



고온을 받은 포스트텐션 콘크리트 보와 슬래브의 구조성능 연구

최광호^{1)*} · 이종원²⁾

¹⁾남서울대학교 건축공학과 ²⁾신안산대학교 건축과

A Study on the Structural Performance of Post Tensioned Concrete Beam and Slab Subjected to High Temperature

Kwang-Ho Choi^{1)*} and Joong-Won Lee²⁾

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Namseoul University, Chonan, 31020, Rep. of Korea

²⁾Dept. of Architecture, Shin Ansan University, Ansan, 15435, Rep. of Korea

ABSTRACT

This research was planned to evaluate the structural performance of post tensioned(PT) concrete member subjected to fire. Prime objective was to suggest some techniques to evaluate the performance of post tensioned concrete beam and slab exposed to high temperature through experiment. To accomplish this objective, the following two scopes have been proceeded to verify the strength reducing ratio of strands and find out the difference of resisting force at the PT concrete members exposed to high temperature through the fire test. The properties of prestressing steel(tendon) in PT concrete beam and slab under variable temperatures were reviewed. The test of this study was shown that stress relaxation occurred at high temperature, and some restoration of tensional force appeared as it got cooling down. The residual tension of the post tensioned beams at 4 hours after reaching the target temperature were 70% at 400°C, 10% at 600°C and 2% at 800°C. The post tensioned slabs were 94% at 400°C, 84.5% at 600°C and 62% at 800°C. The reason why the residual tension loss of the post tensioned slab was relatively small was considered to be that the slab was exposed just one side to high temperature and the strength of the strand was restored larger than that of beam. Also, it was confirmed that the post tensioned member inevitably experienced the loss of strength by fire damage, and restoration design of the member should be required to compensate for the value as much as lost strength.

Keywords : post tensioned beam, post tensioned slab, structural performance of fire resistance, electric furnace, tendon

1. 서 론

다양한 구조 공법 중에 프리스트레스트 콘크리트(prestressed concrete)구조는 장스팬 고하중의 지지에 유리하며, 주로 교량 등의 토목 구조물에 사용하고, 건축에서는 공장이나 물류창고, 체육시설 등의 구조물에 사용되고 있다. 한편, 상업용과 주거용 건축물에서는 고층화에 따른 층고 절감과 시공성이 좋아 플랫 플레이트(flat plate)구조를 채택하고 있다. 두 공법 중 플랫 플레이트 구조는 슬래브-기둥 접합부의 면적이 작기 때문에 기둥에서 전달되는 축하중의 국부적인 응력집중에 의한 뚫림 전단파괴와 수평하중 시 취성적인 전단파괴가 발생하기 쉽다는 약점을 가지고 있어, 프리스트레스트 콘크리트 구조, 특히 포스트텐션(post tensioned) 구조

시스템이 상대적으로 많이 채택되고 있다.

프리스트레스트 구조물에서 중요한 고려사항 중 하나는 내화성능 확보인데, 그 이유는 화재시라도 설계하중을 지지할 수 있어야 하기 때문이다.

건축물에 화재가 발생할 경우, 연소물질에 따라 차이는 있지만 화재발생에 따른 온도상승은 시간경과에 따라 급격해지고 이로 인해 재료 및 구조 성능의 저하가 발생한다.¹⁾ 특히, 프리스트레스트 콘크리트 구조물의 화재 후 잔존성능 평가 시험강도는 콘크리트, 일반 철근과 프리스트레스트 강연선 등 구성 재료의 강도와 구성비에 좌우되기 때문에 프리스트레스트 강연선의 잔존 역학적 성질의 변화, 강연선의 응력이완 및 철근과 콘크리트의 부착력 감소나 폭렬 등을 고려하여야 한다.

포스트텐션 콘크리트 부재의 내화거동 특성에 대한 국외 연구는 주로 강연선의 역학적 특성변화와 프리스트레스트 손실에 따른 응력이완 등에 관한 내용이며,^{2,3,4)} 콘크리트에 묻혀있는 강연선 및 포스트텐션 보나 슬래브 부재의 내화성능 규명에 대한 연구가 상대적으로 적었다. 반면 국내에서는

*Corresponding author E-mail : choikh@nsu.ac.kr

Received March 2, 2017, Revised March 8, 2017,

Accepted March 8, 2017

©2017 by Korea Concrete Institute

포스트텐션 구조에 대한 내화 구조설계기준이 제정되지 못한 상태로 재료나 제작환경이 다른 외국기준을 적용하거나 단순히 피복두께 확보 등의 콘크리트 내화기준을 준용하고 있는 실정으로, 향후 포스트텐션 콘크리트 구조의 재료와 부재에 대한 구조 내화성능연구가 시급하고 그 결과들을 데이터베이스화하는 등 체계화하는 연구가 필요하다.

