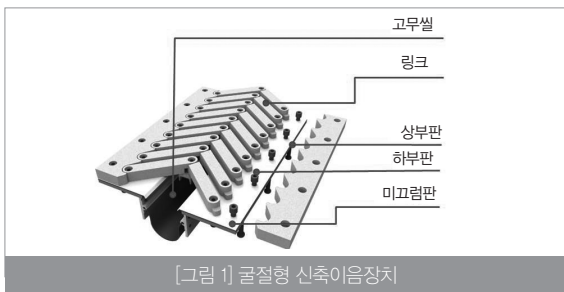


01

다경간 굴절형 신축이음장치 개발 Development of Multi Span Refract Type Expansion Joint

이타 \ 토목기술팀 차장 \ 공학박사 \ 토목구조기술사 \ yita@ssyenc.com

신축이음장치(Expansion Joint)는 온도에 의한 상부구조 신축량과 콘크리트 건조수축 및 크리프, 이동하중 등에 의한 교량의 신축변위를 수용하는 역할을 하며, 교량 상부간 유간을 이어줌으로써 원활한 차량운행이 가능하도록 한다. 이러한 신축이음장치는 원활하게 신축변위를 수용할 수 있도록 하며, 수직 하중에 대한 충격 및 피로, 차량 운전자에 대한 쾌적한 운행조건, 주변환경에 대해 소음 없이 작동할 수 있어야 한다. 본 연구에 적용되는 굴절형 신축이음장치는 주행면 이격이 없이 제작되어 차량 통과시 주행 충격에 유연하게 작용하여 주행성 향상 및 소음 감소에 효과적이다. 또한, 이물질 차단이 가능하여 상시 건전도를 최상급으로 유지할 수 있는 신축이음장치이다.



[그림 1] 굴절형 신축이음장치

일반적으로 장대교량이란 경간장 200m 이상의 교량으로 정의되고, 대표적으로 매달기 형태의 현수교, 사장교, 복합 E/D교 등을 지칭한다. 한편 사장교, 현수교는 지간장이 매우 길고 신축량이 매우 커서 일반적인 신축이음장치로는 신축제어가 불가능하다. 현재 장대교량의 경간장은 계속 증가하는 추세이고, 이에 따라 경간장 증가에 따른 신축이음 적용량 또한 증가하고 있는 추세이다.

본 연구에서는 도로교용 신축이음장치인 굴절형 신축이음장치의 신축용량을 확장하여 초장대교량에 적용가능하기 위해 신축량 2,500mm급 다경간 굴절형 신축이음장치를 개발하였다. 신축량 확

장을 위해 굴절형 신축이음장치를 1단 경간 구성에서 2단 경간 구성, 그리고 4단 경간 구성까지 확장하였다. 굴절형 신축이음장치를 1단 경간 구성에서 다경간 구성으로 적용하기 위해서는 하부 지지구조가 추가적으로 필요하다. 하부구조를 개발하는 과정에서는 종방향 및 횡방향 변위 등 초장대교량에서 필요한 변위요소를 고려하였다. 하부구조와 상부 구조의 연결 장치는 초고분자폴리에틸렌(UHMWPE)을 사용하여 원활한 미끄럼, 충격완화성능을 확보하였다. 또한 하부 지지구조를 새롭게 추가하게 되면 기존 굴절형 신축이음 배수방법인 U형 고무 배수시설을 사용할 수 없으며 새로운 형태의 배수장치가 필요하다. 그래서 새로운 배수방법인 이물질 방지판을 이용한 방법을 새롭게 고안하였으며, 새롭게 고안된 이물질 방지판을 다경간 굴절형 신축이음장치에 적용하였다. 개발된 다경간 굴절형 신축이음장치 제품 검증을 위해 신축이음장치 완제품 성능 시험을 KSF4425방법으로 공인시험기관에서 수행하였으며, 공인시험기관 시험 결과 KSF4425 완제품 성능기준을 만족하였다. 따라서, 다경간 구성을 통하여 신축량 2,500mm까지 적용이 가능할 것으로 판단된다. S



[그림 2] KSF4425 완제품 성능시험

논문 원문

- 나준수, 구자화, 이승민, 이호용, 김병삼, 이타 (2017), "다경간 굴절형 신축이음장치 개발", 한 국방재학회 학술발표대회 논문집, pp.220

02

양생 조건에 따른 콘크리트의 건조수축 특성에 관한 실험적 연구 Experimental Study on Drying Shrinkage of Concrete under Curing Conditions

