

고강도 철근콘크리트 보의 전단거동에 관한 연구

A Study on Shear Behavior of High Strength Reinforced Concrete Beams

학 계 환* · 박 종 건*
Kwak, Kae Hwan · Park, Jong Gun

Abstract

In the years, the concern about high-strength concrete which is new material has been heightened as a result of active research and development. Recently, as the building structure has been being bigger, higher, longer and more specialized, the demand of material with high-strength concrete for building has been increasing. The demand of high-strength concrete is expected to increase with expansion of usage about the complex concrete structures such as bridge structure as well as nuclear plants, underground structures, hydraulic structures and arctic area structures.

In this research, silica-fume was used as an admixture in order to get a high-strength concrete. Water/binder ratio was limited no more than 18 percent and the amount of unit cement was increased. In this study, a number of trial in concrete mix was carried out to get optimal mix design, and the target slump with 10 ± 2 cm was set for in-situ construction. High-strength concrete with cylinder strength of $1,200 \text{kgf/cm}^2$ in the 28-days was produced and tested.

The static test was carried out to measure the ultimate load, the initial load of flexural and diagonal cracking, crack patterns, fracture modes. The load versus strain and load versus deflection relations were obtained from the static test. The test results were compared with the shear strengths predicted by the equations of ACI code 318-89 and other researchers. Based on the test results, shear strength equation of reinforced concrete beam using high strength concrete was proposed. From an evaluation of the results of this experimental investigation, it was concluded that shear strength after diagonal tension cracking diminished with the increase in compressive strength for beams

I. 서 론

최근 콘크리트 구조물이 점차 대형화, 고층화,

장대화 및 특수화됨에 따라 고강도 콘크리트의 개발 및 콘크리트 구조물에 고강도 콘크리트의 사용이 급속하게 증가하고 있다. 우리나라에서도

* 원광대학교 공과대학

키워드 : 고강도 콘크리트, 전단스팬비(a/d),
극한하중, 사인장 균열, 전단강도,
전단보강철근, 실리카 흙

고강도 콘크리트 활용을 위해 여러 분야에서 연구가 이루어지고 있으며 교량구조물 뿐만 아니라 원자력발전소, 해양구조물, 수리구조물, 터널, 건축구조물인 기둥, 보 등 복잡한 콘크리트 구조물에 대한 사용성 증가로 앞으로 고강도 콘크리트의 수요가 급증할 것으로 예상된다.⁴⁾

현재, 철근콘크리트 보의 전단강도에 관한 ACI 318-89 규준식²⁾은 보통강도 범위인 140~420kgf/cm²의 콘크리트를 사용한 수많은 실험결과를 토대로 하고 있다. 최근 콘크리트의 압축강도가 1,100kgf/cm² 이상인 고강도 콘크리트가 사용되고 있기 때문에 고강도 철근콘크리트 보에 대한 현행의 전단설계법의 적합성을 확인할 필요성이 있다. 건설교통부 제정 콘크리트 표준시방서¹⁾ 및 ACI 318-89 규준식²⁾에서 공칭전단강도는 콘크리트 압축강도의 1/2승에 비례한다고 되어 있으나 일부 학자들^{11,12)}은 콘크리트 압축강도의 1/3승에 비례한다고 주장하고 있다. 현행 전단규준식에서 전단강도에 영향을 미치는 요인으로서 콘크리트의 강도($f'c$), 부재의 전단스팬비(a/d), 인장철근의 양(ρw), 전단보강철근의 유무 등이다. 따라서 일부 연구자들은 콘크리트가 고강도화됨에 따라 ACI 318-89 전단규준식의 불합리함을 지적하고 있다.⁷⁻¹⁰⁾ 지금까지는 콘크리트의 전단규준식에 대한 규정은 건설교통부 제정 콘크리트 표준시방서¹⁾ 및 ACI 318-89 규준식²⁾에서 제안한 내용을 사용하고 있으나 앞으로는 고강도 콘크리트의 사용이 일반화될 추세이므로 고강도 콘크리트에 관한 타당성 있는 새로운

규정을 검토하는 연구가 활발히 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트의 압축강도를 320kgf/cm², 790kgf/cm², 1,158kgf/cm²의 3가지로 구분하고 보의 전단스팬비(a/d)를 1.5, 2.8, 3.6의 3종류로 변화시켜 고강도 철근콘크리트 보의 전단저항능력을 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 또한 전단철근이 없는 경우와 전단철근이 있는 경우로 구분하여 고강도 철근콘크리트 보에 미치는 영향을 파악하기 위하여 극한하중, 초기 휨균열하중 및 초기 사인장균열하중 등을 측정하고 하중과 철근의 변형률관계, 하중과 처짐관계, 하중증가에 따른 균열성장과 파괴양상 등을 분석하였다. 또한 이론값과 실험결과값을 비교 검토하여 고강도 철근콘크리트 보의 전단강도 예측식에 대하여 고찰하였다.

II. 사용재료 및 실험방법

1. 고강도 콘크리트의 제조

가. 시멘트

고강도 콘크리트를 제조하기 위해서 사용한 시멘트는 국내 D사 제품인 보통포틀랜드시멘트이고, 이에 대한 화학성분과 물리적 특성은 Table 1 및 2와 같다.

Table 1. Chemical compositions of cement used

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig. Loss	In. Res
20.93	5.29	3.01	62.3	3.70	2.33	1.41	1.03

Table 2. Physical properties of cement used

Specific gravity	Fineness (Blaine cm ² /g)	Setting time(h : min)		Compressive strength(kgf/cm ²)		
		Initial	Final	3 days	7 days	28 days
3.14	3,321	03 : 20	05 : 35	197	288	366

나. 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 충남 금강에서 채취된 강모래로서 비중은 2.62, 조립률은 2.75였

고, 굵은골재는 전북 익산시 낭산에서 생산된 최대치수가 19mm, 25mm인 쇄석을 사용하였다. 골재의 물리적 특성은 Table 3 및 4와 같다.

