

비부착 긴장재의 응력변화에 영향을 미치는 변수들의 상호관계에 대한 실험적 고찰

문정호¹⁾ · 이선화¹⁾ · 이창규¹⁾ · 임재형^{2)*}

¹⁾한남대학교 건축공학과 ²⁾우송공업대학 건축과

(2000년 10월 14일 원고접수, 2001년 1월 14일 심사완료)

Experimental Study for Interrelation of Influential Parameters on Unbonded Tendon Stress Variation

Jeong-Ho MOON¹⁾, Sun-Hwa LEE¹⁾, Chang-Kyu LEE¹⁾, and Jae-Hyung LIM^{2)*}

¹⁾ Department of Architectural Engineering, Hannam University, Daejeon, 300-791, Korea

²⁾ Department of Architectural Engineering, Woosong Technical College, Daejeon, 300-100, Korea

(Received October 14, 2000, Revised January 14, 2001)

ABSTRACT

The purpose of this paper was to investigate the relations between the unbonded tendon stress and the influential parameters which were bonded reinforcement ratio, span/depth ratio, and loading type. To this end, first, the influence of parameters were examined with twenty eight test results obtained from references. Then, an experimental study was carried out with 21 test specimens. The investigation with previous and current tests revealed the followings: (1) The bonded reinforcement ratio and prestressing ratio were proved to be an important variables on the unbonded tendon stress. (2) The ratio of span to depth and type of loading affected partially the unbonded tendon stress although their effects varied depending on bonded reinforcement ratio. (3) AASHTO LRFSD Code and Moon/Lim's design equation predicted the test results well with some safety margins.

Keywords : unbonded tendons, reinforcing index, loading type, span/depth ratio

1. 서 론

기존의 연구결과^{1,2)}에 의하면 현행의 ACI 규준식³⁾은 비부착 긴장재의 극한응력을 매우 안전측으로 평가하고 있는 것으로 나타났다. 이에 Moon/Lim^{4,5)}은 비부착 긴장재의 극한응력을 현행의 ACI 규준식보다 적절하게 평가할 수 있는 식으로 수정하기 위하여 일련의 연구를 진행하였다. 우선 기존의 실험결과를 이용한 통계분석으로 새로운 설계식을 제안⁶⁾하였으며, 이에 따른 실험연구⁴⁾에서는 유효프리스트레스의 크기, 일반철근 양, 긴장재 양, 경간/깊이 비, 콘크리트 강도, 작용하중 형태 등의 변수가 비부착 긴장재의 극한응력에 영향을 미친다는 사실을 증명하였다. 그리고, ACI 규준식이 비부착 긴장재의 극한응력을 과대평가하는 요인에 대해서도 실험적 연구⁷⁾를 실시하였다. 실험결과, 보강비가 최대보강비 $0.36\beta_1$ 에 근접하는 경우와 유효 프리

스트레스의 크기가 클 경우, 긴장재가 중립축에 근접하여 배치되는 경우, 균열분포 구간길이가 작게 발생하는 경우에 대해서는 ACI 규준식이 비부착 긴장재의 응력증가량을 과대평가하는 것으로 나타났다. 그러나, 일련의 실험연구^{3,4)}에서 보강비, 경간/깊이 비, 작용하중의 형태 등에 관한 보다 포괄적인 연구가 필요한 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 보다 상세한 변수를 대상으로 한 실험을 통하여 Δf_{ps} , 균열분포 구간길이비, 변위 등의 결과를 분석하여 비부착 긴장재의 극한응력을 평가하는데 보다 합리적인 자료를 제공하는데 궁극적인 목적이 있다.

2. 기존 연구 결과의 분석

Fig. 1은 참고문헌(4),(5) 연구의 결과로 인장철근 양(ρ)의 변화에 따른 긴장재의 응력변화를 나타낸 것이다. 참고문헌(4)의 실험체의 경우에 일반철근이 ACI 규준에서 정하는 최소철근비 0.4% 정도가 배근된 것이며, 참고문헌(5)의 실험체의 경우에는 ACI 규준에서 정하는 최대보강비 0.36

* Corresponding author

Tel : 042-629-6415 Fax : 042-629-6421

E-mail : jhlim@woosongtech.ac.kr

β_1 정도가 배근된 실험체이다. 전체적으로 실험체는 일반철근 양이 많아질수록 Δf_{ps} 의 값이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 ACI 규준식에 의한 값과 실험값을 비교하여 보면 일반철근 양이 적은 경우에는 ACI 규준값이 실험값보다 긴장재의 응력을 과소평가 하고 있으며, 일반철근 양이 많은 경우에는 과대평가되는 경향이 나타났다. 이는 비부착 긴장재의 극한응력 산정시 일반철근은 반드시 고려되어야 할 중요한 변수임을 나타내는 결과이다. 그러나 현재까지 일반철근에 관한 실험적 증명은 최소 철근비와 최대 보강비를 갖는 부재에 대한 실험만이 이루어졌다. 따라서 본 연구에서는 일반철근의 영향에 관한 보다 포괄적인 연구를 실시하고자 하였다.