김재연 \ 토목기술팀 사원 \ jaeyeon.kim@ssyenc.com

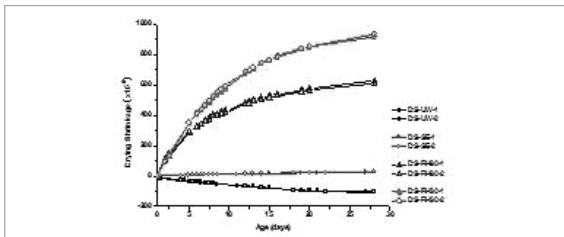
콘크리트의 건조수축은 굳은 콘크리트의 시멘트 수화물 내에 존재하는 수분이 장기간에 걸쳐 외기로 증발하면서 발생하는 수축현상으로, 실제 구조물에서의 영향력이 상당하기 때문에 구조물의 사용성 및 내구성에 많은 문제를 발생시킨다. 콘크리트의 건조수축은 부재가 노출된 환경 요인 중에서 상대습도에 직접적인 영향을 받는데 본 연구에서는 콘크리트를 양생할 때의 습도 조건을 다르게 함으로써 콘크리트의 건조수축에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

본 연구는 <표 1>에 나타난 바와 같이 물-시멘트비 45%의 배합조건과 20°C의 외기 온도 아래에서 상대습도 30%, 80%, 밀봉, 수중으로 구분하여 실험을 수행하였다.

표 1 실험 배합

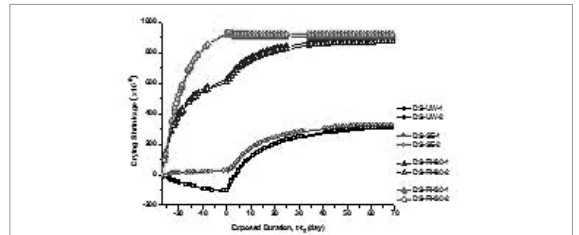
W/C	S/a (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위질량(kg/m ³)			
			시멘트	잔골재	굵은 골재	S/P
0.45	43.0	166	373	760	1020	0.2

공시체(직육면체 몰드 100x100x400mm) 제작 후 상대습도 60%의 양생실에서 24시간 양생을 하고 몰드를 탈형하여 상대습도 30%, 80%, 밀봉, 수중의 조건에서 28일간 양생 및 건조수축량 측정을 수행하였다. 이후 재령 28일에 다시 상대습도 60%의 조건으로 외기 습도를 변화시켜 재령 90일까지 건조수축량의 변화를 측정하였다.



[그림 1] 재령 1일 이후부터 28일까지의 건조수축량

[그림 1]은 탈형 후 재령 1일부터 재령 28일까지 측정한 건조수축량의 결과를 나타낸 것으로 외기 상대습도가 낮을수록 건조수축량과 속도가 증가하는 것을 알 수 있다.



[그림 2] 재령 28일 이후 새로운 조건에 노출시켰을 때의 건조수축량 변화

그러나 새로운 환경(습도)에 노출됨에 따라 건조수축량의 변화가 발생하는 것을 [그림 2]를 통해 확인할 수 있다. 특히 상대습도 30%의 조건에 양생한 공시체는 재령 초기 가장 빠르고 많은 양의 건조수축을 보였으나, 재령 28일 이후 외기 상대습도가 60%로 양생 시에 비해 높아져 오히려 수분이 외부로부터 공급받아 팽창을 하였다.

서로 다른 습도 조건에서 양생된 콘크리트의 건조수축량은 외기 상대습도가 낮을수록 그 속도와 최종 수축량이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 변화된 외부 환경 조건은 건조수축에 상당한 영향을 미치며, 설사 수분이 외부로부터 공급되더라도 콘크리트가 원래의 크기로 되돌아갈 정도의 팽창이 일어나지 않는다는 결론을 도출할 수 있다. 기존의 콘크리트 장기거동 예측 모델식으로 산정된 건조수축량과의 비교를 통해 양생 시 외기 상대습도 조건에 따른 보정식의 필요성에 대한 추가 연구가 필요할 것이라 판단된다. S

논문 원문

● 김재연, 김진근 (2017), "양생 조건에 따른 콘크리트의 건조수축 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 봄 학술대회 논문집, pp.505~506

03

Spliced Girder교 공법 및 안전 시공 Construction of the Spliced Girder Bridge with Safety Management