Table 3. Physical properties of fine aggregate used

Specific gravity	Absorption ratio(%)	Unit weight (kgf/m ³)	Passing percentage								F.M
			10mm	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	PAN	
2.62	0.99	1,520	100	100	91	67.6	43.9	18.7	4.0	0.0	2.75

Table 4. Physical properties of crushed coarse aggregate used

Max. size(mm)	Specific gravity	Absorption ratio(%)	Unit weight (kgf/m ³)	Passing percentage							F.M
				40mm	25mm	19mm	13mm	10mm	No. 4	No. 8	
19	2.6	0.86	1,611	100	100	94.9	94.9	41.7	3.8	1.1	6.59
25	2.6	0.86	1,611	100	99.3	99.3	46.9	46.9	1.7	0.2	6.52

다. 혼화재료

본 실험에서 사용한 실리카 흡은 노르웨이산 초미분말 실리카 제품이다. 이에 대한 물리적 성

질 및 화학적 성분은 Table 5와 같고, 감수제는 암갈색의 액상이며 비중이 1.21, pH 8.0인 것을 사용하였으며, 그 특성은 Table 6과 같다.

Table 5. Chemical composition and physical properties of silica fume

SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Ig.Loss	Total	Specific gravity	Surface area(cm ² /g)
90.0	1.5	3.0	2.0	0.6	0.5	0.5	1.9	100	2.2	200,000

Table 6. Property of water reducing admixtures

Specific gravity	Type	Color	pH	Component	Brand
1.21	Liquid	Dark brown	8	Napht-alene	Powercon-100

라. 배합설계

고강도 콘크리트 제조를 위하여 시험배합을 통해 최적배합비를 얻었으며, 고성능감수제의 첨가량은 슬럼프값이 10±2cm가 되도록 조절하여 사용하였다. 이에 대한 배합설계결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Mix proportion of concrete

Concrete types	Max. size (mm)	Slump (cm)	W/(C+SF) (%)	S/a (%)	Replacement proportion of SF(%)	Mix proportions(kgf/m ³)					
						W	C	SF	S	G	SP
Normal concrete(N)	25	10±2	49.7	43.3	—	165	332	—	790	1034	—
High strength concrete(H)	19	10±2	27	35	10	160	533	59.2	610	1133	1.0%
Ultra high strength concrete(UH)	19	10±2	18	35	15	160	750	132.3	512	949	2.0%

SF : Silica fume, SP : Superplasticizers

2. 시험체 제작

힘과 전단을 받는 고강도 콘크리트를 사용한 철근콘크리트 보의 전단거동을 구명하기 위하여 단면 15×30cm인 보를 길이별로 다르게 제작하

였다. 시험체의 주요변수들을 고려하여 시험체를 제작하였으며, Table 8에 나타낸바와 같다. 하중에 따른 철근의 변형률을 측정하기 위하여 인장철근 및 전단보강철근에 스트레인 게이지를 부착하였으며, 사용된 스트레인 게이지의 저항은

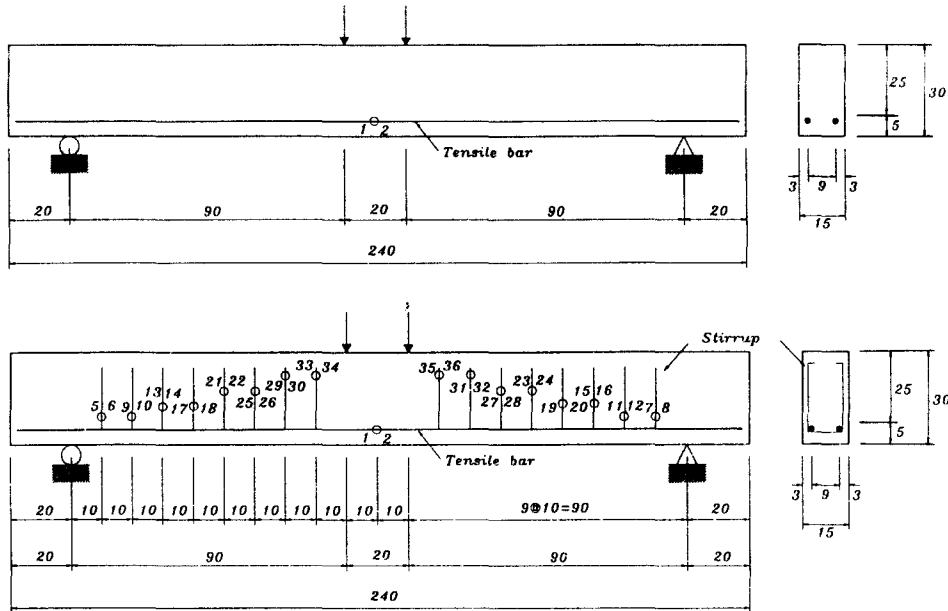


Fig. 1. Shape of static test beams and loading arrangement (unit : cm)

Table 8. Details of test specimen

Series	beam	f'_c (kgf/cm ²)	Steel ratio ($\rho_w, \%$)	Stirrup spacing (cm)	Shear span ratio (a/d)
N-series	NIS1	320	1.53	Without	1.5
	NIS2	"	"	10	1.5
	NIIS3	"	"	Without	2.8
	NIIS4	"	"	10	2.8
	NIIS5	"	"	Without	3.6
	NIIS6	"	"	10	3.6
H-series	HIS1	790	"	Without	1.5
	HIS2	"	"	10	1.5
	HIIS3	"	"	Without	2.8
	HIIS4	"	"	10	2.8
	HIIS5	"	"	Without	3.6
	HIIS6	"	"	10	3.6
UH-series	UHIS1	1,158	3.05	Without	1.5
	UHIS2	"	"	10	1.5
	UHIS3	"	"	Without	2.8
	UHIS4	"	"	10	2.8
	UHIS5	"	"	Without	3.6
	UHIS6	"	"	10	3.6

