경량콘크리트의 단열성에 관한 연구

서 치 호
〈건국대학교 공과대학 건축공학과 부교수·공박〉

Ⅰ. 서 론

최근 건축물이 고층화 대형화됨에 따라 건물의 자중이 증대되고 있으며, 또한 양호한 천연자원의 고갈에 따른 자원의 효율적 이용 및 대체재료의 개발이란 측면에서 현대건축의 가장 주된 재료인 콘크리트의 경량화는 점차 그 필요성이 인식되고 있다. 특히 70년초의 오일쇼크는 화석연료의 이용에 친숙해지기 시작한 인류의 생활에 심각한 우려를 던져주는데 이르러서, 건축부문에서도 에너지 절약설계의 중요성이 대두될 수 밖에 없었던 것이다. 따라서 건물의 자중을 경감시키는 연구와 함께 에너지 절감을 위한 가장 근본적인 수단인 단열과 단열재에 대한 연구가 요구되고 있다.

경량콘크리트는 그 자중감소의 효과, 단열, 방음등의 효과로 사용이 보편화될 전망이어서 그 활용의 중요성은 날로 더해지고 있다. 따라서 본 연구에서는 구조체의 고정하중의 경감과 단열효과를 동시에 기대할 수 있는 국산경량골재를 사용한 경량콘크리트의 단열성능을 이론과 실험을 통하여 분석하여 그 활용에 필요한 기본자료를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 경량콘크리트와 단열

Ⅱ－1. 경량콘크리트

경량콘크리트의 발전은 경량골재의 발달 및 제조가 이루어지면서 시작되었다고 할 수 있는데 1917년 S. J. HADGE가 혈암과 점토를 열팽창하여 골재로 사용한 것이 그 시초라 할 수 있다. 구조물의 주 요소인 콘크리트를 경량화하는 방법은 비중이 적은 다공질의 경량골재를 사용한 경량골재콘크리트, 콘크리트에 다량의 기포를 형성시켜서 만든 경량기포콘크리트, 골재사이에 공극을 형성시키기 위하여 배합에 있어서 골재의 입도를 조정하는 방법등이 있다. 이들 방법중 경량골재를 사용한 콘크리트의 활용은 건물의 자중감소에 따른 직접적인 효과와 단열로 인한 간접적인 효과를 기대할 수 있다.

Ⅱ－2. 단 열

단열이란 열이 흐르는 물체의 열전도 저항을 크게하여 열흐름을 적게하는 것으로 열관류율을 적게하기 위해서는 단열재의 두께를 증가시키거나 열전도율이 낮은 재료(단열재)를 사용하여야 한다. 일반적으로 단열재란 열전도율이 낮은 재료를 의미하며 통상 0.05kcal/mh℃이하의 열전도율을 가진 재료를 말한다. 열의 이동은 전도, 대류 및 복사로 이루어진다. 이러한 열의 흐름중에서 전도는 어떤 물질내에서 열에너지가 고온부분에서 저온부분으로 이동하는 것으로 열전도가 용이한 정도 즉 열전도율에 좌우된다.

일반적으로 공극을 다량으로 함유한 골재의 열전도율 및 열팽창율은 작으며 골재내부 공극의 열전도율은 최소(λ =0.02kcal/mh℃, 상온)가 되므로 골재내부에 포함되어 있는 독립기공

이 많을수록 대류 및 복사에 의한 열이동이 적어 그 열전도율이 낮아진다.

한편 경량콘크리트의 열전달은 사용경량골재와 배합에 따라 좌우되며, 특히 단위용적중량에 의해 결정되어 진다. 이는 다공극의 독립기포에 기인되기 때문이다. 경량골재의 공극이 흡수된 상태에 있으면 단열효과가 떨어지므로 흡수를 방지하여야 한다.

