

DIŞ DUVARLARIN TASARIMINDA ISI VE RUTUBET ETKİSİ

Prof. Dr. Erol GÜRDAL*, AraŐ. Gör. Seden ACUN*

*İTÜ Mimarlık Fakóltesi, Yapı Bilgisi A.B.D., Yapı Malzemesi Birimi, TaŐkışla-Taksim

ÖZET

Yapı kabuğunun düşey elemanı olan dış duvarlar iç mekan ile binayı çevreleyen atmosfer arasında yer alır. Bu durumu ile atmosferik olaylardan, yapıyı ve içinde yaşayan insanları korur. Dış duvarların yapısı, çevrelediği mekanların konfor durumlarının belirlenmesinde başlıca etkendir. İç ortamın sıcaklığı, nem durumu, kısacası konfor şartları, duvarın yapısı ile belirlendiğinden duvar kesiti ve kullanılacak malzemeler tasarım aşamasında belirlenmelidir. Duvarlar başlıca, dış kaplama çekirdek veya duvar gövdesi ve iç kaplama katmanlarından oluşur. Duvar gövdesi, duvarın statik durumunu belirler. İç kaplama estetik amaçlı olmasına rağmen, diğer fiziksel ihtiyaçları karşılayacak katmanlar da eklenebilir. Dış kaplama atmosfer güçlerine dayanıklı, binanın görünüşü üzerinde etkili olan katmandır. Bu katman da gerekli olduğunda bir çok katmandan oluşabilir.

Bu bildiride, dört tip duvar bileşiminin olası tertipleri incelenmiş, ısı ve buhar akımları ile yoğuşma olasılıkları teorik olarak araştırılmıştır. Bu türler arasında ısı iletkenlik direnci yüksek duvarlar, hesap ile bulunan kalınlıkta ısı tutucunun iç kaplama altında olması durumunda yoğuşma olasılığı artar ve duvar gövdesi yaz-kış arasında büyük sıcaklık farkı nedeni ile ısıl zorlamalara uğrar. Isı tutucu malzemenin dış kaplama altında kullanılması ise, nem akımı bakımından olumludur. Bu durumda da katmanların buhar difüzyon direnç katsayısının, içerden dışa doğru azalacak şekilde düzenlenmeleri buhar akımını kolaylaştırmakta ve yapı sağlıklı, nefes alan dış duvarlara sahip olmaktadır.

1. GİRİŐ

Yapı kabuğunun düşey elemanları olan dış duvarlar, iç mekan ile dış ortamı birbirinden ayırarak, yapıyı ve içinde yaşayan insanları çeşitli etkilerden korurlar. Dış duvarların iç mekan koşullarının belirlenmesindeki etkisi, dış duvarın yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Dış duvarların çevrelediği iç ortamı, dış atmosferik olaylardan, sıcaktan, soğuktan, yağmur ve kardan, rüzgardan korumanın yanında, dışarıdan gelebilecek her türlü tehlikeden de korurlar. İnsanların en çok etkilendiği çevre koşullarından biri olan soğuk havaya karşı insanlar, belirli bir sıcaklık ve belirli bir nem ortamı arzu ederler. Bu nedenle, özellikle soğuk kış günlerinde, bina içinin belirli bir sıcaklıkta tutulması istenir. Belirlenen veya arzu edilen konfor koşulları, ikinci dünya savaşıdan önce yapılan yığma binaların kalın dış duvarları sayesinde kendiliğinden sağlanmaktaydı. Bu duvarlar yeterince ısı tutuculuk sağladığı gibi önemli oranda ısı biriktirerek, bina içinde sıcaklık dalgalanmalarını da önlemekteydi. Yine bu sistemden dolayı pencereler de küçük boyutluydu ve pencereden kaçan ısı enerjisi de üzerinde çalışmayı gerektirmeyecek kadar önemsiz görölmekteydi. Bu dönemlerde ısı ile ilgili problemlerle, fizikçiler, kimyacılar ve makine mühendisleri kendi ilgi alanları nedeniyle uğraşmaktaydılar. Özellikle yüksek sıcaklıkta enerji tasarrufu ve güvenlik için düşük sıcaklıkta soğuğun korunması için bazı boşluklu malzemeler kullanılmakta, bunlarla yapılan uygulamaya da ısı izolasyonu veya ısı yalıtımı denmekteydi. Gerçi, ısı akımını hiçbir şey engellemekte ise de, pratikte bu terim yerleşmiş oldu.