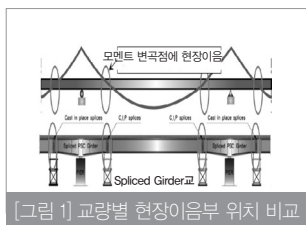
안동열 \ 토목기술팀 대리 \ prosperous@ssyenc.com
이 타 \ 토목기술팀 차장 \ yita@ssyenc.com

이송현 \ 토목기술팀 부장 \ song7778@ssyenc.com
김성호 \ 기술영업TFT 부장 \ 02shkim@ssyenc.com

PSC Beam Girder교는 25~50m 경간장에서 많이 사용되고 있는데 요즘 장경간 수요 증가와 교량의 개방감 확보를 위해 경제성이 확보된 장경간 교량이 대두되고 있다. 이에 경간장 60~100m Spliced Girder교가 최초로 미국에서 개발된 이후 국내 최대 경간장 70m 교량의 설계 및 시공을 어려운 여건속에 원활히 진행함으로써 확실한 공사 실적 및 경험을 축적하게 되었다. 이에 Spliced Girder교 소개 및 시공 시 중점 관리사항을 위주로 시공 사례를 소개하고자 한다. PSC Beam Girder는 경간장이 늘어나면 거더의 길이가 길어져 중량이 증가하게 되고 인양 시 장비의 대형화로 가설 비용이 증가한다. 또한 거더가 길수록 운반 중 거더의 횡변형 및 전도 등의 리스크가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 장경간 Spliced Girder는 경간당 2~3개의 Segment로 분리, 제작, 거치 하는 방식의 공법이다.

장경간(60~100m)에 주로 사용되어 온 강교에 비하여 Spliced Girder교의 공사비는 약 70% 수준으로서 공사비를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 거더간의 Segment 이음위치를 모멘트 변곡점에 둬서 일반적인 PSC Beam Girder교에 비해 더욱 구조적인 안전성을 확보할 수 있는 교량형식이다.

당사의 Spliced Girder교는 약 35m로 형하고가 높고, 시도26호선과 신담천을 횡단해야함에 따라 장경간이 필요하며, 자연과의 조화가 필요한 지역 특성 등을 고려해 국내 최초로 70m 장경간 Spliced Girder교로 설계 적용하였다. 본 교량의 주변은 협소하여 약 1km 떨어진 휴게소 부지에서 거더를 제작한 후, 기 시공된 라멘교(PSC edge 라멘교, L=40m)를 통과하여 급경사(S=11.6%)인 도로로 운반되어야 한다. 이에 가



[그림 1] 교량별 현장이음부 위치 비교

설작업 전에 거더(최대 중량 128Ton)가 기 시공된 라멘교 통과시 트레일러 하중에 대한 교량 구조안전성 검토 및 실물 하중 재하시험(균열 및 처짐량 확인)을 실시하였고, 운반로 상의 최소 곡선반경 및 종단 변화율 검토를 통해 운반 가능 여부를 확인하였다. 또한 급경사 구간 이동시 돌발상황에 대비하여 Dolly(차체 제동장치 탑재)와 B/H를 와이어로 연결하여 미끄럼 방지에 만전을 기하였다.

Spliced Girder의 주두부는 일반 PSC Beam Girder와 달리 구조물 완공 시 거더 상면에 인장력이 발생하나, 운반이나 인양 시 정모멘트가 발생하여 거더 하연에 인장력 발생으로 인한 균열이 유발되므로 거더 제작시 하연에 추가 철근 보강을 실시하고 강선만 삽입 상태로 운반 및 인양작업을 해야 한다.

거더 거치시 주두부는 교각을 중심으로 양쪽에 설치된 가설벤트와 교차받침 등 총 세개의 지점에 가설을 하게 되는데 교차받침 위에 거더가 먼저 없어질 경우 양쪽 벤트의 높이가 조금만 낮아도 회전되어 정확한 위치에 놓을 수 없게 되고, 종단 경사를 맞추기 어려울 뿐 아니라 가설벤트에 예기치 않은 수평력이 작용되면 전도위험이 있기 때문에 가설벤트를 설계된 보다 높여서 거치하고 스크류 잭의 높낮이를 조정함으로써 문제를 해결하였다.

또한 3점 지지로 주두부를 거치한 후, 경간부를 가설벤트에 거치해 교량 종단경사를 맞춰야 하기 때문에 가설 직후 거더 이음부의 철저한 레벨관리는 필수적이다. 만약 오차가 발생하면 설계 종단경사를 맞추기 어려울 뿐더러 Segment간의 쉬즈관 높이차로 인해 강선 인장시 손실율이 커지며, 설계 인장력을 얻을 수 없게 된다.

