

보강된 보의 균열특성과 손상상태의 상관관계

한만엽¹⁾ · 김상종^{1)*}

¹⁾아주대학교 토목공학과

(2001년 7월 9일 원고접수, 2002년 10월 8일 심사완료)

Relationship between Crack Characteristics and Damage State of Strengthened Beam

Man-Yop Han¹⁾ and Sang-Jong Kim^{1)*}

¹⁾ Dept. of Civil Engineering, Ajou University, Suwon, 442 749, Korea

(Received July 9, 2001, Accepted October 8, 2002)

ABSTRACT

The number of old concrete structure which needs to be strengthened has been increased. The repair and strengthening methods have to be determined based on the current status of the structure. Consequently the estimation method for the damage status of the structure has been desperately needed, but no studies have been tried to use the crack and deflection characteristics to estimate the damage status. In this study, the crack characteristics depending on load level were measured and analysed. The crack characteristics observed from 11 samples were compared with damage status, and load level. The crack characteristics examined in this study include crack number, crack length, crack range, crack interval, maximum crack length, crack area, and average crack length.

The deflections were normalized based on yield deflection, and the relationship between the relative deflection and the standardized crack characteristics were compared. Among the crack characteristics, crack interval, crack area, crack range, and maximum crack length, have been showed a close relationship to the relative deflection. Therefore, if such crack characteristics are evaluated, the maximum load applied to the structure is believed to be estimated. if additional parameters such as size of specimen, strength of concrete and steel, and steel ratio are studied, the damage status of structure can be estimated more accurately.

Keywords : reinforced concrete, strengthening repair, deflection, damage estimation, beam test, crack characteristics

1. 서 론

콘크리트 구조물은 내구성이 뛰어난 재료이나, 오랜 기간 동안 사용하다보면 노후화가 진행되어, 손상을 입게 되고 이에 따라 최근에는 철근콘크리트 구조물의 보수 보강에 대한 연구가 매우 활발한 실정이다^{1~4)}. 그러나 이에 반하여 보수, 보강 여부를 판단하는 기준이나 체계적인 방법이 제시되지는 못했다. 본 연구에서는 구조물의 노후화가 진행되면 외관상으로 손쉽게 관측이 되는 균열과 처짐의 특성을 수치화 하여 구조물의 안전성 및 보강 여부를 판단하는데 중요한 기초 자료와 방법을 제공하고자 하였다.

구조물의 사용성과 안전성, 내구성에 영향을 미치는 균열과 구조물의 항복하중, 및 최대하중 등과의 상관관계를

구명하게 되면 구조물의 안전성 판단에 중요한 기준이 될 수 있을 것으로 기대된다. 이 중 특히 균열은 구조물에 심각한 구조적 문제를 야기 시킬 수도 있으며, 내구성의 저하와 외관의 손상은 물론, 균열로 인해 철근이 대기나 습기에 노출될 경우, 부식이 발생할 수 있다^{5,6)}.

이에 따라 본 연구에서는 균열 발달 특성을 수치화하고, 균열 특성 값이 항복하중 전후로 어떻게 변화하고 있는가, 그리고 균열의 특성 값을 이용하여 구조물의 손상 상태를 파악한 다음에 구조물의 사용성과 안전성의 개선을 위한 기초적 근거를 마련하기 위한 것이다. 본 연구에 이용된 보강된 부재의 내하력이나 보강 효과에 관한 자료는 참고 문헌⁷⁾의 내용에 제시되어 있으며, 여기서는 균열의 거동에 관한 내용만 분석하였다.

본 연구에서 분석된 실험결과는 총 7종의 11개 실험체의 결과가 사용되었으며, 각 실험체 별로 측정된 항복 하중시의 처짐값을 기준으로 각기 하중단계별 처짐값을 표준화하기 위하여 백분율(%)로 표기된 상대 처짐값을 계산

* Corresponding author

Tel : 031-219-2928 Fax : 031-219-2501

E-mail : mattkim73@empal.com

하였다. 항복하중시의 처짐값을 전체적인 기준으로 한 이유는 하중을 기준으로 하면 항복하중 이후의 거동을 분석하기가 어렵기 때문이며, 그중 항복하중시의 값을 사용한 것은 이 값의 전후에서 변화가 크고, 구조물의 안전성을 평가하는 기준으로도 적절한 값으로 평가되기 때문이다. 표준화시킨 균열 특성 값에는 균열개수, 균열길이, 균열범위, 균열간격, 최대 균열길이, 균열면적, 평균 균열길이 등 총 7가지의 특성값을 포함하고 있으며, 이들 값들은 거의 대부분 부재 횡수를 기준으로 상대적인 값으로 나타내었다.