İkinci dünya savaşının bitiminden sonra daha fazla yeni konutun yapılması gerekliliği üzerine, betonarme iskelet yapılar gelişmiştir. Yapıda büyük giderle oluşturulan dış duvarlar inceltilmiş ve yeni yapı malzemeleri duvarda yer almaya başlamıştır. İnce duvarlarla çevrilmiş hacimlerde daha çabuk soğuma, yakıt giderlerinde artma gibi parasal sorunlarla birlikte duvar yüzeyinde ve pencerelerin cam yüzeylerinde nemlenmeler de gözlenmiştir. Duvar yüzeyindeki ıslanmalar, yaz döneminde istenmeyen

çiçeklenmelere ve yosunlaşmalara, ahşap yüzeylerde de mantarların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu problemler ise yapı fiziği kavramının gelişmesini sağlamıştır.

2. DUVARLARIN YAPISI

Basite indirildiğinde, bir duvarı oluşturan başlıca üç katman olduğu görülür;

- a. **Dış Kaplama** : Birinci katman olarak dış atmosfer tesirlerine dayanıklı, duvarın taşıyıcı gövdesini dış etkilerden koruyan ve duvarın görünüşünü veren katmandır.
- b. **Çekirdek veya Duvar Gövdesi** : İkinci katman olarak duvarın taşıyıcılığını sağlayan katmandır. Duvarın mekanik fonksiyonlarını yüklenir. Dış duvarın bir karkas içinde kirişlerle taşınması durumunda bile yine bir çekirdek kısmı vardır. Masif veya iskelet yapıda olabilir.
- c. **İç Kaplama**: Üçüncü katman olarak, mahalleri kullanım amacına göre belirlenir.

Bu katmanlar bir veya daha fazla malzemeden oluşabilir.

Duvarın yüklendiği işlevlere bağlı olarak kompozisyona giren katmanların dağılımına bağlı olarak duvarlar ;

1. Duvar gövdesinin iç ve dış yüzey fonksiyonlarını yüklenmemesi halinde; dış kaplama+çekirdek+iç kaplamadan oluşan duvarlar,
2. Duvar gövdesinin dış yüzey işlevlerini yüklenmesi halinde; çekirdek+iç kaplamadan oluşan duvarlar,
3. Duvar gövdesinin iç yüzey işlevlerini yüklenmesi halinde; dış kaplama+çekirdek'ten oluşan duvarlar,
4. Duvar gövdesinin hem iç hem de dış yüzey işlevlerini yüklenmesi halinde; sadece çekirdek'ten oluşan duvarlar olarak gruplandırılabilir.

Hava yastıklı çift duvarlarda taşıyıcı olmayan duvar, dış kaplama olarak kabul edilecektir. Isı ve rutubet hareketlerini kontrol altına almak gerektiğinde konacak ek katmanlar, iç kaplama ile gövde arasına, gövdenin ortasına veya dış kaplama ile gövde arasına yerleştirilir. Isı tutucu tabakanın bulunduğu yere göre de farklı fiziksel olaylar meydana gelir.

3. ISI HAREKETLERİ VE ETKİSİ

Duvar ve döşemelerin sınırladığı iç ortam, yaz ve kış belirli sıcaklık derecelerinde tutulmaya çalışılır. Bu sıcaklık derecesi, kullanılan hacme ve hacmi kullanan kişilerin alışkanlıklarına göre 18°C ile 24°C arasında değişir. Dış ortam sıcaklığı ise mevsimlere ve günün saatine bağlı olarak değişimler gösterir. Isı akımları, iç ve dış ortam arasında sıcaklık farkı olduğu zaman, yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklık tarafına doğru olmaktadır. Bu akım, yazın dıştan içeriye, kışın, içten dışarıya doğrudur. Bu akım ısıtma sistemlerini, insan konforunu etkiler.

