

## Toprakaltı Su Yalıtımında Beton Öncesi Sistemin Sorgulanması

Yavuz KARAŞAHİN<sup>1</sup>, Çiğdem TEKİN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Valiliği, 34110, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34427, İstanbul, Türkiye.

\*e-mail: cigdem.tekin@msgsu.edu.tr

### Öz

*Bu çalışmada toprakaltı yapı elemanlarının su yalıtımında beton öncesi ve sonrası sistemler irdelenerek, beton öncesi sistemlerde su yalıtım malzemesinin uygulama yapıldıktan sonra yapısal beton ile ilişkisini ve bu ilişkinin etkisini sorgulayabilecek test düzeneğinin uluslararası standartlardan uyarlanması ve test edilebilirliği sorgulanmaktadır. Türkiye’de bu sistemleri sorgulayabilmek için herhangi bir standart yer almamaktadır. Amaç beton öncesi sistemde su yalıtım malzemesinin yapısal beton ile mekanik ilişkisi üzerinden su geçirgenliğini deney ile test edebilmektir. Yapılan deneylerde beton öncesi sistemlerde herhangi bir su girişi gözlenmedi. Kullanılan deney yöntemi ile su yalıtım malzemesi ve yapısal beton ilişkisinin su geçirgenlik anlamında test edilebileceği görüldü. Bu sorgulama ile bir su yalıtım malzemesinin sadece ürün standardı ile değil, malzemenin uygulanacağı yüzey ile olan ilişkisinin sorgulanabileceği, sistem tasarımı yapılabileceği sonucunu vermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Su yalıtımı, beton öncesi sistem, beton sonrası sistem, toprakaltı.

## Investigation of Concrete System in Subsoil Water Insulation

### Abstract

*This study explains pre- and post-concreting systems used to ensure waterproofing of the underground structural units and questions adaptation and testability of the testing equipment as per the international standards, which is capable of searching relationship between the pre-concrete waterproofing material and the structural concrete, and impact of this relationship. Any standard questioning these systems is not available in Turkey. The purpose is to test water permeability of the pre-concrete system on the basis of the mechanical relationship of water insulation material with the structural concrete. Any water entry to the pre-concrete systems has not been observed in these experiments. It is found that the relationship between the water insulation material and the structural concrete can be tested in terms of water permeability with the experiment method used. This questioning reveals that system design can be applied not only on the basis of the product standard, but also by questioning the relationship of water insulation material with the surface on which the material is to be applied.*

**Keywords:** Water insulation, pre-concrete system, post-concrete system, subsoil.

**Atıf/Citation:** Karaşahin, Y. ve Tekin, Ç. (2020). Toprakaltı Su Yalıtımında Beton Öncesi Sistemin Sorgulanması. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 119-134.

**DOI:** [10.30785/mbud.729912](https://doi.org/10.30785/mbud.729912)



## 1. Giriş

Suyun yokluğu kadar, kontrol edilmeyen su etkisinin varlığının oluşturduğu sorunlar da suyun yaşam döngüsünde her zaman kendisini hissettirmektedir. Bina ölçeğinde suyun oluşturabileceği sorunlar, mimari yapılarda iç ortam konfor koşullarından, can ve mal kaybına kadar ulaşan sonuçlar meydana getirebilmektedir. Oluşması muhtemel sorunlara karşı hem kent ölçeğinde hem de bina ölçeğinde suyun kontrolü amaçlı önlemler alınması gerekmektedir.

Bina ölçeğinde alınan önlemlere su yalıtım önlemleri adı verilmektedir. Su yalıtımının günümüzden 13.000 yıl öncesine dayanan kapsamlı bir tarihçesi vardır. Uygar bir dünyanın inşasında su yalıtımının önemli katkısı bulunmaktadır. Su yalıtımı, marangozluk ve duvarcılıktan sonra bilinen en köklü zanaatlardan bir tanesidir. Binlerce yıl önce inanılmaz su yalıtım becerileri sergileyen Mısırlılara rağmen, 21. yüzyılda su yalıtımı için yılda yüzlerce milyon harcanmasına rağmen, inşaat sektörünün hala karşı karşıya olduğu en büyük sorunlardan bir tanesidir (Humbarahane, 2020).

Türkiye'de de mimari yapılarda su yalıtımı yasa ve yönetmelikler bağlamında henüz tam anlamı ile kontrol altına alınabilmiş değildir. Ancak, Ülkemiz koşullarında su yalıtımı gerekliliği düşünüldüğünde dikkat edilmesi gereken en önemli mevcut iki veri;

- Türkiye topraklarının %92'sinin deprem kuşağında yer alması, yerleşim alanlarının ve nüfusun %95'inin de deprem kuşağında yaşaması (Özmen, 2000),
- Yapı stoğunun yaklaşık %97'sinin de betonarme yapılardan oluşması ve günümüze kadar olan depremlerde hasar gören yapıların büyük bir çoğunluğunun hasar nedeninin korozyon olmasıdır (Özmen, 2000; Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK). (2002-2018).

Bu iki önemli veriye göre güvenli ve sağlıklı yapı üretiminde gerekli su önlemlerinin alınması şarttır. İçeriden ya da dışarıdan farklı şekillerde binayı etkileyen suyun kontrol edilebilmesi için tasarım aşamasından, kullanım aşamasına kadar olan süreç yapının bulunduğu koşullar dikkate alınarak planlanmalıdır. Suyun binayla olan ilişkisini başlatan ve geliştiren, malzeme ve onun su karşısında sistem ile olan davranışlarıdır.

Ülkemizde kullanılmakta olan su yalıtım malzemeleri ile ilgili yürürlükte olan bütün standartlar ihtiyardır. İmar kanunu dâhil olmak üzere hiçbir kanun veya yönetmelikte su yalıtımı projelerinin ve uygulamalarının yapılmasına ve denetlenmesine yönelik herhangi bir bilgi yer almamaktaydı. 12 Ağustos 2001 tarih ve 24491 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği" kapsamında statik projeye uygunluk, zemin etüdü, beton kalitesinin ölçümü ve ısı yalıtımı ile ilgili tüm proje ve uygulama denetimleri ele alınmaktaydı (Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği, 2001). Ancak, yapının su ve suyun zararlı etkilerinden yalıtım ile korunması göz önünde bulundurulmuyordu. Dolayısıyla su yalıtımı proje ve uygulamalarının da dayanıklı ve güvenli bina temini hedeflerine ulaşabilmesi için mutlaka yapı denetim kanununun kapsamına alınması gerekiyordu.

Ülkemizde 1990 yılı ve öncesinde yürürlüğe giren standartlar ile binalarda zemin rutubetine karşı yapılacak yalıtım için yapım kuralları, zararlı kimyasal etkileri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları ve binalarda yeraltı suyunun karşı yapılacak yalıtımlarda tasarım ve yapım kuralları tanımlanıyordu. Fakat bu standartları esas alarak tasarım ve uygulama yapılmasına yönelik bir yönetmelik bulunmuyordu. Avrupa Birliği ülkelerindeki inşaat kalitesi ve bu ülkelerdeki deprem tehdidinin, Türkiye'deki kadar etkin olmaması nedeniyle su yalıtımı ile ilgili düzenlemeler, ısı yalıtımındaki kadar öncelikli olarak ele alınmıyordu (Koçak, 2005).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 3 Temmuz 2017'de yayınladığı Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği ile binalarda su yalıtımı zorunlu hale gelirken (Madde 51-6: toprağa dayalı tüm bodrum katlarda, dış etkilere karşı ısı ve su yalıtımı yapılması zorunludur.) (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017). Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017, uygulamanın esaslarını belirleyecek olan ve 01.06.2018 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren Su Yalıtım Yönetmeliği de 27 Ekim 2017 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlandı (Su Yalıtım Yönetmeliği, 2017).

Yapı içi ya da yapı dışı sular, doğru yöntemler ile kontrol edilemez ise her yapı türü için önemli hatta Türkiye'nin jeolojik koşullarında can kaybına neden olabilecek boyutta etkilere sahiptir. Özellikle toprakaltı yapı elemanlarında yapının inşası sırasında su geçirimsizlik sağlanamaz ise geri dönülemez ve sonradan tam anlamı ile çözülemeyecek sorunlara neden olmaktadır. Bu durum mevcut yasa ve yönetmeliklerin tam anlamı ile yeterli ve uygulanabilir olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışma Türkiye koşullarında mevcut ulusal yasa ve yönetmelikler bağlamında toprakaltı su yalıtımına ilişkin çözüm önerilerini değerlendirmek, toprakaltı su yalıtımında basınçlı su etkisi altında iken su yalıtım malzemesinin yapısal beton ile ilişkisini sistem üzerinden deney ile sorgulayabilmek amacıyla yapıldı.