2. 실험계획

본 실험체의 하중의 재하는 중앙점 재하로 실시되었으며, 항복 하중에 도달할 때까지는 100 kg 단위로 증가시켰으며, 그 이후에는 처짐이 2 mm 씩 증가할 때마다 측정을 실시하였다. 하중 증가 시마다 균열의 발전 상황을 관측, 기록하였다. 실험체의 중앙 하단에는 처짐을 측정하기 위해 변위측정계를 설치하였다. 실험에 사용된 보의 경간이 2 m이고, 단면의 깊이가 25 cm, 유효 깊이가 23 cm인 1개의 무보강 보와 부착길이에 변화를 주어 탄소섬유로 보강된 3종의 보 5개, 단부에서의 보강 방법에 변화를 준 강판 보강 보 3종, 5개, 등 총 11개의 보를 제작하였으며(1), 이 실험체의 전단철근은 D10의 스티럽을 10 cm 간격으로 배근하였다.

Fig. 1에 실험체의 형상과 단면 등 제원이 제시되어 있으며, 양생은 실험체에 젖은 모포를 덮어 수분을 지속적으로 공급시키는 방법으로 습윤 양생하였다.

3. 실험결과

3.1 하중 단계별 처짐

Table 1에는 실험체별로 균열하중, 항복하중, 극한하중 상태에서의 처짐에 관한 실제 측정값과 항복하중을 기준으로 한 상대 처짐값을 요약 정리한 결과표이다. 균열 하중 시 처짐 값의 차이를 보면 다소 편차가 있으나 항복 하중시 처짐의 약 0.3 ~ 0.4배 정도에 발생되었으며 극한 하중시 처짐은 균열하중시의 처짐과 마찬가지로 다소 편차는 있으나 항복 하중시 처짐값의 약 2배 - 3배 사이에서 측정되었다.

Table 2에 제시된 각 실험체의 균열하중, 항복하중, 및 극한하중을 비교하면 균열 하중의 경우는 무보강 실험체에서는 이론값과 실측값이 거의 비슷한 것으로 나타났으나, 강판과 탄소섬유 보강의 경우에는 약간의 차이가 나타났다. 강판의 경우는 약 2.44 tonf, 탄소섬유 보강의 경우는 0.73 tonf의 차이를 보이고 있는 데 이는 인장 보강재가 콘크리트의 외측에 위치하여 균열이 벌어지지 않았기 때문인 것으로 분석된다.

항복하중의 경우는 이론치와 거의 비슷한 결과를 나타

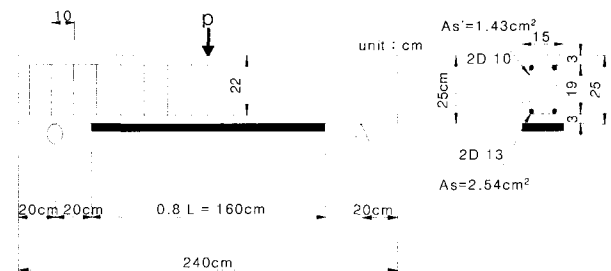


Fig. 1 Test setup and shape of a specimen

Table 1 Displacement measurement according to the load

Stiffening member	Specimen	Crack load		Yield load	Ultimate load	
		Measured displacement	Relative displacement	Measured displacement	Measured displacement	Relative displacement
Non prestress	A1N0	0.140	23.9	0.585	2.374	406
Steel plate	A1S1	0.251	31.1	0.808	1.788	212
	A1S2-1	0.383	45.5	0.841	2.383	326
	A1S2-2	0.261	32.1	0.735	1.755	239
	A1S3-1	0.401	49.3	0.813	2.038	251
	A1S3-2	0.258	28.5	0.906	2.368	261
Carbon fiber sheet	A1C1	0.245	35.4	0.692	1.680	243
	A1C2-1	0.162	27.4	0.590	1.482	251
	A1C2-2	0.233	32.9	0.708	1.551	219
	A1C3-1	0.284	47.2	0.601	1.223	203
	A1C3-2	0.216	32.3	0.668	1.535	230

내고 있으며, 극한하중은 실험체 별로 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다.

Fig. 2와 Fig. 3에서는 탄소섬유 보강 보의 실험 결과와, 강판 보강 보에 대한 하중-처짐 측정결과를 비교 도시하였다. 이 때 동일 실험체의 결과가 2개일 경우에는 그중 하나를 선택 제시하였는데, 같은 실험체의 결과는 거의 오차가 없는 것으로 나타났다. Fig. 2에 제시된 무보강 실험체(A1N0)에서는 계산된 균열하중 근처에서 약간의 강성의 저하가 관측되었고, 외관조사에서도 1.2 tonf 근처에서 균열이 관측되어 계산된 값과 일치하는 결과를 얻었다. 또한 항복하중도 계산값과 거의 일치하는 3.58 tonf의 값을 나타내고 있다. 탄소 보강된 보의 경우는 이론치 균열하중인 1.26 tonf 보다 약간 큰 1.5 tonf의 하중에서 강성의 변화가 관측되었으며 외관조사에서는 이보다 더 큰 1.9 tonf의 하중에서 균열이 관측되었다. 이론적 항복하중의 크기는 4.72 tonf이나, 측정된 값은 이상과괴를 동반한 실험체들을 제외하고, 약 4.5 tonf 내외로 약간 작은 값이 관측되었다. 무보강 실험체는 항복 하중시 처짐값이 0.585 cm이고 탄소 보강된 실험체의 항복 하중시 처짐값은 실험체 별로 약간의 차이가 있으나 약 0.6 cm~0.7 cm 사이에서 측정되었다. 각 실험체의 항복하중과 항복하중시의 처짐값이 차이가 나는 이유는 보강효과에 따른 차이인데, 이처럼 실험체에 따른 처짐값의 차이를 균일화시켜 데이터의 분석을 동일한 조건하에서 하기 위해 각각 실험체별로 항복하중시의 처짐값을 기준으로 하중 증가에 따른 처짐값을 백분율로 표기해서 분석을 하였다. Fig. 3은 무보강 실험체와 강판 보강 실험체에 대한 하중-처짐 결과이다.