이 연구에서는 포스트텐션 콘크리트 보와 슬래브의 내화 구조성능을 규명하기 위하여 전기로를 사용 강연선이나 프리스트레스가 된 보 및 슬래브 부재를 고온 가열하면서 온도 변화에 따른 긴장력 손실이나 내력과 강성, 그리고 처짐 등의 구조성능 변화를 살펴보았다.

2. 포스트텐션 콘크리트 부재의 강연선 및 콘크리트 온도특성 변화

포스트텐션 부재에 사용되는 프리스트레스(prestress, PS) 강연선이 고온을 받을 때의 구조성능 연구결과에 의하면 역학적 특성에 영향을 미치는 가장 중요한 요소는 최대 온도인 반면, 냉각속도, 지속시간, 긴장력은 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.⁵⁾

PS강재는 냉간 인발 또는 열처리에 의하여 고도의 강가공(強加工)이 되기 때문에 보통강재보다 온도에 대하여 민감하므로 열해(熱害)를 받기 쉽고, 화재 시 도입된 프리스트레스가 손실될 가능성이 높다. Fig. 1은 온도상승에 따른 PS강재 재료계수들의 변화를 나타낸 것으로, PS강재는 저온에서는 취성을 나타내며 충격에 대한 저항이 감소되지만, 고온일수록 인장강도와 탄성계수는 급감하며, 화재 시에는 PS강재가 갑자기 파단될 수가 있다. PS강선의 긴장력 손실은 온도가 200~300°C부터 시작되고 400°C에서는 30%정도가 발생하는 것으로 나타난다.⁶⁾ 화재 시 프리스트레스 부재에 이 정도의 내력감소가 발생할지라도 강연선의 긴장력에 안전율이 반영되어 있고, 구조물의 응력 재분배가 발생하는 것 등을 고려하여 설계에서는 PS강재의 온도가 400°C를 넘지

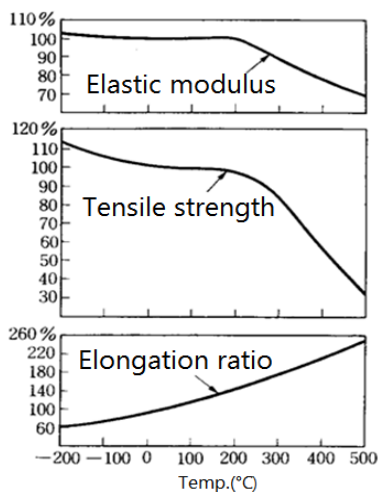


Fig. 1 Change of material properties of strand under high temperature

않도록 피복두께를 확보하거나 내화성을 증대시킬 수 있는 석면이나 규석 콘크리트 등의 단열 피복을 사용하기도 한다.

한편, 콘크리트는 고온을 받는 경우 시멘트수화물의 탈수 및 변화, 시멘트 매트릭스 및 골재의 열팽창 등에 의해 표층 부로부터 철근에 이르는 큰 균열 및 들뜸, 팝아웃, 폭렬 등의 성능저하 현상이 발생하게 된다. 철근콘크리트 구조의 내화 성능은 콘크리트의 종류에 관계없이 500°C이상의 고온에서 압축강도 및 탄성계수는 급격히 감소하며, 고강도일수록 그 경향성은 크게 나타난다. 특히, 콘크리트 부재의 단면결손을 유발하는 폭렬은 표층부의 피복을 탈락시켜 철근의 온도 상승을 유발한다. 화재를 받는 콘크리트는 열에 의해 수산화칼슘이 분해되어 중성화하며 그 중성화한 깊이를 열화깊이이라 한다. 열에 의한 열화깊이는 화재지속시간 및 규모와 밀접한 관련을 지닌다. 따라서 열 열화깊이로 화재시의 콘크리트 구조물의 수열상태를 유추할 수 있다.

3. 포스트텐션 콘크리트 보와 슬래브 내화 구조성능 실험

3.1 실험체 및 계속 계획

포스트텐션 콘크리트 부재의 내화 구조성능 실험체의 콘크리트 설계기준강도 f_{ck} 를 35 MPa로 하였으며, 20°C, 400°C, 600°C, 800°C 온도변화에 따른 구조성능을 알아보기 위해 보와 슬래브 실험체를 각각 5개씩 제작하였다. 보 실험체 크기는 Fig. 2와 같이 180×250×2000 mm으로 하였으며, 철근은 SD400 재질로 하단에는 2-D16을, 상단에는 2-D10을 배근하였다. 또한 휨파괴 이전 전단파괴 발생을 억제하기 위하여 스티럽을 D10@200으로 배근하였다. 슬래브 실험체 크기는 Fig. 3과 같이 1200×150×2000 mm으로 제작하였으며 SD400 D10의 철근을 사용하여 하단근은 200 mm 간격으로, 상단근은 400 mm 간격으로 배근하였다.