Fig. 2는 경간/깊이 비(L/d_p)의 변화에 따른 비부착 긴장재의 응력변화에 관하여 나타낸 것이다. 참고문헌(4)은 등분포 하중을 받는 최소 철근비 0.4% 근처의 보강비를 갖는 실험체로서 두가지 뚜렷한 경향이 나타난다.

첫째, 경간/깊이 비가 증가할수록 긴장재의 응력증가량은 점차 감소한다.

둘째, 경간/깊이 비가 큰 경우에 긴장재의 응력증가량은 미소한 변화를 보인다.

그러나, 참고문헌(4)의 실험은 경간/깊이 비와 함께 다른 변수도 변화하였기 때문에 이에 따른 복합적인 요인이 변수로서 작용했을 가능성을 배제할 수 없다. 또한 경간/깊이 비에 대한 전체적인 흐름을 살펴보기 위해서는 경간/깊이 비가 15이하인 실험체에 대해서도 고려하여야 함을 알 수 있었다. 따라서 다른 조건을 동일하게 하고 경간/깊이 비의 변화만을 고려한 보다 세부적인 연구를 실시하였다.

Fig. 3은 참고문헌(4),(5)의 실험결과를 작용하중의 형태에 따른 긴장재의 응력변화와 균열분포 구간길이비(L_c/L)로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 1점 집중하중이 작용하는 경우에는 균열분포 구간길이가 길어질수록 긴장재의 응력증가량은 감소하는 경향이 나타나고 있으며, 등분포 하중이 작용하는 경우에는 긴장재의 응력증가량이 뚜렷한 변화를 나타내고 있지 않았다. 이는, 등분포 하중이 작용하는 경우에 최대 모멘트 구간이 길어져서 일정 길이 이상의 균열분포 구간길이가 확보되었으나, 1점 집중하중이 작용하는 경우에는 일반철근의 영향이 보다 크게 작용하였기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 일반적으로 일반철근은 비부착 긴장재를 갖는 부재에서 균열을 분산시키는 역할을 하는데, 일반철근의 양이 많아지는 경우(주로 B영역에 있는 실험체)에서는 일반철근이 균열을 분산시키는 역할을 하기 때문에 균열분포 구간길이는 증가하게 된다. 그러나, 이와 같이 균열분포 구간길이가 증가함에도 불구하고 긴장재의 응력증가량이 감소하는 이유는 단면에 대한 평형방정식에서 일