이론적 항복하중의 크기는 7.96 tonf이나, 측정된 값은 약 8.0~8.86 tonf 내외로서 이론치와 별 차이가 없이 일치하는 것으로 나타났다. 강판 보강된 실험체의 항복 하중시 처짐값 또한 보강 방법에 따라 다소 약간의 편차가

있기는 하나 0.7~0.9 cm까지 관측되었다. 이렇게 관측된 데이터 또한 탄소부착 실험체와 마찬가지로 항복 하중시 처짐값을 기준으로 하중단계별로 처짐값을 백분율로 표기해서 균열 특성값을 분석하였다.

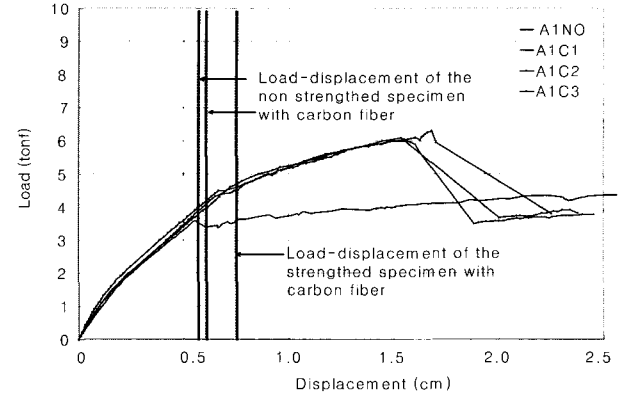


Fig. 2 Load-Displacement of the strengthened specimen with carbon fiber

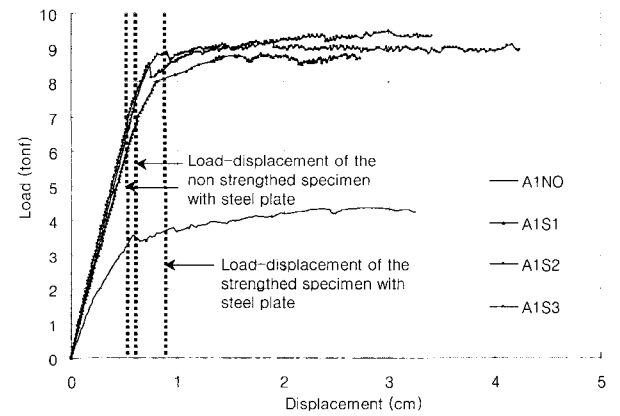


Fig. 3 Load-Displacement of the strengthened specimen with steel plate

Table 2 Calculated and measured load

Stiffening member	Specimen	Crack load		Yield load		Ultimate load
		Theory value	Measured value	Theory value	Measured value	Measured value
Non prestress	A1N0	1.20	1.2	3.56	3.58	4.34
Steel plate	A1S1	1.72	3	7.96	8	8.82
	A1S2-1		4.4		8.71	9.00
	A1S2-2		3.5		8.51	9.17
	A1S3-1		4.9		8.69	9.52
	A1S3-2		3.2		8.86	9.37
Carbon fiber sheet	A1C1	1.26	2	4.72	4.4	6.30
	A1C2-1		1.2		*3.5	5.31
	A1C2-2		1.9		4.52	6.05
	A1C3-1		2		*3.79	4.89
	A1C3-2		2		4.49	6.08

3.2 파괴 후 균열양상

Fig. 4, 5 와 6 에서는 실험체에 대한 하중 단계별 파괴상태를 각 실험체별로 0.5tonf 단위로 구분하여 단계별 최종 균열 상태를 나타내어 각각 하중 단계별 균열특성값을 측정하도록 표현한 것이다. Fig. 7에서는 최종 파괴후 실험체의 균열 양상을 표현한 것이다.