Figs. 4, 5는 보와 슬래브의 쉬스관 및 열전대 위치를 나타내는데, 쉬스관은 Ø40짜리를 사용하여 단면 하단에서 쉬스관 중심까지 보는 50 mm, 슬래브는 60 mm로 하였다. 실험중 온도변화를 측정하기 위하여 측정범위가 20°C-1000°C인 K 타입 열전대를 쉬스관 내부와 철근 측면에 설치하였다. 강연선의 긴장력 변화는 실험체 측면에 설치된 로드셀로 직접

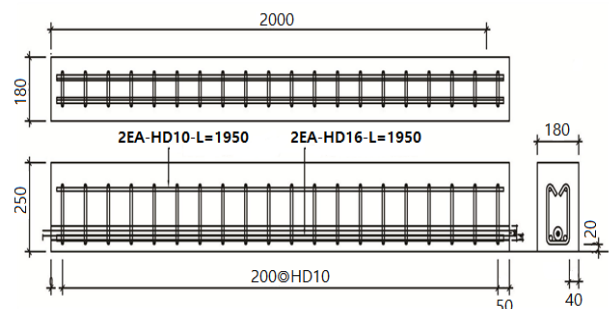


Fig. 2 Beam specimen (arrangement of reinforcing steel)

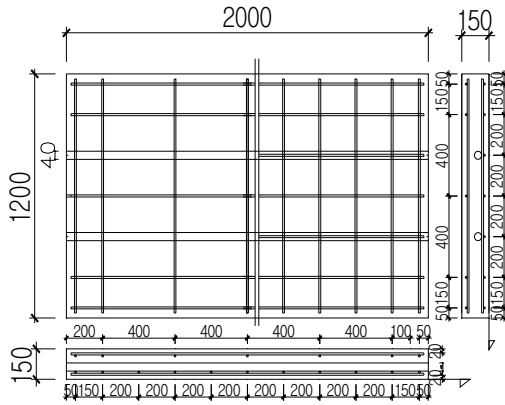


Fig. 3 Slab specimen (arrangement of reinforcing steel)

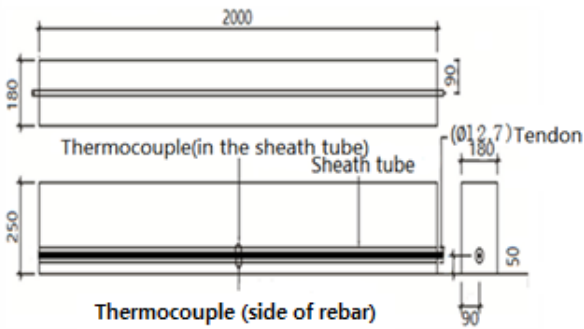


Fig. 4 Beam specimen (arrangement of tendon and thermocouples)

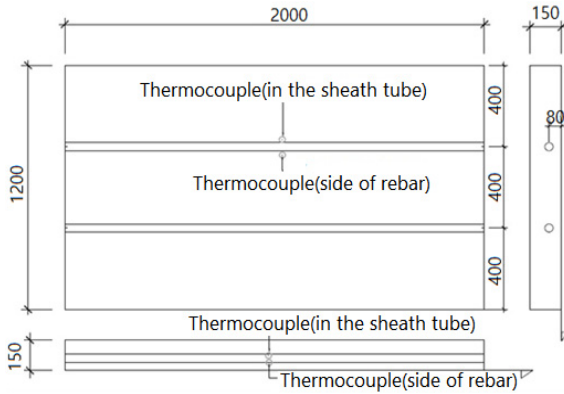


Fig. 5 Slab specimen (arrangement of tendon and thermocouples)

측정하였고, 변위는 내화실험 특성상 직접 측정하기가 어려워서 대신 가력 유압기의 스트로크 값을 사용하였다.

3.2 콘크리트 배합설계 및 재료 강도

콘크리트의 설계기준강도를 35 MPa로 하기 위한 배합설계는 Table 1과 같이 하였다. 콘크리트 강도를 확인하기 위하여 공시체에 대한 일축 압축강도 실험을 수행하였으며, 평균 압축강도는 36.46 MPa로서 모두 설계강도 35 MPa를 상회하는 것으로 나타났다.

Table 1 Standard mix proportion of concrete

Unit	Maximum size of coarse aggregate			Slump	Cement type : ordinary portland cement	
	C	W	S	a	AD	
kg/m ³	440	165	70	1049	3.08	
	W/B			S/a	Chloride content	Air content
	37.5%			40.5%	0.3kg/m ³	4.5±1.5%

3.3 실험 방법

실험체를 전기로에 설치하는 방법을 살펴보면, 먼저 보는 Fig. 6과 같이 전기로 양측면의 U 모양의 홈을 따라 내리고 전기로 외측에 설치된 지지대에 얹혀 놓아 단순지지 조건을 만들었다. 전기로 뚜껑을 덮어 실험체 아래 면과 양측면의 3면을 열에 노출시켜 가열하였다. 슬래브는 Figs. 7, 8과 같이 전기로 주변에 H형강 보를 설치한 후 여기에 슬