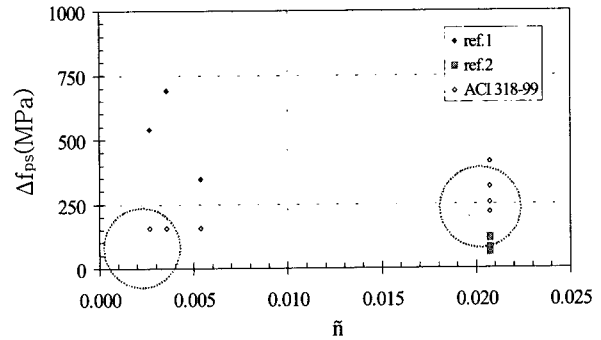


Fig.1 Reinforcing ratio ρ vs. Δf_{ps}

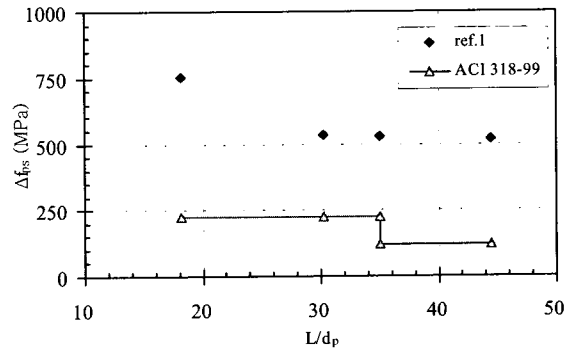


Fig. 2 Span/depth ratio L/d_p vs. Δf_{ps}

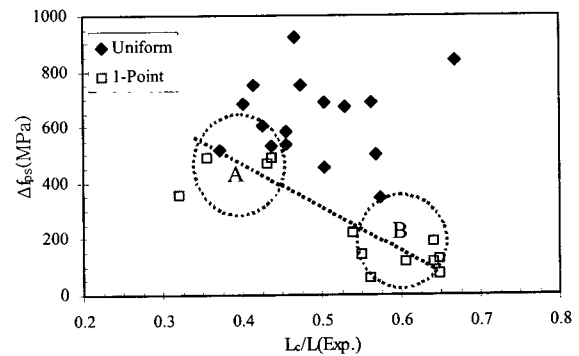


Fig. 3 Length ratio of crack distribution zone vs. Δf_{ps}

반철근의 양이 많아지면 긴장재가 부담하고 있는 응력을 일반철근이 나누어 부담하기 때문에 긴장재의 응력증가량은 오히려 감소하는 결과가 나타난 것으로 판단된다.

3. 실험

실험은 기존에 진행되었던 일련의 실험결과에 대한 분석을 토대로 보다 자세한 분석이 필요하다고 여겨지는 부분

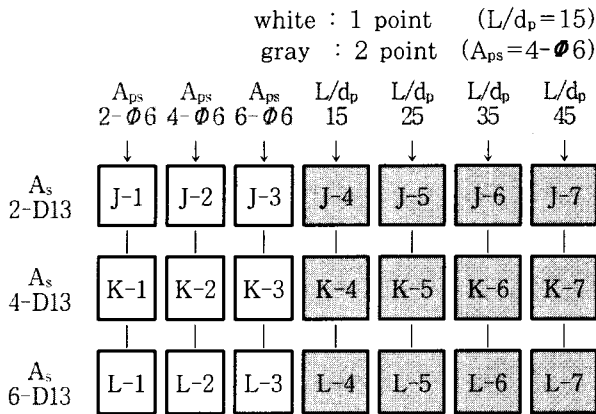


Fig. 4 Specimen layout

을 중심으로 진행되었다. 계획된 실험체는 총 21개로서 Table 1과 같으며, 전체적으로 작용하중 형태, 긴장재 양, 일반철근 양과 같은 변수에 따라 3개의 계열로 나누어진다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 계열 3과 4를 경계로 1점 집중하중이 작용하는 경우와 2점 집중하중이 작용하는 경우로 나뉘어지며, J, K, L 계열은 일반철근의 양이 변수이며, 1, 2, 3 계열은 긴장재 양이 변수이고, 4, 5, 6, 7 계열은 경간/깊이 비에 따라 나누어진다. 실험체 상세는 Fig. 5와 같다.

4. 실험결과에 대한 고찰

4.1 인장철근 양에 의한 영향

Fig. 6은 인장철근의 양에 따른 비부착 긴장재의 응력변화 분포에 대하여 나타낸 것으로 Fig. 6(a)는 참고문헌 (4),(5)의 실험값도 포함하고 있다. 그림의 점선과 같이 인장철근의 양은 비부착 긴장재의 응력변화에 지배적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 대하여 보다 상세하게 분석하기 위하여 Fig. 6(b)와 같이 인장철근 만을 변수로 한 실험체(J, K, L-1, 2, 3)를 통하여 세부적으로 나타내었다. 일반적인 경향은 인장철근의 양이 증가함에 따라 비부착 긴장재의 응력증가량이 감소하는 것처럼 나타나고 있으나, 실험체 중에서 긴장재가 많이 배근된 J, K, L-3계열의 경우(○ 표시)는 인장철근의 양이 증가하고 있음에도 불구하고 거의 동일한 긴장재의 응력증가량을 나타내고 있다. 이는 일반철근의 양에 의한 영향보다는 긴장재 양에 의한 영향이 지배적으로 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

따라서, 일반철근의 양은 일반적으로 비부착 긴장재의 응력 증가량에 영향을 미치지, 긴장재의 양이 증가하여 보강비가 커지는 경우에는 일반철근의 효과보다는 긴장재의 양에 의한 효과가 증가하므로 비부착 긴장재의 응력변화가 적게 나타나는 것으로 사료된다.

