

PENETRON®

INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

Penetron® İntegral Kapiler Su Yalıtım Sisteminin Avantajları ve “Penetron® Admix” Kristalize Beton Katkı Malzemesinin Detaylı İncelemesi



İçindekiler

1.	Giriş.....	4
2.	Betona su yalıtımı uygulanmasında karşılaşılan problemler	4
2.1.	Korozyon	5
2.2.	Karbonasyon	6
2.3.	Çatlama.....	6
2.3.1.	Plastik rötre çatlağı	6
2.3.2.	Kuruma kaynaklı rötre	7
2.3.3.	Isıl çatlaklar	7
2.3.4.	D Çatlağı	7
2.4.	Alkali Silika Reaksiyonu (ASR)	8
2.5.	Donma-çözülme döngülerinin neden olduğu hasar	9
2.6.	Betonun kimyasal ataklar sonucu bozulması	10
2.7.	Sülfat atağı	11
2.8.	Deniz ortamlarında beton yapılar.....	11
3.	Penetron Admix ile su yalıtımı	12
3.1.	Ne işe yarar?.....	12
3.2.	Penetron Admix'in özellikleri ve faydaları	13
3.2.1.	Betonun kalıcı olarak korunması.....	13
3.2.2.	Kendi kendini onaran beton	14
3.2.3.	Penetron Admix ile donatı çeliğinin korozyona karşı korunması	16
3.2.4.	Klorür penetrasyonuna karşı koruma.....	17
3.2.5.	Karbonasyona karşı koruma	19
3.2.6.	Penetron'un çatlak köprüleme yeteneği.....	19
3.2.7.	Basınç dayanımı artışı	22
3.2.8.	Yüksek su basıncına direnç	22
3.2.9.	Kimyasal direnç.....	25
3.2.10.	Donma-çözülme döngülerine direnç	28
3.2.11.	Yaygın olarak kullanılan beton karışımı tasarımlarıyla uyum (Penetron Admix)	28
3.2.12.	Alkali Silika Reaksiyonunun önlenmesi (ASR).....	29
3.2.13.	Kısıtlamalar	29
3.2.13.1.	Soğuk derzler.....	29
3.2.13.2.	Aktif sızıntılar	30
3.2.13.3.	Beton kusurları	30

3.2.13.4. Yapısal çatlaklar	30
3.2.13.5. Dış etkilere açık beton yapılar (ısı çatlaklar).....	30
4. Penetron'un faydalarına genel bakış	31
5. Penetron ürünlerinin diğer su yalıtımı sistemleriyle karşılaştırılması	32
5.1. Penetron'un ve su itici ve gözenek tıkaçıcıların karşılaştırılması	34
6. Uygulama talimatları - Penetron Admix	35
6.1. Tanım	35
6.2. Doz Oranı	36
6.3. Karıştırma	36
6.3.1. Hazır Beton Tesisi – Kuru Karışım İşlemi	36
6.3.2. Hazır Beton Tesisi – Merkezi Karıştırma İşlemi	36
6.3.3. Ön Dökümlü Beton Santrali	36
6.3.4. Teknik Servisler	36
6.4. Priz süresi ve dayanım	37
6.5. Kısıtlamalar	37
7. Uygulama talimatları - Penetron	37
7.1. Tanım	37
7.2. Sarfiyat	37
7.2.1. İnşaat döşemeleri	37
7.2.2. İnşaat derzleri	38
7.2.3. Gro beton	38
7.3. Yüzey Hazırlama	38
7.4. Karıştırma	38
7.5. Uygulama	38
7.5.1. Sulu harç kıvamı	38
7.5.2. Kuru toz kıvamı (sadece yatay yüzeyler için)	38
7.6. Uygulama sonrası	38
8. Uygulama talimatları- Penetron Plus	39
8.1. Tanım	39
8.2. Kaplama	39
8.3. Uygulama Prosedürleri	39
8.4. Kürleme	40
8.5. Teknik Servisler	40
9. İletişim ve Feragat	40

Resim ve şekillerin sıralaması:

Resim 1 Korozyon aşamaları	5
Resim 2 Plastik rötre çatlaklarına örnek.....	8
Resim 3 Kuruma kaynaklı rötre çatlaklarına örnek	8
Resim 4 Isıl çatlamaya örnek	8
Resim 5 D çatlaklarına örnek	8
Resim 6 ASR dolayısıyla pek çok içsel çatlağa sahip olan çört agrega parçacığına ait bir elektron mikroskobu görüntüsünün taranması; bitişik çimento macununun içine kadar uzanan çatlaklar	9
Resim 7 Beton içindeki çatlakların içine sıkılmış alkali-silika jelini gösteren agrega detayı. Bazı çatlakların içinde de varolan mineral	9
Resim 8 ASR hasarına örnek.....	9
Resim 9 Donma-çözülme döngüsünün yollarda ve köprü döşemelerinde meydana getirdiği hasara örnek.....	10
Resim 10 Kimyasal atağın neden olduğu beton hasarına örnek.....	11
Resim 11 Penetron nasıl etki eder?	13
Resim 12 Penetron kristallerinin Elektron Mikroskobu Fotoğrafının Taranması	13
Resim 13 Test düzeneği, MFPA Leipzig, Almanya, 2006	14
Resim 14 0.1, 0.5 ve 1.0 bar su basıncında 0.2 mm'lik çatlaktan su akışı	15
Resim 15 0.1, 0.5 ve 1.0 bar su basıncında 0.25 mm'lik çatlaktan su akışı	15
Resim 16 Alıntı: Penetron Admix uygulanmış betonun ve kontrol numunesinin geçirgenliği (ENCO, 2006).....	17
Resim 17 Alıntı: Penetron Admix'in klorür geçirgenliği (AASHTO-T-277: Shimel ve Sor, ABD, 2005)	18
Resim 18 Alıntı: 2009 yılında Sardar Patel, Hindistan'da yapılan hızlı klorür penetrasyonu testinin sonuçları	18
Resim 19 Portocel, Aracruz, Brezilya'da Penetron Admix uygulanmış bir rıhtım	19
Resim 20 The Capri, Miami Bay, ABD. Penetron Admix uygulanmış bodrum yapısı	19
Resim 21 Bir çatlakta oluşan Penetron kristallerinin Geri Saçılmış Elektron Görüntüsü (BEI).....	20
Resim 22 Çatlaklarda oluşan iğnemsiz uzun Penetron	20
Resim 23 Alıntı: Penetron uygulanmış çatlak beton numunelerin geçirgenlik sonuçları.....	21
Resim 34 OFI numune düzeneği (Penetron "sandviç sistemi").....	21
Resim 24 Alıntı: 20 bar su yükü basıncı altında Penetron Admix'in test sonuçları, Bologna Üniversitesi, İtalya, 2005	25
Resim 25 Bologna Üniversitesi: Kimyasal direnç testi - Test düzeneği	26
Resim 26 Bologna Üniversitesi: Kimyasal direnç testi - sonuçlar	27
Resim 27 Milano Güney Atık Su Arıtma Tesisi, İtalya.....	28
Resim 28 SABESP Pis Su Arıtma Tesisi, Brezilya	28

1. Giriş

PENETRON integral (betonun ayrılamaz parçası olan) kapiler su yalıtımı sistemleri; tüm dünyada kırk yılı aşkın bir süredir beton yapılarda etkin su yalıtımı ve koruma amacıyla kullanılmaktadır. Bu dokümanda su ile temas halinde olan ve farklı çevre koşullarına maruz kalan beton yapılarda en sık görülen problemler açıklanmaktadır.

Buna ek olarak, PENETRON integral kapiler su yalıtımı sistemleri yardımıyla bu problemlerin ele alınıp önlenmesi ve böylece betonun dayanıklılığının artırılması ve yapıların etkin bir şekilde korunması detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2. Betona su yalıtımı uygulanmasında karşılaşılan problemler:

Beton dünyada en sık kullanılan insan yapımı yapı malzemesidir. Betonun suya karşı dayanıklılığı nispeten iyidir. Yapısal beton elemanlara çeşitli şekiller ve büyüklükler vermek oldukça kolaydır. Dayanıklı olmasına rağmen, beton ve hatta yüksek kaliteli betonlar gözenekli bir malzemedir. Betonun hidrasyon aşamasında fazla suyun buharlaşması sonucunda betonda milyonlarca gözenek ve kılcal damar oluşur. Buna ek olarak, su katılmış çimento macunu ve büyük agrega parçacıkları arasında yer alan bölgeyi tanımlayan beton mikro yapısının bir parçası olan ITZ'ler (Interfacial Transmission Zone); rötre, sıcaklık gerilimleri ve harici uygulanan yükler dolayısıyla betonun sertleşme aşamasında çatlamaya meyillidirler. ITZ'deki bu mikro çatlaklar genellikle betonda var olan pek çok kapiler boşluktan daha büyüktür. Gözenekler ve mikro çatlaklar (özellikle betonda birbirine bağlılarsa) beton matrisinin gözenekliliğini artırırlar ve sertleşmiş betona hava ve suyun girmesine izin verirler. Bu da donatı çeliğinde korozyon ile ve su kaynaklı tuzların ve kimyasalların neden olduğu diğer beton hasarları ile sonuçlanır. Ayrıca betonun dayanıklılığını doğrudan etkileyerek bozulmasına ve mukavemetinin azalmasına katkıda bulunur.

Su (deniz suyu, yeraltı suyu, nehir suyu, göl suyu, kar, buz ve buhar), betonun hem varoluşunda hem de yok oluşunda başlıca etkindir ve beton bozulmasının hemen hemen her biçimiyle yakından alakalıdır. Saha deneyimleri göstermektedir ki; betonun bozulmasının başlıca nedenleri sırasıyla donatı çeliğinin korozyona uğraması, donma ve çözülme döngülerine maruz kalma, alkali-silika reaksiyonu ve kimyasal ataktır.

Genleşme ve çatlama mekanizmalarında bu dört nedenin yanı sıra su geçirgenliği ve su mevcudiyeti de etkili olmaktadır.

Farklı yüklere, gerilimin yeniden dağılımına ve tektonik sismik etkilere sürekli maruz kalan yapılarda beton gözenekliliği ve çatlaması artmaktadır.

Aşağıdaki bölümde beton bozulmasının başlıca nedenlerine ağırlık verilmiştir:

2.1. Korozyon:

Çelik takviyelerde meydana gelen korozyon, özellikle su kenarında veya su altında bulunan betonlar olmak üzere, betonlardaki yıpranmanın en yaygın kaynağıdır. Çeliğin korozyonu elektrokimyasal bir süreçtir ve temel olarak metalik demirin pasla dönüşmesidir. Hacimde artış da bu duruma eşlik eder (hacim artışı bazı durumlarda oksidasyon durumuna bağlı olarak orijinal çeliğin %600'ü kadar fazla olabilir). İnşaat demirinin bu şekilde genleşmesi betonun genişlipe çatlamasına ve daha sonra kabarıp dökülmesine ve sonuç olarak pas payının tamamen yok olmasına yol açar. En nihayetinde yapıların mukavemeti azalır ve yapılar çöker.

Korozyon betona iki farklı metal yerleştirildiğinde (çelik ve alüminyum gibi) meydana gelir çünkü her metalin kendine özgü bir elektrokimyasal potansiyeli vardır. Bu durumda beton etkili bir batarya haline gelir. Metaller bir elektrolit ile temas ettiğinde, daha az etkin metal korozyona uğrar.

Betonda sadece bir tür çelik olduğunda ise alkaliler ve klorürler gibi çözünmüş iyonların konsantrasyonundaki farklılıklar korozyona neden olur. Bu iyonlar, gözeneklere ve mikro çatlaklara nüfuz eden su vasıtasıyla betona girer.



Beton inşaat demiri takviyesi. Klorür iyonları ve alkaliler, su yardımıyla çatlaklardan ve gözeneklerden betona girer ve donatı çeliğine erişir.

Klorürler betonun alkaliliğini bozar (pH seviyelerini düşürür) ve inşaat demirinin koruyucu kaplamasını yok eder. Bu da donatı metalinin genişlemesine ve çatlamaya yol açar.

Korozyon arttıkça kabarıp dökülme ve çatlama meydana gelir. Bu da betonun geçirgenliğinin artmasına, mukavemetinin azalmasına ve en sonunda yapının çökmesine neden olur.

