

고강도와 보통강도 콘크리트를 사용한 보-기둥 접합부의 구조적 거동

The Investigation on the Behavior of Beam-Column Joint with High and Low Strength Concrete

신 성 우*	이 광 수**	문 정 일***
Shin, Sung Woo	Lee, Kwang Soo	Moon, Jeong Il
안 종 문***	박 희 민****	장 일 영*****
An, Jong Mun	Park, Hee Min	Jang, Il Young

요 약

R/C라멘골조에 있어서 수직부재(기둥, 벽등)에 수평부재(보, 슬라브등)의 콘크리트강도보다 1.4배가 넘는 강도의 콘크리트를 분리타설할 경우 ACI 318-89 R10, 13. 1은 수직부재에 타설한 콘크리트가 수평부재로 2ft(60cm) 이상의 내민길이를 확보하도록 규정하고 있다. 이에 따라 본 연구는 이 규정을 그대로 적용하기에 앞서 실험적인 검증용 통하여 구조적인 안전성을 확보하기 위하여 주요변수로서 콘크리트 압축강도, 전단보강비, 하중재하방법 등을 두어 총 6개의 시험체를 시험 및 분석하였다.

실험결과는 일방향 단조하중을 받는 시험체가 반복하중을 받는 시험체보다 다소 낮은 하중 수행능력을 보였다. 반복하중을 받는 시험체의 경우 접합면으로부터 5~20cm정도 떨어진 부분에서 집중적인 균열이 발생하였으나 2ft(60cm)의 내민길이 면에서는 거의 균열이 발생하지 않아 현재 ACI의 내민길이 2ft(60cm)에 대한 규정은 매우 안전한 것으로 사료되며, 전단보강비가 증가함에 따라 부재의 연성능력이 증가하는 것으로 나타나 요구되는 전단보강단양의 50%이하는 부재의 기동에 다소 불리하나 50%를 초과하는 전단보강은 과도한 보강인 것으로 나타났다.

Abstract

ACI 318-89 Recommended that when the specified compressive strength of concrete in a column is greater than 1.4 times that specified for a floor system, top surface of the column concrete shall extend 2ft(600mm) into the slab from the face of column to avoid unexpected brittle failure. The purpose of this investigation is to suggest the basic information for the structural safety. The major variables are compressive strength of concrete, shear confinement ratio, and loading types.

The test results showed that the load capacity of specimen subjected to monotonic loading had more

* 한양대학교 건축공학과 부교수, 공방
 ** 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정
 *** 한양대학교 대학원 건축공학과 석사과정

**** (주)삼성종합건설 기술연구소 시험실, 과장
 ***** (주)삼성종합건설 기술연구소, 선임연구원

than that of specimen subjected to one way cyclic loading. The failure modes of specimens under cyclic loading were concentrated at 5~20cm apart region from beam-column joint face and ductility index are increased with increasing of shear confinement ratio.

Keywords : ACI 318-89, High and Low Strength Concrete, Beam-Column Joint, Shear Confinement Ratio, Loading Type, Ductility Index, Extension Distance.