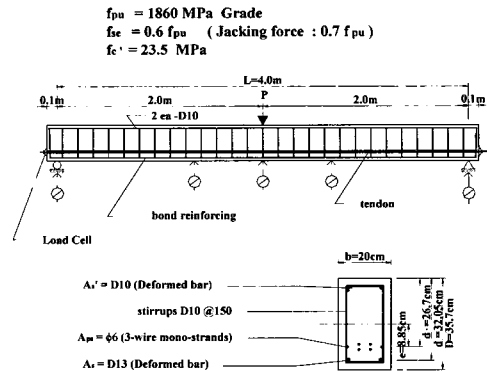


Fig. 5 Typical specimen

Table 1 Specimen lists

Spec.	b × h (cm)	Loading type	A _{ps} (ρ _p)	A _s (ρ)	A _s ' (ρ')	L (cm)	L/d _p		
J-1	20.0 x 35.1	1-point	2-Ø6 (0.00074)	2-D13 (0.004)	400	15			
J-2			4-Ø6 (0.00148)						
J-3			6-Ø6 (0.00223)						
J-4	20.0 x 35.1	2-point	4-Ø6 (0.00148)				4-D13 (0.008)	2-D10 (0.002)	15
J-5									25
J-6									35
J-7									45
K-1	20.0 x 35.1	1-point	2-Ø6 (0.00074)	4-D13 (0.008)	2-D10 (0.002)	15			
K-2			4-Ø6 (0.00148)						
K-3			6-Ø6 (0.00223)						
K-4	20.0 x 35.1	2-point	4-Ø6 (0.00148)			4-D13 (0.008)	2-D10 (0.002)	15	
K-5								25	
K-6								35	
K-7								45	
L-1	20.0 x 35.1	1-point	2-Ø6 (0.00074)	6-D13 (0.012)	15				
L-2			4-Ø6 (0.00148)						
L-3			6-Ø6 (0.00223)						
L-4	20.0 x 35.1	2-point	4-Ø6 (0.00148)			6-D13 (0.012)	15		
L-5								25	
L-6								35	
L-7								45	

* Note : Straight tendon profile
 f_{pu} = 1860 MPa Grade
 Ø6 = 0.1982 cm² (3-wire mono-strand)
 f_{se} = 0.6f_{pu}
 f_y = 420 MPa Grade
 D10 = 0.71 cm² (Deformed bar)
 D13 = 1.27 cm² (Deformed bar)