Ⅲ. 실 험

Ⅲ－1. 개 요

경량콘크리트는 적합한 경량골재의 사용과 그 시방으로 콘크리트의 단위용적중량이 500㎏/㎥~2,000㎏/㎥정도의 범위로 제조되고 있다. 그러나 국내에서 생산되는 경량골재에 대해서는 이상과 같은 경량콘크리트의 제조에 대한 기본자료가 불비하므로 본 실험에서는 국내에서 실용 가능한 3종의 경량골재를 선정하여 각 배합별에 따른 단위용적중량과 열전도율의 관계를 규명하여 각 사용골재 종별에 따른 경량콘크리트의 제 성상을 파악하고자 한다.

Ⅲ－2. 배합계획

사용된 주요 경량골재는 국내에서 실용가능한 것으로 예상되는 것으로 충남 청양군에서 생산되는 질석과 제주모에서 생산되는 화산암재인 무기질의 경량골재와 발포폴리스틸렌비드인 유기질의 경량골재로 선정하였으며, 배합은 경량콘크리트의 열적성능에 영향을 미치는 특성변화 요인으로 단위시멘트량, 물시멘트비, 잔골재율로 정하였으며, 그 배합율은 표Ⅲ－1과 같다.

〈표Ⅲ－1〉 배합요인

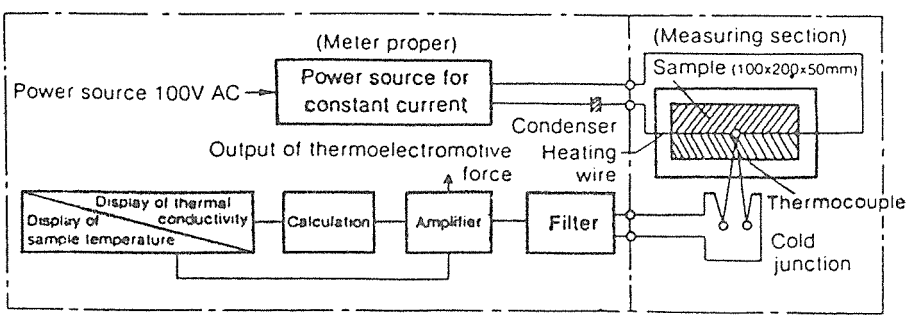
굵 은 골 재	단위시멘트량 (㎏/㎥)	물시멘트비 (%)	잔골재율(%)
질 석	300	60, 65	15, 25, 35, 45
화 산 암 재	300, 350	55, 60	40, 45
발포폴리스틸렌 비 드	300, 350	45, 60	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60

Ⅲ－3. 실험 방법

Ⅲ－3－1. 열전도율 실험

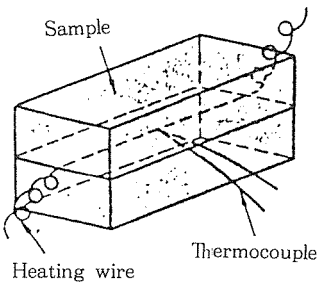
본 실험의 방법은 비정상열선법 측정기(형식 TC－32 : 日本 京都電子 工業株式會社 제작)에 의하여 다음과 같이 실시 하였으며 그 구성계통도는 그림Ⅲ－1과 같다.

시험편의 크기는 200㎜×100㎜×50㎜크기의 각형의 공시체를 사용하였다. 열전대는 그림Ⅲ－2와 같이 설치하였으며 매입면은 요철이 없도록 하였다. 측정시에는 시험편에 열이 균일하게 분포되도록 하기 위하여 실내의 온도를 항



〈그림Ⅲ－1〉 열전도율측정기의 구성계통도

온으로 조절하였다. 또한 실험실 내부의 온도 변화에 영향을 미치는 요인을 가급적 적게하고 진동유해가스 등의 발생을 억제하였다.



〈그림Ⅲ－2〉 열전대의 설치

Ⅲ－3－2. 단위용적중량실험

경량콘크리트의 단위용적중량실험은 KSF2403에서 규정한 방법에 따라 제작 양생한 공시체를 KSF 2462(구조용 경량콘크리트의 단위중량 시험방법)와 KSF 2534(구조용 경량골재)의 8.3에 준하여 실험하였다.