1. 서론

건축 토목분야에서 콘크리트가 사용되기 시작한 이후 콘크리트의 고품질화 및 고강도화는 현재까지 급속한 발전을 하여왔고 그의 경제적이고 효율적인 이용을 위한 연구는 활발히 진행되고 있다. 그러나 점차 사용빈도가 증가하고 있는 고강도 콘크리트의 경우 재료적인 연구는 상당히 많은 결실을 맺고 있지만 실제 구조물에 적용할 경우에 발생할 수 있는 시공상의 문제점에 대한 연구 및 실시공은 그다지 많지 않은 실정이다. 특히 고강도 콘크리트는 압축강도의 증가에 비해 인장강도의 증가가 현저히 작기때문에 구조물의 전체골조에 고강도 콘크리트를 적용하였을 경우 경제성과 강도상의 문제점으로 인한 사용의 어려움이 발생하게 된다. 따라서 고강도 콘크리트는 압축부재(주로 수직부재)에 사용하는 것이 구조적으로 유리하며 제조단가가 보통강도 콘크리트보다 높기때문에 휨부재(주로 수평부재)에는 수직부재보다 다소 낮은 강도의 콘크리트를 사용하는 것이 매우 경제적인 방법일 것이다. 그러나 수직부재(벽, 기둥등)와 수평부재(보, 슬래브등)에 각각 다른 강도의 콘크리트를 타설할 경우 수직부재의 타설을 전부 마친 후, 수평부재를 타설하는 순서가 되어야 하는데 이때 수직부재에 타설한 콘크리트가 수평부재까지 흘러 들어가는 거리 및 시공성확보를 위한 적절한 기준치가 필요하게 된다. 또한 이러한 분리타설하는 고강도 콘크리트는 실제 타설에 앞서 고강도 콘크리트 부재의 구조실험이 선행되어 구조적 안정성을 확보한 후 사용하는 것이 바람직하다고 여겨지며 특히 수직부재와 수평부재의 강도가 다르게 타설된 경우 같은 콘크리트라 할지라도 강도가 서로 다른 두가지 콘크리트의 경계면에 대하여 구조적 안전성의 의문점을 가지게 된다. 따라서 이상과 같은 고강도 콘크리트가 실제 시공되기 위해서는 시공적 측면과 구조적인 측면에서의 연구가 절실한 상황이다.

이러한 점을 고려하여 ACI 318-89 10.13R은 수직부재와 수평부재에 사용되는 콘크리트의 강도가 1.4배 이상 차이가 날 경우에는 수직부재면으로부터 수평부재쪽으로 2ft(60cm)이상의 내민깊이를 확보하도록 규정하고 있다. 그러나 국내에서는 이러한 규정이 없음은 물론이고 이를 그대로 받아들여 적용하기에 앞서 이 규정에 대한 검증을 통하여 안전하고 확실한 자료를 제시할 필요가 있다. 따라서 이러한 점을 확증하고 보완하기 위한 방법의 하나로서 실제구조물의 구조부재를 축소된 시험체를 제작하여 수행한 실험결과를 고찰·분석하여 실제 건물에 530kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 분리타설할 경우, 이에 대한 충분한 안전성을 확보하는데 본 연구의 목적을 두고자 한다.

2. 시험체 계획

2.1 시험체의 일반적 사항

본 연구의 대상으로 선정된 시험체는 R/C라멘 골조의 내부 보-기둥접합부로서 제작된 시험체는 총 6개이며 대상 시험체는 ACI 318-89 규정을 따라 계획하였다. 계획된 시험체의 크기는 기둥단면이 240×240mm, 길이 600mm 보 단면은 140×280mm, 길이 2120mm로서 전시험체가 동일한 크기를 가지며, 시험체 상세는 Fig.1에 그의 특성은 Table.1에 나타나 있다.

이상과 같은 시험체 선정 및 시험체명에 따른 주요변수를 하중재하방법(일방향 단조하중과 반복하중), 전단 보강비로하여 각 변수에 따른 시험체의 기동을 관찰하였다.

2.2 사용재료 및 배합

본 연구에 사용된 시멘트는 D사 1종 포틀랜드 시멘트

Table.1 Properties of specimens

Specimens	f_c (kg/cm ²)		a/d	Flexural Strength Ratio ($M_r = \sum M_c / \sum M_b$)	Extension Distance ft (cm)	Shear confinement ($V_s = \%$)	Loading Type
	Column	Beam					
MHJ5-A2M	530	270	3.5	1.4	2(60)	100	M*
MHJ1-A2C	530	270	3.5	1.4	2(60)	0	C**
MHJ2-A2C	530	270	3.5	1.4	2(60)	25	C
MHJ3-A2C	530	270	3.5	1.4	2(60)	50	C
MHJ4-A2C	530	270	3.5	1.4	2(60)	75	C
MHJ5-A2C	530	270	3.5	1.4	2(60)	100	C

* M : Monotonic Loading

**C : One-Way Cyclic Loading

시험체 MHJ5-A2C는 다음을 의미한다.