Bu etkinin dışında, dış ortamda, atmosfer sıcaklığından farklı olarak, radyasyon etkisi de görülür. Yaz günlerinde, direkt ve yaygın radyasyon ile, duvar yüzeyinin renk ve dokusuna bağlı olarak yüzeyde, atmosfer sıcaklığının üzerinde bir sıcaklık derecesi oluşur. Kış mevsiminde, özellikle gece saatlerinde ise, yine radyasyon etkisi ile yüzeyin niteliklerine bağlı olarak, atmosfer sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık yüzeyde meydana gelir.

Yüzeyin en sıcak ve en az sıcak dönemlerindeki fark, yapının bütününde, ısıl genişlemesine bağlı olarak uzama ve kısalmalar yapar. Bu fiziksel olayın yapılar için tehlikeli sonuçlar vermemesi için,

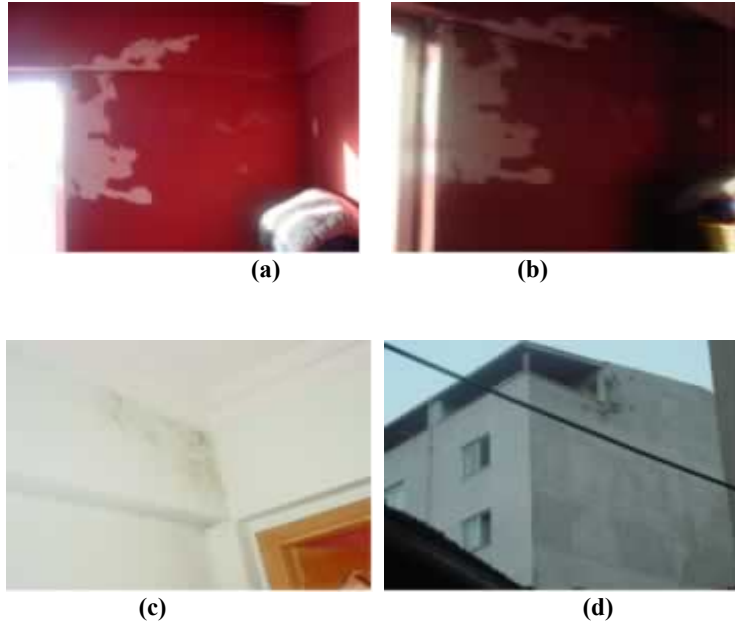
dilatasyon derzleri yapılmaktadır. Yapı bütününe hareketinden bağımsız olarak bu etki dış kaplama malzemeleri arasında ve aynı yapı elemanında beraber kullanılan farklı ısı genleşme katsayısına sahip malzemeler de ayrılmalar şeklinde hasar oluşturur.

Derzsiz veya rijit derzli ufak elemanlardan oluşmuş kaplamalar, ısı genleşme ile birbirleri üzerine basınç gerilmeleri uygularlar, aderansın zayıf olduğu yerde, veya köşelerde malzemede ayrılma ve dökülmeler görülür. Bu durumda belirgin derzli ve elastik derz dolgularının kullanılması, ısı genleşmeden ileri gelecek bozulmaları önleyebilir. Farklı genleşme katsayılarına sahip malzemelerin birarada kullanılması halinde malzemelerin hareketine olanak verecek detay uygulanmalıdır.

4. SU BUHARININ HAREKETİ VE ETKİSİ

Etrafımızı çevreleyen havanın bileşimi, oldukça sabit oranlarda azot, oksijen, karbondioksit ve çok küçük oranlarda asal gazlardan oluşur. Havanın bünyesinde önemli oranlarda su buharı da bulunur. Su buharının bulunma yüzdesi ve sıcaklığı bölgelere göre farklılıklar gösterir. Belirli bir sıcaklık derecesinde havanın taşıyabileceği su buharı miktarı bellidir. Bu buharın yaptığı basınç da doymuş buhar basıncı denilir. Havada bulunan su buharı miktarının doymuş su buharı miktarına oranına da rölatif rutubet veya nem = nisbi rutubet veya nem denilir. Rölatif rutubetin yaptığı basınç, doymuş buhar basıncının, rölatif rutubet yüzdesi ile çarpımından bulunur.