Korozyon hasarına örnek.

Resim 1 Korozyon aşamaları:

Su katılmış portland çimentosu, gözenek sıvılarında alkaliler ve 12'nin üzerinde bir pH değeri sağlamaya yetecek miktarda katı kalsiyum hidroksit içerir. Alkali bir ortamda (11.5'in üzerinde bir pH değeri) normal çelik ve demir ince, geçirgen olmayan ve oldukça yapışkan bir demir oksit film meydana getirir. Bu film, metalleri korozyona karşı pasif hale getirir. Fakat alkaliler ve kalsiyum hidroksitin büyük bir bölümü karbonatlaştıktan veya yıkayarak giderildikten sonra, donatıyı çevreleyen betonun pH'ı 11.5'in altına düşerek çeliğin pasifliğini yok edebilir ve korozyon sürecinin başlamasına yol açabilir. Klorür iyonlarının olması halinde, pH değerleri 11.5'in üzerinde olsa bile, bu film yok olur. Betondaki klorürün temel nedenleri katkıları, tuzla kirlenmiş agrega ve buz çözücü tuz çözeltilerinin ve deniz suyunun penetrasyonudur.

2.2. Karbonasyon:

Havadaki karbon dioksit betona nüfuz ettiğinde ve kalsiyum hidroksit gibi hidroksitler ile reaksiyona girip karbonatları oluşturduğunda karbonasyon meydana gelir. Kalsiyum hidroksit ile reaksiyon sonucu kalsiyum karbonat oluşur.

Bu reaksiyon, gözenek çözeltisinin pH'ını 8.5'e kadar düşürür. Bu pH seviyesinde, çeliğin pasif demir oksit filmi kararlı değildir ve korozyon oluşur.

Karbonasyon, betonun bağıl nemine bağlıdır. En yüksek karbonasyon oranları, bağıl nem %50 ve %75 arasında olduğunda söz konusudur. Bağıl nemin %25'in altında olduğu durumlarda, karbonasyon derecesi önemsiz kabul edilir. Bağıl nemin %75'i geçmesi halinde ise gözeneklerdeki CO₂ penetrasyonunu kısıtlar. Karbonasyon kaynaklı korozyon genellikle yağmura maruz kalan, güneş görmeyen ve donatı çeliği üzerindeki pas payı az olan bina cephelerinde görülür.

Betonun karbonasyonu ayrıca korozyona katkıda bulunan klorür iyonu miktarını da düşürür. pH seviyesi 12 ila 13 olan yeni bir betonda, gömülü çelikte korozyonun başlaması için yaklaşık 7,000 ila 8,000 ppm klorür gerekir. Fakat pH seviyesinin 10 ila 11'e düşürülmesi halinde, korozyon için klorür eşiği önemli ölçüde daha düşüktür (100 ppm veya altı). Klorür iyonları gibi karbonasyon da donatının pasif filmini yok eder fakat korozyon oranını etkilemez.

2.3. Çatlama:

Çatlaklar genellikle betonun gözenekliliğini artırır ve suyun ve su kaynaklı tuzların ve kimyasalların betona girmesine izin vererek betonun bozulmasını hızlandırır. Betonun çatlamasının pek çok nedeni olabilir. Bu dokümanda beton yapılarında en sık görülen çatlak türleri ele alınmıştır.

2.3.1. Plastik rötre çatlağı:

Plastik rötre çatlaklarının nedeni priz öncesi beton yüzeyindeki hızlı su kaybıdır. Eğer yeni dökülmüş bir betonda yüzey neminin buharlaşma oranı terleme suyunun karşılayabileceği oranı aşıyorsa bu durum meydana gelir. Kuruyan üst tabakanın altındaki betonun neden olduğu baskı sonucu zayıf ve sertleşen plastik betonda çekme gerilimleri gelişir. Plastik rötre çatlakları doğada genellikle sıgırdır ve döşemenin çevre uzunluğu ile kesişmez. Fakat her çatlak gibi bunlar da suyun ve kimyasalların beton yapıya girebileceği bir giriş noktası ve böylece bozulma süreci için bir başlangıç noktası sağlarlar.