이상과 같이 국내 최초 70m 장경간 적용 Spliced Girder교 공법에 대한 개요 및 안전관리를 통한 시공에 대해 간략히 기술하였다. S

논문 원문

① 안동열, 이타, 이송현, 김성호, 김인열 (2017), "Spliced Girder교 공법 및 안전 시공", 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.9~10

04

프리스트레스트 합성거더 연속교의 정적재하시험 Static Test on Continuous Prestressed Composite Girder

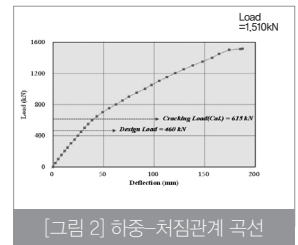
전승민 \ 토목기술팀 과장 \ seungmin79@ssyenc.com

슬래브 연속화 공법은 1960년대 PSC거더를 대상으로 개발되어 오늘날까지도 활발히 적용되고 있다. 이 공법은 중간지점에 신축이음부를 생략할 수 있어 통행시 승차감이 양호하고 장기적으로 유지보수 비용이 상대적으로 적게 소요되며, 연속구조에 비해 시공성이 좋고 초기 건설비용이 적다는 장점이 있다. 그러나 엄밀히 구조적 연속은 아니기 때문에 단순히 설계와 다르다. 즉 자중을 포함한 모든 고정하중과 활하중에 대해 단순보로 설계되기 때문에 큰 단면 설계를 피할 수 없고 교각상 교량받침 수도 줄일 수 없다. 최근 국내 PSC거더나 프리플렉스거더와 같은 합성거더들은 연속화가 아닌 연속교 개발을 위해 노력 중이다. PSC거더의 경우 정·부모멘트구간 거더를 분절제작 후 모멘트 변곡점 부근에서 현장이음하는 방식으로 현재 70m까지 적용 사례가 있고 프리플렉스 합성거더의 경우는 2000년대 중반부터 많은 실적이 있다. 본 연구에서는 북부콘크리트 단면이 생략된 포스트텐셔닝(Post-Tensioning) 합성거더연속교(1-Shoe) 실물시험체(B=10.2m, L=2@25=50m, 도로교)를 제작해 정적실험을 통해 구조 거동을 평가하고자 한다.

실험체 케이싱 설계강도는 45MPa, 강재의 강종은 SM520, PS강연선은 SWPC 7B를 적용하였다. 정·부모멘트 거더 형고비는 1:1.40이고 사용한계상태 설계시 부모멘트부 케이싱 압축응력으로 단면이 결정되었다. 부모멘트부 바닥판은 균열단면으로 설계하고 부모멘트 구간의 교축방향 철근비는 1.9%로

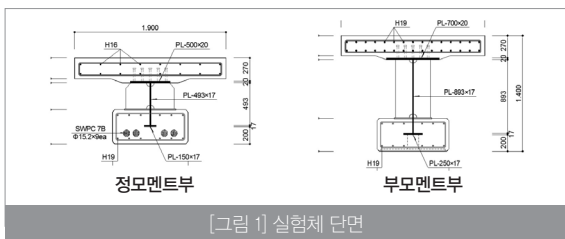
도로교설계기준(한계상태설계법)의 규정을 만족하도록 설계하였다. 시험은 2개 경간 중앙에 액츄에이터를 5,000kN급을 배치하여 가력하였고 동일 위치에 LVDT를 설치해 변위를 측정하였다. 정모멘트부 인장 단면의 항복까지 하중을 재하하였다. 실험과 이론식에 의한 균열하중 차이는 5% 이내로 설계기준에 따른 균열 예측이 적절함을 확인하였다. 비균열등급으로 설계된 정모멘트 단면은 설계하중 대비 1.3배의 균열 안전율을 확보하여 설계가 적절함을 확인했고 균열단면으로 설계되는 부모멘트부 바닥판은 균열로 인한 단면소실에도 실험체 전체 강성에 영향을 주지 않으며 정모멘트부가 항복에 도달할 때까지 부모멘트부는 탄성적으로 거동 하였다. 이는 부모멘트부 균열 단면 설계가 안전측이기 때문으로 비균열 단면으로 휨강성 평가하는 것이 실제 거동을 좀 더 정확히 모사할 것이라 판단된다.

정모멘트부 케이싱 균열 이후 인장플랜지와 인장철근 변형의 증가가 나타나기 시작했으나 항복이후 거동은 실험 중단에 의해 확인할 수 없었다.



