

# 프리텐션공법의 프리스트레스트 콘크리트 부재의 정착길이 산정에 관한 실험 및 이론연구

Derivation of Development Length  
in Pretensioned Prestressed Concrete Members



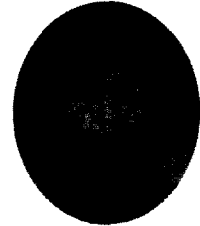
오병환\*

Oh, Byung-Hwan



김의성\*\*

Kim, Eui-Sung



최영철\*\*\*

Choi, Young-Cherl

## ABSTRACT

In pretensioned concrete structures, bond between prestressing steel and concrete is an essential component to ensure the integrity of a pretensioned member. The anchorage and development of the prestressing force depend exclusively on bond. The purpose of this study is to investigate the characteristics of bond and development length between pretensioned steel and concrete.

To resolve the controversy over the adequacy of the current code provision on development length of prestressing strands, a comprehensive test program has been scheduled and twenty four rectangular prestressed concrete beams have been tested to determine development length.

Major test variables include diameter of strands (12.7mm, 15.2mm) and concrete covers (3cm, 4cm, 5cm). The test results indicated that the development length increases with strand diameter and decreases with an increase of concrete cover.

A theoretical model has been derived to calculate the development length based on the bond stress-slip relation. The proposed model can evaluate realistically the development length of pretensioned prestressed concrete members and can be the good basis for the future basis of code equations on development length of PSC members.

Keywords : development length, pretension, flexural bond length, bond-slip relationship

\* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 현대산업개발 토목설계팀 과장

\*\*\* 정회원, 서울대학교 토목공학과 박사과정

· 본 논문에 대한 토의를 2001년 4월 30일까지 학회로 보  
내주시면 2001년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

국내외의 건설공사에서 프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재가 다양한 응용성으로 폭넓게 사용되고 있다. 프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재는 강연선의 긴장력을 콘크리트와 강연선 사이의 부착응력에 의해 콘크리트에 전달함으로써 콘크리트 부재의 단점을 보강한 부재이다. 강연선의 긴장력을 콘크리트에 전달하기에는 일정한 거리가 필요하다.

정착길이는 전달길이와 휨부착길이의 합으로써 부착파괴를 발생시키지 않는 최소한의 길이이다.<sup>(1-2)</sup> 전달길이는 텐션의 긴장력이 콘크리트로 유효 프리스트레싱힘 만큼 전달되는데 필요한 길이이며 휨부착길이는 외부하중에 저항하는 강연선을 정착시키는데 필요한 길이이다.<sup>(3-10)</sup> 요즘 사용되고 있는 강연선과 콘크리트 등 재료의 품질향상으로 부착성능도 향상되었지만 이에 대한 연구는 아주 부족한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재의 정착길이에 대한 실험을 통해서 정착길이에 대한 ACI 규준식의 타당성과 정착길이에 대한 강연선의 직경 그리고 콘크리트 피복두께에 대한 영향을 연구하고 해석적인 접근을 통하여 합리적인 정착길이에 대한 식을 제시하고자 한다.

## 2. ACI 규준식

정착길이는 전달길이와 휨부착길이의 합으로 힘의 평형에 의하여 다음과 같이 구해진다.<sup>(1-2)</sup>

$$L_t = \frac{f_{se}}{U_t} \left( \frac{A_s}{P_{ps}} \right) \quad (1)$$

$$L_{fb} = \frac{(f_{ps} - f_{se})}{U_{fb}} \left( \frac{A_s}{P_{ps}} \right) \quad (2)$$

$$L_d = L_t + L_{fb} = 0.015 \left( \frac{f_{se}}{3} d_b + (f_{ps} - f_{se}) d_b \right) \quad (3)$$

여기서,

$L_t$  = 전달길이 (cm),  $L_{fb}$  = 휨부착길이 (cm)

$L_d$  = 정착길이 (cm),  $d_b$  = 강연선의 직경 (cm)

$A_s$  = 강연선의 단면적 (cm<sup>2</sup>)

$P_{ps}$  = 강연선의 둘레길이 (cm)

$f_{se}$  = 유효 프리스트레스트 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$f_{ps}$  = 설계시 강연선의 파괴응력 (kgf/cm<sup>2</sup>)