2.3.2. Kuruma kaynaklı rötre:

Neredeyse her beton karışım tasarımı, çimentonun sulandırılması için gerekenden daha fazla su içerir. Bu yüzden kalan suyun büyük bir bölümü buharlaşarak betonun çekmesine neden olur. Alt zeminin, donatının veya başka bir yapı parçasının yol açtığı rötre kısıtlaması sertleşmiş betonda çekme gerilimlerinin gelişmesine sebep olur. Kuruma kaynaklı rötre kısıtlaması, beton  atlamaşının en yaygın nedenidir.

2.3.3. Isıl  atlaklar:

Eğer bir beton yapıda veya çevresinde aşırı sıcaklık farkı varsa ısııl çatlama olur. Bu sıcaklık farkı, betonun sıcak kısmı üzerindeki soğuk kısmın daha fazla çekmesine yol açar. Bu da çekmeyi kısıtlar. Eğer kısıtlama dökülen betonun çekme gerilimini açan çekme gerilimlerine neden olursa, ısııl çatlaklar meydana gelir. Bazı iklim kuşaklarında ısııl çatlaklar atmosferik sıcaklık farklarının bir sonucu olarak oluşabilir. Gündüzleri yüksek sıcaklıklar betonun ısınıp genleşmesine neden olur. Geceleri ise hava sıcaklığı önemli ölçüde düşer ve beton kütlenin çekmesine yol açar. Sonuç olarak betonda çatlaklar meydana gelebilir. Hava sıcaklığı farklarında betonun genleşmesi ve çekmesi dolayısıyla zamanla bu çatlaklar daha da genişler.

2.3.4. D  atlağı:

D  atlağı, donma-çözülme döngüsü sonucu oluşan bozulmanın bir türüdür ve genellikle beton döşemelerde ( oğunlukla derzler boyunca) görülür. Betonun temelinde su birikmesi en nihayetinde agregayı doyurur. Agregadaki donma-çözülme döngüleri çatlamaya başlar ve çatlak betonu açar. Bu süreç genellikle döşemenin altında başlar ve yüzeğe doğru ilerler.



Resim 2 Plastik rötre çatlağına  rnek



Resim 3 D Kuruma kaynaklı r treye  rnek



Resim 4 Isıl çatlamaya örnek



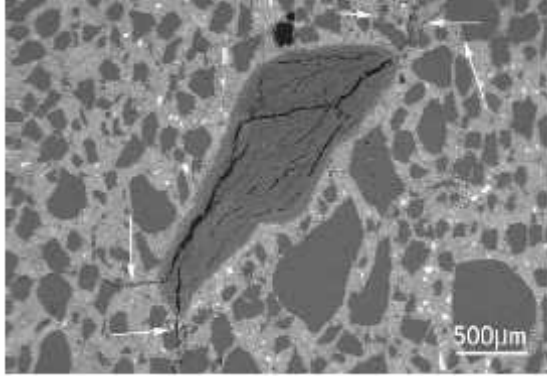
Resim 5 D çatlaklarına  rnek

2.4. Alkali Silika Reaksiyonu (ASR):

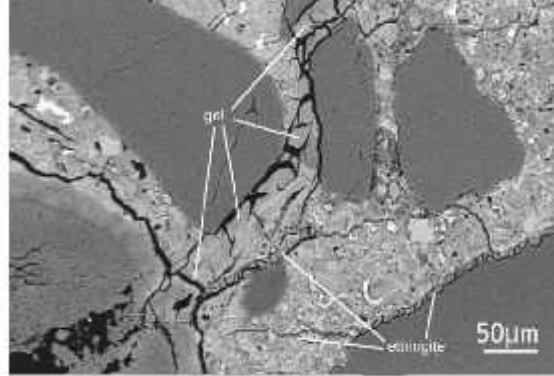
Alkali-silika reaksiyonu (ASR), en yaygın alkali-agrega reaksiyonu (AAR) türüdür ( ok daha az yaygın alkali-karbonat reaksiyonu (ACR) türü ile birlikte). ASR betonda ciddi genleşme ve çatlaklara neden olarak ana yapısal problemlere ve bazen de yapının zorunlu olarak yıkılmasına yol açabilir. ASR'nin sebebi betondaki alkali  imento gözeneği çözeltisinde bulunan hidroksil iyonları ve agregadaki reaktif silika türleri (  rt, kuvarsit, opal, s z lm ş kuvars kristalleri gibi) arasındaki reaksiyondur. Su emerek hacim bakımından artan ve böylece genleşme basıncı uygulayan ve betonun hasar görmesine yol açan bir jel üretilir. Bu jel çatlaklarda ve hatta agregada parçacıklarının içinde meydana gelebilir.