Ortamin rölatif rutubeti sıcaklık arttıkça düşer, sıcaklık azaldıkça rölatif rutubet fazlaşır, % 100 değerine vardığı zaman ise havanın taşıma kapasitesinin üstündeki su buharı su şeklinde yoğunlaşır. Yoğunlaşan suyun, yapı elemanında ve malzemesinde yaptığı bozulmalar, ayrı bir konudur.



Şekil 1. Duvarında ısı yalıtımı olmayan bir binanın iç mekan ve dış cephe görüntüleri, **a)** Kuzey cepheye bakan dış duvarın iç yüzeyinde görülen bozulmalar, **b)** Aynı duvarın yandan görünüşü, **c)** İç mekandaki tavan kirişindeki yoğuşma, **d)** Duvarın dışındaki neme bağlı bozulmalar.

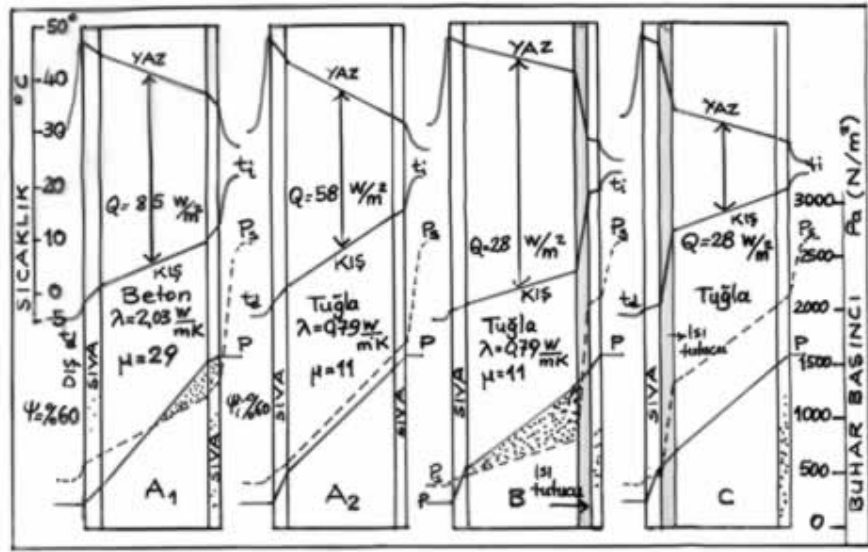
5. DEĞİŞİK DUVAR KOMPOZİSYONLARINDA ISI VE BUHAR AKIMI

5.1. Dış kaplama+Çekirdek+İç kaplamadan oluşan duvarlar

Malzeme türlerinin farklılıkları dışında prensip olarak bu tür duvarlar üç tarzda teşkil edilirler.

a. Isı yalıtımı kullanılmadan yapılan duvar türleri ;

Duvarda taşıyıcılığı sağlayan gövde veya çekirdek malzemesi, kalınlığı ve ısı iletkenlik katsayısının küçüklüğüne bağlı olarak, çok ender durumlarda yeterli ısı tutuculuk yapabilir. Gövde ince olduğu takdirde yeterli ısı tutuculuk yapamaz, geçen ısı akışı büyük değerler alır. Kış koşullarında iç yüzey sıcaklığı, ortam sıcaklığına göre yoğuşma (Çiğlenme) sıcaklığının altına inerse, duvar iç yüzeyinde ıslanmalar görülebilir,



Şekil 2. Isı yalıtımı kullanılmadan yapılmış (A1 ve A2) ve ısı yalıtımı kullanılmış (B-C) duvar tipleri.

b. Isı yalıtımı iç duvar yüzeyine konan duvarlar ;

Yönetmelik hükümlerine göre, minimum ısı iletkenlik direncini sağlayacak ek ısı tutucu malzeme, iç kaplamanın altında uygulanır. Uygulanması kolaydır. Duvar iç yüzeyinde sıcaklık, çiğlenme sıcaklığının üstünde kalır. Isı akışı azaltılmıştır. Geçici ısıtma rejimi uygulanan hacimler de kısa sürede ısınabilir. Duvar gövdesinde, ısı tutucunun etkisi ile iki yüzü arasında fazla sıcaklık farkı yoktur, buna karşılık gövdenin tarafsız ekseninde yaz-kış sıcaklık farkı büyüktür. Isı tutucudan geçen buhar, soğuk bölgede yoğuşma olasılığına sahiptir. Isı tutucu malzemenin sıcak tarafına buhar kesici bir katman eklenerek yoğuşma önlenir.