Fig. 6 Set up of post tensioned beam specimen

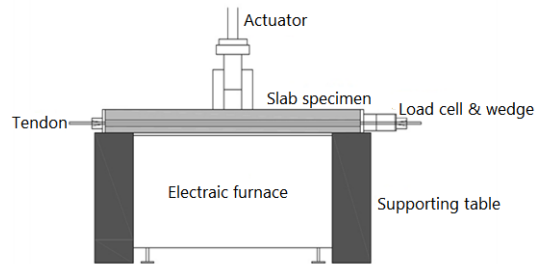


Fig. 7 Test set up of post tensioned slab specimen

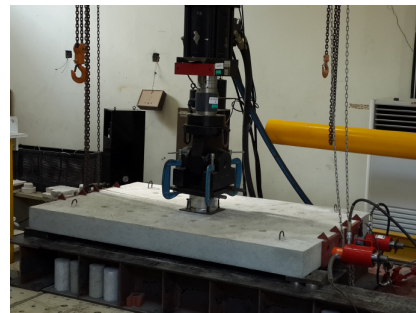


Fig. 8 Set up of post tensioned slab

래브 실험체를 100 mm씩 걸치도록 하였다. 슬래브 실험체가 전기로 뚜껑이 되게 하여 일면 가열조건을 만들었다.

실험체에 포스트텐션을 도입하기 위한 방법은 Figs. 9, 10에 나타난 바와 같이 실험체 측면에 와서 플레이트, 로드셀, 유압 실린더 와서 플레이트 순으로 강연선에 끼운 후 마지막으로 위치고정용 썸뿔 역할을 하는 콘을 설치하였다. 실린더를 유압으로 밀게 되면 썸뿔용 콘이 움직이지 않아 내부에 반력이 발생하고, 이 반력 때문에 강연선에 긴장력이 도입되도록 하였다. 실험체가 가열 전에 강연선의 긴장 후 초기 긴장력 손실량을 알아보기 위하여 100 kN의 긴장력 도입 후 7일간 긴장력 변화를 측정하였다.

긴장력이 도입되고 7일 후 측정값이 95 kN으로 긴장력 손실률은 5% 정도로 나타났는데, 이로부터 내화 실험 중에 온도 변화 이외의 다른 요소가 긴장력에 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

내화 구조성능의 가열은 전기로를 사용하였으며 표준 내화곡선 대신에 Fig. 11과 같이 13.3°C/분의 속도로 전기 가열하여 목표온도 400°C, 600°C, 800°C에 도달시킨 후 그 온도를 2시간 유지하도록 하였다. 이후 자연 냉각되도록 하였으며 실험체가 식은 후 엑추에이터로 가력하면서 잔존 구조성능을 확인하였다.



Fig. 9 Details how to introduce tension into tendon specimen

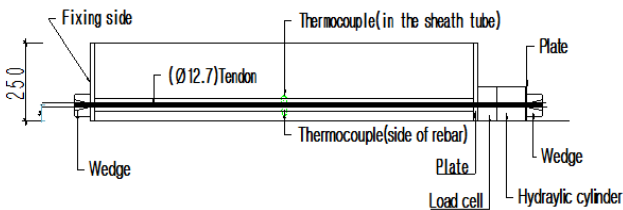


Fig. 10 Details how to introduce tension into tendon

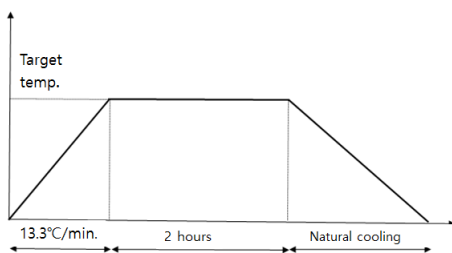


Fig. 11 Heating curve

3.4 실험 결과

3.4.1 노출 강연선의 가열 중 긴장력 변화

강연선만의 온도변화에 따른 긴장력의 변화를 살펴보았으며 그 결과는 Fig. 12와 같다. 여기서, 상온에서 100 kN의 긴장력을 도입한 강연선을 목표온도인 400°C, 600°C, 800°C에 도달하기까지 13.3°C/min.의 속도로 가열하였으며, 목표 온도 도달 후 2시간 동안 그 온도를 유지시킨 다음 자연 냉각되도록 하였다. 상온에 있던 강연선의 긴장력은 8시간 경과 후에도 97.05 kN으로 초기 값과 차이가 거의 없었으며, 400°C, 600°C, 800°C의 경우 목표온도 도달 시 잔존 긴장력이 65.79 kN, 4.56 kN, 3.91 kN으로 급격한 저하를 보였으나, 실험 시작 후 8시간이 지난 후 각각 55.37 kN, 18.89 kN, 13.68