[그림 2] 하중-처짐관계 곡선

설계기준에 따른 이론식으로 프리스트레스트 합성거더 연속교의 균열 예측이 가능하다. 또 부모멘트부 단면은 비균열 단면으로 휨강성을 평가하는 것이 실제 거동을 더 정확히 모사할 것이라 판단된다. S



[그림 1] 실험체 단면

논문 원문

- 김충연, 양인욱, 하태열, 전승민 (2017), "프리스트레스트 합성거더 연속교의 정적재하시험", 한국교량및구조공학회 기술컨퍼런스 논문집, pp.37~38

Shallow tunnel construction using a new tunneling technique: M-CAM

Jae-seung Lim \ General Manager, Civil Engineering Team \ ljs@ssyenc.com

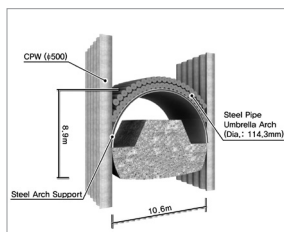
Jae-ho Choi \ Deputy General Manager, Civil Engineering Team \ soilplug@ssyenc.com

Dong-in Park \ Manager, Civil Engineering Team \ dipark@ssyenc.com

Urban underground railways are usually and inevitably planned to pass across highly congested and urbanized areas. As a consequence, construction conditions become more difficult due to various existing underground structures, traffic congestion, environmental issues, miscellaneous civil petitions, safety of adjacent existing structures, etc. To overcome these obstacles, many non-cut and cover methods by using pipe jacking techniques have been developed and applied, or drilling and blasting methods with enormous quantities of reinforcements are adopted. But they have certain limitations to apply for a long railway tunnel in urban areas.

In view of these circumstances, we developed the M-CAM(Modified Cellular Arch Method) and applied to the Busan Subway Line 1 Extension Project. The M-CAM provides a new concept of tunneling that enables to shorten construction duration and to secure sufficient stability in unfavorable soil condition during shallow tunneling. In this paper, the mechanism of the M-CAM is introduced. Stability analyses using the total stress-seepage coupled FEM and monitoring results are presented and compared to verify the performance of the M-CAM.

The M-CAM includes an installation of large-diameter steel pipe umbrella arch(diameter : 114,3mm) and steel arch supports at tunnel crown to form the roof of the tunnel. They are structurally connected with a preinstalled CPW(Continuous Pile Wall) in order to transfer load of the upper ground to the CPW, securing tunnel stability. And the CPW will deliver the load to a stable base ground.



[Fig 1] Conceptual diagram of the M-CAM

The M-CAM does not require a leg pile, elephant foot, temporary invert, side pile, which usually required in the NATM. As a consequence, the method enables to reduce a cycle time by simplifying the reinforcement works, and to shorten construction duration by performing the installation of the CPW and the underground reinforcement works at the same time.

According to the comparison between the results of monitoring and numerical analysis, the measured ground settlement and displacement at the crown of the M-CAM tunnel were 55~74% smaller than the results in the numerical analysis. Also, stress of shotcrete in the monitoring results was 63% smaller than the estimated value of the numerical analysis. Based on the results of the comparison, it is inferred that the M-CAM can ensure stability during tunneling with a shallow overburden depth.

According to the construction case, the M-CAM can resolve most of problems usually incurred with a conventional cut and cover method. It also can improve instability issues of the NATM and reduce construction cycle time to 23% in comparison with the NATM as the method does not require various reinforcements. According to the results of the monitoring during construction, displacements, stresses were smaller than the estimated values and all results were complied with the criteria. Therefore, the M-CAM is one of the effective alternatives that can replace a conventional cut and cover method and the NATM for shallow tunneling in a weathered soil. S

Original Reference Paper

- ① Ssangyong Engineering and Construction Co., Ltd. (2017), "Shallow tunnel construction using a new tunneling technique: M-CAM", Tunnels and Underground Space in KOREA 2017, pp.48~52

06

실제 적용사례를 통한 공동주택 에너지 기준 비교 분석 Comparative Analysis of the Energy Criteria for Apartment Complex throughout Case Study