MH : Middle High Strength Concrete

J : Beam - Column Joint

5 : 전단보강비(V_s) (1=0%, 2=25%, 3=50%, 4=75%, 5=100%)

A : 휨강성비 ($A=1.4$)

2 : 내민길이 (2ft : 60cm)

C : 하중재하방법 (C=One-Way Cyclic Loading, M=Monotonic Loading)

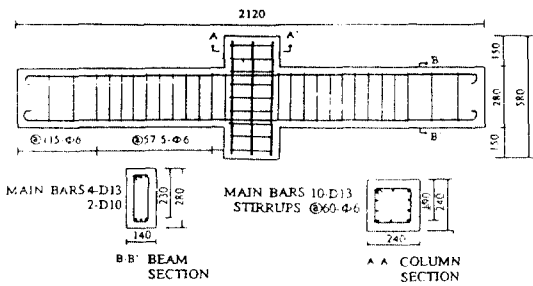


Fig.1 Specimen Detail(unit : mm)

이때 세골재는 강모래를, 조골재는 최대지름 25mm의 쇄석을 사용하였다. 유동성확보를 위하여 고성능 감수는 나프탈렌계의 Super-20을 S. P. 제로 사용하였고, 콘크리트 제조단가절감 및 장기강도 증진을 위하여 고강도 콘크리트(530kgf/cm²)에는 충남 보령산의 유연탄계 플라이애쉬를 사용하였다. 사용된 철근은 기둥 주근으로 D13을 보주근으로 D10과 D13(SBD40)의 이형 철근을 그리고 보에 전단보강근으로, 기둥에 횡보강근으로 $\Phi 6$ 의 원형철근을 사용하였다. 콘크리트 타설은 S사의 현장 B/P에서 레미콘을 이용하였으며 콘크리트 분리 타설면에서 콘크리트의 흐름을 방지하기 위하여 50×400×3mm의 합판을 배근된 철근사이에 끼워넣어 기둥에 530kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 먼저 타설한 후 270kgf/cm²의 보통강도 콘크리트를 타설하였다. 콘크리트타설과 동시에 강도에 따라 KS F 2402에 따른 슬럼프시험을 실시하였다.

2. 3 콘크리트 압축강도 시험

콘크리트압축강도 측정용 공시체는 KS F 2404에 따라 $\Phi 10 \times 20$ cm로 제작하였고 공시체 제작후 1일간 대기양생을 한후 탈형하여 20~25℃ 정도의 온도에서 수중양생을 하였고, KS F 2405에 의해 재령에 따른 압축강도 시험을 실시 하였다. 사용기기는 200ton용량의 U.T.M.으로 하였으며 압축강도 시험시 편심을 최소화하고 재하면에 고른 응력분포를 위하여 공시체의 상하부분을 유황으로 캔핑(Capping)하였다. 이와같은 방법으로 측정된 압축강도는 재령 28일에서 고강도 콘크리트가 550kgf/cm², 보통강도 콘크리트가 267kgf/cm²의 값을 나타내고 있으며 이를 KS F 2405에 따라 표준 공시체($\Phi 15 \times 30$ cm)에 대한 보정계수 0.97을 곱하였을 때 각각 534kgf/cm², 259kgf/cm²의 강도를 나타내었다.

3. 시험체 설치 및 실험진행

3. 1 시험체 설치

시험체의 설치상황은 Fig.2에 나타나 있으며 하중재하에 따른 보단부 지지점과 중앙부 기둥의 처짐을 측정하기 위하여 지지점 상부에 50mm Dial Gauge를 기둥상부 전면에 100mm Dial Gauge를 설치하였다. 철근의 변형도를 측정하기 위하여 집합부내의 횡보강근과 보주근, 그리고 전단보강근에 총 7개의 Wire Strain Gauge를 부착하였으며 Fig.3에 이들의 상세가 나타나 있다. 가력기기는 최대용량 100ton의 U.T.M. 으로서 시험체