### 1.1. Toprakaltı su denetiminde su yalıtım yönetmeliği

Deprem tehlikesi altında bulunan Türkiye'de, yapı ömrü ve dayanıklılığı açısından büyük öneme sahip su yalıtımı konusunda önemli sayılabilecek bir adım atılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, mevzuattaki eksikleri gidermek üzere hazırlanan 'Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği' ile ilgili Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Müsteşarı Sayın Prof. Dr. M. Öztürk yönetmeliğin çıkarılmasının temel hedefini; *"Binaların, özellikle zeminlerde ciddi şekilde neme maruz kalması ve korozyona uğramasının önüne geçmektir. Depremlerde binaların yıkılmasının en büyük nedenlerinden birinin, zemindeki kolonların, kirişlerin ciddi şekilde korozyona uğraması ve böylece binaların taşıma yükünün azalması olduğu anlaşıldı. Bunun için de yeni yapılacak binalarda özellikle su yalıtım projeleri, su yalıtımı malzemeleri ve su yalıtımının uygulanmasıyla ilgili bir yol haritası ortaya koyduk."* şeklinde ifade etmiştir. Bu konuda halkın bilinçlendirilebilmesi için de; *"Vatandaşa, yalıtımsız binaların ömrü 30 yıldır ama yalıtım yapılırsa binalarınızın ömrü 80-100'a çıkar dememiz, bundan dolayı su yalıtımı uygulamasının gerekliliğini anlatmamız lazım. Doğru proje, doğru malzeme, doğru uygulama ve bunların doğru bir şekilde uygulanmasıyla binalarımız, şehirlerimiz daha kaliteli hale gelir. Ülkemizdeki 18 milyon konutun da yıkılıp yeniden yapılması çok doğru ve anlamlı değil. Su yalıtımıyla binaların yıkılmasını el birliğiyle önleyebiliriz."* şeklinde açıklamıştır (İzoder, 2017).

27 Ekim 2017'de yayınlanan ve 1 Haziran 2018'den itibaren yürürlüğe giren Binalarda Su Yalıtım Yönetmeliğinin amacı; Yönetmeliğin 1. Maddesinde ifade edildiği gibi; *"Binalarda yapı elemanlarının muhtelif yollarla suya veya neme maruz kalması sonucu oluşan korozyon, dayanıklılık ve dayanım kayıpları gibi etkenlerle sürdürülebilirlik, sağlık ve kullanım yönünden risk oluşturan durumlara karşı, tasarım ve yapım bakımından alınacak önlemler ve uyulacak kurallara ilişkin usul ve esasların düzenlenmesidir"* şeklinde tanımlanmaktadır (Su Yalıtım Yönetmeliği, 2017). Yönetmelik yapıyı etkileyebilecek tüm su etkilerine karşı korunum amaçlı içeriğe sahiptir. Binalarda Su Yalıtım Yönetmeliğini; Yetki ve Sorumluluklar, Projelendirme Esasları, Yüzey Hazırlığı, Malzeme Hazırlığı, Tasarım Kuralları, Yalıtım Öncesi Hazırlık, Yalıtım Yöntemleri ve Malzeme Seçimi ve Uygulama Kuralları şeklinde belli başlıklar altında toplamak mümkündür.

Proje ile ilgili; binaya ait taşıyıcı bölümlerin su yalıtım detaylarının artık projede gösterilmesi, su yalıtım detayları, drenaj sistemleri ve kullanılacak malzemelerin ilgili standartları da belirtilerek, mimari ve tesisat projelerinde gösterilmesi, temel altı, iksa yüzeyleri, dilatasyon gibi taşıyıcı unsurlarla ilişkili su yalıtım detaylarının ayrıca statik projede de belirtilmesi gerekmektedir.

Uygulama ve Tasarım ile ilgili; yeni binalarda yapılacak su yalıtımı, yapı elemanlarının suya maruz kaldıkları taraftan (pozitif) uygulanması, su yalıtımı uygulama öncesi yüzey hazırlığı ile ilgili kurallara uyulması gerekmektedir.

Tasarım ve Malzeme Seçimi ile ilgili; Yönetmelik, bina geneli için tanımlanmış hükümleri ayrıca temel, döşeme ve perde duvarlarda yapılacak su yalıtımı uygulamaları ile birlikte, gerek tasarım ve malzeme seçimi, gerekse de uygulamaya dair özel şartlar getirilmesi, proje detaylarında yer alan ve kullanılması öngörülen su yalıtım malzemelerinin, ilgili ulusal uygulama kuralları standartlarında, teknik şartnamelerde ve bu yönetmelikte tanımlanmış olan asgari performans karakteristiklerini sağlaması, malzemelerin performans özelliklerinin sağlandığı kalınlık ve/veya sarfiyat bilgilerinin proje detaylarında gösterilmesi zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir.

Su yalıtım uygulama kuralları ile malzemelerin asgari ölçütleri tanımlanması; Proje detaylarında yer alan ve kullanılması öngörülen su yalıtım malzemelerinin ilgili ulusal uygulama kuralları

standartlarında, teknik şartnamelerde ve bu yönetmelikte tanımlanmış olan asgari performans karakteristiklerini sağlaması ve uygulama detaylarının yanı sıra, malzemelerin taşınması gereken asgari ölçütlerde tanımlanması şeklinde karşımıza çıkmaktadır (Köprülü, 2018).

Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliğinin ikinci Bölüm 5. Maddesinin 2. Bendinde belirtildiği üzere, yönetmelikte açıklanmış olan veya olmayan hususların açıklanmasında TSE, TSE'de yok ise Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN), orada da olmaması durumunda uluslararası geçerliliği olan standartlar esas alınır. Bu kapsamda yönetmelik ve Türk Standartları Enstitüsü birbirini tamamlar nitelikte olmalı şeklinde belirtilmektedir (Su Yalıtım Yönetmeliği, 2017).

Yönetmelik kapsamında, toprakaltı su yalıtımında basınçlı veya basınçsız su etkilerine karşı su yalıtım sisteminin tasarım adımlarını oluştururken, zemin verilerinin değerlendirilerek bu veriler doğrultusunda zemin oturması vs dikkat edilmesi, yalıtım alanı çevresinde mevcut bina var ise bu binaların verilerinin dikkate alınması, su yalıtımının suyun geldiği yön olan pozitif yön prensibine göre yapılması, projesine göre kullanılması düşünülen malzeme asgari performans karakteristiklerinin belirtilmesi, birbirini performans özellikleri bakımından etkilemeyecek malzemelerin bir arada kullanılması detaylı olarak verilme de dikkate alınması gerekliliği anlaşılmaktadır.

Ülkemizde su yalıtım malzemeleri seçimi, uygulanması ve denetimine ilişkin yasal olarak daha çok ürün standartları mevcuttur. Seçim, uygulama ve denetimine ilişkin bilgiler en detaylı şekilde Su Yalıtım Yönetmeliği dâhilindedir. Yönetmeliğe bağlı olarak malzeme özelliklerinin testleri Türk Standartları Enstitüsü veya yetkisi bulunan laboratuvarlar tarafından yapılmaktadır. Ancak, su yalıtım malzemesi özelinde önerilen test içerikleri sadece malzemelerin teknik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Bu standartlar daha çok ürün özelinde olup malzemenin teknik sınırlarını; çekme, kopma, su geçirimsizlik, görsel kusur, çatlak köprüleme özelliği gibi, üreticinin belli özelliklere uygun malzeme üretmesini sağlamaktadır. Bu piyasada yasal olarak tüketicinin ulaşabileceği malzemelerin üretim ve teknik özelliklerinin kontrolü açısından sağlıklıdır. Ancak, bu malzemelerin kullanıldığı yatay veya düşeydeki yapısal beton, tuğla, şap, sıva vb. malzemeler ya da elemanlar ile birlikte çalışması hakkında TSE içeriğinde herhangi bir test yer almamaktadır. Hangi malzemenin hangi detayda kullanılabileceğine ilişkin seçim aşamasında tüketicinin, daha sağlıklı yol gösterici yasal düzenlemelere ihtiyaç bulunmaktadır.

Kullanılan standartlardan örnek olarak verebileceğimiz TS EN 1928 test yönteminde; su geçirmezlik tayini testi yapılmaktadır. Standartın içeriğinde yer alan; *'Bu standart, esnek levhaların su sızdırmazlığı özelliklerinin, kullanımdan önce veya imalât esnasında belirlenmesinde kullanılır. Bu standart, sadece mamullerle ilgili olup, işyerlerinde döşemesi yapılan ve bu tür mamullerden oluşan su sızdırmayan membran sistemleriyle ilgili değildir.'* ifadesiyle, yapılan testin sadece yalıtım malzemesi için uygulandığını, döşendiği yüzey ile beraber değerlendirilmediğini belirtmektedir (TS EN, 1928). Oysa su yalıtım malzemesinin uygulandığı yapı elemanı ile su etkisi altında davranışını önceden öngörebilmek oldukça önemlidir.