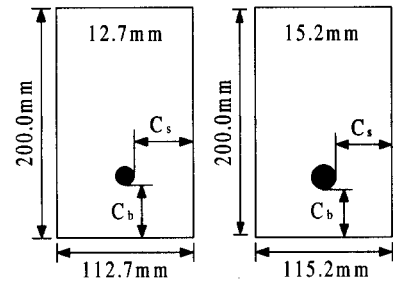
$U_t$  = 평균 전달부착응력 (29.6kgf/cm<sup>2</sup>)

$U_{fb}$  = 평균 휨부착응력 (10.07kgf/cm<sup>2</sup>)

## 3. 프리텐션 부재의 정착길이 실험

### 3.1 실험 재료 및 단면형상

본 실험에 사용된 강연선은 저응력이완(low relaxation) 프리스트레스트 강연선을 사용하였고 극한 강도는 1861 MPa이다. 콘크리트 강도는 긴장력 도입시 35 MPa, 28일 설계강도를 50 MPa을 목표로 하였다. 부재의 높이는 20 cm로 하여 콘크리트 피복두께에 대한 영향을 고려하였다.



$C_b$  = concrete bottom cover  
(3cm, 4cm, 5cm)

$C_s$  = concrete side cover (5cm)

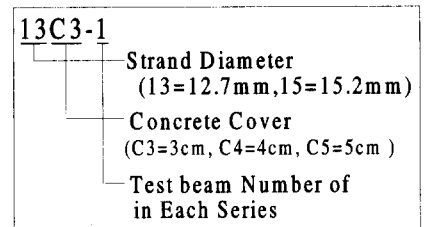


Fig. 1 Details of the cross section and design of numbering system

### 3.2 실험 변수 및 실험장치

본 실험 변수는 강연선의 직경(12.7 mm, 15.2 mm)과 콘크리트 피복두께(3 cm, 4 cm, 5 cm)이며 각 변수별로 동일한 조건의 실험체를 4개씩 제작하여 총 24개의 실험체를 실험하였다. 실험

부재 명칭은 Fig. 1에 설명되어 있다. 실험장치는 Fig. 2에 자세히 나타나 있다. 부재의 단부에서 콘크리트와 강연선의 상대적인 슬립을 측정하기 위해서 LVDT를 설치하였으며 콘크리트 하면에 부재의 처짐을 측정하기 위해 4개의 LVDT를 설치하였다. 부재제작시 강연선의 긴장력 확인과 하중에 따른 강연선의 변형률 변화를 측정하기 위해 부재제작시 강연선에 전기저항식 스트레인 게이지(strain gauge)를 설치하였고 파괴모드와 균열모멘트 측정에 도움이 되기 위해 콘크리트 상하면에 콘크리트 gauge를 설치하였다

### 3.3 실험방법

정착길이가 재하위치에 따른 휨파괴와 부착파괴의 경계점이므로 동일한 조건의 실험체 4개에 대해서 재하위치를 달리하여 정적실험을 하였다. 휨파괴가 발생하면 정착길이 도출을 위해 부착파괴를 유발하기 위하여 지점에서의 재하위치를 다시 조정하여 새로운 시험체로 실험하였다.

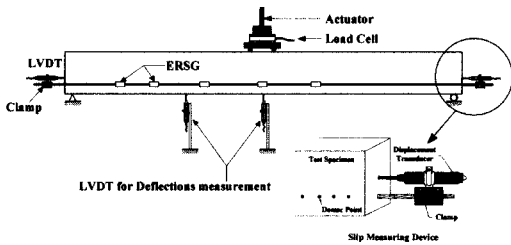


Fig. 2 Instruments of development length test

## 4. 실험결과

### 4.1 전달길이 실험결과

전달길이는 프리스트레스 힘을 정착한 후 보의 변형률의 측정 결과로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

- 1) Demec gauge로부터 측정된 raw strain profile에서 전후를 포함한 3개의 점을 평균하여 Smoothed strain profile를 얻는다.

$$(\text{strain})_x = \frac{(\text{strain})_{x-1} + (\text{strain})_x + (\text{strain})_{x+1}}{3} \quad (4)$$

- 2) Smoothed strain profile에서 유효 프리스트레스에 해당하는 변형률에 대해 평균하여 평균최대 변형률(average maximum strain)을 얻는다.
- 3) 평균최대 변형률(Average maximum strain)의 95%를 취하여 smoothed strain profile과 만나는 점이 전달길이이다.

전달길이는 강연선의 직경이 증가할수록 커지는 경향을 보이고 콘크리트 피복두께가 증가할수록 작아지는 경향을 보인다.