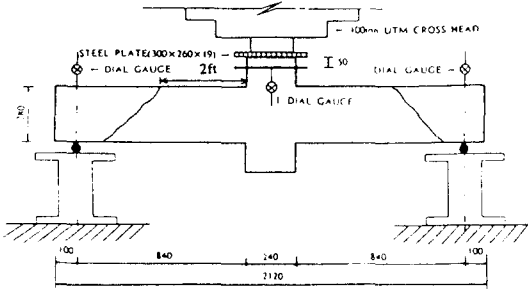


Fig. 2 Test set up

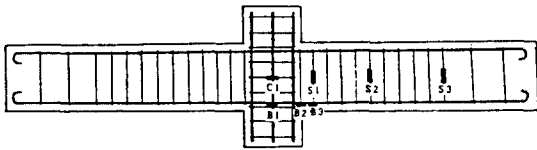


Fig. 3 Details for strain gauges

를 U.T.M. Bed위에 양지지점을 맞추어 설치한 후 기동면 상부 전체면에 고르게 가력하였으며 Dial Gauge 및 Strain Gauge는 Data Logger에 연결하여 이상유무를 확인한 후 영점조정을 하였다.

3. 2 실험진행

시험체를 설치한 후 일방향 단조하중을 받는 시험체 (MHJ5-A2M)는 보-기둥 접합면 예상최대하중의 1/3까지는 하중조절에 의해 실험을 진행하였고, 이후부터 실험종료까지는 Logger에 의한 변위조절로서 진행하였다. 이외에 반복하중을 받는 모든 시험체에 대해서는 Data Logger에 의해 측정되는 변위연성증분비(δ/δ_y)에 따른 실험진행을 하였으며 같은 변위에서의 반복하중재하는 매단계(Cycle Group)에 각각 3회씩 최소 12cycle, 최대 40cycle까지 가력하였으며 이에 따르는 하중 이력(Loading Hystory)은 Fig.4에 나타나 있다. 실험 Data를 습득하기 위하여 가력하중, 처짐, 변형에 관한 것은 Data Logger를 사용하였고 가력시 발생한 균열들을 확인하기 위하여 시험체에 검정색 펜으로 가력하중 및 가력 Cycle을 표시하였다.

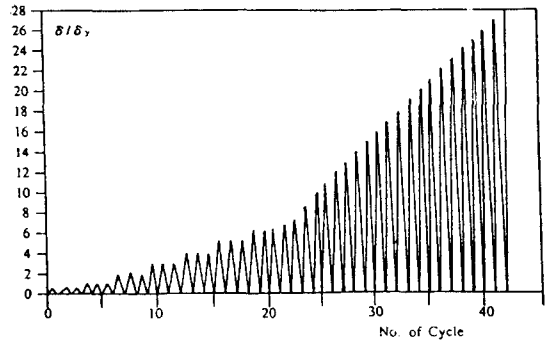


Fig. 4 Loading hystory

4. 실험결과 및 분석

4. 1 일반적 파괴양상

실험이 종료된 각 시험체들의 최종파괴상황이 Fig 5 (a)~(f)에 나타나 있다. 실험시작 초기에 모든 시험체들은 보-기둥 접합면 하부에 초기 휨균열이 발생하였으며 일방향 단조하중을 받는 시험체(MHJ5-A2M)는 접합면에서 초기 휨균열이 발생한 후 하중증가에 따라 기둥을 중심으로 양쪽보에 거의 대칭으로 휨균열이 발생하여 상부로 균열이 이동하며 균열폭이 벌어지기 시작하였다. 이외에 반복하중을 받는 시험체들은 변위연성비가 0.5인 1단계(1~3cycle)에서 보-기둥접합면에 초기 휨균열이 발생하였고 이후 약간의 하중증가와 함께 보 인장부에 휨균열이 양쪽보에 대칭으로 발생하여 상부로 진전되었다. 전단보강비가 50%(MHJ3-A2C), 100%(MHJ%-A2C)인 시험체는 13~16Cycle정도에서 접합면의 균열이 기둥전면으로 이동하였으며 모든 시험체가 변위연성비가 4인 5단계(13~15cycle)에서 접합면 상부(압축부)에 초기 압축균열이 발생하여 하중 반복재하가 계속되면서 MHJ1-A2C시험체는 19cycle에서, MHJ4-A2C는 37cycle에서 그리고 나머지 시험체들은 40cycle에서 각각 최종파괴양상을 나타내었다. 이상과 같은 시험체들의 실험결과가 Table.2에 나타나 있다.