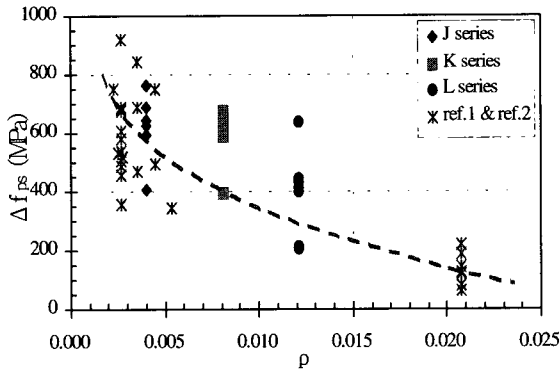


Fig. 6(a) Reinforcing ratio vs. Δf_{ps}

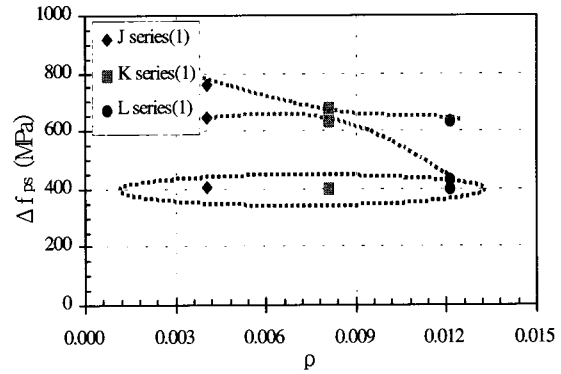


Fig. 6(b) Reinforcing ratio vs. Δf_{ps}

Table 2. Test results

Specimen	f_{se} (kN)	f_{ps} (kN)	Δf_{ps} (kN)	P_{cr} (kN)	P_{max} (kN)	P_{max} / P_{cr}	δ_{max} (mm)	L_c (mm)
J-1	22.12	37.23	15.11	22.38	54.08	2.42	97.2	164
J-2	22.05	34.87	12.82	30.62	71.85	2.35	94.0	167
J-3	22.17	30.21	8.04	36.28	73.03	2.01	43.2	141
J-4	22.13	33.93	11.81	24.12	97.54	4.04	59.2	203
J-5	22.19	35.76	13.57	29.81	56.73	1.90	123.4	224
J-6	22.13	34.46	12.33	12.06	33.86	2.81	168.4	238
J-7	22.11	35.70	13.59	12.55	27.67	2.20	194.4	265
K-1	22.16	35.57	13.41	24.12	79.41	3.29	74.8	241
K-2	22.13	34.65	12.53	29.81	92.95	3.12	90.6	224
K-3	22.18	30.03	7.85	38.54	102.57	2.66	39.8	179
K-4	22.16	34.78	12.62	46.28	134.9	2.91	59.4	242
K-5	22.12	33.72	11.60	17.65	79.16	4.48	98.2	259
K-6	22.14	34.15	12.00	13.14	49.76	3.79	150.2	280
K-7	22.13	34.19	12.06	16.87	41.71	2.47	185.2	214
L-1	22.13	34.74	12.61	32.85	103.94	3.16	71.0	264
L-2	22.11	30.70	8.60	35.01	110.81	3.17	47.0	262
L-3	26.88	34.78	7.89	39.22	129.66	3.31	40.0	267
L-4	22.10	30.33	8.23	45.50	162.05	3.56	42.0	312
L-5	22.13	30.99	8.85	22.75	94.62	4.16	69.2	278
L-6	22.14	26.38	4.23	13.24	58.69	4.43	56.2	280
L-7	22.15	26.29	4.15	13.83	45.24	3.27	61.2	273

* NOTE f_{se} : Effective prestress /lea
 f_{ps} : Ultimate tendon stress /lea
 Δf_{ps} : Tendon stress increase /lea
 P_{max} : Maximum load
 P_{cr} : Initial cracking load
 δ_{max} : Maximum deflection
 L_c : Plastic hinge length

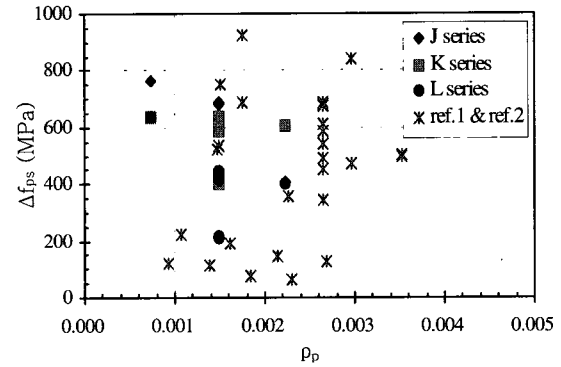


Fig. 7(a) Prestressing ratio vs. Δf_{ps}

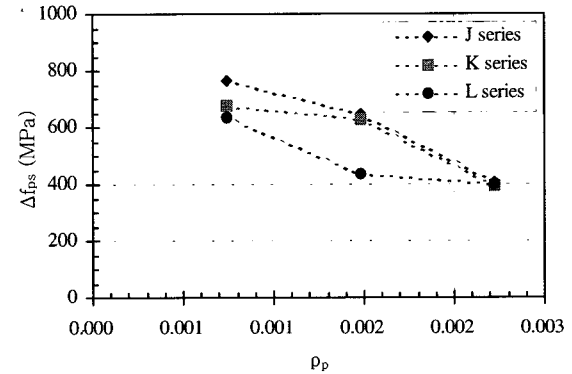


Fig. 7(b) Prestressing ratio vs. Δf_{ps}

4.2 긴장재 양에 의한 영향

Fig. 7(a)는 긴장재 양에 따른 비부착 긴장재의 응력에 관하여 나타낸 그래프이다. 여기에서는 긴장재 양과 긴장재의 응력증가량의 관계가 다소 분산되는 경향을 보였다. 이것은 그래프에 이용된 실험체들이 긴장재 양 이외에 다른 변수들이 복합적으로 포함되어 있기 때문으로 사료된다.

따라서, Fig. 7(b)와 같이 다른 변수들을 배제한 실험결과를 살펴보면, 긴장재 양이 증가할수록 긴장재의 응력증가

량은 감소하는 경향을 보인다. 이것은 긴장재 양이 증가할 수록 개별 긴장재가 부담하는 응력이 감소하기 때문으로 판단된다.

4.3 경간/깊이 비에 의한 영향

Fig. 8은 경간/깊이 비에 따른 긴장재의 응력증가량을 나타낸 것이다. 실험은 경간/깊이 비가 15, 25, 35, 45 일 때로 실시되었다.