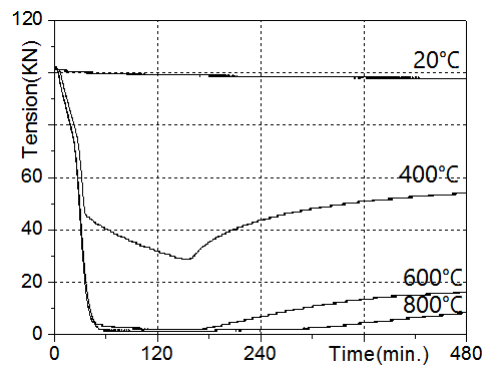


Fig. 12 Loss of tension at the exposed strand

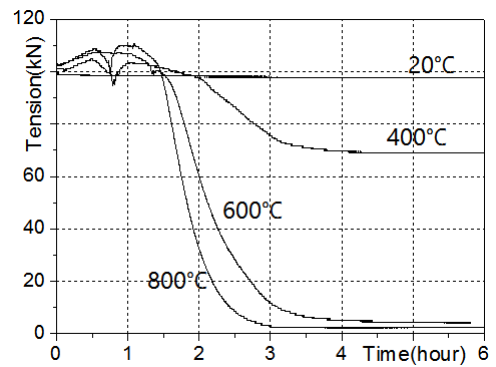


Fig. 13 Tension force of tendon to time curve of PT beam

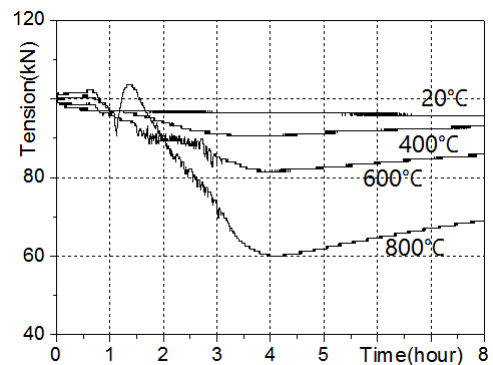


Fig. 14 Tension force of tendon to time curve of PT slab

kN으로 복원되었다. 이로부터 고온을 받은 강연선의 응력 이완을 확인하였고, 이후 냉각되면서 긴장력의 일부가 복원됨을 알 수 있었다.

3.4.2 포스트텐션 부재의 강연선 긴장력 변화

1) 가열 중 강연선의 긴장력 변화^{7,8)}

포스트텐션 부재의 가열 중 강연선의 긴장력 변화를 살펴 보았으며 Figs. 13, 14에 나타나있다. 400°C, 600°C, 800°C의 목표온도에 도달된 다음 4시간 경과 후 포스트텐션 보와 슬래브 내부 강연선의 긴장력 손실률을 상온 실험체와 비교하여 살펴보면, 포스트텐션 보의 경우에는 각각 30.3%, 90.98%, 98.05%의 긴장력 손실을 보였으며, 포스트텐션 슬래브의 경우 각각 6.08%, 15.54%, 37.84%의 긴장력 손실을 나타냈다. 이를 근거로 포스트텐션 보의 강연선의 잔존 긴장력을 추정하여 보면, 400°C에서는 70%, 600°C에서는 10%, 800°C에서는 2% 정도로 볼 수 있으며, 포스트텐션 슬래브의 강연선 잔존 긴장력은 400°C에서는 94%, 600°C에서는 84.5%, 800°C에서는 62% 정도로 추정된다. 한편, 포스트텐션 부재의 내부온도가 약 300°C를 지나는 과정에서 강연선의 긴장력은 초기 값보다 10%정도 상승하는 것으로 나타났는데, 이는 고온 콘크리트가 300°C에서 강도가 안정되고 회복되는 특성이 반영된 것으로 판단된다.

2) 가력하중에 따른 강연선의 긴장력 변화

포스트텐션 보와 슬래브를 가열한 후 자연 냉각시키는 과정에서 강연선의 긴장력은 줄어들었다가 일부 복원되었다. 강연선이 일부 복원된 상태로 가력하였으며 가력하중에 따른 긴장력의 변화는 Figs. 15, 16과 같다. 기준되는 가력 하중을 60 kN과 120 kN으로 설정한 상태에서 실험체별로 각 하중별 대응되는 긴장력을 Table 2, Table 3에 정리하였다. 포스트텐션 보의 긴장력 변화를 나타낸 Table 2에서 20°C 실험체는 온도변화를 겪지 않았기 때문에 강연선의 긴장력은 60 kN의 하중이 가해졌을 때 103.25%로, 120 kN일 때는 111.03%로 증가율이 비교적 높지 않았으나, 400°C를 경험한 실험체의 강연선 긴장력은 113.64%, 138.19% 증가하였다. 600°C 실험체의 긴장력은 182.30%, 511.92% 커졌으며, 800°C에서는 60 kN 가력일 때 249.42%로 증가하였으며, 120 kN 가력에 도달하기 전 목표 변위에 도달하였다.