N : Normal strength concrete
 H : High strength concrete
 UH : Ultra high strength concrete
 I, II, III : Shear span ratio($a/d=1.5, 2.8, 3.6$)
 S1, S2, S3... : Beam number

120 ± 0.4Ω, 게이지 Factor 값은 2.10, 2.09였다. 보의 정적실험부재의 제원 및 스트레인 게이지 부착 위치는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

2. 실험방법

본 실험은 고강도 철근콘크리트 보의 전단거동에 관한 실험으로서 하중의 재하점 간격을 20cm로 하였으며 단순지지 조건에서 4점 재하를 실시하였다. 또한 실험에 앞서 모든 시험체는 백색 페인트를 도포후 부재의 표면에 10cm 간격으로 가로줄과 세로줄을 그어 콘크리트의 균열성장과정을 측정할 수 있도록 하였다. 정적실험은 200tf 용량의 유압식 U.T.M을 사용하여 하중속도를 일정하게 유지하면서 시편이 파괴될때 까지 분당 1.0tf씩 증가시켜 하중을 재하하였다. 실험 과정에서 측정된 사항은 하중증가에 따른 균열성장과정, 극한하중, 초기 사인장균열하중, 초기 휨균열하중, 하중과 철근의 변형률관계, 하중과 처짐관계 등이다. 또한 모든 시험체는 보의 처짐을 측정하기 위하여 보의 중앙부에 다이얼게이지를

설치하였고, 로드셀에 장착형인 LVDT를 설치하여 하중과 변위를 직접 측정 한후 STA 소프트웨어를 이용하여 개인휴대용 컴퓨터(Personal computer)에 저장하였다. 정적변형을 측정기는 TDS-601A 일본산(Tokyo sokki kenk-yuio co., ltd)을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 전단강도

본 실험에서는 각각의 보에 대하여 휨균열과 전단균열이 최초로 발생되었을 때 초기 사인장균

열하중 및 극한하중을 측정하였다. 초기 사인장 균열하중이 발생하였을 때 전단응력을 구하였으며, 정적실험 결과는 Table 9와 같고 ACI 318-89(11-6)규준식과 실험에서 얻은 결과값을 비교하여 나타냈다. 콘크리트의 압축강도와 전단스팬 비(a/d), 인장철근비에 따른 고강도 철근콘크리트 보에 대하여 실험한 결과 보통강도에서 고강도까지의 철근콘크리트 보의 전단균열강도와 극한전단강도는 보통강도에서 대체로 ACI 318-89 규준식 보다 큰값을 나타내어 안전측이나 고강도 일수록 그 증가율이 감소하였다.

Table 9. Results of static test

Series	beam	Pfc (tf)	Pcr (tf)	Pu (tf)	ACI(11-3)	ACI(11-6)	Test	Comparision		Failure mode
					Vcr (kgf/cm ²)	Vcr (kgf/cm ²)	Vcr (kgf/cm ²)	$\frac{V_{cr-Test}}{V_{cr-ACI}}$	$\frac{V_{u-Test}}{V_{u-Zsutty}}$	
N-series	NIS1	3.99	10.61	19.29	9.48	10.79	14.14	1.31	1.18	Shear
	NIIS3	2.30	8.28	11.13	"	9.96	11.04	1.10	1.14	Shear
	SIIS5	1.96	7.23	9.57	"	9.75	9.64	0.98	1.06	Shear
H-series	HIS1	5.99	12.44	35.39	14.89	15.93	16.58	1.04	1.61	Shear
	HIIS3	3.38	10.16	12.79	"	15.10	13.54	0.90	0.97	Shear
	HIIS5	2.21	9.80	11.91	"	14.89	13.06	0.88	0.98	Shear
UH-series	UHS1	3.79	13.01	30.17	18.03	20.70	18.85	0.91	1.04	Shear
	UHIS3	3.08	12.70	13.77	"	19.03	18.40	0.97	0.80	Shear
	UHIS5	2.05	12.80	15.91	"	18.61	18.55	0.99	1.0	Shear

Pfc : The load at initial flexure cracking
 Pcr : The load at inclined cracking
 Pu : Ultimate load at failure

Vcr : Shear stress at inclined cracking
 Vu : Shear stress at ultimate

2. 하중과 처짐관계

본 실험에서는 하중제어 방식으로 가력하였고 보의 처짐은 부재의 중앙부에 설치한 다이얼게이지와 LVDT에 의해서 STA소프트웨어로 처짐 데이터가 자동으로 컴퓨터에 입력되어 하중-처짐곡선을 구하였다. 보의 처짐은 초기에는 하중에 비례해서 비교적 직선적으로 변화함을 알 수 있었다. 하중이 증가하면서 직선관계 양상이 변하였고, 휨과 사인장균열이 발생하여 보의 강성을 감소시켜 처짐이 증가했다. 또한 파괴 직전에

있어서는 하중이 증가될 때 처짐이 급격히 증가했다. 본 실험을 통하여 균열발생 이전의 처짐은 하중이 증가함에 따라 선형적으로 증가하다가 균열이 발생한 이후에는 콘크리트의 균열성장으로 인한 강성의 감소로 처짐에 대한 저항력이 약화되어 비선형적으로 증가함을 알 수 있었다.