실험결과, 인장철근의 양이 비교적 적은 J, K계열($\rho = 0.004 \sim 0.008$) 실험체에서는 경간/깊이 비에 따른 긴장재의 응력증가량의 변화가 거의 나타나지 않았고, 인장철근이 비교적 많은 L계열($\rho = 0.012$) 실험체에서는 경간/깊이 비가 증가함에 따라 비부착 긴장재의 응력증가량이 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또한 L계열의 경우에는 경간/깊이 비가 25에서 35로 증가할 때 긴장재의 응력증가량이 약 50% 정도로 감소하였다. 즉, 인장철근 양이 많은 경우에는 경간/깊이 비에 대한 결과가 ACI 규준과 비슷한 결과를 나타내고 있다는 것이다.

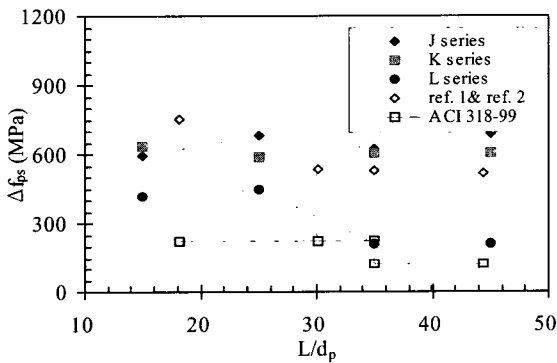


Fig. 8 Span/depth ratio vs. Δf_{ps}

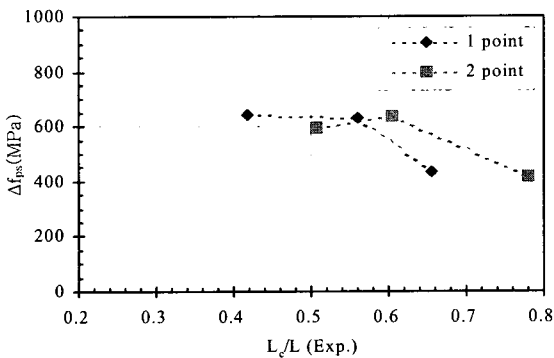


Fig. 9 Effects of loading types

4.4 작용하중 형태에 의한 영향

Fig. 9는 작용하중 형태에 따른 비부착 긴장재의 응력변화에 대하여 나타낸 그래프이다. 실험체는 긴장재의 양($\rho_p = 0.00148$)을 동일한 조건으로 하여 1점 집중하중이 작용하는 2계열과 2점 집중하중이 작용하는 4계열로 구성되어 있다. 그림에서 알 수 있듯이 참고문헌(4)의 실험결과와는 다르게 1점 집중하중이 작용하는 경우와 2점 집중하중이 작용하는 경우에서 모두 비부착 긴장재의 응력증가량의 변화가 거의 비슷하게 나타나고 있다. 왜냐하면 참고문헌(4)의 실험에는 인장철근비(ρ)가 0.0024~0.0048로서 최소철근비 0.4% 근처의 보장비를 가지고 있었기 때문에 인장철근에 의한 영향보다는 작용하중의 형태에 의한 영향이 지배되기 때문으로 판단된다. 그러나, 본 연구에서는 인장철근비(ρ)가 0.004~0.012이므로 인장철근비에 의한 영향이 작용하중의 형태에 의한 영향보다 지배적으로 나타났으며, 본 연구의 실험체중에서도 인장철근비(ρ)가 0.004인 J계열의 실험체에서는 1점 집중하중에 의한 응력증가량과 2점 집중하중에 의한 응력증가량이 다소 차이를 나타내고 있었다. 이와 같이 인장철근이 많이 배근된 실험체의 경우에 작용하중의 형태에 의한 영향이 미약하게 나타나는 것은 일반철근이 주로 균열을 분산시키는 역할을 하고 있었기 때문으로 사료된다.

그런데 Harajli/Kanj의 연구⁷⁾에서는 작용하중의 형태는 비부착 긴장재의 응력증가량에 영향을 미치지 못하는 변수라고 발표하였다. 이들이 발표한 연구의 내용에서 실험체에 배근된 인장철근의 양을 살펴보면 인장철근비(ρ)비가 0.0048~0.0103 이었다. 따라서 본 연구의 실험결과에 따라 분석한다면 작용하중의 형태에 의한 영향보다는 일반철근의 영향에 의한 효과로 인하여 작용하중 형태의 효과가 미소하게 나타난 것으로 판단할 수 있다.