11개의 실험체중 무보강 실험체(A1N0)와 탄소 보강된 실험체(A1C1) 그리고 강판 보강된 실험체 (A1S1)를 비교·도시하였다. Fig. 4, 5 와 6 에서 알 수 있듯이 외관상 관측 가능한 데이터를 살펴보면 각 실험체별로 항복하중점 근처에서 다소 편차는 있으나 균열 개수는 항복하중의 70-80 %까지는 증가 양상이 뚜렷해 보이나 항복하중을 초과한 이후에는 크게 변화하는 양상을 보이지 않는다. 균

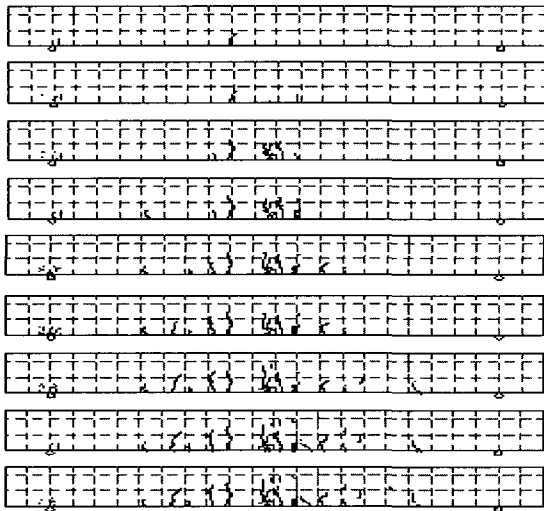


Fig. 4 Crack shape at different load (A1N0)

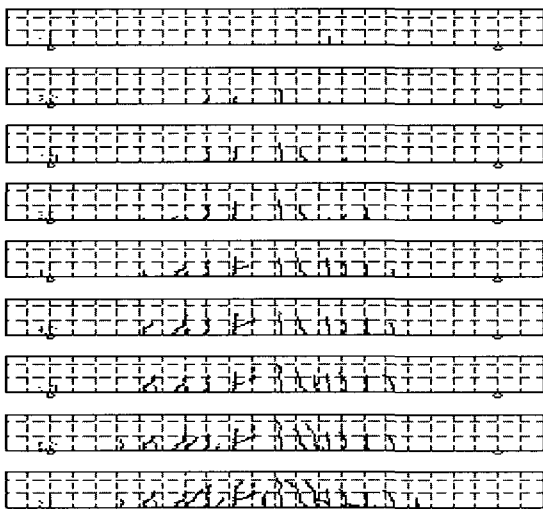


Fig. 5 Crack shape at different load (A1C1)

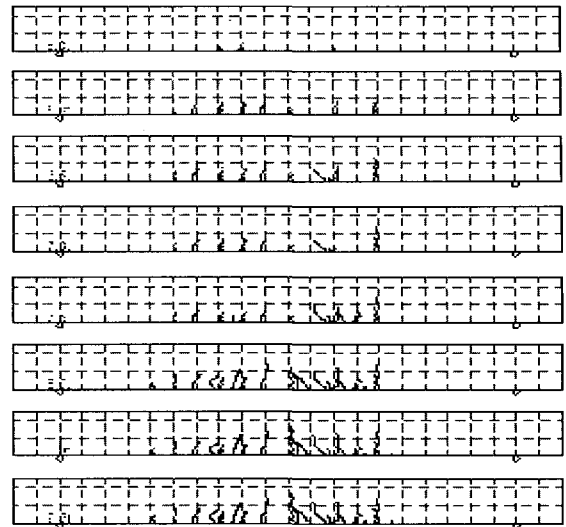


Fig. 6 Crack shape at different load (A1S1)