c. Isı yalıtımının duvarın tam ortasında olması ;

Bu durumda hesaba göre, geçen ısı akışı, bir evvelki duruma eşittir. Dıştaki duvarda yaz-kış sıcaklık farkının büyük olmasından ileri gelen dilatasyon hareketleri vardır. İç taraftan gelen su buharı, ısı tutucu tabakada yoğuşarak ısı tutucunun etkinliğini giderir ve duvarın ıslanmasına neden olur.

d. Isı tutucunun dış tarafa konması ;

Dış kaplamanın altında bir hava yastığı ile beraber veya hava yastığı olmaksızın ısı tutucu katman, duvar gövdesi üzerine çeşitli yöntemlerle uygulanır. Bu tür duvarlardan geçen ortalama ısı akışı hesapla öngörülen değerdedir. Duvar gövdesinde yaz-kış sıcaklık farkı azdır. Duvar daha az dilatasyon yapar. Isıtma rejimi uygulandığında önce duvar ısınır ısıtma durduğunda, duvarda biriken ısının büyük kısmı tekrar iç ortama döner. Buhar akımı sağlanırsa, teneffüs eden bir duvar olur. Bu tür duvarlarda yoğunlaşma olasılığı azdır.

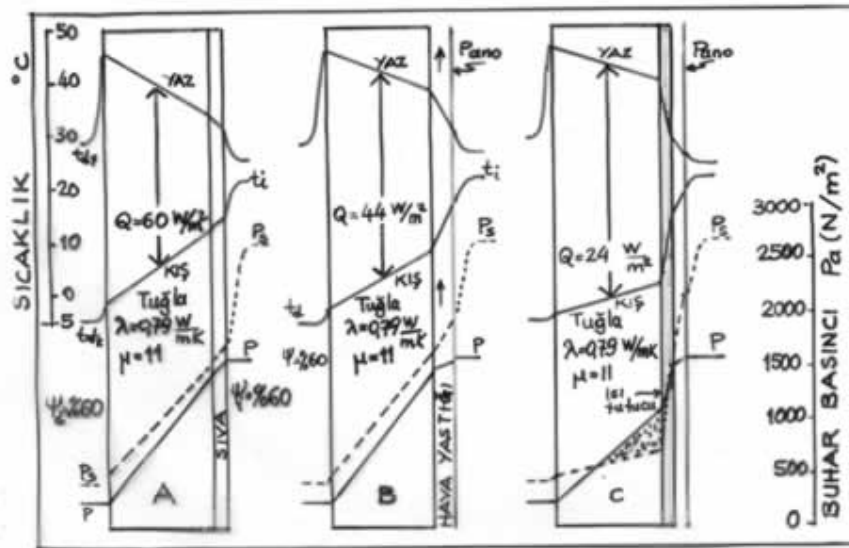
5.2. Çekirdek+İç kaplamadan oluşan duvarlar

Kaplmalı yüzey, iç ortam fonksiyonlarına göre düzenlenmiştir. Kaplamanın altına ısı tutucu katman konarak, ısı akımı yeterli seviyenin altında tutulabilir. Bünyelerinde ısı biriktirebilirler. Sadece iç kaplama altında ısı tutucu kullanılabildiği için buhar akımı kontrol edilmelidir.

Çeşitli tertip şekilleri mümkündür. Bunlar kısaca:

- Çekirdek ve çekirdeğe bir harç ile bağlanan iç kaplamadan oluşan duvarlar,
- Çekirdek ile bir hava yastığından sonra pano ile kaplama ile yapılan duvarlar,
- Çekirdek ile ısı tutucu ve iç kaplamadan oluşan duvarlar,
- Çekirdek, ısı tutucu ve hava yastığı ile pano kaplamadan oluşan duvarlar.