Ⅳ. 실험결과 및 고찰

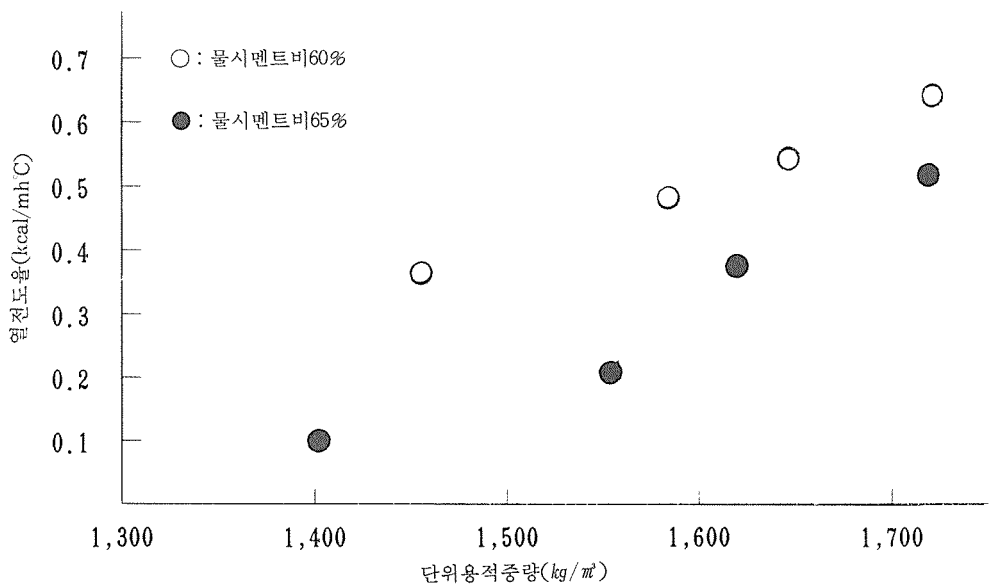
Ⅳ－1. 질석콘크리트

그림Ⅳ－1에 나타난 바와 같이 물시멘트비가 65%일때는 평균 0.302kcal/mh℃로 60%일때의 0.488kcal/mh℃의 62%정도의 값을 나타내고 있으며 보통콘크리트의 약 20%정도이다. 이는 물시멘트비가 큰 것일수록 콘크리트의 공극이 많아지므로 이에 의한 열전도율의 변화라 생각한다.

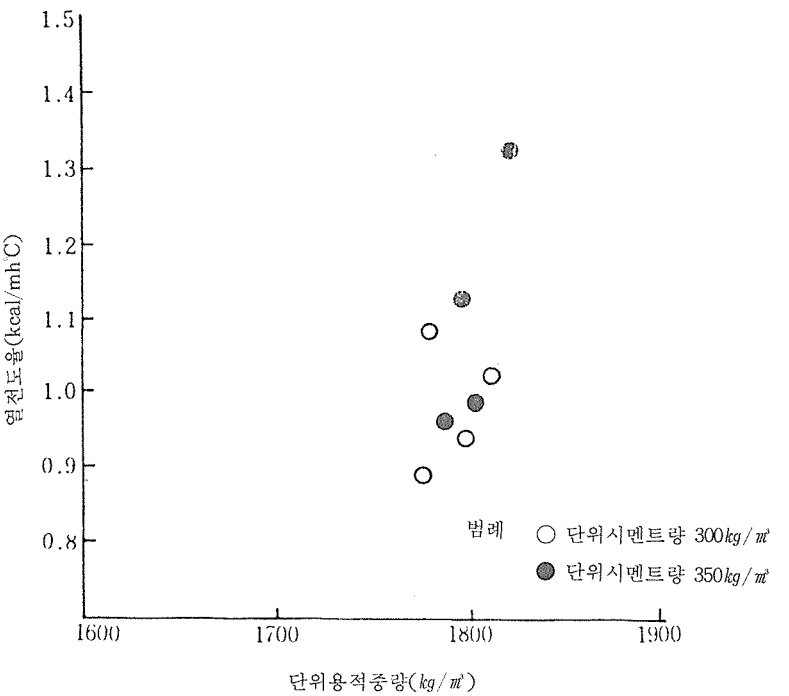
물시멘트비 5%감소에 따른 열전도율의 증가율은 잔골재율이 15%인 경우 185.2%, 25%인 경우 119.4%, 35%인 경우 37.7%, 45%인 경우 24.2%로 되었다. 따라서 잔골재율에 따른 열전도율의 변화는 잔골재율이 증가될수록 열전도율의 증가율이 적어짐을 알 수 있다.