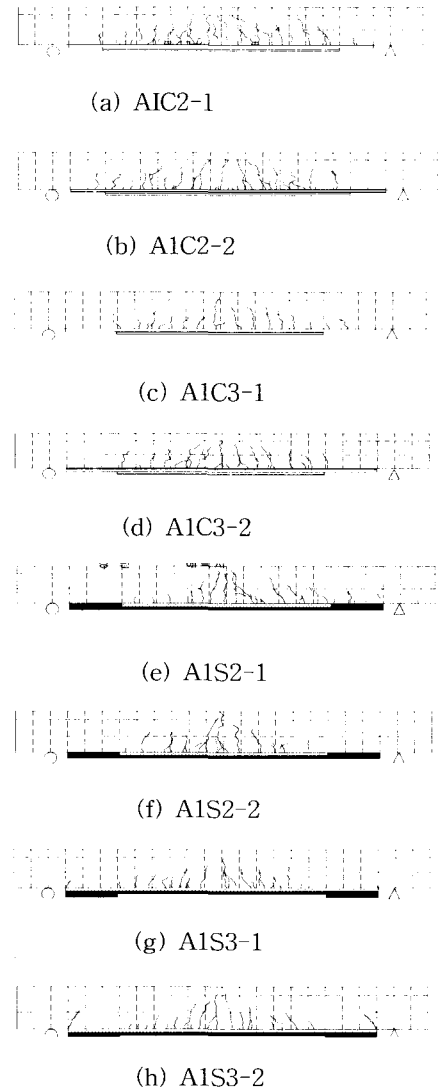


Fig. 7 The final crack shape

열범위는 항복하중을 초과한 이후에는 균열이 일어나는 부분의 증가가 거의 멈추었음을 알 수 있으며 강판 보강된 실험체의 균열범위가 탄소보강 실험체보다 다소 넓게 발생되어 지는 것을 알 수 있다. 최대 균열길이는 항복하중을 넘어선 이후에도 계속 증가하고 있다. 모든 실험체는 하중이 증가함에 따라 실험체 중앙 하단 부근에서 처음 휨 균열이 발생한 뒤 그 갯수가 늘어나 균열발생 위치가 점차 받침점 쪽으로 점차 이동하면서 균열이 증대되어 가는 양상을 보이고 있다. 무보강 실험체의 경우는 일반적인 휨균열 양상 즉, 중앙에서 처음 초기 균열이 발생하고 받침점 쪽으로 이동을 하는 양상을 보이고 있다. 탄소섬유 보강 실험체는 Fig. 5 에서 표현된 실험체 뿐만 아니라 실험에 사용된 실험체 모두가 균열이 보의 지간 전체에 분산되어 골고루 분포되어 있는 경향을 보이고 있다. 이는 보강재 물성의 차이에서 기인된 것으로 탄소섬유의 경우는 탄성계수가 크고 항복점이 없는 직선적인 거동을 하므로, 내부 철근이 항복한 후에도 항복한 지점에서 계속 탄소섬유 보강 재가 내하력을 증가시킨 결과라 판단된다.

실험체의 최종 파괴 후 균열양상을 그린 Fig. 7에 볼 수 있듯이 강판 보강의 경우는 탄소섬유 부착 실험체와는 달리보강재의 단부에서 사인장 균열이 발생하는 경우가 많은 것을 볼 수 있는데 이는 강판보강의 경우 탄소섬유보강 경우에 비해 보강량이 많고 보강재의 길이가 길기 때문이다. 또한 탄소섬유 부착 실험체보다는 균열이 중앙에 집중되어 있는 것을 알 수 있는데 이것은 실험체의 내부 철근과 보강제인 강판이 거의 동시에 항복함으로써 균열이 발생된 지점에서 일단 소성변형이 생기기 시작하면 더 이상 내하력의 증가를 기대할 수 없기 때문에 이미 발생

된 소수의 균열이 큰 균열로 발전하여 파괴에 이르기 때문인 것으로 판단된다. 최종 파괴 형상은 중앙의 균열이 보의 압축측 연단까지 진전하여 압축측 파괴에 도달하였다.

4. 균열양상

Fig. 8은 균열갯수, 균열범위, 최대균열 등을 나타내고 있다. Table 3에서는 총 11개의 실험체를 대상으로 최종 파괴 시 관측된 균열 특성 값을 비교 제시하였으며, 각 실험체의 측정 항복하중을 기준으로 상대 하중을, 그리고 항복하중을 받을 때의 처짐값을 기준으로 상대 처짐값을 표현하였다.

균열특성값은 일정한 높이와 경간 길이를 갖는 보의 받침점과 받침점 사이에서 단위 폭당(N_c/L) 발생하는 균열 개수, 전체 총 균열길이의 합을 보의 높이에 대한 백분율로 나타내어 표현한 평균균열길이(L_c/H), 전체 지간 길이에 대한 균열발생범위의 비로 표현한 균열범위(R_c/L), 균열 개수에 대한 균열 발생범위의 비로 표현된 균열간격(L_c), 보의 높이에 대한 발생 최대균열길이(M/H), 경간대비 균열범위, 평균균열길이로서 단위 폭(1 m)당 면적(cm^2)으로 표현된 균열면적(A_c), 보 깊이를 기준으로 한 평균균열깊이(H_c) 등 총 7개의 균열특성값을 항복하중시의 처짐 백분율을 기준으로 비교 분석하였다. Fig. 9는 실험체의 균열 특성값의 변화를 비교 분석하기 위하여 하중단계별로 정리하였다. Fig. 9를 보면 단위 폭 당 발생하는 균열 개수의 증가 양상은 하중 증가 상태에 따라 각 실험체들이 항복하중의 70-90%에 달하였을 때까지 하중 단계별로 뚜렷한 증가 형태를 띠다가 항복하중을 초과한 이후에는 개수의 증가가 항복하중 이전과는 달리 뚜렷한 증가

Table 3 The value of crack characteristic

Specimen	Loading step				Measured value				Value of crack characteristic						
	Load (t)	Relative load (%)	Displacement (mm)	Relative displacement (%)	① N_c (개)	② L_c (cm)	③ R_c (cm)	④ ML_c (cm)	⑤ N_c/L (개/m)	⑥ L_c/H (%)	⑦ R_c/L (%)	⑧ ML_c/H (%)	H_c (%/개)	I_c (cm/개)	A_c (%/개)
													⑨ = ⑥/①	⑩ = ③/①	⑪ = ⑦*⑨
AINO	4.3	120	22.5	384	13	142	125	19	6.5	568	62.5	76	43.7	9.62	2730
AIS1	8.82	112	17.9	222	21	234	142	21	10.5	936	71	84	44.6	6.76	3164
AIS2-1	9.0	103	23.8	283	18	203	132	22	9	812	66	88	45.1	7.33	2977
AIS2-2	9.17	116	17.6	238	16	145	116	22	8	580	58	88	36.3	7.25	2102
AIS3-1	9.52	109	19.4	238	18	145	116	19	9	580	58	76	32.2	6.44	1868
AIS3-2	9.37	105	23.7	261	17	154	107	21	8.5	616	53.5	84	36.2	6.29	1938
AIC1	6.0	136	15.4	222	20	222	132	21	10	890	66.2	84	44.5	6.63	2948
AIC2-1	5.0	142	13.0	220	23	233	136	20	11.5	934	68	80	40.6	5.91	2761
AIC2-2	6.0	132	15.1	213	25	266	137	22	12.5	106	68.5	88	42.6	5.48	2915
AIC3-1	4.5	118	9.16	152	15	148.5	133	18	7.5	594	66.5	72	39.6	8.87	2633
AIC3-2	6.0	133	14.5	216	19	183	113	22	9.5	732	56.5	88	38.5	5.95	2176