Bu bağlamda Su Yalıtım Yönetmeliği su yalıtımına dikkat çekilmesi, farkındalık oluşturması ve gerekliliği konusunda çok önemli bir adımdır. Yönetmelikte daha kapsamlı ele alınması gereken birçok konu olmasına rağmen deneyimlere bağlı olarak yeniden düzenlenebilecek, geliştirilebilecektir.

Toprakaltı su yalıtımı, Su yalıtım yönetmeliğinde Temel, Döşeme ve Perde Duvarlarda su yalıtımı başlığı altında; Madde 9-(1); *"Toprakla temas eden yüzeylerin (temel, bodrum çevre perdeleri, döşemeler vb.) su yalıtımı tasarımı; binanın kullanım amacı ve yapısal özellikleri, temel tipi ve derinliği ile birlikte zemin ve temel etüt raporunda belirtilen zemin özellikleri (geçirgenlik, yeraltı su seviyesi, zeminin/suyun kimyasal özellikleri vb.) ve mevsimsel olarak en yüksek yer altı su seviyesi dikkate alınarak yapılacaktır."* şeklinde belirtilmektedir (Su Yalıtım Yönetmeliği, 2017).

Yönetmelikte bu bölüm; Tasarım kuralları, yalıtım öncesi hazırlık, yalıtım yöntemleri ve malzeme seçimi, uygulama kuralları başlıklarında yer almaktadır. Buna göre Tasarım kurallarında; zemin ve proje şartlarına bağlı olarak basınçlı, basınçsız ya da toprak nemi şeklinde mevcut su türü belirlenmektedir. Yalıtım öncesi hazırlıkta; proje alanı özelliklerine göre; eğim, bitişik nizam, yeraltı su seviyesi gibi farklı koşullarda temel çukurunu su yalıtımının yapılabileceği koşullara getirebilmeyi

tanımlamaktadır. Yalıtım yöntemleri ve malzeme seçiminde; basınçlı ya da basınçsız su etkisine göre sürme, örtü ya da yapısal su yalıtım malzemelerine ilişkin öneriler verilmektedir. Uygulama kuralları ise; örtü, sürme gibi malzemelerin uygulanmasına ilişkin yüzeysel öneriler içermektedir. Genel olarak toprakaltı su yalıtımı için belirtilen başlıklarda yapılan öneriler detaylı değil, genel bir çerçeve çizmektedir.

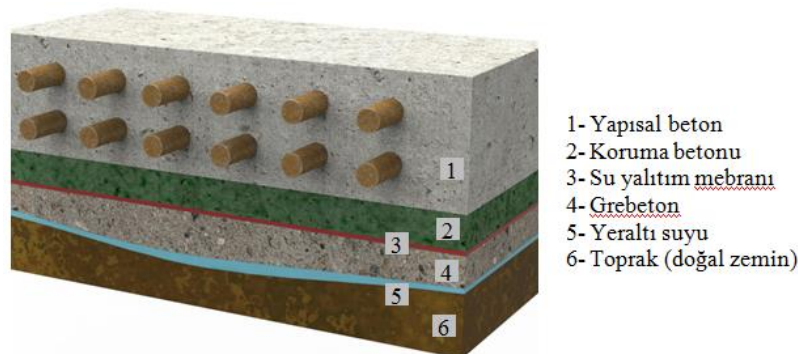
Toprakaltı su yalıtımında kararlar zemin etütlerine göre basınçlı, basınçsız ve toprak nemi şeklinde zemin yapısı belirlendikten sonra kullanılacak olan yöntem daha çok su yalıtım malzemesi üzerinden ifade edilmektedir; örtü, sürme ve yapısal şeklinde. Bu malzemelerin uygulama şekli de üretici firma tarafından belirlenmektedir. Gerçekte her yalıtım malzemesi ayrı bir uygulama şeklini, yöntemi tanımlamaktadır. Bu da su yalıtım sistemini oluşturmaktadır. Basınçlı su yalıtımı toprak altı su yalıtımında binanın tasarım aşamasında çözülmesi ve sürekliliğinin sağlanması gereken en önemli su etkisidir. Yönetmelikte Madde 11-(3)'te; "*Basınçlı su etkisine maruz yatay yüzeylerde, yüzeysel yalıtım sisteminin örtü tipi malzemeler ile oluşturulması esastır.*" şeklinde çözüm sunulmaktadır (Su Yalıtım Yönetmeliği, 2017).

Yüzeysel yalıtım içinde yer alan örtü grubu malzemeler kendi içinde farklı tür malzemeleri içermektedir. Örtü grubunda yer alan malzemelerin yapısal betona uygulama şeklinden dolayı beton öncesi ve beton sonrası sistemler şeklinde iki ayrı şekilde isimlendirilmektedir. İki ayrı uygulama şeklinde bu malzemelerin yapı kullanım sürecinde su etkisi altında iken yapısal beton ile ilişkisi farklıdır.

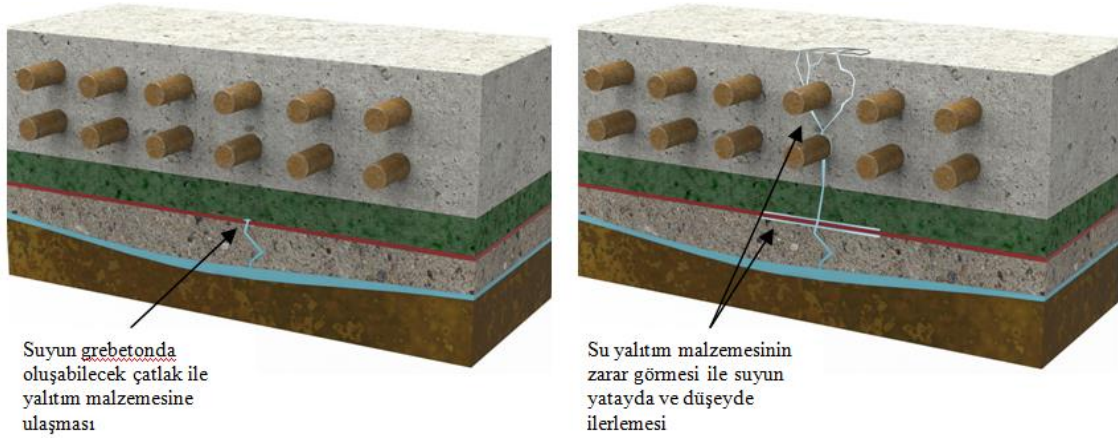
Toprakaltı Su Yalıtımında Beton Sonrası sistem;

Geleneksel sistemler olarak adlandırılan sistemler, yapımı alışlagelmiş olan su yalıtım yöntemidir. Yatayda grobeton üzeri su yalıtımı ve onun üzerine koruma betonu ile yapısal temel dökülmesi, düşeyde ise yapısal perde betonunun üzerine tesviye sıvası, onun üzerine su yalıtımı ve koruma katmanları ile oluşan sistemdir. Yapısal perde imalatı tamamlandıktan sonra yalıtım uygulamasına geçilmesi sebebiyle de bu sistemlere beton sonrası sistemler de denilmektedir. Sistem içerisinde su yalıtım malzemesi olarak, su yalıtım projesi verileri doğrultusunda yüzeysel su yalıtım malzemelerinden yerine göre örtü tipi veya sürme tipi herhangi bir malzeme ile uygulama yapılabilir. Sistem dâhilinde koruma betonu ve tesviye sıva tabakaları sebebiyle örtü su yalıtım malzemeleri yatayda ve düşeyde yapısal betona yapışmamaktadır. Bu sebeple de yalıtım üzerindeki deformasyonlar sebebiyle oluşabilecek su kaçakları, yalıtım tabakası ile yapısal beton arasındaki tabakalarda yatayda ilerleyebilecektir (Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3) (Pre-Applied Waterproofing Technology, 2016). Bu şekilde su kaçağının tespiti de, dolayısıyla sorunun tam olarak giderilmesi daha zor olacaktır.