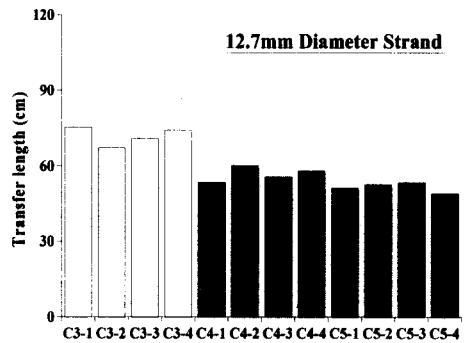


Fig. 3 Transfer length of 12.7mm strand

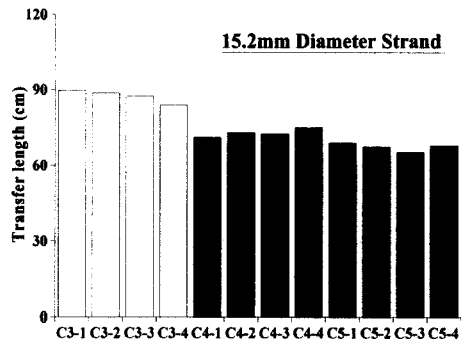


Fig. 4 Transfer length of 15.2mm strand

### 4.2 정착길이 실험결과

#### 4.2.1 파괴모드

각부재의 파괴 모드를 결정하여 휨파괴와 부착파괴를 일으키는 재하위치의 경계점을 구하여 정착길이를 구하였다. 파괴모드의 결정 기준은 다음과 같으며 Fig. 5, Fig. 6에 예시되어 있다.

### 1) 휨파괴

- 콘크리트 상부 압축변형률 0.003 초과
- 강연선과 콘크리트의 상대적 슬립이 없음
- 전달영역에서 강연선 변형률의 큰 변화 없음

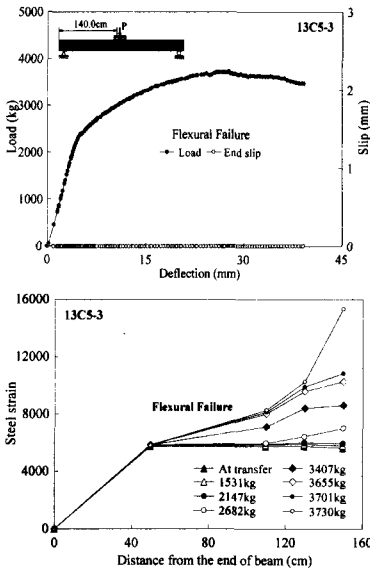


Fig. 5 Example of flexural failure

### 2) 부착파괴

- 강연선과 콘크리트의 상대적 슬립 발생
- 전달영역에서 강연선 변형률의 큰 변화 발생
- 대부분 설계 휨강도에 미치지 못하고 파괴

#### 4.2.2 정착길이 결과

##### 1) 강연선의 직경영향

정착길이는 직경에 따라 증가하지만 현 코드 기준처럼 선형적으로 증가하지 않는다. 현 코드 기준에 의한 정착길이는 실험치에 비해 12.7 mm 강연선에 대해 21%, 15.2 mm 강연선에 대해 45% 큰 값을 보여주고 있어 과대평가하고 있다.

##### 2) 콘크리트 피복두께영향

현 코드 기준에 의한 정착길이는 콘크리트 피복두께에 영향을 받지 않지만 실험에서는 콘크리트 피복두께가 증가할수록 12.7 mm 강연선의 경우 거의 선형적으로 정착길이가 감소하지만 15.2 mm 강연선에서는 피복두께가 3 cm에서 정착길이의 큰 증가를 보였다.

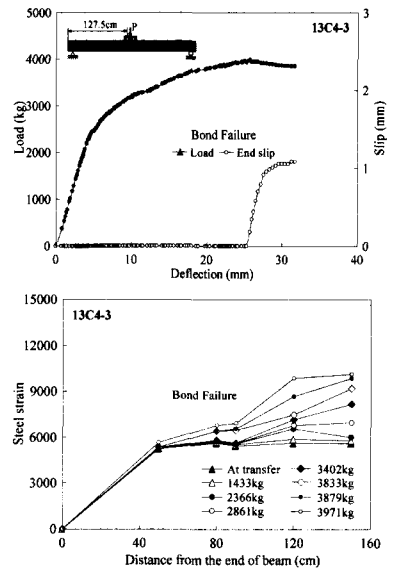


Fig. 6 Example of bond failure

Table 1 Failure modes and development lengths for each specimen unit(cm)