Fig. 2~Fig. 4에서 보는 바와 같이 실험에서 사용된 모든 보의 초기 처짐의 기울기는 전단스팬별(a/d)로 각각 다르게 나타났다. 사인장균열이 발생하기 전에는 보의 거동은 선형적이고 보의 처짐은 보의 길이에 따라 변화 하였다. 전단

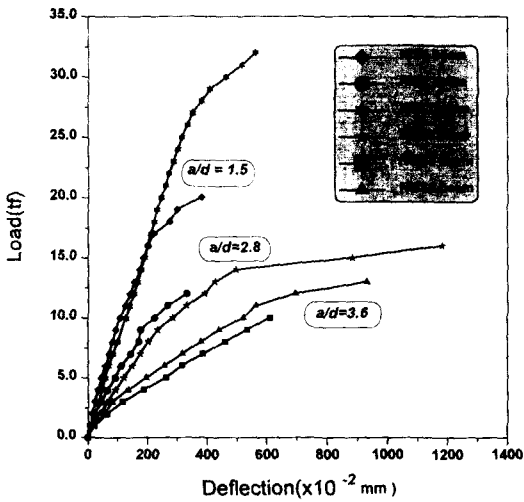


Fig. 2. Load-deflection curves of N-series beams

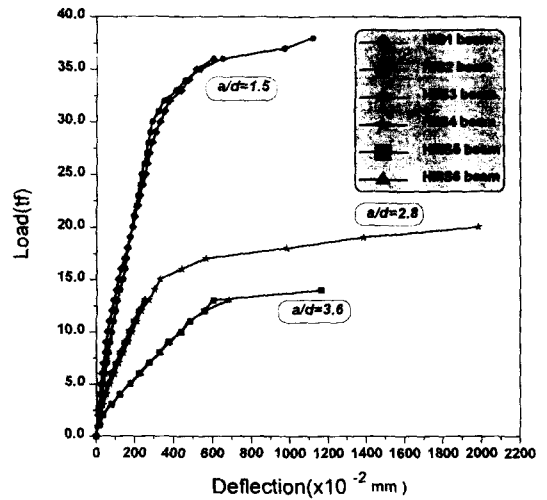


Fig. 3. Load-deflection curves of H-series beams

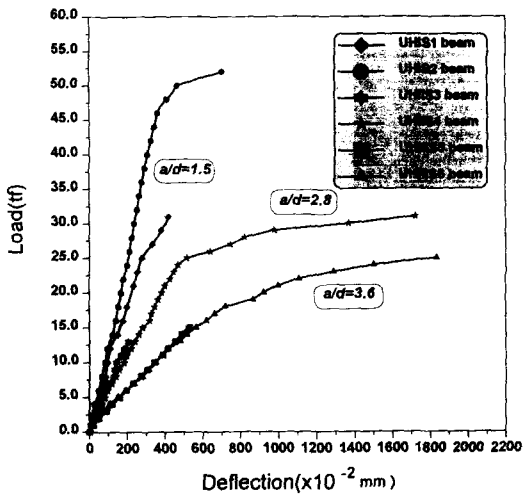


Fig. 4. Load-deflection curves of UH-series beams

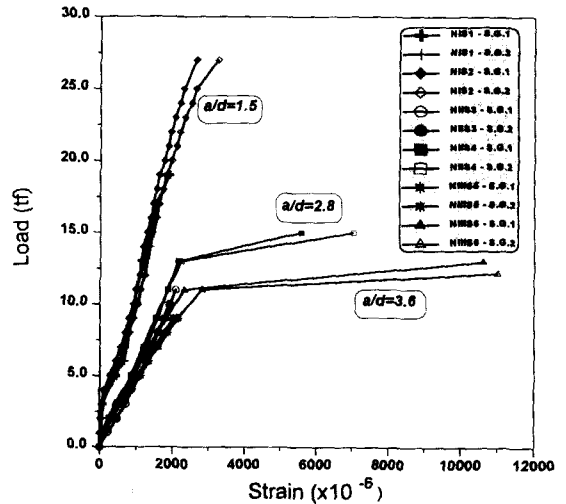


Fig. 5. Load vs tensile steel strain of N-series beams

스팬비(a/d) 1.5인 짧은보에서는 처짐의 변화가 적으나 전단스팬비(a/d) 2.8, 3.6인 보에서는 처짐의 변화가 심하였다. 보통강도 콘크리트 보에서의 하중과 처짐 곡선을 비교할 때 동일한 처짐에서 고강도 콘크리트인 보일수록 하중이 더 커짐을 알 수 있었으며, 이는 고강도 콘크리트에서 단면의 휨강성이 커지기 때문이다.

3. 하중과 변형률관계

보의 변형률은 철근에 부착한 스트레인 게이지(steel strain gages)를 이용하여 측정하였다. 각각의 시편에 대한 하중과 인장철근의 변형률관계는 Fig. 5~Fig. 8과 같고, 하중과 전단보강철근의 변형률관계는 Fig. 9~Fig. 10과 같다. 하중과 변형률 곡선에서 나타난 바와 같이 전단보강

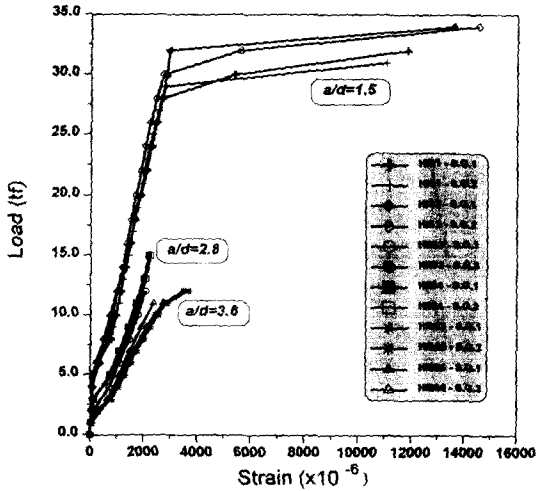


Fig. 6. Load vs tensile steel strain of H-series beams

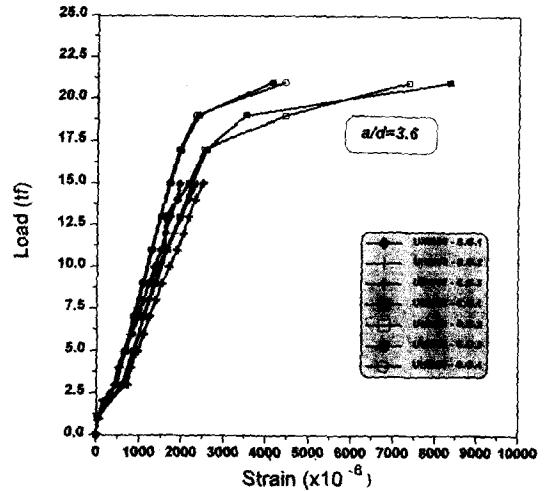


Fig. 8. Load vs tensile steel strain of UH-series beams ($a/d=3.6$)