박철용 \ 건축기술팀 차장 \ cypark@ssyenc.com

공동주택이 우리나라의 대표적인 주거형태로 자리잡으면서 최근 국가 건물 에너지 정책은 공동주택을 주요 대상으로 하고 있다. 공동주택을 포함한 모든 용도의 건축물에 적용되는 '건축물 에너지절약설계기준'에서는 에너지성능지표(EPI) 65점 이상을 의무적으로 획득하도록 하고 있다. '건축물 에너지효율등급 인증제도'에서는 1차에너지 소요량을 이용한 절대값 기준으로 평가하여 10개 등급으로 구분하여 평가하고 있으며, 최근 제로에너지 건축물까지 평가할 수 있는 기준을 포함하는 내용으로 개정되었다. 또한 공동주택만을 대상으로 하는 '에너지절약형 친환경 주택 건설기준 및 성능'에서는 설계조건을 만족하는 방법과 총 에너지 절감률 또는 총 이산화탄소 저감률을 평가하여 40% 이상을 만족하도록 의무적으로 규정하고 있다.

본 연구에서는 에너지 제도의 합리적이고 효율적인 운영을 위하여 각 제도별 특징을 비교 분석하고, 실제 사용량과 비교 분석을 실시하였다.

대상 프로젝트는 경기도 지역에 위치한 727세대 공동주택으로, 지상 18층~21층 9개동으로 구성되어 있다. 건축물 에너지효율등급 예비인증을 획득하였으며, 1차에너지 소요량은 155kWh/m²·yr 수준(2등급) EPI 배점은 72점 수준, 친환경 주택 건설기준 및 성능에 따른 절감률은 31% 수준으로 나타났다.

주요 설계요소로는 (1)외피의 평균 열관류율, (2)지붕의 평균 열관류율, (3)최하층 거실바닥의 평균 열관류율, (4)난방설비, (5)폐열회수형 환기장치, (6)거실의 조명밀도, (7)LED 조명기기, (8)신재생 부문 등이며, 이 중 신재생 부문은 적용되지 않았기 때문에 분석에서 제외하였다.

각 제도별 설계요소의 영향 정도는 외벽의 평균 열관류율, 난방설비, LED 조명기기를 적용함에 따른 거실의 조명밀도 등이 상대적으로 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 외벽의 평균

열관류율, 난방설비, LED 조명기기 적용비율에 따른 거실의 조명밀도를 주요 변수로 하여 상호 연관성을 정량적으로 분석해 보았다. 다만, 난방설비의 경우 지역난방이기 때문에 변화의 여지가 없어 분석에서는 제외하였다.

표 1 외벽 평균 열관류율 변화에 따른 결과 비교

구분	기존		변경1		변경2	
외벽 열관류율	0.46W/m ² ·K		0.39W/m ² ·K		0.34W/m ² ·K	
예절2015	0.8점	72점	0.9점	75점	1.0점	78점
에너지인증	155		150		147	
친주2015	31%		36%		39%	

표 2 조명밀도 변화에 따른 결과 비교

구분	기존		변경1		변경2	
조명밀도	12W/m ²		9W/m ² (LED 10%)		7W/m ² (LED 30%)	
예절2015	0.8점	72점	0.9점	75점	1.0점	77점
에너지인증	155		140		130	
친주2015	31%		31%		31%	

이상과 같이 외벽 평균 열관류율을 EPI 배점 향상을 위한 값으로 변화시켰을 때 에너지효율등급 인증기준에 따른 1차에너지 소요량과 친환경 주택 건설기준 및 성능에 따른 에너지 절감률은 비례적으로 향상되는 것으로 나타났으며, LED 조명기기 적용비율에 따른 조명밀도를 EPI 배점 향상을 위한 값으로 변화시켰을 때 에너지효율등급 인증기준에 따른 1차에너지 소요량은 큰 폭으로 감소되지만 친환경 주택 건설기준 및 성능에 따른 에너지 절감률은 변화가 없는 것으로 나타났다. S

논문 원문

① 박철용 (2017), "실제 적용사례를 통한 공동주택 에너지 기준 비교 분석", 대한건축학회 춘계 학술발표대회 논문집, pp.443~444

07

로이코팅 개수 및 위치에 따른 이중창의 결로방지성능 비교 실험 An Experimental study for Condensation resistance of twice double glazing window depending on the number and location of low emittance coatings

박철용 \ 건축기술팀 차장 \ cypark@ssyenc.com

전현도 \ 건축기술팀 과장 \ jhdo@ssyenc.com

건축물의 에너지 절약에 대한 관심이 높아짐에 따라 단열설계가 중요한 부분을 차지하게 되었다. 특히 불투명 외피보다 상대적으로 열 손실이 큰 투명 외피(창)에 대한 기술 개발을 유도하는 차원에서 '창호 에너지소비효율등급 제도'가 시행되고 있으며, 1등급 창세트를 제작하기 위한 기술로는 복층유리 이중창, 로이코팅, 아르곤 또는 크립톤 가스 주입 등으로 요약할 수 있는데, 열관류율과 기밀성만을 대상으로 등급을 부여하고 있다는 한계가 있다. 본 연구에서는 주로 에너지 성능에 초점을 맞춘 창 유리의 로이코팅 기술을 결로대응성으로 접근해 보았다. 복층유리 이중창을 대상으로 로이코팅 위치 및 적용 개수가 결로방지성능에 미치는 영향에 대하여 2차원 전열해석과 실험실 실험을 실시하여 비교 분석해 보았다.