Spec. No.	Failure mode	Loading location	$l_d$	Spec. No.	Failure mode	Loading location	$l_d$
13C3-1	F	135.0	135.0	15C3-1	B	120.0	150.0
13C3-2	B	130.0		15C3-2	F	155.0	
13C3-3	F	142.5		15C3-3	B	140.0	
13C3-4	B	120.0		15C3-4	B	143.0	
13C4-1	F	140.0	131.2	15C4-1	S/B	142.5	132.0
13C4-2	B	120.0		15C4-2	F	127.0	
13C4-3	B	127.5		15C4-3	B	120.0	
13C4-4	F	135.0		15C4-4	F	135.0	
13C5-1	B	120.0	127.5	15C5-1	B	120.0	128.0
13C5-2	F	130.0		15C5-2	F	130.0	
13C5-3	F	140.0		15C5-3	F	140.0	
13C5-4	B	125.0		15C5-4	B	125.0	

F : Flexural failure B : Bond failure S : Shear failure

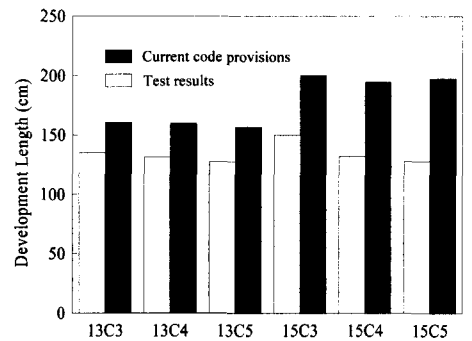


Fig. 7 Effect of strand diameter on development length

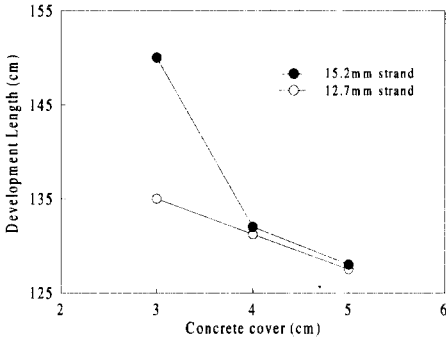


Fig. 8 Effect of concrete cover on development length

## 5. 이론적인 정착길이

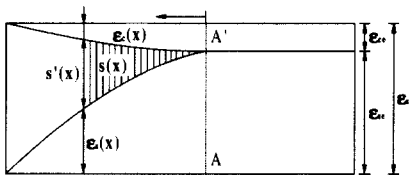
### 5.1 부착-슬립 관계

Bond-slip relationship은 강연선과 콘크리트의 접합면에서의 슬립에 의한 부착응력을 나타낸다. 슬립  $s(x)$ 는 Fig. 9에서 단면  $x$  와 단면 AA'사이의 강연선과 콘크리트 사이의 전체적인 변위차로 다음과 같이 정의된다.

$$s(x) = \int_0^x (\epsilon_{si} - \epsilon_s(x) - \epsilon_c(x)) dx \quad (5)$$

그리고 부착응력  $f_b(x)$ 는 힘의 평형에 의해서 다음과 같이 정의 된다.

$$f_b(x) = \frac{-dP_s(x)/dx}{P_{ps}} = \frac{-A_s E_s}{P_{ps}} \frac{de_x(x)}{dx} \quad (6)$$



(a) Strains and slip derivatives



(b) Slip diagram



(c) Bond stress diagram

Fig. 9 Schematic diagram of the transfer analysis

Fig. 10과 11은 직경 12.7 mm 와 15.2 mm 강연선의 부착응력-슬립 측정값으로서 강연선에 대한 Bond-slip relationship을 다음과 같은 형태의 멱함수(power function)로 가정하고 측정된 슬립에 대한 부착응력을 이용하여 최소자승법에 의해서 Bond-slip relationship식을 얻을 수 있다.