Ⅳ－2. 화산암재 경량콘크리트

화산암재를 사용한 경량콘크리트의 열전도율은 평균 1.04kcal/mh℃로서 질석콘크리트의 0.395



〈그림Ⅳ－1〉 질석경량콘크리트의 단위용적중량과 열전도율



〈그림Ⅳ－2〉 화산암재 경량콘크리트의 단위용적중량과 열전도율

kcal/mh℃, 발포폴리스틸렌비드 경량콘크리트의 0.22kcal/mh℃보다 상당히 높은값을 나타내고 있는데 이는 골재내부에 포함된 독립기공이 적어서 대류 및 복사에 의한 열이동이 많아 열전도율이 높아지기 때문이다.

Ⅳ－3. 발포폴리스틸렌비드 경량콘크리트

모래를 첨가하지 않은 스치로폴 콘크리트의 열전도율은 평균 0.22kcal/mh℃로 보통콘크리트의 17%정도이나, 모래를 10%첨가한 스치로폴 콘크리트의 경우는 0.27kcal/mh℃로 보통콘크리트의 21%정도이다. 또한 단위시멘트량을 300kg/㎥로 하였을 경우보다 열전도율이 22%정도 증가된 값을 보이고 있다. 배합에 있어 사용재료의 양에 다른 열전도율의 증가율은 거의 같음을 알 수 있다.

스치로폴 콘크리트의 열전도율은 다른 경량콘크리트의 열전도율이나 보통콘크리트의 열전도율보다 적으며, 단위용적중량이 적을수록 열전도율이 적게된다. 스치로폴콘크리트에서 열전도율은 스치로폴 골재사이를 둘러싸고 있는 시멘트 몰탈을 통해 대부분 전달되므로 열전도율은 비교적 적다.