4. 1. 1 하중재하 방법에 따른 영향

R/C구조체가 일방향으로 단조 수평력을 받게될 경우 보-기둥 접합면에서의 피해는 전단스팬비 따라 다

Table. 2 Test Results

Specimen	ft	Vs (%)	Loading Type	Max Cycle	InitialCrack (ton)		Failure (ton)	Maximum (ton)	Failure Mode
					Joint Deflec. (mm)	Flexural Deflec. (mm)			
MHJ5 A2M	2	100	M		3.22	4.40	8.56	9.72	Flexural Compression
					1.17	1.89	10.69	44.29	
MHJ1 A2C	2	0	C	19	3.50	3.96	7.98	9.96	Shear
					1.10	1.39	27.32	19.60	
MHJ2 A2C	2	25	C	40	3.00	4.58	8.16	9.38	Flexural Compression
					0.92	2.02	103.97	25.96	
MHJ3 A2C	2	50	C	40	3.68	4.19	8.41	9.02	Flexural
					2.38	2.81	149.52	37.85	
MHJ4 A2C	2	75	C	37	2.68	3.50	7.83	9.43	Shear
					1.06	1.56	186.98	32.97	
MHJ5 A2C	2	100	C	40	2.68	3.00	7.83	9.43	Flexural
					1.46	1.70	175.63	42.26	

르게 발생하지만, 지진과 같은 큰 반복 수평력을 받게 될 경우에는 휨에 의한 피해, 하중반전에 의한 전단 및 콘크리트와 철근 사이의 부착강도 상실, 그리고 골재간의 맞물림등이 영향을 미치게 되며 접합면에서의 최종 파괴는 휨-전단균열에 의한 파괴에 도달하게 된다. 본 실험에서 수행한 시험체들(일방향 단조하중 : MHJ5-A2M, 반복하중 : MHJ5-A2C)의 파괴 상황은 Fig 5(a)~(f)에서 볼 수 있듯이 일방향 단조하중을 받는 시험체는 초기에 발생한 접합면과 보하부에서 발생한 휨균열이 압축부까지 이어져 압축부 콘크리트피복의 박리와 함께 최종적으로 휨·압축파괴 양상을 나타내었다. 반면에 반복하중을 재하한 시험체는 접합면으로부터 약 10cm 떨어진 부분에서 대칭으로 발생한 휨균열이 서서히 사인장균열로 바뀌면서 최종적으로 휨파괴양상을 나타내었다.

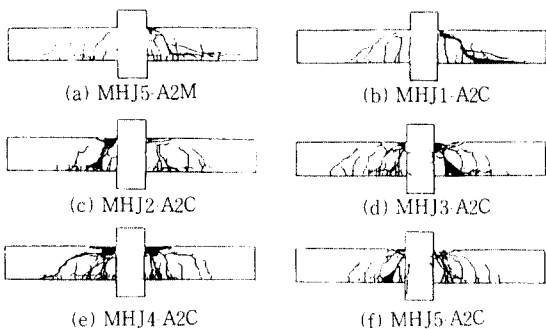


Fig 5. Failure mode

4. 1. 2 전단보강비의 영향

전단보강비에 관계없이 모든 시험체가 변위연성비가 0.5인 1단계(1~3cycle)에서 접합면 하부에 휨균열이 발생하여 변위연성비가 증가함에 따라 균열이 진전되었다. 전단보강비가 0%인 시험체(MHJ1-A2C)는 변위연성비가 6인 7단계(19~21cycle)에서 급격한 사인장 균열이 발생함과 동시에 인장부에서 콘크리트와 주근사이의 부착력이 감소하며 심한 Bond Crack이 발생하여 부재가 위험한 상태에 도달하였다. 또한 25%의 전단보강을 한 시험체(MHJ2-A2C)는 변위연성비가 5인 6단계(16~18cycle)에서 휨균열이 사인장 균열로 이어지며 보의 상하부 주근면을 따라 수평균열이 길게 발생함으로써 부재는 전단파괴양상을 나타내었다. 그러나 이외의 시험체들은 하중증가와 변위연성비증가에 따라 휨균열이 압축균열선과 만남으로써 휨 또는 휨·압축파괴의 거의 일정한 파괴양상을 나타내었다.