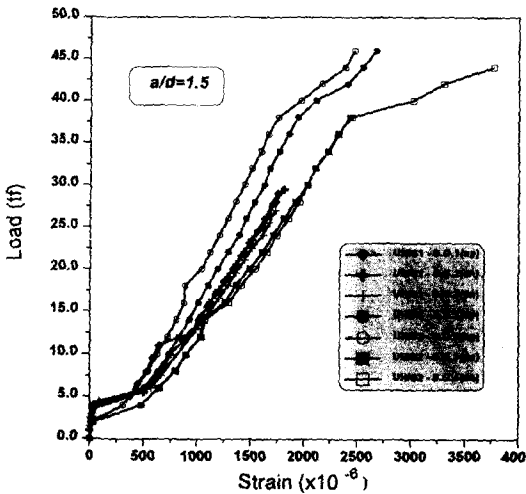


Fig. 7. Load vs tensile steel strain of UH-series beams ($a/d=1.5$)

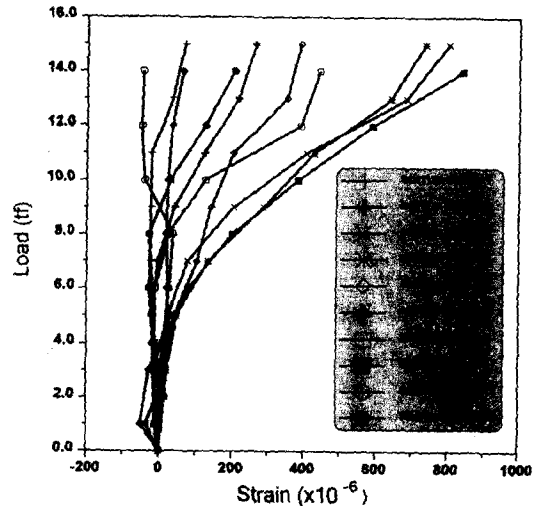


Fig. 9. Load vs stirrup strain of NIS4

철근의 변형률은 사인장균열 이전에는 거의 나타나지 않고 사인장균열 이후에 급격히 증가함을 알 수 있었다. 대부분의 보에서 전단철근의 변형률은 전단균열발생에 이르기까지는 "0"에 가까운 값으로 나타났다. 전단보강철근의 변형률이 급격히 증가하는 부위는 전단지간의 중앙부이며 양쪽 전단지간에서 최초로 발생한 사인장균열 부

분이었다. 이것으로 부터 사인장균열이 발생한 지점의 스티럽이 외력에 대한 하중을 더 부담한다는 사실을 확인할 수 있었다. 전단보강철근의 변형률은 콘크리트의 압축강도 수준에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 보통강도 철근콘크리트 보에서는 전단보강철근은 항복하지 않은 것으로 나타났으나 고강도 철근콘크리트 보에서의 전단보강철근은 거의 항복한 것으로 나타났다. 따

라서 전단보강철근의 전단능력이 보통강도 철근 콘크리트 보에서는 실제로 전단능력의 역할은 다 하지 못하나 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 최소 전단철근량의 보강효과가 기대된다.

4. 하중증가에 따른 균열성장 및 파괴양상

고강도 철근콘크리트 보에 대하여 전단보강철근 유무로 구분하여 하중증가에 따른 균열성장을 나타낸바 Fig. 11~Fig. 16와 같다. 하중의 증가에 따라 사인장균열은 전단시간내의 복부중앙에서 단독으로 급작스럽게 발생하거나 중앙에서