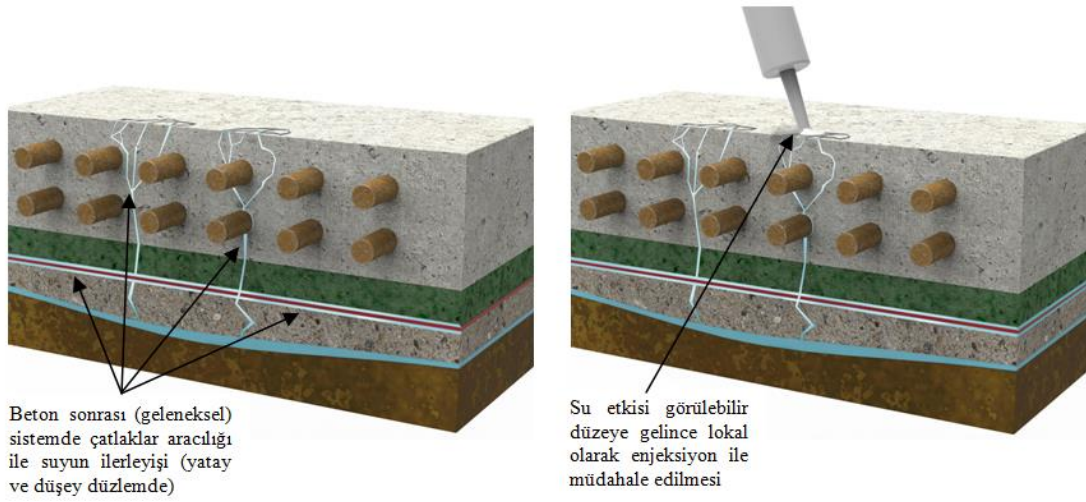
Yalıtım ile yapısal beton arasındaki koruma betonunda yatayda yürüyen su, betonda zayıf bulunduğu her noktadan içeri girmeye çalışmaktadır (Şekil 2). Enjeksiyon yöntemi ile kapatılmaya çalışılan boşluktan bir sonraki zayıf noktaya doğru yoluna devam eden su, basınç altında ya da yapıda daha fazla yol bulmak için kılcal hareketle yolunu izlemeye devam etmektedir (Şekil 2 ve Şekil 3). Yapısal beton içerisinde bulunduğu her yoldan içeri giren su, artık yapısal sorun olarak kendisini göstermektedir. Su yapı içerisine girdikten sonra, sorunun kaynağını bulup çözebilmek zorlaşmaktadır (Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 1. Beton sonrası sistem toprakaltı sistem kesiti



Şekil 2. Su yalıtım malzemesinin zarar görmesi ile suyun yapısal betona nüfus etmesi

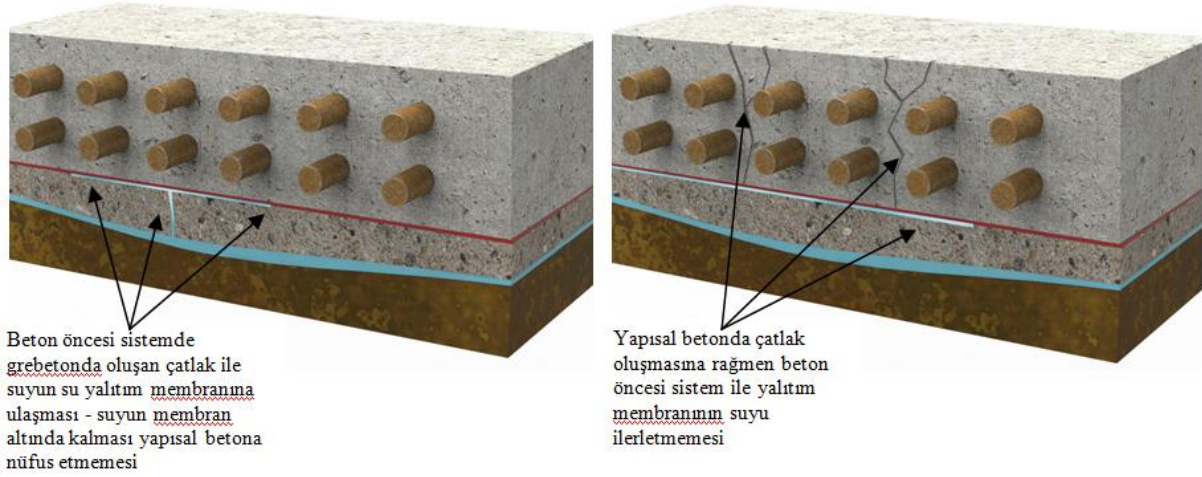


Şekil 3. Beton sonrası sistemde suyun ilerlemesi ve müdahale edilmesi

#### Toprakaltı Su Yalıtımında Beton Öncesi Sistem;

Beton öncesi sistemlerde, yatayda grebeton üzeri su yalıtımı uygulaması yapıp onun üzerine herhangi bir ara katman olmadan yapısal temel dökülmesi, düşeyde ise yapısal perde betonu dökülmeden iç kalıba su yalıtım malzemesinin konulması, demir ve dış kalıp tamamlanmasından sonra beton dökülmesi şekliyle oluşan sistemlerdir. Yapısal perde imalatından önce yalıtım malzemesinin kalıp içerisine konulması sebebiyle de bu sistemlere beton öncesi sistemler denilmektedir.

Sistem içerisinde su yalıtım malzemesi olarak, su yalıtım projesi verileri doğrultusunda yüzeysel su yalıtım malzemelerinden beton öncesine uygun özellikli örtü tipi malzeme ile uygulama yapılmaktadır. Beton dökülünce reaksiyona giren yalıtım malzemesi betona tam yapışma sağlamaktadır. Sistem dâhilinde koruma betonu ve tesviye sıva tabakaları olmaması sebebiyle yatayda ve düşeyde yapısal betona tam yapışma olmaktadır. Yalıtım üzerindeki deformasyonlar sebebiyle oluşabilecek su kaçaqları, yalıtım tabakası ile yapısal beton yapışık olduğu için yatayda yürüyememektedir. Bu şekilde su kaçağının tespiti de, dolayısıyla sorunun giderilmesi de mümkün olabilmektedir (Şekil 4) (Pre-Applied Waterproofing Technology, 2016).



Şekil 4. Beton öncesi sistemde suyun ilerleyişi

Yalıtımdaki herhangi bir sorun sebebiyle delinen kısımdan girebilecek olan su, yapısal betondaki çatlaktan (en zayıf nokta) yapıya girmektedir (Şekil 4). Bu noktalardan yapılan enjeksiyon gibi müdahaleler ile sorun çözülebilmektedir. Yapısal beton ile yalıtım arasında başka bir tabaka bulunmadığı için, su yatayda yürüyememekte ve noktasal müdahale ile sorun çözülebilmektedir.

Türkiye koşullarında bugün her iki yöntem de kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin seçimi konusunda gerek uygulamacı gerekse kullanıcı bilinçli değildir. Su yalıtım yönetmeliği; toprakaltı su denetiminde, yapı elemanlarını etkileyebilecek su türlerine göre basınçlı, basınçsız ve toprak nemi şeklinde sınıflandırma yaparak üst ölçekte kullanılacak su yalıtım malzemeleri ile ilgili bilgi vermekte, detaylı olarak su geçirimsizlik çözümüne ilişkin sistem üzerinden henüz bilgi paylaşımı yapmamaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Toprakaltı su yalıtımında kullanılan örtü grubu malzemeler uygulama gereği beton öncesi ve sonrası sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Beton öncesi sistemlerde kullanılan su yalıtım malzemesi uygulama gereği hem birbiri hem de yapısal beton ile tam yapışmaktadır. Beton sonrası sistemlerde uygulama gereği su yalıtım malzemesi sadece birbirine yapıştırılmakta, yapısal betona yapışmamaktadır. Her iki sistemde su yalıtım malzemesi suyun geldiği taraftan uygulanmaktadır. Ancak, yapı kullanım sürecinde çeşitli etkiler sonucunda yalıtım malzemesinin zarar görmesi ile su yalıtım malzemesi ile yapısal beton arasına girecek suyun davranışı ve yapı elemanları için olabilecek etkileri birbirinden farklıdır. En önemli sorun su yalıtım malzemesinin zarar görmesi ile su kaçaklarının olması, bu suyun su yalıtım malzemesi ile yapısal beton arasında yürümesi ve bulduğu kılcal kanallardan betona nüfus etmeye başlamasıdır. Böyle bir durumun beton öncesi sistemlerde su yalıtım malzemesi yapısal betona tam yapıştığı için gerçekleşmediği üreticiler tarafından ifade edilmektedir.

Bu çalışmada amaç; toprakaltı su yalıtımında kullanılan beton öncesi sistemler olarak ifade edilen su yalıtım sisteminde, su yalıtım malzemesi ve yapısal betonun basınçlı su etkisi altında iken davranışını standart dâhilinde uyarlanan deneyler ile sorgulayarak, deneylerin yapılabilişliği ile su yalıtım çözümüne ilişkin olarak standartlar bağlamında sistem tasarımı yapılabileceğini göstermektir.

Bu çalışmada deneysel yöntem kullanıldı. Yapılan deneysel çalışma ile su yalıtım sistemi tasarımı test metodunun uygulanması hedeflenerek, ülkemizde uygulanan standartlar dâhilinde yer almayan “yatayda su yürütme” ve “yalıtım membranının betondan sıyrılması” deney düzenekleri laboratuvar ortamında kurulmaya çalışıldı.

Deneylerin sonuçlarında amaçlanan; sayısal verilere ulaşılmasından ziyade, TSE ve onaylı laboratuvarlar kapsamında bulunmayan, yatayda su yürütme ve betondan sıyrılma test yöntemlerinin deney düzeneğinin geliştirilebilmesi, böylece malzeme-yüzey ilişkisinin su etkisi altında sorgulana bilirliliğinin denenmesidir.