해석모델 및 실험체 제작은 [그림 1]과 같다. 실내·외 온·습도 조건은 '공동주택 결로 방지를 위한 설계기준'에서 설정한 중부지역 외기 온도 -15°C, 내부 온·습도는 25°C, 50% 수준으로 하였다.

먼저 WINDOW 프로그램과 THERM 프로그램을 이용하여 2차원 전열해석을 수행하였다. 이 때 22mm 복층유리는 열관류율 2.69W/m²K 수준, 22mm 로이코팅 복층유리의 열관류율은 1.64W/m²K 수준으로 고려하였다.

다음으로 항온항습실에서 결로 실험을 진행하였다. 실험은 24시간 동안 실내·외 온·습도 조건을 유지시킨 상태에서 창호의 각 부위별 표면온도 및 복층유리 사이의 중간층 온·습도 등을 자동 측정하였다.

2차원 전열해석결과와 실험결과를 정리하면 표1과 같이 유리 모서리와 유리 중앙 표면온도가 큰 차이를 보이지 않는 수준에서 비슷하게 나타났으며, 모든 부위에서 '공동주택 결로방지를 위한 설계기준'에서 요구하는 TDR을 이용하여 환산한 노점온도보다 높게 나타났다.

표 1 해석 및 실험결과 정리

구분	실험 결과				해석 결과	
	내부창		외부창		실리콘	유리모서리
	창틀	유리모서리	창짝	유리모서리		
노점온도	13.8	15.4	-	-	(13.8)	15.4
CASE 1	22.1	18.8	-2.6	-3.5	14.5	18.4
CASE 2	22.5	19.5	-0.3	-0.5	15.6	19.5
CASE 3	22.6	20.0	-1.6	-3.9	14.2	20.2
CASE 4	22.4	20.3	-0.9	-1.4	15.1	20.9

Case 1과 비교하여 Case 2는 전체 부위에서 높은 온도 분포를 보였으며, Case 3은 내부 창은 Case 2보다도 높은 온도 분포를 보였지만 외부 창은 낮은 온도 분포를 보였고, Case 4는 내부 창은 가장 높은 온도 분포를 보인 반면 외부 창은 Case 3보다는 높지만 Case 2보다는 낮은 온도 분포를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 온도 분포를 보인 이유는 로이코팅이 태양빛을 흡수한 후 재방사하는 열 및 실내 난방기구 등에서 발생하는 열과 같은 장파장 영역인 적외선을 반사시키기 때문으로 본 실험에서는 그 위치와 개수에 따라 실내의 열원에서 발생한 열을 반사시킴에 따른 영향으로 파악되었다.

따라서 창호의 열관류율을 만족시킨다는 전제 하에 결로 대응성을 고려한 로이코팅 위치는 내부와 외부 유리 모두 로이코팅을 한 Case 4가 가장 유리하지만 경제적인 측면을 고려하여 내부 유리에만 로이코팅을 하더라도 상당한 수준까지 결로 대응성을 확보할 수 있음을 확인하였다. S

Case 이미지	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
유리사양	(외부) 5CL+12Air+5CL (내부) 5CL+12Air+5CL	(외부) 5CL+12Air+5LE (내부) 5CL+12Air+5CL	(외부) 5CL+12Air+5CL (내부) 5CL+12Air+5LE	(외부) 5CL+12Air+5LE (내부) 5CL+12Air+5LE
비교	일반창호	3면 로이	7면 로이	3면 / 7면 로이

[그림 1] 실험체 구성

논문 원문

박철용, 전현도, 최지혜, 이상현 (2017), "로이코팅 개수 및 위치에 따른 이중창의 결로방지성능 비교 실험", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, pp.470~471

공동주택 층 수 변화에 따른 1차 에너지 열손실률 분석

An Analysis of the Primary Energy Heat Loss according to Different Stories in Apartment