$$f_b(x) = C \left( \frac{s(x)}{d_b} \right)^b \quad (7)$$

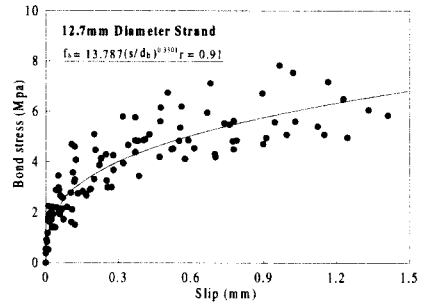


Fig. 10 Bond-slip relationship-12.7mm strand

12.7mm 강연선의 Bond-slip relationship식

$$f_b(x) = 13.787 \left( \frac{s(x)}{d_b} \right)^{0.3301} \quad (8)$$

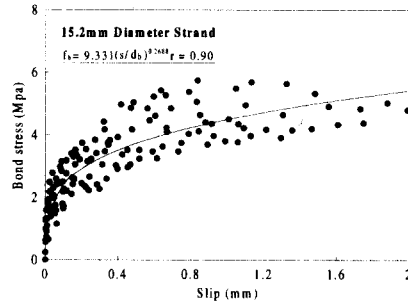


Fig. 11 Bond-slip relationship-12.7mm strand

15.2 mm 강연선의 Bond-slip relationship식

$$f_b(x) = 9.331 \left( \frac{s(x)}{d_b} \right)^{0.2688} \quad (9)$$

### 5.2 국부적인 휨부착길이

프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재에 외부 하중에 가해지면 외부 하중에 의한 모멘트에

의해서 부재에 휩균열이 발생하게 된다. 균열의 영향으로 강연선의 인장력은 유효 프리스트레스를 넘어서 증가하게 되고 균열 주변의 콘크리트 응력은 감소하게 된다. 균열의 영향으로 증가된 강선의 인장력을 정착시키는데 필요한 길이를 국부적인 휩부착길이라고 한다.

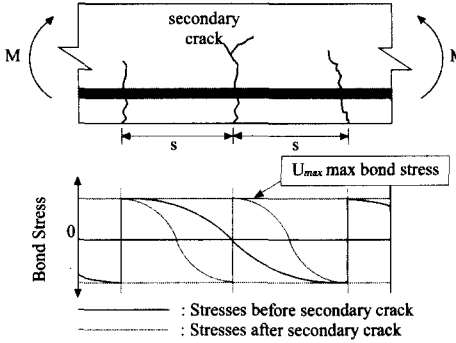


Fig. 12 Bond stress adjacent crack

### 5.2.1 제안식

Fig. 13에서 슬립은 다음과 같이 정의된다.

$$s(x) = \int_0^x (\epsilon'_s(x) + \epsilon'_c(x)) dx \quad (10)$$

여기서  $\epsilon'_s(x) = \epsilon_s(x) - \epsilon_{se}$ ,  $\epsilon'_c(x) = \epsilon_{ce} - \epsilon_c(x)$

이 식을 미분하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$\frac{d^2 \epsilon_s(x)}{dx^2} = \frac{d\epsilon'_s(x)}{dx} + \frac{d\epsilon'_c(x)}{dx} \quad (11)$$

여기서,

$$\frac{d\epsilon'_s(x)}{dx} = \frac{d\epsilon_s(x)}{dx}, \quad \frac{d\epsilon'_c(x)}{dx} = -\frac{d\epsilon_c(x)}{dx}$$

힘의 평형에 의해서

$$\nabla P = P_s + P_c = E_s A_s \epsilon'_s + E_c A_c \epsilon'_c \quad (12)$$

여기서,

$\nabla P =$  균열에 의해서 증가된 강연선의 인장력

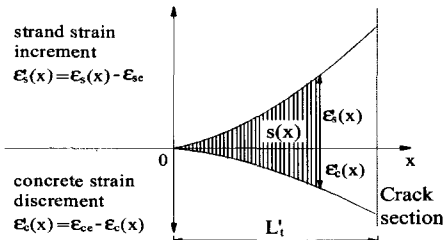


Fig. 13 Change of steel and concrete strain at crack

식 (12)를 x로 미분하면

$$\frac{d\epsilon_c}{dx} = -n\rho \frac{d\epsilon'_s}{dx} \quad (13)$$

식 (13)를 식 (11)에 대입하면

$$\frac{d^2 \epsilon_s(x)}{dx^2} = (1+n\rho) \frac{d\epsilon'_s(x)}{dx} \quad (14)$$

식 (6)을 식(14)에 대입하면 다음과 같은 지배 방정식을 얻는다.

$$\frac{d^2 \epsilon_s(x)}{dx^2} - \frac{P_{ps}(1+n\rho)}{A_s E_s} f_b(x) = 0 \quad (15)$$