4. 1. 3 콘크리트 흐름면에서의 파괴양상

모든 시험체들은 내민길이 2ft를 확보한 시험체들로서 변위연성비에 따른 반복하중을 가하였을 때 나타나는 균열 진전 상태나 파괴양상은 2ft의 콘크리트 흐름면을 따라서는 거의 발생하지 않았고 보-기둥접합면으로부터 5~20cm의 부분에서 양측보에 대칭적으로 발생하여 파괴가 집중되었다. 따라서 ACI 318 89 R10. 13.1의 요구조건인 2ft의 내민길이는 부재의 거

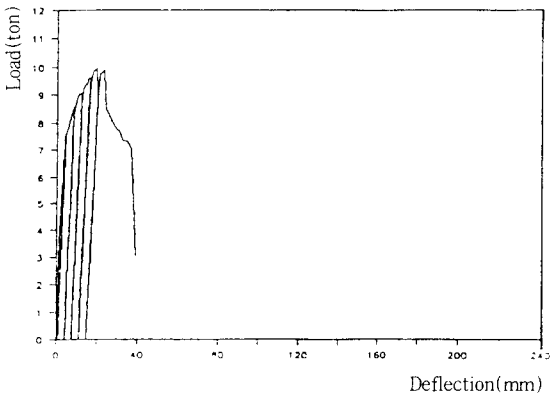
동에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

4. 2 하중-처짐곡선

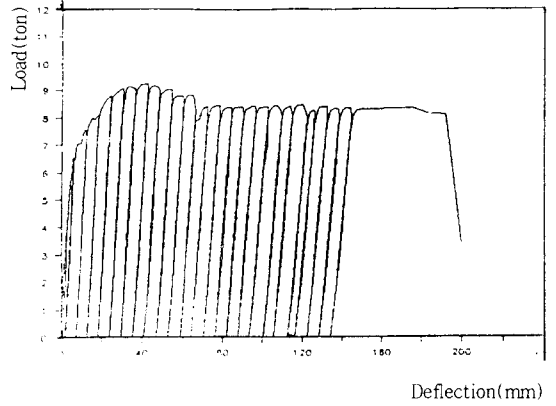
재하된 하중과 시험체의 중앙부(기둥)에서 측정된 처짐에 관한 하중-처짐곡선이 Fig 6(a)~(e)에 나타나 있다. 일반적으로 변위연성비가 0.5인 1단계부터 변위연성비가 5와 6인 6~7단계까지는 하중수행능력이 증가하는 추세를 보이고 있으나 이후부터 실험종료 27단계에 이르기까지는 각 변수의 영향에 따른 하중수행능력이 약간 감소하면서 서로 다른 양상을 보이고 있다.