## 2.1. Deneysel çalışma

Bu çalışma kapsamında, beton öncesi su yalıtım sisteminin davranışını sorgulayabilmek için TSE standartları içerisinde bulunmayan ve Amerika Standartları ASTM D’de yer alan;

1. Yatayda Su Yürütme Testi (ASTM D 5385’den uyarlandı) (ASTM D 5385),
2. Betondan Sıyırılma Testi (ASTM D 903-98’den uyarlandı) (ASTM D 903-98), yapıldı.

1-) Yatayda Su Yürütme Testi (ASTM D 5385-5);

ASTM D 5385-Malzemenin basınçlı su geçişine karşı performans testi; laboratuvar koşullarında su yalıtım membranının hidrostatik dayanımı ölçülmektedir. ASTM 5385 içeriği olan yalıtım membranının basınçlı suya direnci metodu Amerika’da faaliyet gösteren bir yalıtım firması tarafından, modifiye edilerek ASTM D 5385-5 haline getirildi (Pre-Applied Waterproofing Technology, 2016). Modifiye edilen bu deneyin amacı, örnek su yalıtım malzemesi ile sistemin basınçlı su etkisi altında iken yatayda su yürütmeye direnç göstermesi davranışını gözlemleyebilmektir.

Bu amaçla ASTM D 5385-5 test düzeneği incelenerek su yalıtım sistemi konusunda test yapılabileceği görüldü ve test düzeneği bu çalışmada kullanıldı. Test düzeneği betona yapışan bir su yalıtım malzemesi olması ve bu şekilde de beton öncesi sistemlerin çalışma prensibinin test edilmesi şeklindedir. Böylece yapısal beton ile su yalıtım malzemesi arasındaki tabakada basınçlı suyun ilerlemesi ve sonrasında yapısal beton içinde suyun davranışını sorgulayabilmek için yatayda su yürütme deney düzeneği oluşturuldu.

2-) Betondan Sıyırılma Testi (ASTM D 903-98);

Yapıları toprakaltı sularından korumak amaçlı yapılan beton öncesi su yalıtım sistemlerinin, yapısal beton ile su yalıtım malzemesi arasında yatayda su yürütmeye direnç gösterebilmesi, yalıtım malzemesinin yapısal betona yapışması ile mümkün olmaktadır. Bu sistemde yalıtım malzemesi ile yapısal beton arasında koruyucu beton, tesviye sıvası vb. ayırıcı herhangi bir katman olmadan, malzemenin doğrudan yapısal betona tam yapışma sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle beton öncesi sistemlerde kullanılan yalıtım malzemesinin betona yapışma davranışı sıyırılma testi ile kontrol edilmeye çalışıldı.

ASTM D 903-98 testi incelenerek yapılan modifikasyonla oluşturulan deney düzeneği ile örnek su yalıtım malzemesinin yapısal betondan sıyırılma dayanımı ölçüldü.

ASTM D 903-98, testinin içeriği; yapışkan bağların yüzeyden sıyırılma ve soyulma dayanımının ölçülmesidir. Amacı ise: Örnek numunenin yük altında yapışmış olduğu yüzeyden sıyırılma grafiğinin çıkarılmasıdır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

ASTM standartlarından uyarlanarak oluşturulan deney düzenekleri ile yatayda su yürütme ve sıyırılma testleri yapıldı. Deneyler ve sonuçları detaylı olarak açıklandı.

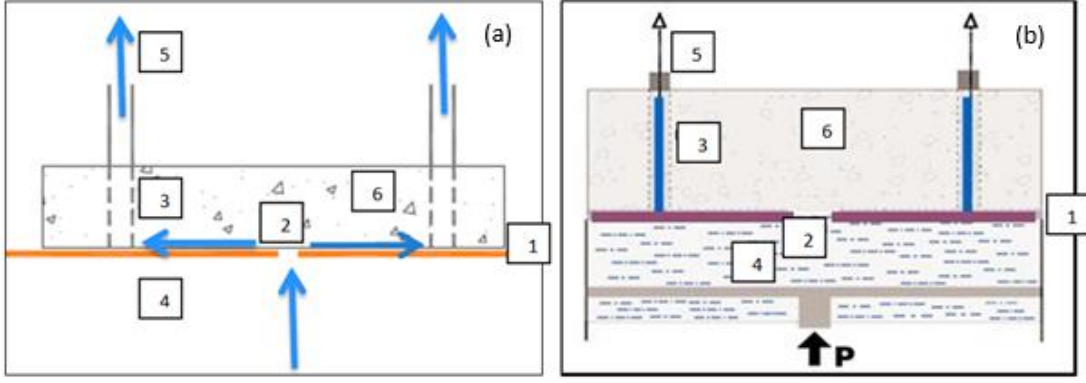
### 3.1. Yatayda su yürütme testi

İncelenen ASTM D 5385 ve ASTM D 5385-5 testlerine göre benzer bir yatayda su yürütme test düzeneği oluşturulmak üzere planlama yapıldı.

Yatayda su yürütme testinin aşamaları; kalıp hazırlanması, uygun beton hazırlanması, örnek beton blokların dökümü ve kürlenmesi, betonun basınçlı su oluşturacak metal tablaya yerleştirilmesi ve basınçlandırma ile su çıkışının gözlemlenmesi şeklindedir.

Deneyin düzeneğinin senaryosu; 1. Yapısal betona tam yapışmış olan su yalıtım malzemesi, 2. Yalıtım malzemesinde oluşan hasarı temsilen malzemede açılan 25mm’lik kesi yeri. 3. Basınçlı suyun kesi yerinden (2 no.’lu) yapısal beton ve su yalıtım malzemesi arasında yürütmesi ve borulardan (kılcal boru temsili) ilerlemesini gözlemlemek için betonun içine yerleştirilen borular, 4. Test düzeneğinde basınçlı su etkisinin oluşturulması, 5. Beton içine girebilecek su için su için çıkış yolu, 6. Yapısal betondur (Şekil 5. a-b) (Pre-Applied Waterproofing Technology, 2016).





Şekil 5a

Şekil 5b

Şekil 5a ve 5b. Yatayda su yürütme test düzeneği(uyarlandı)

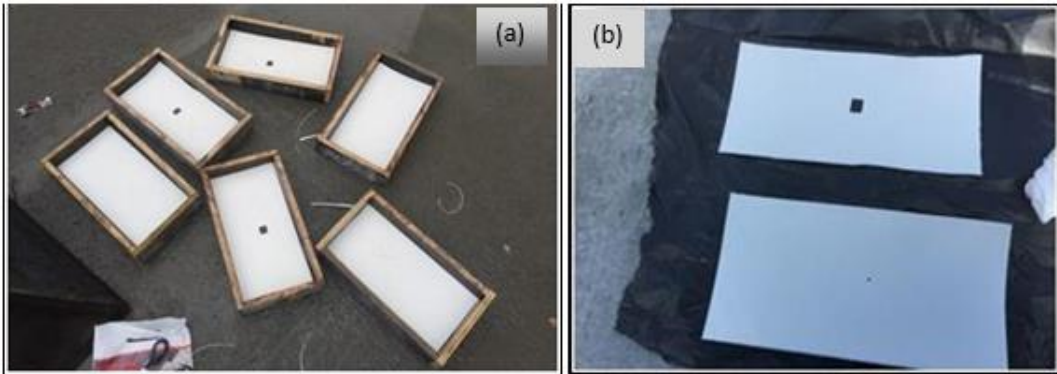
Bu senaryoya göre deney düzeneğinde gerekli olan malzemelerin temini için ölçülendirme yapıldı, çizimler oluşturuldu ve kalıp ölçüleri belirlendi. Örnek su yalıtım malzemesi olarak HDPE esaslı betona yapışık olarak çalışan beton öncesi sistemlere uygun bir örtü ve deprem yönetmeliğine uygun olarak C35 sınıfı beton kullanıldı.

Test düzeneğinde beton bloğun içerisinde yer alacak boruların aks arası 175 mm, betonun yalıtımsız olan ön yüzünden çıkıntı miktarları da 15 mm olacak şekilde çizimleri yapıldı. 6mm çapında borular için sert polietilen kullanıldı. Yalıtımsız olan ön kısmından 15 mm çıkıntı yapacak yalıtımlı olan arka kısmına da tam yapışacak şekilde borular konumlandırıldı. Bu şekilde suyun yapısal betonla yalıtım malzemesi arasında yatayda yürümesi durumunda, yalıtıma bitişik olan borulardan çıkabileceği düzener oluşturuldu.

Test düzeneğinde kullanılacak betonun ölçülerinin çizimi yapıldı belirlendikten sonra, uygun kalıp ölçüsü oluşturuldu. Test düzeneği örnek alınarak ölçülere uygun 55x195x395mm ebatlarında plywood malzemesinden kalıp yapıldı. Bu beton kalıplarına uygun ölçülerde su yalıtım malzemesi sadece alt tabana (395x195mm ölçüleri) yerleştirilecek şekilde kesildi. Test düzeneğine uygun sert plastik borular yaklaşık 7-8 cm uzunluğunda kesilerek hazırlandı.