### 5.2.2 제안식의 해

식 (7)을 식(15)에 대입한다.

$$\frac{d^2 \epsilon_s(x)}{dx^2} - \frac{P_{ps}(1+n\rho)}{A_s E_s} C \left( \frac{s(x)}{d_b} \right)^b \quad (16)$$

거리에 따른 슬립을  $s(x) = ax^\beta$ 의 형태로 가정하여 대입한다.

$$a\beta(\beta-1)x^{\beta-2} = \frac{P_{ps}(1+n\rho)}{A_s E_s} C \left( \frac{1}{d_b} \right)^b a^b x^{\beta b}$$

x에 관하여 이식을 풀면

$$a = \left\{ \frac{P_{ps}(1+n\rho)C}{A_s E_s d_b^b} \frac{(1-b)^2}{2(1+b)} \right\}^{\frac{1}{(1-b)}}, \quad \beta = \frac{2}{(1-b)}$$

따라서

$$s(x) = \left\{ \frac{P_{ps}(1+n\rho)C}{A_s E_s d_b^b} \frac{(1-b)^2}{2(1+b)} \right\}^{\frac{1}{(1-b)}} x^{\frac{2}{(1-b)}} \quad (17)$$

식(16)을 식(7)에 대입하면 거리에 따른 부착응력을 구할 수 있다.

$$f_b(x) = C \left[ \left\{ \frac{P_{ps}(1+n\rho)C}{A_s E_s d_b^b} \frac{(1-b)^2}{2(1+b)} \right\}^{\frac{1}{(1-b)}} x^{\frac{2}{(1-b)}} \frac{1}{d_b} \right]^b \quad (18)$$

균열이 발생하게 되면 콘크리트 인장력을 강연선이 받게 되며 힘의 평형에 의해서 다음과 같은 식이 제시된다.

$$NP_{ps} \int_0^{L'_i} f_b(x) dx = f_r A_{ct} \quad (19)$$

식 (18)를 식 (19)에 대입하여  $L'_i$ 에 대하여 식을 풀면 다음과 같다.

$$L'_i = \left\{ \frac{f_r A_{ct}}{P_{ps} K} \frac{1+b}{1-b} \right\}^{\frac{1-b}{2}} \quad (20)$$

여기서,  $f_r =$  파괴계수,  $A_{ct} =$  인장부 콘크리트의면적

$P_{ps}$  = 강연선의 둘레길이,  $A_s$  = 강연선의 면적

$$K = NC \left[ \left\{ \frac{P_{ps}(1+n\rho)C}{A_s E_s d_b^3} \frac{(1-b)^2}{2(1+b)} \right\}^{(1-b)} \frac{1}{d_b} \right]^b$$

식 (20)에 의한 국부적인 휨부착길이는 Fig. 14, 15에서와 같다.

국부적인 휨부착길이는 강연선의 직경이 증가할수록 감소하고 콘크리트 피복두께가 증가할수록 증가하는 경향을 보인다. 국부적인 휨부착길이는 균열전 콘크리트가 받는 인장력과 관련이 있으며 콘크리트 피복두께가 증가할수록 콘크리트가 받는 인장력은 감소한다. 따라서 콘크리트 피복두께가 증가할수록 국부적인 휨부착길이는 감소한다. 국부적인 휨부착길이는 균열간격과 관련이 있으며 정착길이 실험에서 구한 균열 간격과 비교하였을 때 식 (20)를 이용하여 구한 국부적인 휨부착길이는 비슷한 경향을 나타내고 있다.