A ve B tipindeki duvarlarla yeterli ısı tutuculuk sağlanması zordur. Isı kaybı büyük, iç yüzey sıcaklığı düşüktür. Bu nedenle A düzeninde iç yüzey kaplaması, buhar difüzyon direnci düşük bir malzeme ise, çekirdek ile ortak yüzeyinde yoğunlaşma, buhar difüzyon direnci yüksek malzeme kullanılmış ise, yüzeyde yoğunlaşma olasılığı vardır. C ve D tiplerinde iç kaplamanın altında ısı tutucu vardır. Isı tutucunun tespitinde buhar kesici oluşturacak uygulamalardan kaçınılmalı ve buhar akımı, ısı tutucu tabakadan önce kontrol altına alınmalıdır.



Şekil 3. Çekirdek+İç kaplamadan oluşan duvar tipleri.

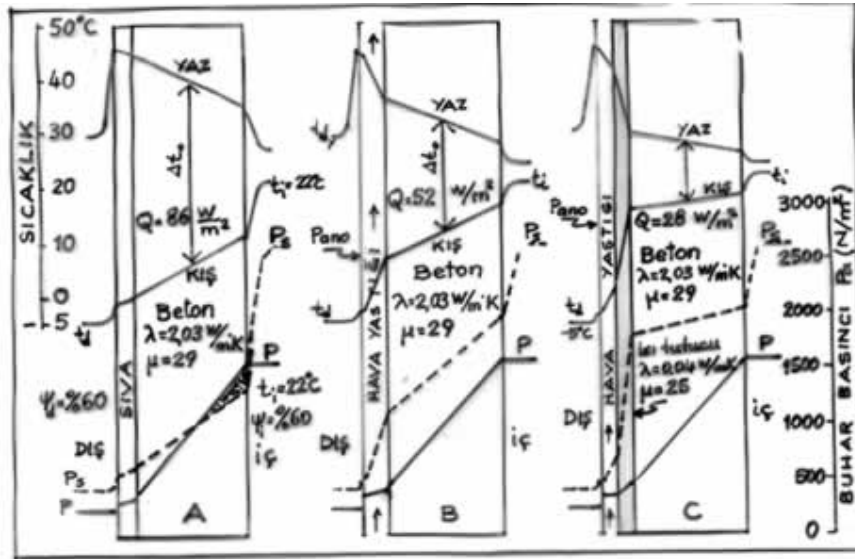
5.3. Dış kabuk+Çekirdekten oluşan duvarlar

Çekirdek malzemesi iç ortam fonksiyonlarını karşılayacak niteliktedir. Dış taraf, dış ortam fonksiyonlarına ve atmosfer koşullarına dayanıklı malzeme ile kaplanmıştır. Burada çeşitli tertip düzeni uygulanabilir:

- Gövde ve gövdeye bir harç ile bağlanan kaplamadan oluşan duvarlar,
- Çekirdek ile bir hava yastığından sonra dış etkilere dayanıklı ince dış duvardan oluşan hava yastıklı dış duvar,
- Çekirdek ve dış kaplama altında ısı tutucu ile dış kaplamadan oluşan duvarlar ,
- Çekirdek, ısı tutucu ve hava yastığı ile pano veya dış duvardan oluşan duvarlar.

A ve B tipi duvarlar aynı şekilde yeterli kalınlıkta değilse, yeterli ısı tutuculuk sağlanması zordur. Isı kaybı büyüktür. Yaz ikliminde B tipi duvarlar, eğer havalandırılmalı ise, daha uygun olur.

C ve D tiplerinde yeterli ısı tutuculuk sağlanır. Buhar difüzyon direnç değerleri, içerden dışa doğru azalması halinde, duvarda yoğuşma olasılığı azdır. Özellikle havalandırılmalı hava yastıklı dış duvarlarda, içerden gelen buhar yoğuşmayacağı gibi basınçlı rüzgarla dış kabuktan geçen sular da buharla birlikte atılabilir.



Şekil 4. Dış kabuk+Çekirdekten oluşan duvar tipleri.