Şekil 6.a'da görüldüğü gibi hazırlanan 6 takım kalıbın içerisine örnek yalıtım malzemesi yerleştirildi. Su yalıtım malzemesinin özelliği gereği beton ile tepkimeye girip betona yapışacağı için, malzemeler kalıbın üzerine serbest halde bırakıldı.

Hazırlanan kalıpların içerisine serilen su yalıtım malzemelerinin 3 takımında, deney düzeneği doğrultusunda 25x25 mm ebatlarında su girişinin sağlanması amacıyla delikler açıldı (Şekil 6a-6b). Bu delikler, yalıtım malzemesinde olası bir fiziki deformasyonu temsil etmek üzere tasarlandı.



Şekil 6a

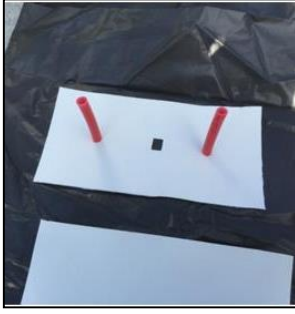
Şekil 6b

Şekil 6a-6b. Beton öncesi su yalıtım malzemesinin kalıplara serilmesi ve Su yalıtım malzemesinde yırtık açılması

Deney şablonuna uygun hazırlanan sert plastik borular, beton dökülürken içinde bırakılmak üzere hazırlandı (Şekil 7a). Borunun üst tarafının beton şerbeti ile tıkanmaması için bantla önlem alındı. Alt tarafının yalıtım malzemesine doğrudan teması düzlenek doğrultusunda sağlandı.

Hazırlanan kalıplara C35 beton döküldü, tokmaklandı ve betonun yerleşmesi sağlandı (Şekil 7b-7c-7d). Beton santralinde dökülen betonlar, bir gün sonra kür işlemi yapılmak üzere laboratuvara götürüldü. Hazırlanan örneklerin 3 takımı plastik boru konularak ve 25x25 mm delik açılarak yatayda su yürütme testi, diğer 3 takımında da plastik boru konulmadan ve 25x25 mm delik açılmadan betondan sıyrılma testi yapılmak üzere hazırlandı.

Örnekler 28 gün sonra kalıplardan çıkarıldı. Plastik boruların üzerindeki bantlarda söküldü ve betonun kenar yüzeyleri temizlenerek, ölçü kontrolleri yapıldı. Örnek boyutlarının 55x195x395 mm olduğu tespit edildi (Şekil 7 c-7d).



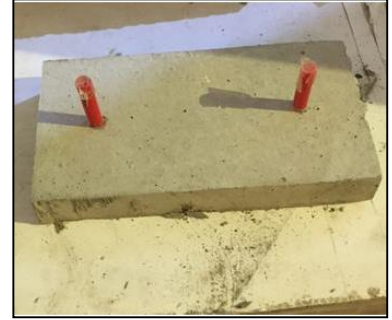
Şekil 7a



Şekil 7b



Şekil 7c



Şekil 7d

Şekil 7a-7b-7c-7d. Test düzeneğine göre örneklerin hazırlanması

Deney düzeneğine uygun alt ve üst iki parçadan oluşan metal tabla hazırlandı (Şekil 8a-8b-8c). Alt tabla üzerinde, yeraltı suyunu temsil eden suyun toplanması için hazne oluşturuldu. Deney düzeneğindeki metal tablanın haznesine su ve basınç verilebilmesi için alt metal tablaya iki adet delik açıldı. Metal tablanın hazneli olan ve iki adet giriş çıkış deliği bulunan alt parçası düz bir zemine konuldu. Yalıtımlı yüzü metal tablaya gelecek şekilde beton blok tablanın üzerine yerleştirilip ölçü kontrolü yapıldı.



Şekil 8a



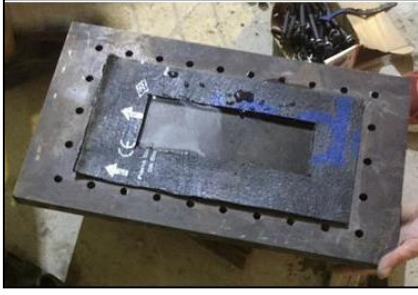
Şekil 8b



Şekil 8c

Şekil 8a-8b-8c. Test düzeneğinin hazırlanması

Test düzeneğine basınçlı su verildiğinde, testin başarılı olabilmesi için, düzeneğin herhangi bir noktasından su kaçağının olamaması gerekmektedir. Metal tabla ile beton blok arasında su sızdırmazlığın sağlanması amaçlı çift kat membran uygulaması yapıldı (Şekil 9a-9b-9c). Alt metal tablanın üzerine membran parçası konuldu, bunun üzerine beton blok yalıtımlı yüzü alt tablaya bakacak şekilde yerleştirildi.



Şekil 9a



Şekil 9b



Şekil 9c

Şekil 9a-9b-9c. Test düzeneğinin hazırlanması

Beton bloğun üst tarafına, metal tablanın diğer parçası yerleştirildi. Bulon delikleri karşı karşıya gelecek şekilde düzenek oturtuldu. İki metal tabla birbirine bulonlar vasıtasıyla bağlandı (Şekil 10a-10b-10c-10d).

Metal tablalar arasında sızdırmazlık sağlanarak sıkıştırılmış yalıtımlı beton blok, beton bloğun içine entegre edilmiş tüpler ile kurulan deney düzeneğinde basınçlı su testi aşamasına gelindi. Metal tablanın altında iki adet giriş-çıkış bulunmaktadır. Bu giriş-çıkışların birine test düzeneğinin içine su verilmek üzere hortum yerleştirildi (Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10).



Şekil 10a



Şekil 10b



Şekil 10c



Şekil 10d

Şekil 10a-10b-10c-10d. Test düzeneği ve manometre bağlanması

Test düzeneğine beton blok ile metal hazne arasındaki boşluk dolana kadar su dolduruldu. Daha sonra bu hortum körlenip içi su dolu halde bırakıldı. Boşta olan giriş çıkış musluğuna basınçlı su etkisi oluşturabilmek için kompresör bağlandı. Kompresörden gelen hortumun ucu manometreye bağlandı. Manometreden çıkan hortumun ucu da test düzeneğindeki giriş çıkış musluğuna bağlandı. Bu şekilde kompresörden test düzeneğine gelen basıncın ölçümü yapıldı (Şekil 11a-11b).

Test aparatı su ile doldurulduktan sonra bu giriş çıkış körlenip, diğer giriş çıkışa bağlanmış olan kompresörle düzenek 3bar'a kadar basınçlandırıldı (30,4365 metre suya eşdeğer) (Şekil 11a-11b). Düzeneğin üzerindeki kompresörden gelen basınçlı boruya bağlı olan manometreden basınç kontrol edildi. Düzenek 3 bar su altında 10 dakika bu şekilde bekletildi. Borulardan herhangi bir su sızıntısı gözlemlenmedi.

Manometrenin basıncı 5 bara çıkarıldı, 10 dakika boyunca test düzeneği 5 bar basınçlı suya maruz bırakıldı. Su kaçağı gözlemlenmedi. Basınç 7 bara (70,4365 m su derinliği) çıkarıldı ve 1 saat düzenek bu şekilde 7 bar basınçlı su altında bekletildi. Su çıkışı olup olmadığı gözlemlenmedi. Plastik borulardan su çıkışı görülmedi.

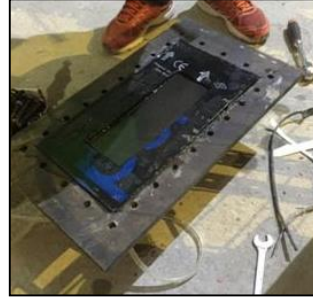
Test tamamlandıktan sonra düzenek açıldı, metal tabla içerisinde testin başında düzeneğe konulan, deney esnasında verilen basınçla, basınçlı su etkisi oluşturan suyun haznede durduğu görüldü (Şekil 11c-11d). Su metal tablanın haznesinde kalmamış olsaydı deneyin başarısız olacağı sonucu çıkarılacaktı.



Şekil 11a



Şekil 11b



Şekil 11c



Şekil 11d

Şekil 11a-11b-11c-11d. Testin tamamlanması-Örnek beton bloğun kontrol edilmesi

Şekil 11. d’de betonun altında yapışık halde bulunan örnek yalıtım malzemesinde önceden açılmış olan 25x25 mm ebatlarındaki delik yer almaktadır. Pratikte deney düzeneğinde verilen basınçlı su etkisinin, örnek su yalıtım malzemesinin yırtık olan bu deliğinden girip, betonun içinde bırakılmış olan borulardan çıkışı gözlenmek istenir. Yapılan deneyde borulardan su çıkışı görülmediği için, suyun betonla yalıtım malzemesi arasında yatayda ilerlemediği sonucu elde edildi.