5. 설계식 비교

참고문헌(4),(5)의 실험결과와 본 연구의 실험결과를 기존의 설계식들과 상호·비교하여 그 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 비교를 위한 설계식들은 ACI 규준식(식 1)³⁾, AASHTO LRFD 규준식(식 2)⁸⁾, Moon/Lim의 설계식(식 3)⁶⁾, Allouche et al.의 설계식(식 4)²⁾이다. 이들 식 중에서 기존의 연구에서 인용되지 않았던 Allouche et al.의 설계식은 최근에 제안된 설계식으로 캐나다 규준식을 수정한 제안식이다. 이 식에서는 연속경간의 부재에서도 비부착 긴장재의 극한응력을 적절하게 평가할 수 있도록 작용하중의 형태 및 패턴하중에 따른 소성인성 효과를 고려하도록 한 것이다.

이상의 설계식에 의한 값과 실험값을 비교한 결과, Fig. 10(b)의 AASHTO LRFD 규준식과 Fig. 10(c)의

Moon/Lim의 설계식은 비교적 만족스러운 상관관계를 나타내었다.

$$f_{ps} = f_{se} + 69 + \frac{1.4f_c'}{k \rho_p} \quad (1)$$

$$k = 100(L/d_p \leq 35)$$

$$k = 300(L/d_p > 35)$$

$$f_{ps} = f_{se} + \Omega_u E_{ps} \epsilon_{cu} \left(\frac{d_p}{c} - 1 \right) \frac{L_1}{L_2}$$

$$f_{ps} \leq 0.94f_{py} \quad (2)$$

$$\Omega_u = \frac{1.5}{L/d_p} \quad (1\text{-point loading})$$

$$\Omega_u = \frac{3.0}{L/d_p} \quad (2\text{-point or uniform loading})$$

$$f_{ps} = 70 + 0.8f_{se} + \frac{1}{15} \frac{(A_s' - A_s)f_y}{A_{ps}} + 6.5 \sqrt{\frac{d_s}{d_p} \frac{f_c'}{\rho_p} \left(\frac{1}{f} + \frac{d_p}{L} \right)} \quad (3)$$

$$f_{se} + 70 \leq f_{ps} \leq f_{py}$$

$$f_{ps} = f_{se} + \frac{8000}{l_e'} (d_p - c_y) \left[1 + \left(\frac{c_y}{d_p} \right)^2 \right]$$