5.4. Yalnız çekirdekten oluşan duvarlar

Bütün duvarlar, söz konusu olabilen bütün işlevleri ya kesitlerinin yeterli oluşu, ya da kendisinden beklenenlerin sınırlı oluşu nedeniyle, yüklenebilirler. Diğer bir çözüm şekli ise, bir ara tabaka yardımı ile eksik kalan performansın tamamlanmasıdır. Bu tür duvarlar, ağır duvarlardır. Isı tutuculukları, eğer ince yapılmışsa yetersiz, kalın ise yeterli olabilir. Isı biriktirmeleri fazladır. Ara katmanlı olanlarda buhar akımı kontrol edilmelidir.

SONUÇLAR

Enerji tasarrufu açısından, bütün yapı elemanlarından beklendiği gibi, yapıda büyük oranda yer tutan duvarlarda da maksimum ısı iletkenlik direnci istenmektedir. Bu fizik kalitenin sağlanmaması halinde fazla enerji tüketimi, konforsuzluk gibi kullanıcılar üzerindeki kötü etkiler yanında, yapı bünyesinde de su buharının yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu su :

- Kesiti oluşturan malzemelerin ısı iletkenliğinin artmasına ve daha fazla enerji kaybına neden olmaktadır.
- Kesiti oluşturan malzemelerde çürüme, bozulma ve ayrışmalara neden olur.
- Islanan malzemelerde daha fazla ısı akımı daha fazla yoğunlaşmaya sebep olduğu gibi iç ortamda daha düşük yüzey sıcaklığı meydana gelir.
- Kesit, sudan etkilenmeyecek malzemeden yapılmış olsa bile, kuruma mevsiminde, su buharının kesiti zorlaması ile kabarmalar ortaya çıkar.

Dış kaplamanın ısıl genişleme katsayısı, gövdenin ısıl genişleme katsayısına yakın olmalıdır. Bu durum sağlanıyorsa, derzli ve derzlerin elastik harçla doldurulması ile bu etkiler en aza indirilebilir.

İç kaplama altına konacak ısı tutucu tabakanın uygulanma kolaylığı vardır. Bu durumda su buharının yoğunlaşma olasılığı artar. Buhar kesici sıcak tarafa konarak yoğunlaşma önlenir. Ancak duvar teneffüs etmeyen bir duvar olur.

İç kaplama altında ısı tutucu konmuş duvarların duvar gövdesinde yaz-kış sıcaklık farkı, nisbeten fazla olmaktadır.

Dış kaplama altında ısı tutucu tabaka uygulanması oldukça zor olmaktadır. Buna karşılık su buharı yoğunlaşma tehlikesi olmamaktadır. Yaz-kış sıcaklık farkı duvar gövdesinde nisbeten az olur.

Isı tutuculuğu yeterli çok tabakalı bir duvarda, malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörü değerlerinin içten dışa doğru gittikçe küçülmesi halinde, buhar yoğunlaşması tehlikesi azalmakta, kuruma kolaylaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- (1) Gürdal E., 1986, “Dış Duvarların Tasarımında Isı ve Rutubet Faktörlerinin Etkisi”, Yapı Endüstri Merkezi, İç ve Dış Duvar Malzemeleri ve Kaplamaları Semineri, İstanbul.
- (2) Toydemir N., Gürdal E., Tanaçan L., 2000, “Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme”, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- (3) Lea F. M., 1961, “Principles of Modern Buildings Vol. I-II”, Her Majesty’s Stationery Office, London.
- (4) Gratwick R. T., 1966, “Dampness in Buildings”, Crosby Lockwood & Son Ltd., Great Britain.
- (5) Croiset M., 1968, “L’Hygrothermique Dans Le Batiment”, Editions Eyrolles, Paris.
- (6) Gasquet R., 1966, “Isolation Thermique Industrielle”, Dunod, Paris.
- (7) Grunau E. B., 1970, “La Lutte Contre L’Humidité Dans Les Façades”, Editions Eyrolles, Paris.
- (8) Rudolf A., 1977, “Bauschäden”, Bauverlag GMBH, Berlin.
- (9) Ragsdale L. A., Raynham E. A., 1964, “Building Materials Practice”, Edward Arnold (Publishers) Ltd., London.