한편, Table 3의 포스트텐션 슬래브 경우 20°C 상온 실험체의 긴장력은 120 kN에서 122%로 포스트텐션 보와 마찬가지로 증가율이 비교적 높지 않았으나, 800°C를 경험한 실험체 내부의 강연선 긴장력의 변화는 133.6%로 20°C 실험체와 비교하여 증가율이 크게 나타났다. 이로부터 포스트텐션 부재가 경험한 온도가 높을수록 가력하중에 따른 강연선의 긴장력 증가율이 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

3) 하중-변위 관계^{7,8)}

포스트텐션 보와 슬래브의 가력 시 하중-처짐 곡선은 Figs. 17, 18과 같다. 먼저, 포스트텐션 보의 내력의 상호비교

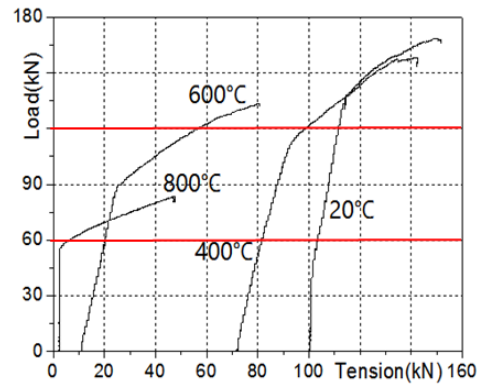


Fig. 15 Load to tension curve of PT beam after heat exposure

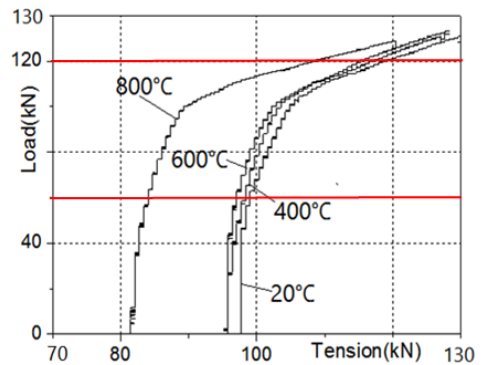


Fig. 16 Load to tension curve of PT slab after heat exposure

Table 2 Variation of tension force to applied load at beam specimen

Load	20°C	400°C	600°C	800°C
0 kN	100.31 kN (100%)	71.65 kN (100%)	11.07 kN (100%)	2.61 kN (100%)
60 kN	103.57 kN (103.25%)	81.42 kN (113.64%)	20.19 kN (182.38%)	6.51 kN (249.42%)
120 kN	111.38 kN (111.03%)	99.01 kN (138.19%)	56.67 kN (511.92%)	

Table 3 Variation of tension force to applied load at slab specimen

Load	20°C	400°C	600°C	800°C
0 kN	97.71 kN (100%)	95.75 kN (100%)	95.75 kN (100%)	81.42 kN (100%)
60 kN	99.01 kN (101.33%)	98.36 kN (102.72%)	97.05 kN (101.35%)	84.03 kN (103.2%)
120 kN	119.2 kN (122%)	117.25 kN (122.45%)	115.29 kN (120.4%)	108.78 kN (133.6%)

를 위하여 Fig. 17의 하중-처짐 곡선에서 처짐이 20 mm 발생할 때의 하중을 살펴보면, 상온 실험체는 154.3 kN, 400°C에서는 125.03 kN, 600°C는 100.2 kN, 800°C는 60.1 kN으로 나타났다. 이로부터 20°C 실험체를 기준으로 강도손실률을 살펴보면 400°C는 19%, 600°C는 35%, 800°C는 62%의 강도손실이 발생함을 확인할 수 있다.