4. 2. 1 전단보강비에 의한 영향

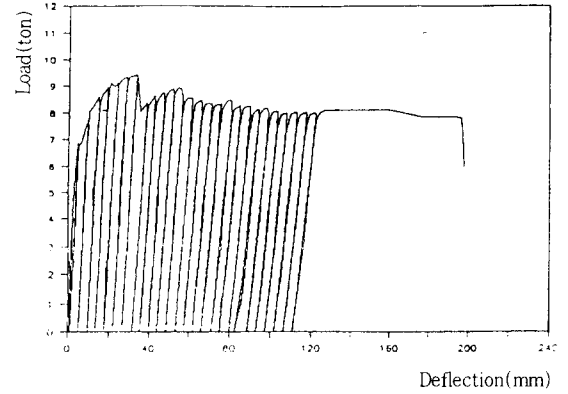
보-기둥 접합면 보주근의 항복이전까지 전단보강비



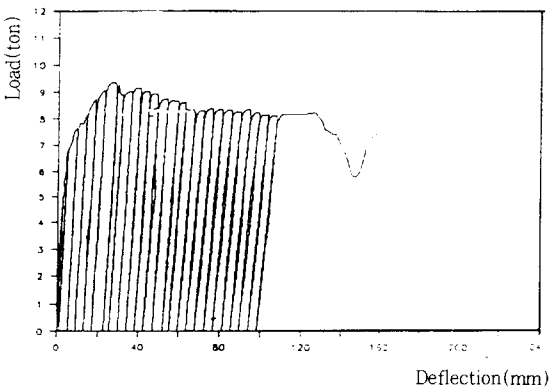
(a) MHJ1-A2C



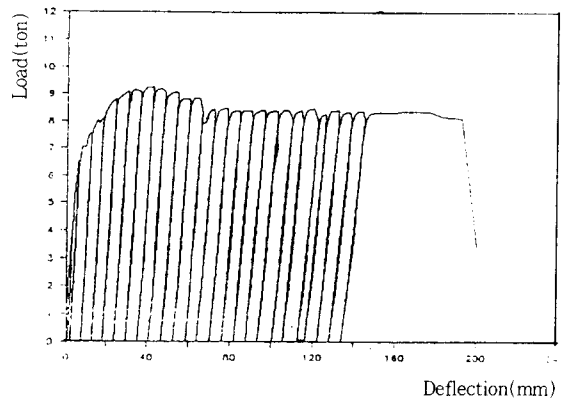
(c) MHJ3-A3C



(b) MHJ2-A2C



(d) MHJ4-A2C



(e) MHJ5-A2C

Fig. 6 Load-deflection curve

가 50, 75, 100%인 시험체(MHJ3-A2C, MHJ4 A2C, MHJ5-A2C)는 거의 비슷한 정도의 기울기를 가지고 있지만, 0. 25%의 시험체들(MHJ1-A2C, MHJ2-A2C)은 약간 급한 기울기를 가지고 있다. 보주단의 항복이후 시험체의 하중수행능력은 최대하중까지는 비슷한 양상을 나타내고 있지만 최대하중 이후는 전단보강비가 75%인 시험체는 급격한 하중감소후 다시 서서히 증가하였고 전단보강비가 100%인 시험체는 변위연성비가 9단계(24cycle)까지는 급한 감소현상을 보이다가 시험체가 최종파괴에 이를때까지 일정한 하중수행능력을 나타내고 있고 전단보강비가 50%인 시험체는 부재의 최종파괴까지 거의 일정한 하중수행능력을 나타내고 있지만 전단보강이 전혀없는 시험체나 25%의 전단보강을 한 시험체는 급하게 하중이 감소하는 현상을 나타내고 있다.

4. 3 연성능력

부재의 연성은 '처짐'으로 보통 표현되어지며, 연성을 평가하는데 있어서는 부재의 항복시의 처짐을 기준으로 하여 부재의 최대하중시의 처짐과 부재의 최종처짐, 그리고 최대하중 이후 최대하중의 80%에서의 부재의 처짐을 고려하여 부재의 연성을 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\mu_0 = \Delta_0 / \Delta_y \quad (식 1)$$

$$\mu_f = \Delta_f / \Delta_y \quad (식 2)$$

여기서 Δ_y = 부재항복시의 처짐

Δ_0 = 최대하중시의 처짐

Δ_f = 최대하중의 80%에서의 처짐

4. 3. 1 하중재하방법에 따른 영향

일방향 단조하중을 받는 시험체(MHJ5-A2M)의 경우 연성지표는 14. 36을 나타내었고 반복하중을 받는 시험체(MHJ5-A2C)의 경우 연성지표는 34.66으로 반복하중의 경우가 단조하중의 경우보다 약 2.1배 높게 나타나고 있다. 이는 일방향으로 반복하여 재하함에 따라 응력의 재분배가 이루어져 시험체의 연성능력이 향상되는 것으로 사료되며, 이에 대한 결과가 Fig.7에 나타나 있다.