Ⅳ－4. 단열재료로서의 경량콘크리트의 활용

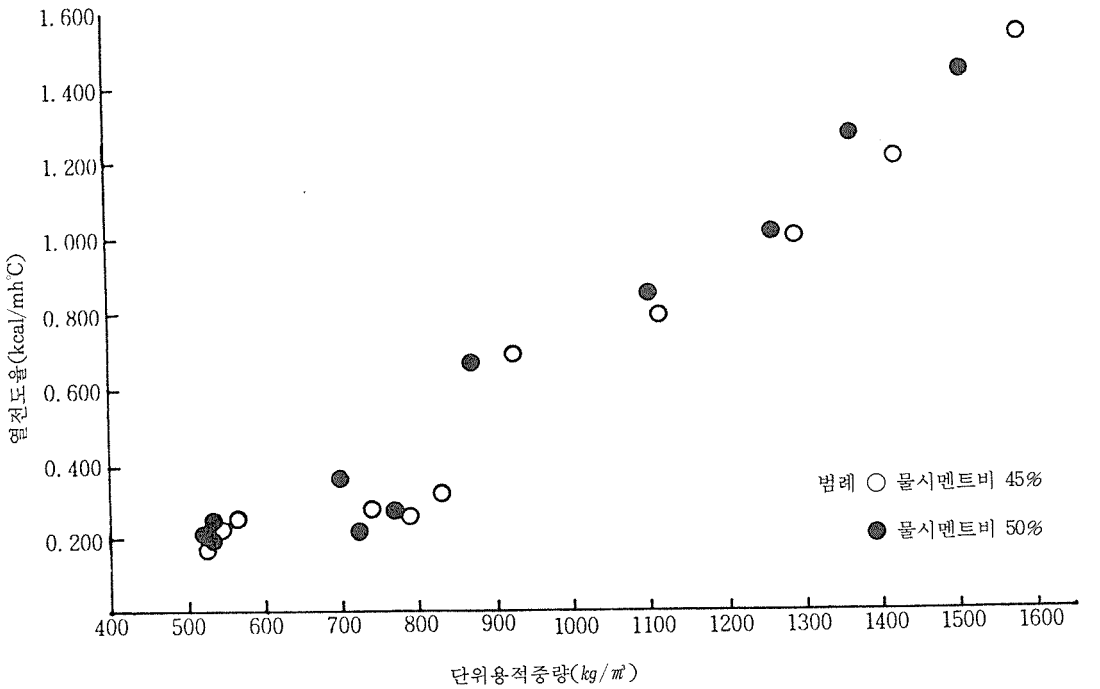
단열재의 열적특성은 열전도율에 관계되나 실제적인 건축물의 단열은 건물각부위의 열관류율에 의해 결정된다. 벽체를 통과하는 열의 이동은 열전달 → 열전도 → 열전달의 과정을 지나게 된다. 또한 관류열량은 벽체양측에 접하고 있는 공기의 온도차에 비례하므로 벽의 단위면적, 단위시멘트당 관류하는 열량 Q를 다음의 식으로 구할 수 있다.

$Q = K(t_i - t_o)$

여기서 K : 열관류율(kcal/㎡h℃)

t_i, t_o : 양쪽의 공기온도(℃)

따라서 열관류율은 다음식으로 표시된다.



〈그림Ⅳ－3〉 발포스치로폴비드콘크리트의 단위용적중량과 열전도율

$$K=\frac{1}{1/\alpha_o+d/\lambda+1/\alpha_i}$$

여기서

α_o : 벽체외부표면의 열전달율(kcal/㎡h℃)

d : 재료의 두께

λ : 재료의 열전도율

α_i : 벽체내부표면의 열전달율(kcal/㎡h℃)

위 식의 열전달율은 벽체표면과 공기경계면의 열전달량을 결정하는 요소로서 풍속에 따라 변화한다. 일반적으로 열전달율은 겨울에는 6 m/sec, 여름에는 3 m/sec의 기류가 있는 것으로 가정하며 α_o=30, α_o=20으로 된다. 실내에서도 기류등에 의하여 열전도율이 변화되므로 일반적으로 α_i=8로 한다. 본 실험결과의 열전도율을 위의 식에 적용하여 계산한 벽체의 열관류율과 단위용적중량과의 관계는 다음 그림 Ⅳ－4와 같다.

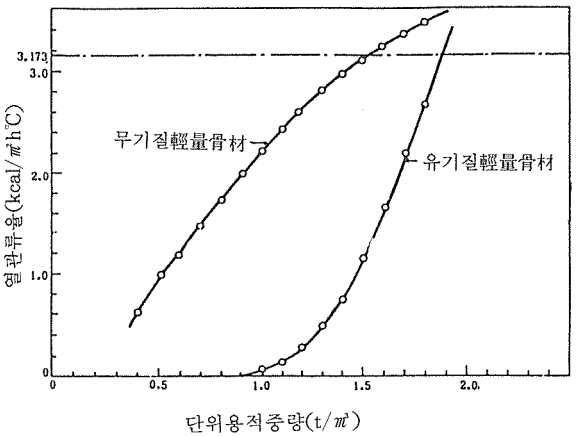
벽체에 사용한 경량콘크리트의 단위용적중량이 증가함에 따라 열관류율이 증가되어지나 단위용적 중량 1.5t/㎥이하인 경우 벽체의 열관류율이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 단열을 위한 경량콘크리트의 사용에 있어서는 그 단위용적중량은 1.5t/㎥이하로 함이 효과적이다.