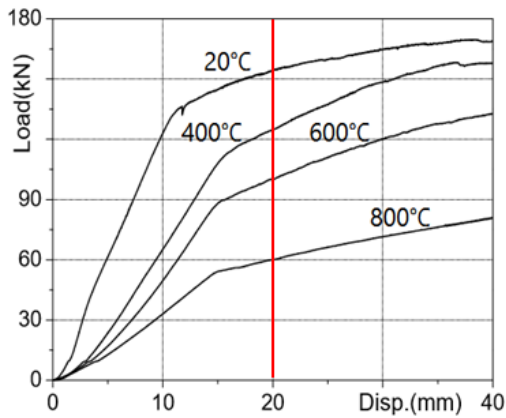


Fig. 17 Load - Displacement curve of PT beam

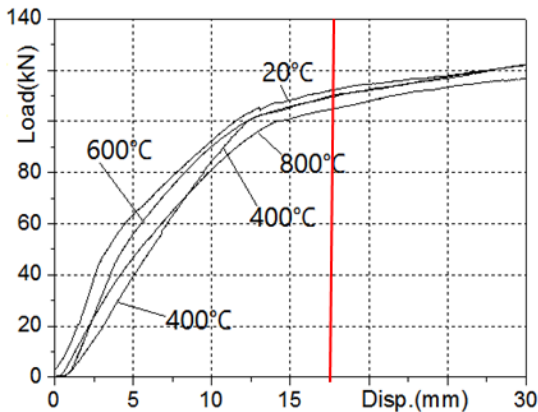


Fig. 18 Load - Displacement curve of PT slab

다음으로 Fig. 18의 포스트텐션 슬래브의 하중-처짐 곡선에서 처짐이 20 mm 발생할 때의 하중을 살펴보면, 상온 실험체는 114.41 kN, 400°C에서는 112.33 kN, 600°C는 112.08 kN, 800°C는 107.87 kN으로 나타났다. 이로부터 20°C 실험체를 기준으로 강도손실률을 살펴보면 400°C는 2.89%, 600°C는 2.12%, 800°C는 5.86%를 보였다. 이러한 비교분석으로부터 화재 시 고온을 받는 포스트텐션 보나 슬래브 부재는 강도 및 긴장력의 손실이 발생하고, 보강 시 손실된 내력만큼의 복원설계가 필요함을 확인하였다.

4) 비파괴검사에 의한 손상도 분석

화재 안전진단 시 초음파검사법을 이용하여 비파괴검사를 실시하는데, 이 연구에서는 포스트텐션 부재 실험체의 수열 전 후의 손상도를 초음파탐사기를 이용하여 분석하였다. Fig. 19의 슬래브 위치에서 가진기와 수신기의 간격을 200 mm로 하여 초음파 전달 속도를 측정하였으며, Fig. 21은 초음파 가진기와 수신기를 부착한 전경이다. 손상 전 후의 값의 비교는 Fig. 20에 나타나 있는데, 여기서, 손상 전의 값은 2400~2800의 편차가 있었다. 손상 전의 값을 기준으로 손상 후의 속도 값의 감소 비율은 400°C에서 18%, 600°C는 25%, 800°C는 45%로 측정되었다.

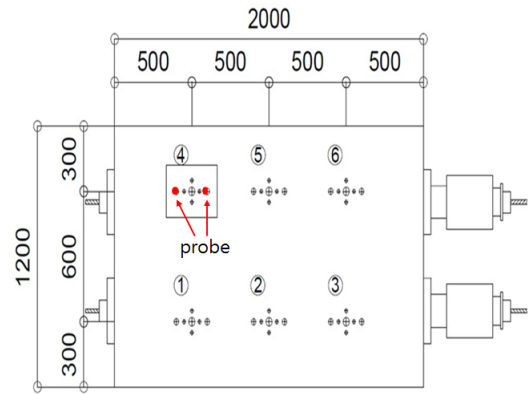


Fig. 19 Inspection point using ultrasonic probe

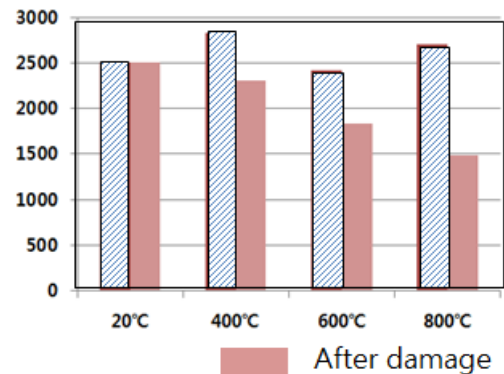


Fig. 20 Comparison of ultrasonic pulse velocity values before and after heating



Fig. 21 Damage assessment test using ultrasonic probe

4. 결 론

이 연구는 포스트텐션 보와 슬래브의 화재에 대한 구조성능 평가기술을 개발하기 위하여 고온에 노출된 포스트텐션 부재의 구조특성과 평가기법을 실험을 통하여 연구하였다. 강연선 자체의 온도변화에 따른 긴장력 변화를 살펴 보았으며, 포스트텐션 콘크리트 부재의 내화 구조성능을 규명하기 위하여 전기로를 이용한 내화 구조성능 실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강연선만의 온도변화에 따른 긴장력 변화를 살펴 보았으며, 400°C 600°C, 800°C의 경우 목표온도 도달 시 잔존 긴장력이 65.79 kN, 4.56 kN, 3.91 kN으로 급격한 저하를 보였지만 9시간이 지난 후 각각 55.37 kN, 18.89

kN, 13.68 kN으로 복원되었다. 이로부터 고온을 받은 강연선의 응력 이완을 확인하였고, 냉각되면서 긴장력의 일부가 복원되는 것을 알 수 있었다.