Test düzeneğindeki beton tabla içinde bırakılan plastik borulardan su çıkışı görülmedi. Ancak, suyun bir miktarda olsa beton ile üzerine yapışan örnek malzeme arasında yol alıp almadığı kontrol etmek için beton kırılarak plastik borulara kadar gelmeden ilerleyen su olup olmadığına bakıldı. Yapılan kontrol sonucunda da betonun kuru kaldığı, bırakılan 25x25 mm delikten basınçlı suyun giriş yaptığı ancak yatayda yürümediği tespit edildi (Şekil 12a-12b).



Şekil 12a



Şekil 12b

Şekil 12a-12b. Test sonrası deney örneğinin kırılması

### 3.2. Betondan sıyırılma testi

ASTM D 903-98 üzerinde yapılan incelemeler ile standardın modifiye edilerek test düzeneği betona yapışan bir su yalıtım katmanı olması ve bu şekilde de beton öncesi sistemlerin çalışma prensibinin test edilmesi şeklinde değiştirildi. Deneyde sadece su yalıtım malzemesi yapışık olan, boru yerleştirilmemiş, kesi yapılmamış olan 55x195x395 mm ölçülerindeki 3 adet beton blok kullanıldı (Şekil 13a-13b). Bu bloklardan yapışık olan su yalıtım malzemesinin sıyırılması sorgulandı.

Örneklerin yapılandırılmış olan panellerden kesi yapılarak ayrılması gerekmektedir (yaklaşık 152,4mm-6 inç genişlikte). 25mm (1 inç) genişlikte parçalar kesilerek bu parçalar, 180 derecelik açı ile dakikada 152 mm olacak şekilde teste tabi tutulmaktadır. Bu test sonucunda, malzemenin yüzeyden sıyırılma mukavemeti belirlenmektedir.



Şekil 13a



Şekil 13b

Şekil 13a-13b. Sıyırılma testi için örnek bloğun hazırlanması

Bu testte beton bloklar üzerindeki su yalıtım malzemesine birbirinden ayrılması için şerit halinde standartta belirtilen şekilde kesi yapıldı. 25 mm genişliğinde parçalara ayrılan örneklerin, makinede sıyırılırken birbirine yapışmaması için beton yüzeyine kadar kesici alet vasıtasıyla ayrılması sağlandı. Betona yapışık halde bulunan örnek uçlarının makinenin çenesine bağlanabilmesi için uçları açığa çıkarıldı. Test düzeneğine uygun olarak 180°'de kuvvet verilmesi gerekmektedir (Şekil 14a-14b).



Şekil 14a



Şekil 14b

Şekil 14a-14b. Sıyırılma test düzeneği

395 mm'lik beton numunenin yüzüne yapışık halde bulunan ve beton öncesi sistemlere örnek HDPE içerikli sentetik membran malzemenin, 195 mm'lik kısmına 25 mm'lik kesiler atıldıktan sonra, uçları makinenin çenesinin tutabileceği şekilde yaklaşık 200 mm betondan sıyırıldı. Sıyırılan bu uç, makinenin çenesine bağlandı. Testin hızı 152 mm/dakika olarak alındı. Üç numune üzerinden oluşturulan grafikte, yaklaşık 0,16 ile 0,18 kN yük verildiğinde 300-400 mm arasında sıyırılma gerçekleşti. Betona yapışık olan membran malzemenin betondan sıyırılıp kopması ile test tamamlandı. Sıyırılma işlemi yaklaşık 130 saniye içerisinde tamamlandı. Testin düzeneği başarılı bir şekilde oluşturuldu ve test tamamlandı. Yapılan testlerden üç adet numunenin verilen kN kuvvete göre betondan sıyırılma mm miktarının grafiği bilgisayar verileri ile oluşturuldu.

Betondan sıyırılma testi düzeneğinin oluşturulabilmesi için birkaç yöntem denendi. Sonuçta; öncelikli prizini almış olan betondan, parça kesi yapıldı, sonra bu kesi yapılan kısımları parça halinde çekip, yapıştığı yerden sıyırılması için düzenek düşünüldü. Bunun içinde, seramik yapıştırıcılarda kullanılan makine ve tertibatı kullanıldı.

### 3.3. Değerlendirme

Araştırmada iki test düzeneği oluşturuldu. Birinci test düzeneği ile beton öncesi sistemin sorgulanması amaçlı yatayda yürütme testi yapıldı. İkinci test düzeneği ile beton öncesi sistemde kullanılacak olan su yalıtım malzemesinin betondan sıyırılma testi yapıldı.

Öncelikle bu test düzenekleri için Türkiye’de herhangi bir standart olmadığı için ASTM standartlarından uyarlanarak test düzeneği oluşturuldu. Oluşturulan test düzenekleri ile öncelikle sayısal veri düşünülmeden testin gerçekleştirilebilmesi amaçlandı.

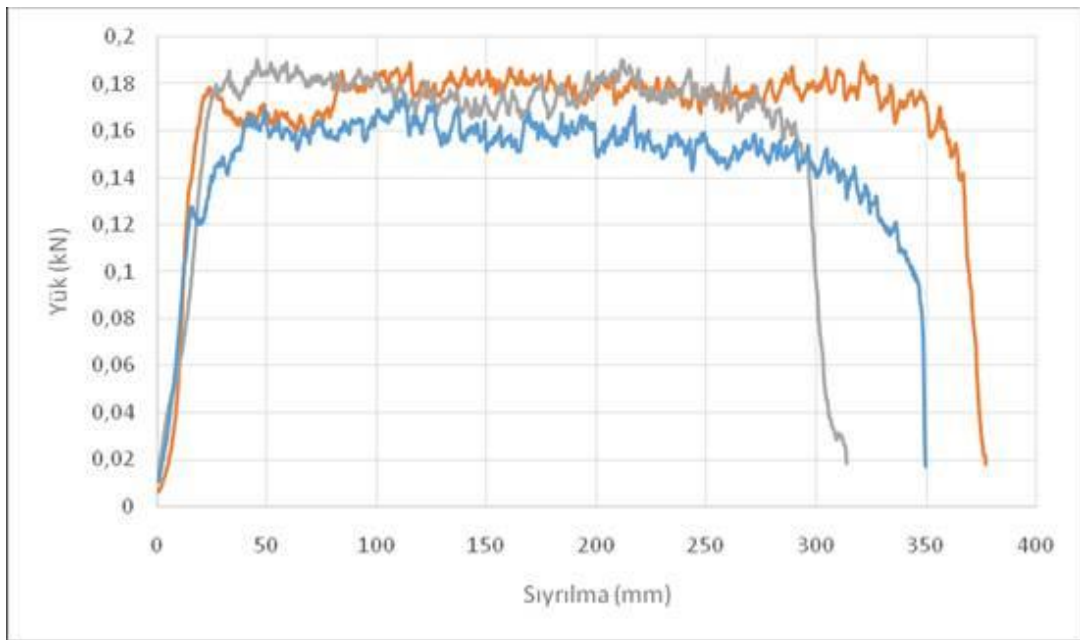
TSE ile su yalıtım malzemesi olarak kullanılacak olan malzemelerin ürün bazında yeterli düzeyde sorgulanabilir olmasına rağmen, uygulanacağı yüzey ile sistem sorgusu için herhangi bir kaynak bulunmamaktadır. Yaygın olarak kullanılan test yöntemleri malzemenin kendisini karakterize edebilir ama kullanımdaki performansını belirleyemez. Kullanılacak olan malzemenin kullanım alanı ile birlikte test edilebilmesi ve belirli performans değerlerinin gösterilebilmesi, test ve test yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Birinci test düzeneği; yatayda su yürütme testi ile; ASTM D 5385 testi ile su yalıtım malzemesinin basınçlı su geçirimsizliği ölçülmektedir. Modifiye edilen ASTM D 5385-5 testinde ise yalıtım malzemesi ile yapışık olduğu yapısal beton arasında oluşabilecek su kaçağının yatayda yürütmesinin tespiti amaçlı test düzeneği oluşturuldu. Oluşturulan test düzeneği ile yapılan deneyde; betona yapışık olan yalıtım malzemesinin 10 dakika 3 bar (30,4365 metre su derinliğindeki basınca eşittir), sonraki 10 dakika 5 bar (50,4365 metre derinliğindeki basınca eşittir) ve sonraki bir saat 7 bar (70,4365 metre derinliğindeki basınç eşittir) basınçlı su etkisi altında, suyu yatayda yürütüp yürütmediği test edildi. Tüm aşamalarda sistemde yer alan borulardan herhangi bir su çıkışı gözlenmedi. Böylece yatayda su yürütme test düzeneğinin yapılabılır olduğu, aynı zamanda beton öncesi sistemde belirtilen basınç etkisine dayanıklı bir yapışma gerçekleştiği ve yatayda su yürütmesinin gerçekleşmediği görüldü (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yatayda su yürütme testi

Beton blok örnek-test uygulama günü	300 Kpa - 3 bar – (30,4365 mt su derinliği) - 10 dakika	500 Kpa - 5 bar – (50,4365 mt su derinliği) - 10 dakika	700 Kpa - 7 bar – (70,4365 mt su derinliği) - 60 dakika
1. Örnek- 21. Gün	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı
2. Örnek- 28. Gün	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı
3. Örnek- 28. Gün	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı	Su çıkışı olmadı

İkinci test düzeneği; ASTM D 903-98 test yöntemi le yapışkan bağların bir yüzeyden soyulma (sıyırılma) dayanımı ölçülmektedir. Ancak yüzeyin malzemesi konusunda detay verilmemektedir. Oluşturulan test düzeneği ile yapılan deneyde, yalıtım malzemesinin yapışık olduğu betondan sıyırılması veya soyulmasının miktarı belirlendi. Test hızı ayarlanarak (dakika/mm) betondan sıyırılma miktarı ve kuvvet arasındaki grafik oluşturuldu (Şekil 14).