전현도 \ 건축기술팀 과장 \ jhdo@ssyenc.com

박철용 \ 건축기술팀 차장 \ cypark@ssyenc.com

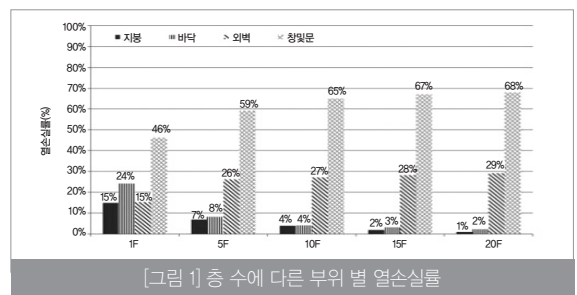
2025년 제로에너지주택 의무화를 위해서는 주거 형태의 60% 이상을 차지하는 공동주택의 에너지 손실 특성 이해가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 공동주택의 층 수에 따른 외피 부위 별 열손실 비율 산출 및 분석을 통해 공동주택의 열손실 특성의 현황과 에너지소요량 산출방법에 대한 개선 사항을 제언해 보고자 하였다. 본 연구에서의 열손실 분석 부위는 외벽, 지붕, 바닥, 최하층 바닥, 창호 등 건물의 외피로 한정하였으며, 분석 방법은 공동주택 1개 동을 대상으로 5개층 마다 전체 1차 에너지소요량 대비 각 외피 부위 별 열손실 비율을 산정하였다. 에너지 소요량 산출 프로그램은 현재 건축물에너지효율등급 인증 평가 프로그램인 ECO2를 이용하였으며, 프로그램에 입력된 외피 단열 성능은 <표 1>과 같다.

표 1 외피 단열 성능

구분	열관류율	비고
외벽(외기직접)	0.244	비드법 2중 2호 120mm
외벽(외기간접)	0.344	비드법 2중 2호 80mm
지붕	0.108	비드법 2중 2호 285mm
바닥	0.215	비드법 2중 2호 125mm
창(외기직접)	0.9	22mm 로이 + 22mm 로이

1차 에너지소요량 값 중 급탕, 조명, 환기에너지는 외피 성능과는 큰 상관없이 난방, 환기시스템 종류와 효율, 조영밀도에 의해 소요량 값이 결정되기 때문에 본 연구에서는 층 수와 상관 없이 동일한 결과 값이 나타나기 때문에 난방에너지 소요량 값의 비교를 통해 각 외피 부위 별 열손실률을 산출하였다.

열손실률은 각 외피 부위 별 열관류율이 '0'일 경우 열손실이 없다는 것으로 가정을 하여 현재 설계안일 경우의 1차 난방 에너지 소요량과 각 부위 별 열관류율이 '0'일 경우의 1차 난방에너지 소요량의 차이를 전체 외피 별 열손실량 합계로 나누어 열손실률을 산출하였다. 층 수에 따른 부위 별 열손실률 결과는 [그림 1]과 같다.



분석 결과 지붕과 최하층 바닥은 층 수가 증가할수록 열손실률이 낮아져 20층일 때는 열손실률이 1~2% 수준으로 나타났다. 반면에 외벽은 1층 건물일 경우 15%에서 층수가 증가할수록 점차 늘어나 20층일 때는 29%로 나타났다. 창호도 1층 건물일 때는 46%에서 20층일 때는 68%까지 열손실률이 늘어나는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향이 나타나는 이유는 분석 프로그램에서는 각 외피 면적과 열관류율이 난방에너지 소요량을 결정하는 중요한 요소인데 지붕과 최하층 바닥의 분석 대상 면적은 층 수와 상관없이 동일한 면적으로 유지되는 반면 외벽과 창의 면적은 층 수가 증가할수록 분석 대상 면적이 점차 늘어나기 때문으로 판단된다. 이상과 같은 결과를 토대로 살펴보면 지붕과 최하층 바닥의 단열 성능은 전체 에너지 소요량에는 큰 영향이 없는 부위로 귀결되지만 실제 최상층, 최하층 개별 세대로 살펴보면 지붕과 바닥을 통한 열손실은 공동주택 에너지 절감을 위한 중요한 요소 중의 하나이다.

따라서 전체 건물의 에너지소요량 산출에 있어 각 위치 특성을 고려한 에너지 소요량 산출 방법이 강구되어야 할 것으로 사료된다. S

논문 원문

① 전현도, 박철용 (2017), "공동주택 층 수 변화에 따른 1차 에너지 열손실률 분석", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, pp.505~506