- 2) 포스트텐션 보와 슬래브 실험체가 각각 목표온도 도달 후 4시간 경과 시 포스트텐션부재의 강연선의 잔존 긴장력을 살펴보면, 포스트텐션 보는 400°C에서는 70%, 600°C에서는 10%, 800°C에서는 2%정도로 볼 수 있으며, 포스트텐션 슬래브는 400°C에서는 94%, 600°C에서는 84.5%, 800°C에서는 62%정도로 볼 수 있다. 한편, 포스트텐션부재의 내부온도가 약 300°C를 지나는 과정에서 강연선의 긴장력은 초기 값보다 10%정도 상승하는 것으로 나타났는데, 고온 콘크리트가 300°C에서 강도가 안정되고 회복되는 특성이 반영된 것으로 판단된다.
- 3) 포스트텐션부재의 가열온도별 실험체의 강연선 긴장력은 가력하중이 120 kN일 때, 포스트텐션 보의 경우 상온 실험체는 111.03%로, 400°C와 600°C를 경험한 실험체는 138.19%, 511.92%로 증가하였으며, 포스트텐션 슬래브의 경우 상온 실험체는 122%로, 800°C를 경험한 실험체는 133.6%로 두 부재 모두 상온 실험체와 비교하여 증가율이 크게 나타났다.
- 4) 포스트텐션 보와 슬래브의 고온 가열 후 잔존 내력 실험에서 처짐이 20 mm 발생하였을 때의 강도손실율을 각 부재의 상온 실험체를 기준으로 살펴보면, 3면 가열된 포스트텐션 보의 400°C 실험체는 19%, 600°C 실험체는 35%, 800°C 실험체는 62%이며, 1면 가열된 포스트텐션 슬래브의 400°C 실험체는 2.89%, 600°C 실험체는 2.12%, 800°C 실험체는 5.86%를 나타냈다. 이 실험으로부터 화재가 발생하는 경우 포스트텐션부재는 강도 및 긴장력의 손실이 발생하고, 보강 시 손실된 내력만큼의 복원설계가 필요함을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역대학우수과학자지원사업(NRF-2015-R1D1A3A01019366) 연구결과의 일부입니다.

References

1. Architectural Institute of Korea, The Structural Fire Resistant Design of High Strength Concrete, 2008.
2. Boris Bresler and Robert H. Iding, "Fire response of prestressed concrete members", 1980, SP 80-2.
3. Neves, I.C., Rodrigues, J.P.C., and de pa dua Loureiro, A., "Mechanical properties of reinforcing and prestressing steels after heating", *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol.8, No.4, 1996, pp.189-194.
4. Hertz, K.D., "Reinforcement data for fire safety design", *Magazine of Concrete Research*, Vol.56, No.8, 2004, pp.453-459.
5. Cho, A.S., "Development and Performance Test for Unbonded Post-Tensioned Anchor", *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol.27, No.1, 2015, pp.11-20.
6. Maclean, K.J.N., "Post Fire Deterioration and Prestress Loss in Steel Tendons Used in Post-tensioned Slabs", SP-255-7, ACI, 2006.
7. Choi, K.H., "The Structural Behavior of PSC Beam Subjected to High Temperature", *Proceedings of the Korea Concrete Institute*, Vol.26 No.1, 2014, pp.983-984.
8. Choi, K.H., "The Structural Behavior of PSC Slab subjected to High Temperature", *Proceedings of the Korea Concrete Institute*, Vol.26 No.2, 2014, pp.219-220.

요 약 이 연구는 포스트텐션 콘크리트 부재의 화재에 대한 구조성능 평가기술을 개발하기 위하여, 고온에 노출된 포스트텐션 보와 슬래브 부재의 구조특성과 평가기법을 내화 실험을 통하여 연구하였다. 내화 실험 시 가열은 전기로를 사용하였으며 수열온도를 400°C, 600°C, 800°C로 하였다. 이 연구로부터 고온을 받는 강연선은 응력 이완이 발생되고, 냉각되면서 긴장력의 일부 복원이 나타나는 것을 알 수 있었다. 포스트텐션 보와 슬래브 실험체가 각각 목표온도 도달 후 4시간 경과 시 포스트텐션 부재의 강연선의 잔존 긴장력을 살펴보면, 포스트텐션 보는 400°C에서는 70%, 600°C에서는 10%, 800°C에서는 2%정도로 볼 수 있으며, 포스트텐션 슬래브는 400°C에서는 94%, 600°C에서는 84.5%, 800°C에서는 62%정도로 나타났다. 상대적으로 포스트텐션 슬래브의 잔존 긴장력 손실이 작았던 이유는 슬래브가 고온에 일면 노출되었고, 강연선의 강도복원이 일어났기 때문으로 여겨졌다. 이 연구로부터 화재가 발생하는 경우 포스트텐션 부재는 강도 및 긴장력의 손실이 발생하고, 보강 시 손실된 내력만큼의 복원설계가 필요함을 확인하였다.

핵심용어 : 포스트텐션 보, 포스트텐션 슬래브, 내화 구조성능, 전기로, 강연선