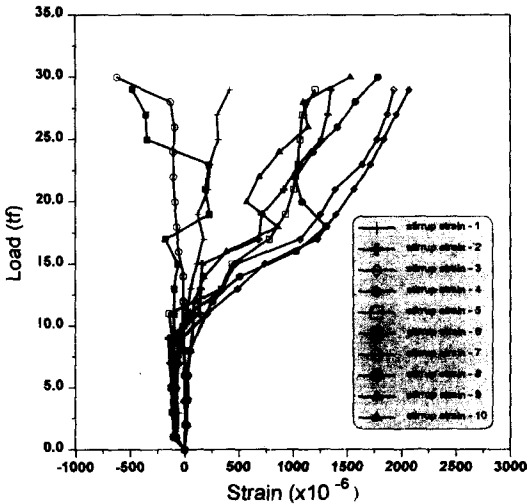


Fig. 10. Load vs stirrup strain of UHIS4

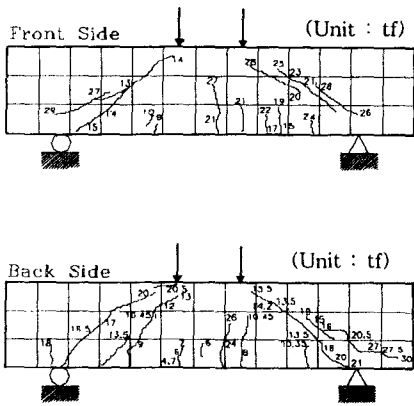


Fig. 11. Crack growth pattern of UHIS1

1.0d~1.5d만큼 떨어진 지점에서 횡균열 끝에서 발달하며 성장하였다. 이와같이 발생한 사인장균

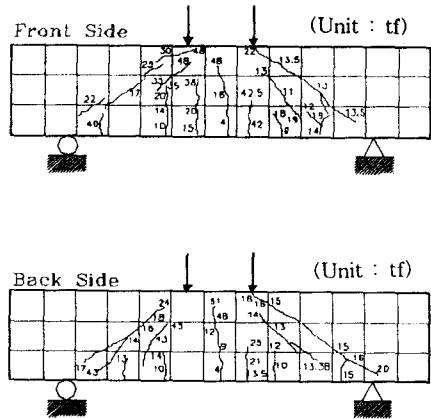


Fig. 12. Crack growth pattern of UHIS2

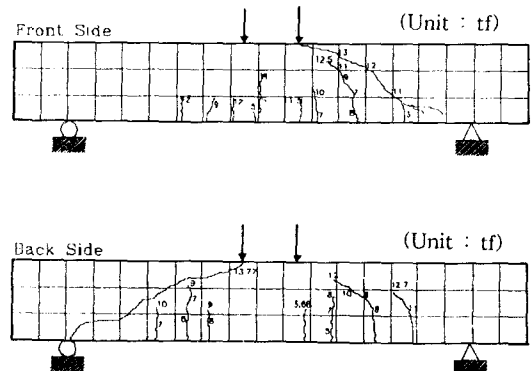


Fig. 13. Crack growth pattern of UHIS3

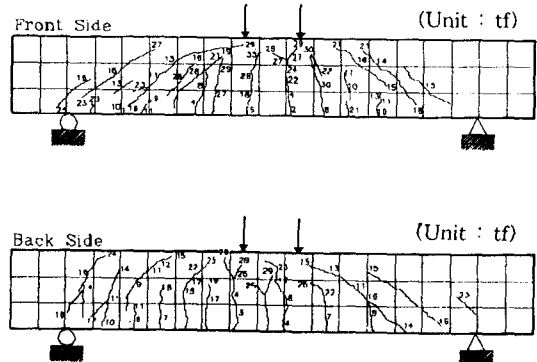


Fig. 14. Crack growth pattern of UHIS4

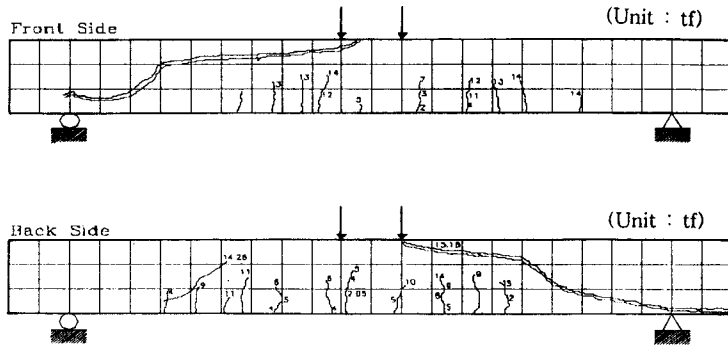


Fig. 15. Crack growth pattern of UHHS5

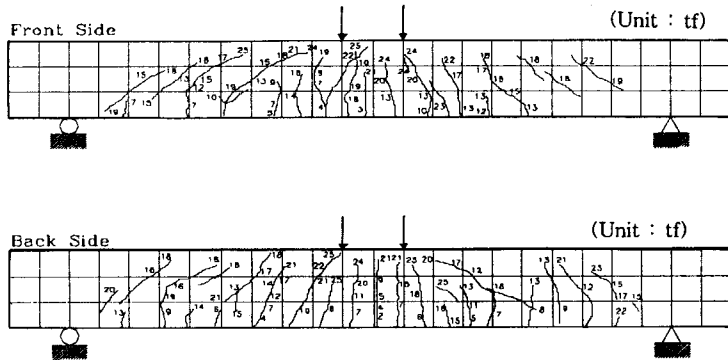


Fig. 16. Crack growth pattern of UHHS6

열은 하중이 증가됨에 따라 윗부분의 균열선단은 하중점을 향하였고 아랫부분의 균열선단은 지지점을 향하여 동시에 성장하였다. 전단보강철근이 있는 경우 균열은 복잡한 양상을 보이고 주균열의 간격이 줄어드는 대신 균열수가 증가하였으며, 전단보강철근이 없는 보에서는 휨균열의 간격이 넓고 주균열 수도 적은 것으로 나타났다. 휨균열은 어느정도 수준에서 균열이 멈추었으며 파괴에 미치는 영향은 아주 적었다. 또한 사인장 균열은 하중의 증가에 따라 전단보강철근이 없는 경우에는 초기 사인장균열이 발생한 후 약간의 하중을 재하하여도 매우 빠르게 파괴되는 경향을 보였다.

보통강도 철근콘크리트 보의 휨파괴인 경우에

는 압축측에서 콘크리트가 서서히 파괴되었으나 고강도 및 초고강도 철근콘크리트 보에서는 급작스럽게 콘크리트의 압축파괴 현상이 나타남을 알 수 있었는데 이는 고강도 콘크리트의 취성 특성에 기인한 것으로 사료된다. 전단스팬비(a/d)에 의해 파괴양상이 달라 전단스팬비(a/d)가 1.5인 보에서는 아치리브의 파괴 또는 사균열의 확대에 따라 최종파괴에 도달했으며, 전단스팬비(a/d)가 2.8인 보에서는 사인장파괴가 발생하고 전단스팬비(a/d)가 3.6인 보에서는 사인장파괴와 휨인장파괴가 일어났다. 고강도 콘크리트 일수록 파괴양상은 취성적으로 나타났고 이때 콘크리트의 파단면은 굴곡이 없고 매끈한 면을 가졌다.