Şekil 14. Sıyırılma testi grafik sonucu

Düzenekte testin hızı; 152mm/dak olarak alındı. Üç örnek üzerinden oluşturulan grafikte, yaklaşık 0,16 ile 0,18Kn yük verildiğinde 300-400mm arasında sıyırılma gerçekleşti. Sıyırılma işlemi 130 saniye içerisinde tamamlandı.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde mevcut toprakaltı su yalıtım malzemeleri-sistemleri değerlendirildiğinde;

- Su yalıtım malzemelerinin ürün standartları bulunmaktadır.
- Haziran 2018'de yürürlüğe giren "Su Yalıtım Yönetmeliği" bulunmaktadır.
- Su yalıtım malzemelerinin sistem olarak, taşıyıcı sistemle olan ilişkisini sorgulayan bir standart bulunmamaktadır.
- Su yalıtım malzeme seçim ve kullanımı genellikle, üretici ve kişisel tercihlere göre şekillenmektedir.
- Ağır deprem sonuçları yaşayan bir ülke olarak, su yalıtımın gerekliliği konusunda yaptırım olmadığı için gerekli uzmanlık ve farkındalık yeterli düzeyde gelişmemiştir.

Yukarıda elde edilen ilk bulgular Ülkemizde su yalıtımı konusunda yolun başında olduğumuzu göstermektedir. Ayrıca toprakaltı su yalıtımı konusunda değerlendirme yapıldığında;

- Su yalıtım yönetmeliği tüm su etkilerine karşı proje-yapım ve denetim aşamalarında daha detaylı olarak geliştirilmelidir. Yönetmelik, özellikle sonradan telafisi gerçek anlamda mümkün olmayan toprakaltı su yalıtımı ile ilgili olarak daha alt açılımlı, yoruma imkân vermeyecek, net bilgi verebilecek şekilde detaylandırılmalıdır.
- Tasarımcı-yapımcı-kullanıcı açısından malzeme seçimi, su yalıtım yönetmeliğinde daha net tanımlanabilecek şekilde verilmelidir. Piyasada mimari yapılarda toprakaltı su etkilerine karşı korunum amaçlı birçok malzeme bulunmaktadır. Ancak, bu malzemelerin yapının şartlarına ilişkin en sağlıklı nasıl seçilebileceği tam anlamıyla belirgin değildir. Bu seçim genellikle üretici firmaların insiyatifinde gerçekleşmektedir.
- Su yalıtım malzemelerine ilişkin standartlar mevcuttur. Bu standartlar ürün kalitesi ve üreticinin kontrolü açısından olumludur. Ancak, malzemenin yapısal betonla ilişkisini sorgulayan herhangi bir standart bulunmamaktadır. Ürün standartları yanında, ürünün farklı malzeme, taşıyıcı sistem ile uygulama yapıldıktan ve su etkisi başladıktan sonra ilişkisini sorgulayan standartlar geliştirilmelidir.

Buna göre su yalıtım malzemelerini, üretici tarafında üretim teknolojisi ve nihai ürünü denetleyebilecek yasal bir mekanizma kurulmalıdır. Su yalıtım malzemelerinin mimari yapılarda kullanımı amaçlı seçim, uygulama ve denetim ilişkisini, tasarım-yapım ve kullanım süreçlerinde de sorgulayan denetleyebilen ve çeşitli cezai yaptırımlara sahip olan yasal mekanizma kurulmalıdır. Su yalıtımında kullanılacak malzeme hakkında sadece üretici beyanı kesinlikle yeterli olmamalıdır. Doğru yerde, doğru malzemenin, ehil kişiler tarafından uygulanması sağlanmalıdır. Doğru malzemenin seçimi için ise yönetmelikte de belirtildiği gibi su yalıtım projesi gerekmektedir. Zemin ve çevre parametreleri ile yapının projesi bütünleştirilip; su yalıtım raporu, bu raporu baz alarak oluşturulan yerine özel su yalıtım projesi ve detayları ile bu imalatı yapacak ehil ve bilir kişi yan yana geldiği zaman hata payı oldukça azalacaktır.

Değerlendirmeden sonra, su yalıtım malzemesinin bir sistem olarak yapısal beton ile ilişkisini sorgulamak amaçlı geliştirilen deneylerde;

- Malzemenin yapısal betona yapışma davranışı sıyırılma testi ile,
- Malzemenin yapısal betona yapıştıktan, sistem olarak uygulaması tamamlandıktan sonra, basınçlı su etkisi altında davranışı yatayda su yürütme testi ile incelendi.

Bu incelemelerde özellikle sistemin yapısal beton ile ilişkisini sorgulayabilmek için bir deney düzeneği uyarlandı. Basınçlı su etkisi altında su yalıtım malzemesi ile beton arasında özellikle yatayda ya da betonun içinde su girişinin olmadığı tespit edildi. Bu deneyler ile sistem-beton ilişkisinin uygulama yapılmadan da laboratuvar ortamında sorgulanabileceği görüldü.

Bu çalışma beton öncesi sistemlerin sorgulana bilirliği açısından bir farkındalık oluşturmak ve bu yöntemin geliştirilerek yasal olarak standart haline gelebilmesini sağlayabilmek amacıyla ön çalışma niteliği taşımaktadır.

### Teşekkür ve Bilgi Notu

Bu makale, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği ve Malzeme Ana Bilim Dalı Lisansüstü programında 2018 yılında tamamlanmış olan Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır. Makale için Etik Kurul izni gerekmemiştir.

### Kaynaklar

- ASTM D 5385- Standard Test Method for Hydrostatic Pressure Resistance of Waterproofing Membranes.
- ASTM D 903-98- Standard Test Method for Peel or Stripping Strength of Adhesive Bonds.
- Humbarahane.(2020). Su Yalıtımı ve Temel Bohçalaması. Erişim adresi (10/01/2018): <https://www.humbarahane.com/temel-bohcalamasi/>
- İzoder. (2017). Su Yalıtım Yönetmeliği Basın Duyurusu. Erişim adresi (05/01/2018): <https://www.izoder.org.tr/haber/34/su-yalitim-yonetmeliğinin-ulkeye-katacağı-değer-çevre-ve-şehircilik-bakanlığı-ile-birlikte-izoder-bituder-ve-suderin-ortak-basın-toplantısıyla- duyuruldu>.
- Koçak, A. (2005). İstanbul'un Çeşitli İlçelerinde Yer Alan Mevcut Binaların Ayrıntılı İncelenmesi ve Mevcut Binaların Deprem Riski. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- Köprülü, S. (2018). Su Yalıtımı Yönetmeliği ile Zorunlu Hale Gelen Uygulamalar Nelerdir? Erişim adresi: 02/05/2018: <http://www.turkchem.net/su-yalitimi-yonetmeliği-ile-zorunlu-hale-gelen-uygulamalar-nelerdir.html>
- Özmen, B. (2000). 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu. Türkiye Deprem Vakfı, Ankara.
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. (2017, 3 07). Resmi Gazete Sayı: 30113. Erişim adresi (02/12/2017): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/07/20170703-8.htm>
- Pre-Applied Waterproofing Technology. (2016). The American Institute of Architects Continuing Education Systems, Grace&Co., Erişim adresi (10/06/2017): <file:///C:/Users/hp/Downloads/W11A01%20-%20PreApplied%20Waterproofing%20%20Technology.pdf>
- Su Yalıtım Yönetmeliği. (2017, 27 10). Resmi Gazete Sayı: 30223. Erişim adresi (07/10/2017): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/10/20171027-1.htm>
- TS EN. (1928). Esnek levhalar-Su sızdırmazlığı için - Çatı su sızdırmazlığı için bitüm, plâstik ve lâstik levhalar - Su geçirmezliği tayini.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK). (2002-2018). Taşıyıcı sisteme göre yapı izin istatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim adresi (20/02/2018): [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)
- Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği.(2001, 12 08). Resmi Gazete Sayı: 24491. Erişim adresi: 22/02/2018:<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/08/20010812.htm>