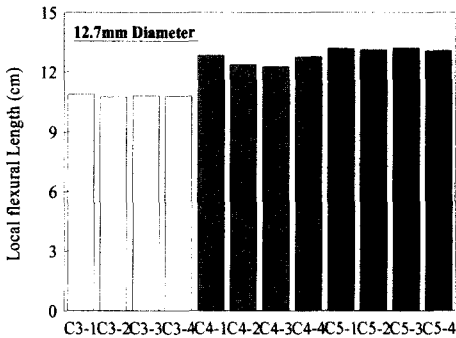


Fig. 14 Local flexural bond length of 12.7mm strand

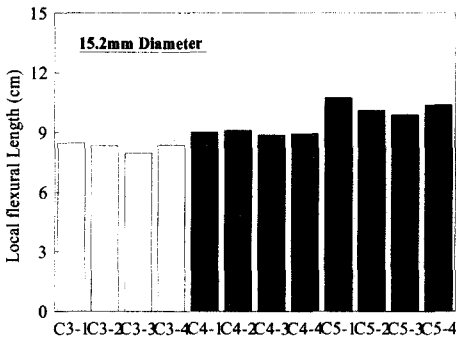


Fig. 15 Local flexural bond length of 15.2mm strand

### 5.3 이론적인 정착길이 유도식

정착길이는 부착파괴를 발생시키지 않는 최소한의 재하길이로서 전달영역에 균열의 영향을 받으면 전달영역에서의 강연선의 인장응력이 증가하여 부착파괴가 발생한다. 따라서 전달영역에서 균열의 영향을 받지 않도록 하는 최소한의 재하 위치로 하중을 재하시키면 부착파괴를 발생시키지 않고 휨파괴를 발생하게 되며 Fig. 16에서와 같은 거리에 따른 모멘트 분포가 나온다. 균열모멘트는 콘크리트구조 설계기준에 의한다. 이 모멘트 분포로부터 실험에서 구한 전달길이, 국부적인 휨부착길이와 정착길이사이의 관계를 구하여 보면 다음과 같다.

$$\frac{L_d}{L_t + L'_t} = \frac{M_u}{M_{cr}}$$

$$L_d = (L_t + L'_t) \frac{M_u}{M_{cr}} \quad (21)$$

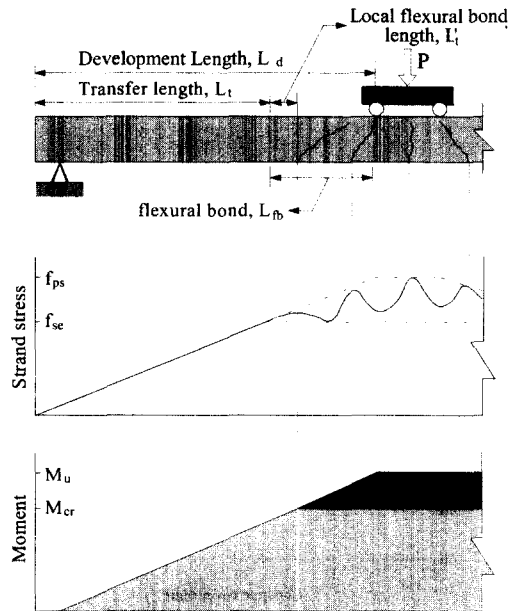


Fig. 16 Interaction of transfer length, flexural bond length and development length

### 5.4 비교

본 연구에서 제시한 식 (21)에 의한 정착길이와 실험에 의한 정착길이를 비교하면 12.7 mm

강연선에 대해서는 약 4%, 15.2 mm 강연선에 대해서는 약 9% 정도 식 (21)에 의한 정착길이가 크게 나왔다. 현 코드 기준식에 의한 정착길이는 강연선의 직경에 비례해서 선형적으로 증가하였고 콘크리트 피복두께에 대해서는 영향을 받지 않았다. 그리고 Fig. 16에서 보듯이 12.7 mm 강연선에 대해서는 약 22%, 15.2 mm 강연선에 대해서는 약 40% 정도 큰 값으로 다소 보수적인 결과를 보이고 있다. 하지만 실험과 해석에 의한 정착길이는 직경에 단순 비례하여 정착길이가 증가하지 않았고 콘크리트 피복두께가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 정착길이의 양상이 전달 길이와 비슷한 양상을 보이므로 전달 길이의 정확한 산정이 중요하다.

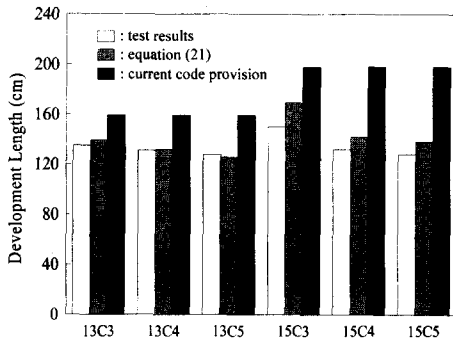


Fig. 17 Compare of development length with test series

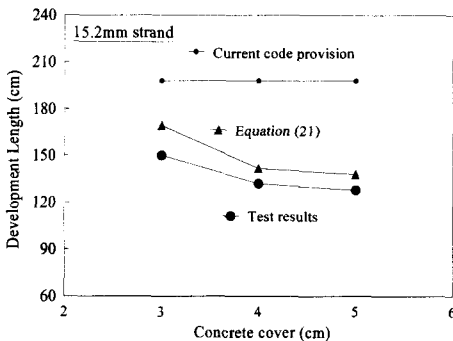


Fig. 18 Compare of development length with concrete cover

## 6. 결론

본 연구에서 수행한 프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재의 정착길이에 대한 실험과 해석적인 연구를 통한 결론은 다음과 같다.