Betonda ASR meydana gelmesi için; yeterince yüksek alkali  imento içeriği (veya başka kaynaklardan alkali), reaktif bir agregada (  rt veya kuvarsit gibi) ve son olarak su gereklidir. Eğer betonda su yoksa ASR meydana gelmeyecektir çünkü alkali-silika jeli oluşumu için su gereklidir.

ASR'yi önlemenin en iyi yolu reaktif olmayan agregalar kullanmaktır. Fakat bu agregalar her zaman bulunamayabilir. Böyle bir durumda beton karışımı tasarlayan kişinin beton karışımında kullanılan tüm ürünlerinin Na₂O eşdeğerini (% cinsinden) bilmesi gerekmektedir. Çünkü Na₂O eş değeri, m³ başına kabul edilebilir miktarı aşmamalıdır (genellikle yaklaşık 3.5kg/m³ olarak belirlenir).



Resim 6 ASR dolayısıyla pek çok içsel çatlağa sahip olan çört agrega parçasına ait bir elektron mikroskobu görüntüsünün taranması; bitişik çimento macununun içine kadar uzanan çatlaklar



Resim 7 Beton içindeki çatlakların içine sıkılmış alkali-silika jelini gösteren agrega detayı. Bazı çatlakların içinde de var olan mineral



Resim 8 ASR hasarına örnek

2.5. Donma-çözülme döngülerinin neden olduğu hasar:

Soğuk iklimlerde donma-çözülme döngülerinin beton döşemelerde, istinat duvarlarında, köprü döşemelerinde ve korkuluklarda neden olduğu hasar tamir ve bakım işlerinin en büyük nedenlerinden birisidir. Su molekülleri çok küçüktür ve bu yüzden en küçük beton gözeneklerine ve kılcallarına nüfuz edebilmektedir. Su kapiler sisteme girip donduktan sonra hacim olarak genişler ve bu genişlemenin yarattığı hidrolik basınç ile beton gözenekleri veya kılcalları büyütür. Birden fazla donma-çözülme döngüsü ile birlikte basınç gözenekleri veya kılcalları yavaş yavaş genişletir. Gözeneklerdeki su çözöldükten sonra betonun derinliklerine doğru ilerler ve burada tekrar donar. Böylece donma-çözülme döngüsü tekrar eder. Donma-çözülme döngülerinin neden olduğu hasarların en yaygın biçimi çimento macununun gittikçe genişmesi dolayısıyla betonun çatlaması ve kabarıp dökülmesidir. Eğer nem ve yol bakımında kullanılan buz çözücü tuzlar mevcutsa, donma-çözülme etkisi ciddi bir şekilde artar. Bu da beton yüzeyin soyulmasına yol açabilir. Betonun kabarıp dökülmesi ve çatlaması sonucu klorür ve su penetrasyonu nedeniyle gömülü donatı çeliği korozyona maruz kalır.



Resim 9 Donma-çözülme döngüsünün yollarda ve köprü döşemelerinde meydana getirdiği hasara örnek

2.6. Betonun kimyasal ataklar sonucu bozulması:

İyi sulandırılmış bir çimento macunu betonda oldukça alkali bir ortam yaratır. Bu ortamın pH değerleri 12.5 ve 13.5 arasında değişkenlik gösterir. Asidik ortam koşulları ve beton arasındaki temas sonucu bu alkali ortam bozulur ve pH seviyesinin düşmesine yol açar. Beton, kimyasalın asit derecesine bağlı olarak yavaş veya hızlı bir şekilde bozulur. Kimyasal atak etkileri her zaman gözeneklilik ve geçirgenlik artışı, çatlama ve kabarıp dökülme ve son olarak mukavemet kaybıdır. Fiziksel bozulma ve kimyasal ataklara sürekli maruz kalma devam eder ve zamanla betonun bozulmasını hızlandırır.