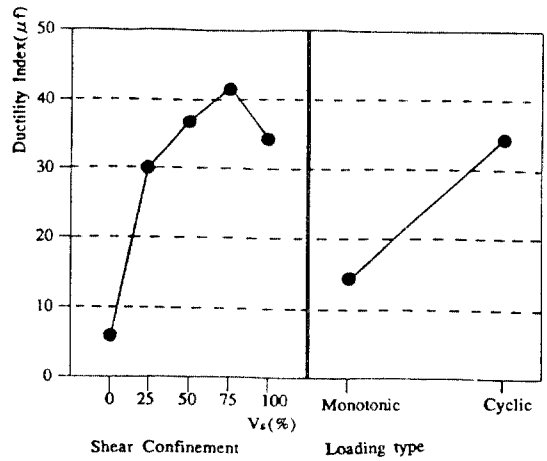


Fig. 7 Ductility Index

Table. 3 Ductility Index(μf)

Specimen	Mr	ft	Vs (%)	Δ_y (mm)	Δ_0 (mm)	Δ_f (mm)	$\mu_0 =$	$\mu_f =$
							Δ_0 / Δ_y	Δ_f / Δ_y
MHJ5-A2M	1.4	2	100	5.62	44.29	80.68	7.88	14.36
MHJ1-A2C	1.4	2	0	4.01	19.60	27.32	4.89	6.81
MHJ2-A2C	1.4	2	25	4.44	28.06	133.23	6.31	30.00
MHJ3-A2C	1.4	2	50	5.32	41.80	195.02	8.00	37.36
MHJ4-A2C	1.4	2	75	4.69	32.27	196.31	6.88	41.86
MHJ5-A2C	1.4	2	100	5.54	42.26	191.96	7.63	34.66

4. 3. 2 전단보강비에 의한 영향

전단보강비가 75%인 시험체(MHJ4-A2C)의 연성지표(μf)가 41.68로서 가장 높은 값을 나타내었고 이는 전단보강이 전혀없는 시험체(MHJ1-A2C)의 경우보다 약 6.14배 높은 값을 나타내고 있으며 전단보강비가 75%까지는 연성지표가 비례적으로 증가하나 100%에서는 약간 감소함을 알 수 있었다. 또한 전단보강이 전혀 없을 때의 연성지표가 6.81로서 내진설계시 PCA의 Dr. Ghosh가 제안한 값인 4~6을 만족하지만 25%이상의 전단보강근이 배근된 나머지 시험체들은 ACI의 요구치를 크게 상회하고 있어 전단보강근의 유무는 연성지표의 크기에 절대적으로 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 Fig.7에 나타난 것처럼 연성지표는 전단보강비에 따라 대체적으로 비례하는 것을 알 수 있다.

5. 결론

2ft(60cm)의 내민길이를 가지는 고강도 콘크리트(530kgf/cm²)와 보통강도 콘크리트(270kgf/cm²)를 분리 타설한 시험체의 구조부재실험을 수행한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 일방향 단조하중을 받는 경우가 반복하중을 받는 경우보다 약간 낮은 하중 수행능력을 나타내면서 휨과 괴 양상을 보여주었으나 반복하중을 받는 시험체는 약간의 전단파괴를 수반하는 휨과 괴양상을 나타내었다.

2) 반복하중을 받는 시험체의 최종파괴양상은 기둥을 중심으로 양쪽에 거의 대칭적으로 휨-전단균열이 발생하였으며 특히 접합면으로부터 5~20cm에 집중적인 피해가 발생하는 것으로 나타났다.

3) 기둥경계면으로부터 내민길이가 2ft(60cm)인 면에서 균열이 거의 발생하지 않아 ACI에서 제한된 내민길이 2ft의 규준은 안전한 것으로 보여진다.

4) 전단보강비가 50%인 경우까지는 전단보강비가 증가함에 따라 부재의 연성능력이 증가하는 것으로 나타

났으나 그이상에서는 증가하지 않아 50%를 초과하는 전단보강은 과대보강이라고 사료된다.

5) 내민길이 2ft의 경우 매우 안전한 것으로 판명되어 향후 이 내민길이를 보다 적게 할 경우에 대한 구조적 안전성 검토에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. ACI 318-89, "Building Code Requirement for Reinforced Concrete and Commentary - ACI 318-89," ACI, detroit, MI.
2. Shin, S. W., Ghosh, S. K., Karama M., "Flexural Ductility Strength Prediction and Hysteretic Behavior of Ultra-High Strength Concrete Members," SP 121, ACI, detroit, MI., 1990, pp. 239~264
3. "건축물의 내진구조 및 방재기준에 관한 연구", 제1권, 건설부, 1987.

(접수일자 : 1992. 1. 28)