N_c : Crack number

L_c : Crack length

R_c : Crack range

ML_c : Max crack length

N_c/L : Ratio of crack number to beam length

L_c/H : Ratio of crack length to beam height

R_c/L : Ratio of crack range to beam length

ML_c/H : Ratio of max crack to beam height

H_c : Average crack height

I_c : Average crack interval

A_c : Relative crack area

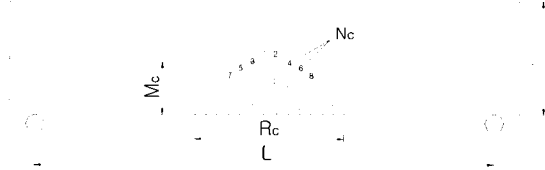
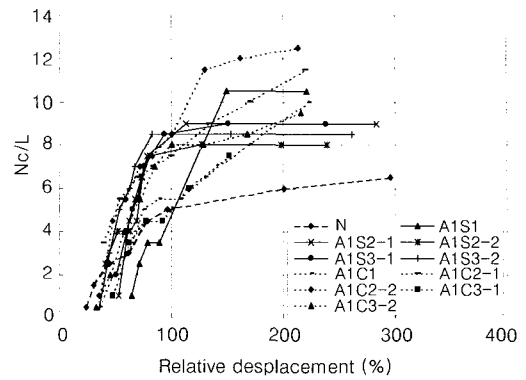


Fig. 8 Crack parameters

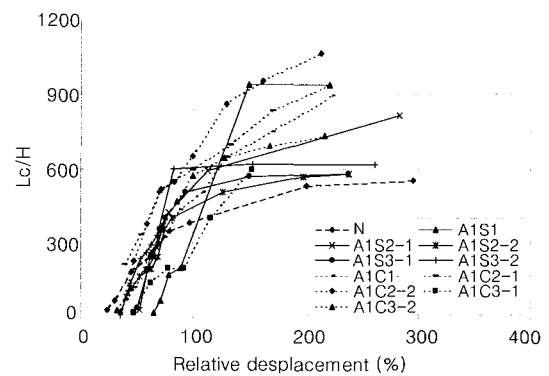
추세를 나타내지 않았다.

이는 실험체의 항복하중 이후에는 내부 주철근의 항복으로 인해 더 이상의 내하력 증진이 어려워서 균열의 수가 늘기보다 발생 균열의 폭이 증가 즉, 큰 균열로 발전하기 때문이다. 균열의 개수는 항복하중 이후에는 그렇게 많은 증가폭을 보이지 않는데 균열길이의 증가 이유는 항복하중 이전에 발생된 균열이 큰 균열로 발생되면서 각 균열의 길이가 증가하는 모습을 보였기 때문이다. Fig. 9(b)의 균열길이는 항복하중 이후에도 실험체 별로 약 150-200% 지점까지 계속 증가하는 양상을 보이고 있다. Fig. 9(c)의 최대 균열길이는 항복하중의 150% 도달하였을 때는 대부분 보 높이의 70-90% 까지 도달하여 압축축 파괴지점에 도달하게 된다. Fig. 9(d)의 전체 경간 길이에 대한 균열 발생 범위의 비로서 표현된 균열 범위는 항복하중 이전 70-90%까지 경간에 대한 단위 폭의 40-60%까지 발생 범위가 증가 및 균열 범위의 발전이 멈추었다 다시 증가하는 양상을 보이고 있다. 균열 범위의 발전이 잠시 멈춘 이유는 이 때 내부 주철근이 항복에 이르는 상태이기 때문이다. 철근의 항복이후 보강재가 내력을 받아서 균열 범위의 증가를 보인다. Fig. 9(e)의 보 깊이를 기준으로 한 평균 균열 높이는 항복하중점 근처에서 보 깊이의 30-45%에 수렴을 하고 항복 하중점 이후에는 큰 변화 없이 소폭 증가하는 것을 관측할 수 있었다. Fig. 9(f)의 균열 간격은 균열 개수에 대한 균열 발생 범위의 비로서 실험체들 모두 항복하중의 50-70% 사이까지 지속적 감소와 소폭의 증감이 있었으며 80% 이후에는 거의 일정한 양상을 보였다. 그리고 각 데이터의 항복하중 이후에 측정치가 5-10 cm 사이에 수렴하는 양상을 보