이상과 같은 결과에서 경량콘크리트의 두께와 같은 보통콘크리트 벽체(두께15㎝, 몰탈 30㎝내외 마감)와 비교하면 약 30%의 단열효과를 가져온다. 따라서 보통콘크리트의 두께 15㎝와 같은 열적성능을 지닌 경량콘크리트 벽체의 두께는 약 6.8㎝가 된다.

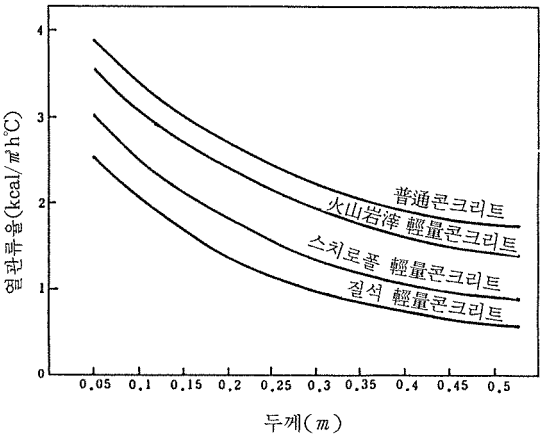
또한 벽체두께 증가에 따른 열관류율의 변화는 그림Ⅳ－5와 같다.

V. 결 론

경량콘크리트는 건물의 대형화 고층화에 의한 고정하중의 경감의 필요성과 외기의 변화에



〈그림Ⅳ－4〉 단위용적중량과 열관류율



〈그림Ⅳ－5〉 벽체두께 증가에 따른 열관류율의 변화

대해 인간을 보호하고, 실내의 온열한경의 쾌적성과 더불어 냉난방 에너지 비용의 절감을 도모한다는 점에서 점차 그 수요가 늘어날 전망이다. 이에 따라서 본 연구는 경량콘크리트의 단열성능에 대해 열전도성을 중심으로 실험, 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 사용골재의 종류와 성질등을 변화시킨 경량콘크리트의 단위용적중량은 0.5～1.8t/㎥이며, 이 경우 열전도율은 0.1～1.5kcal/mh℃로 나타났다.

2. 비중이 극히 적은 초경량골재와 종래의 인공경량 굵은골재를 결합시킨 콘크리트의 개발을 가능케하며, 이에따라 강도가 높은 고강도 인공경량골재의 개발이 가능하다.

앞으로 성능개선을 위한 다양한 요인변화에 따라 실험을 필요로 하며, 나아가 인공경량골재의 특성을 충분히 규명하여 보다 효과적이고 합리적인 경량콘크리트의 활용과 연구개발이 향후의 중요한 과제이다. *

광고 안내

협회는 레미콘지를 계간으로 발간하여 그동안 레미콘업계뿐만 아니라 학계, 정부기관 각종 기업체의 성원으로 광범위한 독자층을 형성하고 있읍니다.

당 협회는 레미콘지에 다음과 같이 표지면을 광고란으로 할애하여 관련업체의 광고, 홍보를 게제하고 있으니 귀사의 적극 이용을 바랍니다.

－ 다 음 －

게 제 면	색 도	광 고 료	크 기
표지 2면	칼 라	50만원(부가세 별도)	전 면
표지 3면	칼 라	40만원(부가세 별도)	전 면
표지 4면	칼 라	60만원(부가세 별도)	전 면

(1) 광고안은 인쇄가능한 원색 분해필름

(2) 마감일 : 년 4회 발간(3, 6, 9, 12월호중 원하는 기간 선택) 수시접수

(3) 문의처 : 서울시 강남구 역삼동 832－2(우덕빌딩 8층)
한국레미콘공업협회 기획과 566－7162, 7164