IV. 전단강도 제안식의 비교검토

1. 기존의 전단강도 기준식

현재 국내에서 콘크리트 표준시방서¹⁾에서 사용되고 있는 철근콘크리트 보의 전단력을 예측하기 위하여 전단강도식은 ACI 318-89²⁾ 기준식을 사용하고 있다.

1) 간략식(ACI 11-3)

$$V_{cr} = 0.53\sqrt{f'c} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

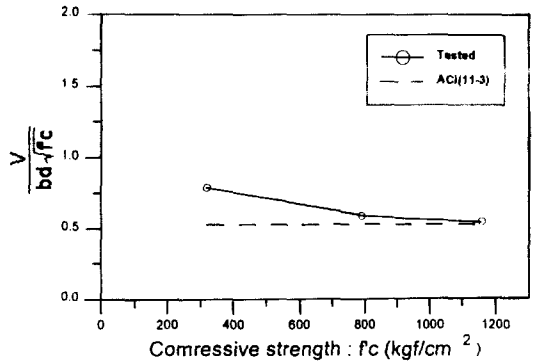
2) 엄밀식(ACI 11-6)

$$\begin{aligned} V_{cr} &= 0.503\sqrt{f'c} + 176 \rho_w V_d/M \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \\ &= 0.503\sqrt{f'c} + 176 \rho_w d/a \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \\ &\dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

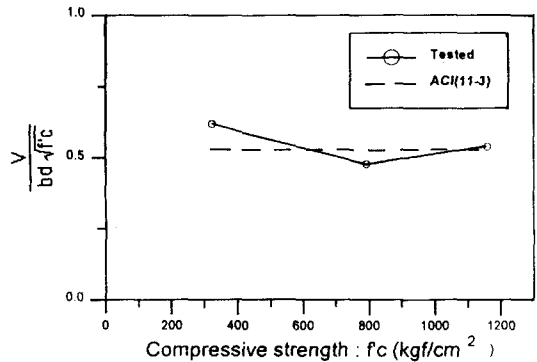
2. 기존의 전단강도 제안식에 대한 비교분석

가. 콘크리트 압축강도의 영향

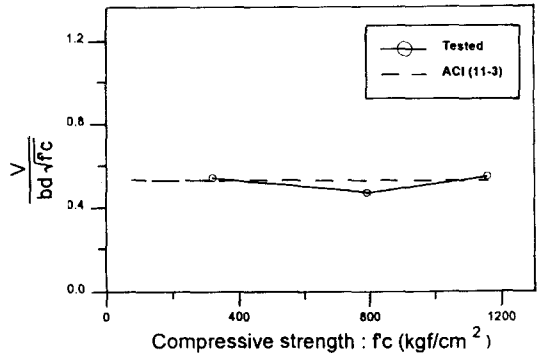
기존의 많은 연구자들이 철근콘크리트 보의 전단강도를 정확하게 예측하기 위하여 많은 연구를 수행하였다. 일반적으로 콘크리트 압축강도가 증가하면 전단균열강도는 증가한다. 이것은 전단균열강도가 고강도일수록 증가율이 감소하여 콘크리트 압축강도의 영향을 받고 있어 ACI 318-89 (11-3) 기준식은 콘크리트 압축강도의 영향을 과대하게 평가하였다. 보통강도에서 고강도까지의 철근콘크리트 보를 실험한 결과 보통강도 콘크리트에서는 본 실험에 의한 전단균열응력 V_{cr} 과 극한전단응력 V_u 는 대체로 ACI 318-89 기준식 보다 큰 값을 가지는 것으로 나타났다. 보통강도에서는 ACI 318-89 기준식이 안전한 편이나 고강도일수록 안전율이 감소하므로 고강도 콘크리트 보의 안전율은 보통강도 콘크리트의 안전율보다 현저히 떨어지는 것으로 나타났다. 고강도 콘크리트 보인 경우에는 대부분 안전율이 1 이하로 떨어져 고강도일수록 그 증가율은 둔화되는 경향을 보였다. Fig. 17에서 보는 바와 같이 콘크리트 강도가 증가함에 따라 전단강도에 미치는 영향은 전단스팬비(a/d)에 영향을 주었다.



(a) a/d=1.5



(b) a/d=2.8



(c) a/d=3.6

Fig. 17. Shear stress vs compressive strength

나. 전단스팬비(a/d)의 영향

ACI 318-89(11-3) 기준식과 본 연구의 실험 값을 전단스팬비(a/d)에 따라 비교 분석한 결과 Fig. 18과 같다. 보통강도 철근콘크리트 보에서 전단스팬비(a/d)가 커질수록 전단균열강도는 크