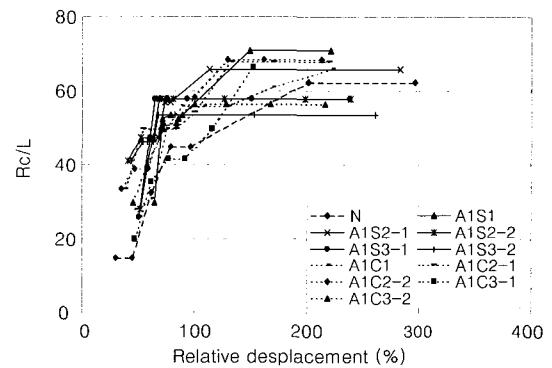
였다. Fig. 9(g)를 보면 균열면적 $A_c = C_a \left(\frac{R_c}{L} \right) (H_c)$ 에서 C_a 는 0~1 사이의 값인데 보통 1/2~2/3이다. 1/2 일 때는 균열면적 A_c 의 형상이 삼각형인 경우이고 2/3 일 때는 균열면적의 형상이 반원형이다. 강판보강의 경우 균열 면적의 형상이 삼각형이고 탄소섬유보강의 경우는 반원형이기 때문에 강판보강의 균열면적이 보다 작게 나오는 것을 알 수 있다. 본 실험에서 관측된 실험 데이터들은 다소 약간의 편차가 있었으나 대부분 동일한 균열 특성값을 보이고 있음을 알 수 있었다.



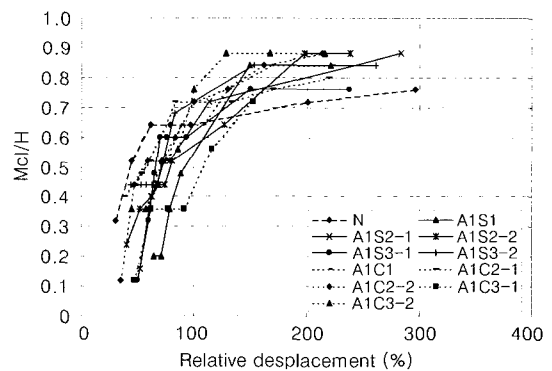
(a) Crack number



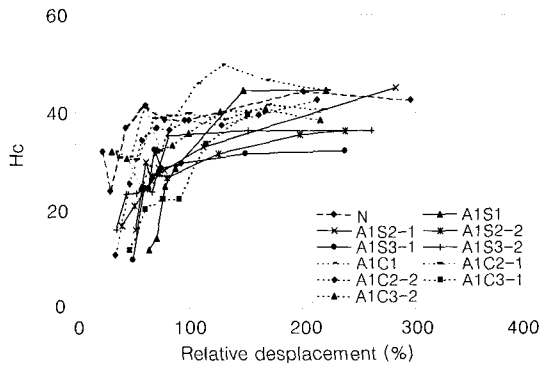
(b) Crack length



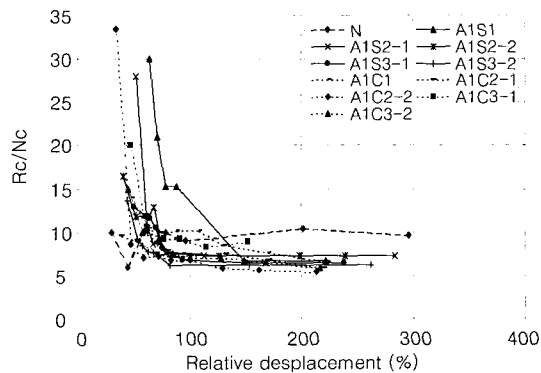
(c) Crack range



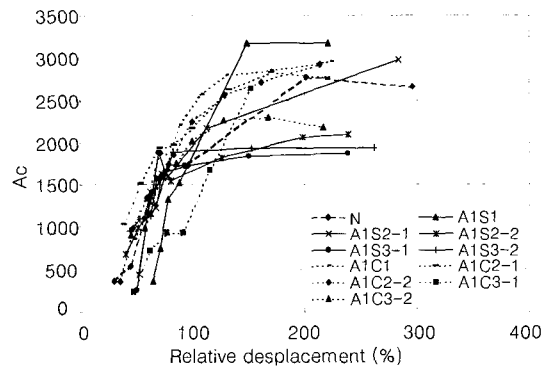
(d) Max crack length



(e) Average crack height



(f) Average crack interval



(g) Relative crack area

Fig. 9 Relationship between relative reflection and crack characteristic

5. 결 론

휨 부재가 파괴에 이르는 동안 균열의 발전 단계를 분석하여 균열의 객관적인 측정값과 구조물의 손상상태와의 상관관계를 측정하고자 실험결과를 분석한 결과 다음과 같은 결과에 도달하였다.