- 1) 프리텐션 부재의 정착길이는 강선의 직경이 증가할수록 커지고 콘크리트 피복두께가 증가할수록 작아지는 경향을 보였다.
- 2) ACI 기준식에 의한 정착길이는 단면 특성을 고려하지 못하고 있으며 실제보다 과대평가하고 있다.
- 3) 본 실험에서 사용한 시험체의 변수에 대해서 본 연구에서 제시한 정착길이 유도식을 사용하면 보다 합리적인 정착길이 산정을 할 수 있는 것으로 평가된다.
- 4) 전달영역에서의 균열 발생이 부차파괴를 유발하므로 전달길이의 정확한 산정과 전달영역에서의 균열을 제어하면 프리텐션 콘크리트 부재의 부차파괴를 방지할수 있는 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, 16th Edition, American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO), Inc., Washington, D.C., 1996.
2. ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318R-95), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1995.
3. Abrishami, H. H., and Mitchell, D., Bond Characteristics of Prestensioned Strand, ACI Material Journal, May-June 1993, pp. 228-235.
4. Anderson, A. R. and Anderson, R. G., An Assurance Criterion for Flexural Bond in Prestensioned Hollow Core Units, ACI Journal, Vol. 73, No. 8, August 1976, pp. 457-464.
5. Bal zs, L. G., Transfer Control of Prestressing Strands, PCI Journal, November-December 1992, pp. 60-71.
6. Bal zs, L. G., Transfer Length of Prestressing Strand as a Function of Draw-In and Initial Prestress, PCI Journal, March-April 1993, pp. 86-93.



7. Cousins, T. E., Badeaux, M.H., Mostafa, S., Proposed Test for Determining Bond Characteristics of Prestressing Strand, PCI Journal, January-February 1992, pp. 66-73
8. Mitchell, D., Cook, W. D., Khan, A. A., and Tham, T., Influence of High Strength Concrete on Transfer and Development Length of Pretensioning Strand, PCI Journal, May-June 1993, pp. 52-66.
9. Russell, B. W., Design Guidelines for Transfer, Development and Debonding of Large Diameter Seven-Wire Strands in Pretensioned Concrete Girders, Ph.D. Dissertation, University of Texas at Austin, Austin, TX, December 1992.
10. Zia, P., and Mostafa, T., "Development Length of Prestressing Strands," PCI Journal, Vol. 22, No. 5, September-October 1977, pp. 54-65.

### 요 약

국내외적으로 프리스트레스트 콘크리트 부재가 폭 넓게 사용되고 있으며 그에 따른 강연선의 사용이 보편화 되고 있지만 프리스트레스트 콘크리트 부재에서의 정착거동과 부착성능에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이론적 연구 및 실험을 통하여 프리스트레스트 부재의 정착길이에 대한 연구를 수행하였다. 정착길이에 관한 ACI 및 국내 시방규준의 검증과 강연선의 부착성능 평가를 위해서 총 24개의 프리스트레스트 콘크리트 보를 제작하여 전달길이 및 정착길이에 관한 실험을 실시하였다. 실험변수는 강연선의 직경(12.7mm, 15.2mm), 콘크리트 피복두께(3cm, 4cm, 5cm)로 하였다. 각각의 경우에 대하여 4개의 부재를 제작하였으며, 이로부터 전달길이, 정착길이를 측정하였다. 실험결과에 의하면, 정착길이는 강연선의 직경에 비례하여 증가하였고 콘크리트 피복두께가 커짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 또한 전달영역에서의 균열이 부착파괴를 유발하였다. 본 연구에서는 실험으로부터 구한 부착응력과 슬립의 관계로부터 정착길이에 대한 식을 유도하였다. 본 연구에서 제안된 정착길이 산정식은 앞으로 프리텐션 프리스트레스트 콘크리트 부재의 좀더 정확하고 합리적인 설계에 유용한 토대가 될 것으로 사료된다.

(접수일자 : 2000. 3. 10.)