. 각 단계별 층변위 비교

층의 수평 접합부에서의 미끄러짐과 불규칙적인 들림은 없음을 알 수 있다. 최대 하중시의 전체 변위에 대한 층별 변위는 1층과 2층 그리고 3층에서 각각 10.85%, 31.47%, 36.51%로 나타났으며 실험 후반인 60 사이클에서는 2.41%, 41.35%, 36.91%로 나타나 3층에서의 변위의 증가를 없이 2층에서 약 10% 정도 변위량이 증가하였음을 알 수 있다.

QE3-14A 실험체의 최대 내력은 높은 반면에 중앙부 횡변위는 적게 나타났다. 부재 항복시 3층 이하에서의 변형이 전체변형의 약 60% 정도로 나타났지만, 15 사이클부터는 75~85% 정도로 나타났음을 알 수 있다. 최대 하중시에 있어서 1층과 2층, 3층의 변위폭은 각각 2.67mm, 8.62mm, 16.75mm로 나타나 전체 변위량에 대해서 13.81%, 30.78%, 42.06%의 변위비를 나타내었으며 60 사이클에서는 각각 3.95%, 37.75%, 40.33%로 나타나 2층에서의 변위율이 증가하였음을 알 수 있다.

QE3-14B 실험체의 최대 하중시의 변위량은 6.39mm (-사이클은 6.35 mm)로 나타났으며 이때의 1층과 2층 그리고 3층 하부에 설치한 LVDT의 변위는 0.41mm (-0.07mm), 3.6 mm (4.4mm), 5.1mm (5.3mm)로 나타났다. 최대 하중시의 전체 변위량에 대한 각 층 변위량을 비교해보면 1층에서는 0.34mm로서 2.67%, 2층에서는 8.04mm로서 63.11%, 3층에서는 10.38mm로서 81.48%의 변위가 발생하였다. 이것을 각 층변위로 환산하면 1층과 2층간의 변위차는 60.44%, 2층과 3층간의 변위차는 21.04%로 그리고 3층에서의 변위차는 18.4%로 나타나 전체적으로 볼때 2층과 3층에서의 변위가 크게 나타남을 알 수 있다.

4. 결론

- 1) 축응력이 높은 QB3-20 실험체의 강도 및 에너지 소산 능력이 비교적 높게 나타난 반면, 개구부가 있는 QD3-20 실험체의 거동은 매우 연성적으로 나타났으며 최대강도, 에너지 소산능력은 매우 작은 것으로 나타났다.
- 2) 비교적 실제 건물과 가장 유사한 거동을 보이는 2층에서의 중국 파괴형상은 실험체 모두 수직 및 수평 접합부에서의 전단 파괴가 지배적으로 나타났다.
- 3) 동일 축응력 및 동일 벽두께를 가진 QE3-14A 실험체와 QE3-14B 실험체를 비교한 결과, 중국 파괴시각까지의 변형 능력은 용접 시스템인 QE3-14A 실험체에 비하여 조인트 박스 시스템인 QE3-14B 실험체가 더 높게 나타났으나, 최대 강도 및 에너지 소산성능은 용접시스템인 QE3-14A 실험체가 더 높게 나타났다.

본 연구는 현대건설(주), 현대산업개발(주), 동서산업(주)의 연구비 지원에 의한 것으로서 관계관 제위에 심심한 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

- 1) Alan H. Mattock, "A Survey of Precast Wall Systems," Proceeding of Workshop on Design of Prefabricated Concrete Buildings for Earthquake Loads, ATC-8, April 27-29, 1981, pp. 253-276.