$$f_{se} + 70 \leq f_{ps} \leq f_{py} \quad (4)$$

$$c_y = \frac{A_{ps}f_{py} + A_s f_y}{\alpha_1 \beta_1 f_c' b_w}$$

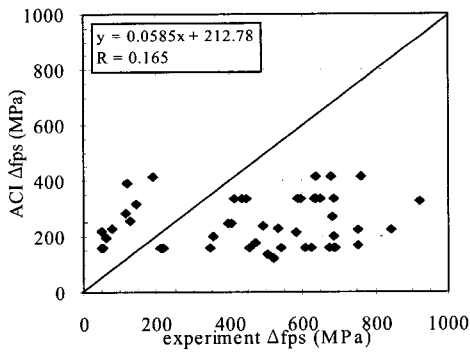


Fig. 10(a) ACI 318-99 Code

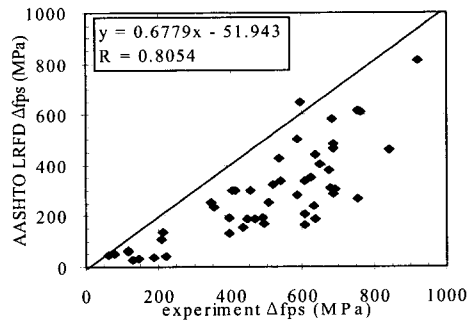


Fig. 10(b) AASHTO LRFD code

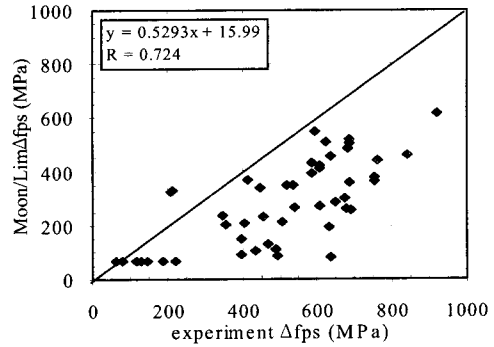


Fig. 10(c) Moon/Lim's equation

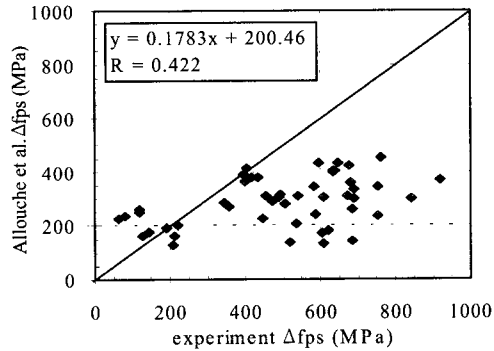


Fig. 10(d) Allouche et al.'s equation

6. 결 론

1) 일반철근 양은 비부착 긴장재의 응력증가량에 영향을 미치는 중요한 변수이다. 그러나 긴장재 양이 많이 배근되어 최대 보강비 $0.36\beta_1$ 에 근접하였을 경우에는 긴장재의 양에 의한 효과 때문에 일반철근의 양에 따른 효과가 미소하게 나타났다.

2) 경간/깊이 비는 보강비가 최대 보강비 $0.36\beta_1$ 에 근접하였을 경우에만 긴장재의 응력증가량에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서, 경간/깊이 비에 의한 비부착 긴장재의 응력변화는 보강비와 관련하여 고려하는 것이 바람직하다고 사료된다.

3) 작용하중의 형태는 보강비가 적을 경우에만 비부착 긴장재의 응력증가량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

4) 비부착 긴장재의 극한응력을 산정하는 설계식 중에서 AASHTO LRFD 기준식과 Moon/Lim의 설계식은 다른 설계식에 비하여 비부착 긴장재의 극한응력을 비교적 적절하게 평가하고 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어 졌으며, 실험용 비부착 긴장재를 지원해 주신 (주)고려제강에도 감사드립니다.

참고문헌

1. Naaman A. E., and Alkhairi F. M., "Stress at Ultimate in Unbonded Post - Tensioning Tendons. Part II: Proposed methodology", *ACI Structural Journal*, Vol.88, No.6, 1991, pp.683~692.
2. Allouche E. N., Campbell T. I., Green M. F., and Soudki K. A., "Tendon Stress in Continuous Unbonded Prestressed Concrete Members - Part 2 : Parametric Study", *PCI Journal*, Vol.44, No.1, 1999, pp.60~73.
3. ACI Committee 318, "*Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (ACI 318R-99)*", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, p.365.
4. 임재형, 문정호, 이리형, "비부착 긴장재의 응력에 영향을 미치는 중요변수에 대한 실험연구", 한국콘크리트학회 논문집, 제 11권 1호, 1999, pp.209~219.
5. 이종윤, 임재형, 문정호, 신경재, "비부착 긴장재를 갖는 프리스트레스트 콘크리트 보에서 긴장재 응력의 과대 평가", 한국콘크리트 학회 논문집, 제11권 4호, 1999, pp.73~81.
6. Lee L. H., Moon J. H., and Lim J. H., "Proposed Methodology for Computing of Unbonded Tendon Stress at Flexural Failure", *ACI Structural Journal*, Vol.96, No.6, 1999, pp.1040~1048.
7. Harajli M. H., and Kanj M. Y., "Ultimate Flexural Strength of Concrete Members Prestressed with Unbonded Tendons", *ACI Structural Journal*, Vol.88, No.6, 1991, pp.663~673.
8. AASHTO, "*AASHTO LRFD Bridge Design Specification*", SI unit 1st Ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, 1994.

요 약

본 연구는 비부착 긴장재의 응력 변화와 균열분포 구간길이에 영향을 미치는 변수에 관한 연구로서, 일반철근의 양, 긴장재 양, 경간/깊이 비, 작용하중 형태 등의 변수를 중심으로 실험을 실시하였다. 실험은 일련의 기존연구를 토대로 재검증이 필요한 부분에 관하여 이루어 졌다.

실험결과, 일반철근의 양과 긴장재 양은 비부착 긴장재의 응력 변화에 영향을 미치는 중요한 변수인 것으로 나타났으며, 경간/깊이 비와 작용하중의 형태는 일반철근의 양에 따라 국부적으로 비부착 긴장재의 응력 변화에 영향을 미치는 변수로서 역할을 하는 것으로 나타났다. 실험결과는 Moon/Lim의 설계식과 ACI 규준식, AASHTO LRFD 규준식, Allouche 등의 설계식에 의하여 상호 비교되었다. 그 결과, AASHTO LRFD 규준식과 Moon/Lim의 설계식이 적절하게 비부착 긴장재의 응력을 평가하고 있었다.

핵심용어 : 비부착 긴장재, 보강비, 작용하중 형태, 경간/깊이 비