- 1) 균열의 특성값 중 균열 간격, 균열 면적, 균열 범위,

최대 균열길이 등이 상당히 편차가 작은 특성값이 될 수 있음을 보이고 있다.

- 2) 단위 길이 당 균열개수는 항복하중의 70-90%까지 뚜렷한 증가 추세를 보인다. 항복하중을 초과한 후로 증가량이 감소한다. 균열길이는 항복하중의 150-200%의 처짐이 발생할 때까지 지속적으로 증가되었으며 균열 범위는 항복하중 이전 70-90%까지 단위 폭(1m)의 40-60%까지 증가 및 진전 없이 유지되다가 다시 증가하는 양상을 보인다.

- 3) 균열간격은 항복하중의 50-70%까지 지속적 감소와 소폭의 증감이 있으며 80% 이후에는 거의 변화없이 일정한 양상을 보인다. 그리고 항복하중 이후의 측정 간격이 5-10 cm 사이에 수렴하였다. 보의 균열 간격은 철근 배근량에 따라 편차가 있으며 최대 균열길이는 항복하중의 150% 정도 재하시 보 높이의 70-90%까지 도달하여 압축축 파괴지점에 도달한다.

- 4) 균열면적은 항복 하중의 약 80%정도에서 1500~2000 cm²에 수렴하고 항복하중 150%지점에서 2000~3000 cm²에 수렴하는 양상을 보인다.

- 5) 평균 균열높이는 항복 하중점 근처에서 보 높이의 30~45%에 수렴하고 항복 하중점 이후에는 소폭 증가를 보인다.

- 6) 후후 균열 특성값의 명확한 규명을 위하여 실험체의 재원, 콘크리트 및 철근 강도, 철근비 등의 변수를 달리하여 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

6. 참고문헌

1. 송병표, 한만엽, 황의승, 홍영균, “보수 보강재료의 공법 개발연구,” 한국콘크리트학회, 1997년도, 봄 학술발표회 논문집, pp.592~597
2. 신영수, 최완철, 홍기섭, 홍영균, “탄소섬유쉬트로 밀면 보강된 철근콘크리트 보강된 철근콘크리트보의 구조적 거동에 관한 연구,” 대한건축학회 논문집 제11권 8호, 1995. pp.249~257
3. 홍영균, 최완철, 홍기섭, 신영수, 김유식, 류해준, “에폭시 접착 강판으로 보강된 철근보의 구조적 거동에 관한 연구,” 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 1994.5, pp.25~29
4. 한만엽, 김보형, “실구조물의 손상상태를 평가하기 위한 기초적 균열연구,” 1999년도 대한토목학회 가을 학술발표회 논문집, pp.461~464
5. 심종성, 유태석, “R/C구조물에 발생된 균열의 유형고찰,” 산업과학연구소논문집, 제40집, 1995년, pp.51-57
6. 한만엽, 송병표, “보강재의 변형 부작에 따른 보의 구조적 거동,” 한국콘크리트학회 논문집, 제10권 3호 1998.6 pp.197~206

요 약

건설된지 오래되어 보강이 필요한 구조물이 증가하고 있다. 이런 구조물들은 현재 상태에 대한 정확한 평가가 있어야만 보강여부 및 보강 방법 등을 결정할 수 있다. 따라서 손상정도를 평가하는 객관적인 방법이 절실히 필요하나, 균열이나 처짐과 같이 관측이 용이한 구조물의 변화 특성을 이용하여 기존 구조물의 손상 상태를 평가하는 연구가 지금까지는 거의 없는 상태이다. 본 연구에서는 하중의 증가에 따른 균열 특성을 측정, 분석하고, 균열 특성 값과 실 구조물의 손상상태, 또는 재하 상태와의 상관관계를 규명하기 위하여, 11개의 실험체를 대상으로 다양한 균열 특성 값을 측정, 도출, 분석하였다. 본 연구에서 검토된 균열 특성 값에는 균열 개수, 균열 길이, 균열 범위, 균열 간격, 최대 균열길이, 균열 면적, 평균 균열길이 등이 검토되었다.

분석결과는 항복 하중시 측정된 처짐 값을 기준으로 각각 하중 단계별 처짐 값을 백분율로 명시한 상대 처짐 값과 표준화된 균열 특성 값의 상관관계를 규명하였다. 이렇게 표준화된 여러 개의 균열 특성 값 중 균열 간격, 균열 면적, 균열 범위, 최대 균열길이 등의 상대 처짐 값과의 상관관계가 밀접한 것으로 나타났다. 따라서, 실 구조물에서도 균열을 측정하여 표준값을 찾아내면, 그 구조물에 작용하는 하중의 크기나 과거에 받았던 최대 하중의 크기를 추정하는데 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 구조물의 손상단계를 보다 신뢰성 높게 추정하기 위해서는 실험체의 제원, 콘크리트 및 철근의 강도, 철근비 등의 다양한 변수가 앞으로 계속 연구되어야 할 것이다.

핵심용어 : 철근콘크리트, 구조물, 보수보강, 손상상태평가, 균열특성, 처짐, 보실험