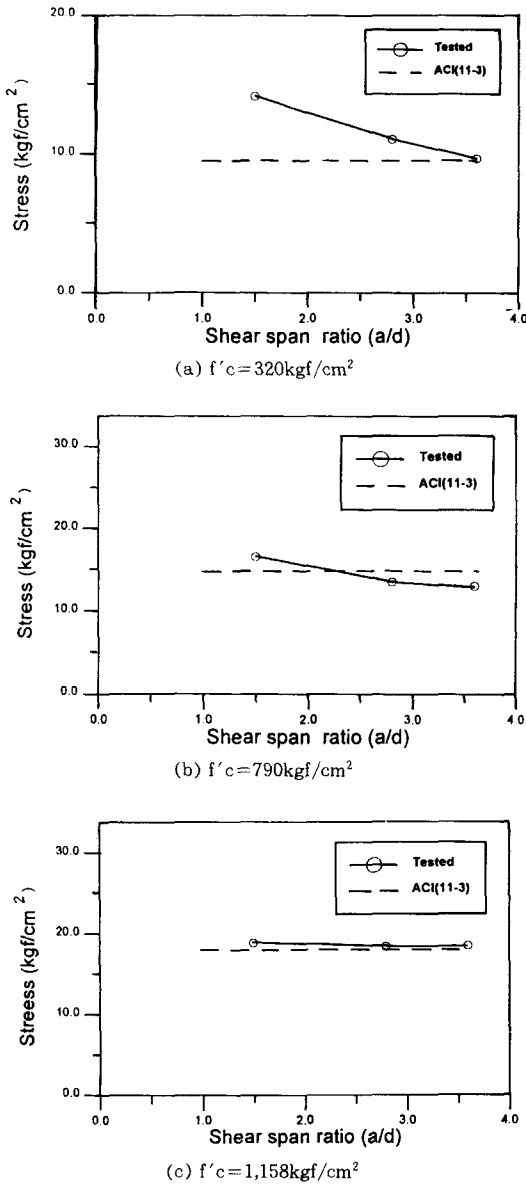


Fig. 18. Comparison of experimental data and ACI predictions

게 감소하는 경향을 보이고 있어 ACI 318-89 규준식에 비해서 모두 안전한 범위에서 있음을 알 수 있었다. 고강도 철근콘크리트 보에 대하여 ACI 318-89 규준식은 전단스팬비(a/d)에 따른 전단강도의 효과를 적절하게 고려해 주지 못하고

있다. 보통강도 철근콘크리트 보에서 ACI 318-89 규준식과 비교하여 볼 때 실험값이 매우 안전한 것을 알 수 있으며 이는 ACI 318-89 규준식이 전단스팬비(a/d)의 전단강도에 미치는 영향을 과소평가하고 있다.

V. 결론

본 연구에서는 실리카 흙을 사용한 고강도 철근콘크리트 보에 대한 전단거동특성을 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 고강도 철근콘크리트 보의 전단강도는 콘크리트의 압축강도가 증가 할수록 안전율이 감소하였고, 전단스팬비(a/d)에 의한 영향은 전단스팬비(a/d)가 커질수록 전단강도는 떨어짐을 확인할 수 있었다.

2. 전단보강철근이 없는 시편은 고강도 콘크리트의 취성으로 인해 사인장균열이 발생한 직후 파괴에 이르렀다. 또한 고강도 철근콘크리트 보일수록 파괴양상은 순간적인 취성파괴로 나타났고, 이때의 콘크리트의 파단면은 매끈한 면을 보였다.

3. 전단보강철근이 있는 시편에서 사인장균열은 성장이 둔화됨을 알 수 있었다. 전단보강철근의 변형률은 사인장균열 이전에 거의 나타나지 않고 사인장균열 이후 급격히 증가함을 알 수 있었다.

4. 보통강도 철근콘크리트 보에서는 전단보강철근은 항복하지 않았으나 고강도나 초고강도 철근콘크리트 보에서는 항복한 것으로 나타났다. 이는 콘크리트의 압축강도에 크게 영향을 받기 때문에 전단보강철근량이 증가함이 사인장균열의 성장억제에 유효하다고 판단된다.

5. 고강도 콘크리트에 있어서 정적실험인 경우 하중과 처짐관계는 동일한 하중일때 전단스팬비(a/d)가 클수록 처짐도 증가했고, 하중과 변형률 관계는 동일한 하중에서 고강도 일수록 변형률은 작았다.

6. 전단강도식과 본 실험에서 얻은 결과값을 비교해 본바, 고강도 콘크리트인 경우 안전율이 1.0 이하로 떨어지는 경향을 보였다. 즉, 실험결과값 보다 12~20% 작게 나타내어 보통강도에서는 안전축이나 고강도 일수록 증가율이 감소함을 알 수 있었다.

본 논문은 1998년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, “콘크리트 표준시방서”, 대한토목학회, 1996년.
2. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-89)”, American Concrete Institute, 1989,
3. ACI-ASCE Committee 326, “Shear and Diagonal Tension” ACI Journal, Vol. 59, No. 1, January, February and March 1962, pp. 1~30, pp. 277~344, pp.352~396.
4. ACI Committee 363, “State of the Art Report on High-Strength Concrete”, ACI Journal, Vol. 81, No. 4, July-August 1984, pp. 364~411.
5. ACI-ASCE Committee 426, “The Shear Strength of Reinforced Concrete Members”, ASCE, Vol. 99, No. ST6, June 1973, pp. 1091~1187.
6. Mphonde, A. G. and Frantz, G. C., Shear Tests of High-and Low-Strength Concrete Beams Without Stirrups, ACI Journal, Vol. 81, No. 4, pp. 350~357, July-August 1984.
7. Elzanaty, A. H. Nilson A. H. and Slate, F. O., Shear Capacity of Reinforced Concrete Beams Using High-Strength Concrete Beams, ACI Journal, Vol. 83, No. 2, pp. 290~296, March-April 1986.
8. Roller, J. J. and Russell, H. G., Shear Strength of High-Strength Concrete Beams with Web Reinforcement, ACI Structural Journal, Vol. 87, No. 2, pp. 191~198, March-April 1990.
9. Sarsam, K. F. and Al-Musawi, J. M. S., Shear Design of High and Normal Strength Concrete Beams with Web Reinforcement, ACI Structural Journal, Vol. 89, No. 6, pp. 658~664, November-December 1992.
10. Ahmad, S. H. Khaloo, A. R. and Poveda, A., Shear Capacity of Reinforced High-Strength Concrete Beams, ACI Journal, Vol. 83, No. 2, pp. 297~305, March-April 1986.
11. Zsutty, T. C., Shear Strength Prediction for Separate Categories of Simple Beam Tests, ACI Journal, Vol. 68, No. 2, pp. 138~143, February 1971.
12. Zsutty, T. C., Beam Shear Strength Prediction by Analysis of Existing Data, ACI Journal, Vol. 65, No. 11, pp. 943~951, November 1968.