Kimyasal ataklar içinde çözünabilir kalsiyum tuzlarının ve çözünmez ve genleşmeyen kalsiyum tuzlarının oluşumunu destekleyen asidik çözeltiler tarafından ve magnezyum tuzları içeren çözeltiler tarafından yapılan ataklar yer almaktadır. Bu doküman aşağıdaki bağlamda sülfat atakları, geç mineral oluşumu, alkali-agrega reaksiyonu (AAR) ve korozyon gibi genleşen ürünlerin (içsel gerilim) oluşumunu içeren diğer kimyasal atakları ele almaktadır.



Resim 10 Kimyasal atağın neden olduğu beton hasarına örnek

2.7 Sülfat atağı:

Sülfat atakları betonun genişip çatlamasıyla sonuçlanabilir veya betonun basınç dayanımında aşamalı bir düşüşe yol açabilir.

Çatlama ve kabarıp dökülme, artan geçirgenliğin doğrudan bir sonucu olarak, sert ve aşındırıcı suların (yer altı sularının) daha kolay nüfuz etmesine izin verir. Bu da etkilenen betonun bozulmasını etkin bir şekilde hızlandırır. Buna dışsal sülfat atağı da denir.

Çimento macununun agregalardan ayrılması ile beton zayıflar. Örneğin betonda var olan sülfat iyonları (anormal yüksek sülfat içeriğine sahip çimento gibi) nedeniyle genellikle içsel sülfat atağı olarak kabul edilen geç mineral oluşumu (DEF) beton zayıflamasının nedenlerinden biridir. Agregalar etrafında mineral oluşumu nedeniyle genişleme meydana gelir ve böylece DEF çimento macununda ve agrega-çimento macunu ara yüzünde çatlaklara neden olur. DEF betonun ilerleyen yıllarında ortaya çıkar çünkü minerallerin ayrışması ile salınan sülfat iyonları kalsiyum-silikat hidrat tarafından emilir. Emilen sülfat iyonları geri çıktıktan sonra yeniden mineral oluşumu genişlemeye ve böylece çatlamaya yol açar.

2.8. Deniz ortamlarında beton yapılar:

Deniz ortamlarında beton birden fazla bozulma etkilerine maruz kalır. Bu etkiler başlıca deniz suyu ve beton arasındaki kimyasal reaksiyon, ıslanma/kuruma sırasında tuzların ve klorürlerin penetrasyonu, soğuk iklimlerde donma-çözülme döngüleri, donatı çeliğinin paslanması ve dalgaların hareketinden dolayı fiziksel erozyondur. Bu etkilerin birbirine karışmasından dolayı deniz ortamlarındaki beton yapıların bozulma riski daha yüksektir. Bu yapıların dayanıklılığını sağlamak için özel hususlar dikkate alınmalıdır.

3. Penetron Admix ile su yalıtımı:

3. nesil kristalize ve betonu güçlendiren bir katkı olan Penetron Admix, beton yapıların etkin su yalıtımı için en gelişmiş formüldür. Basınç dayanımı kaybı ve genellikle uzun priz süresi gibi 1. ve 2. nesil katkılarda görülen problemleri ortadan kaldırır.

Penetron Admix günümüzün inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan beton karışımların hepsine uygulanabilir. Geciktiriciler ve süper akışkanlaştırıcılar gibi çalışmayı kolaylaştıran diğer karışımlar ile uyumludur ve uygulanacağı betonun su/çimento oranı konusunda herhangi bir sınırlama yoktur. %0.8 kadar düşük doz oranlarında bile (çimento ağırlığına göre) en uygun maliyetli ve ekonomik su yalıtımı seçeneklerinden bir tanesidir. Buna ek olarak, pek çok uluslararası laboratuvar testinde ve dünya çapındaki sayısız projede kendini kanıtlamış etkin bir formüldür.

Penetron Admix toksik olmayan bir üründür ve içme suyu projelerinde kullanılabilir olduğu onaylanmıştır (NSF 61 onayı, Avrupa Çevre Lisansı). Penetron Admix geçici organik bileşen (VOC) içermez ve LEED sertifika notu alan yeşil projelerde kullanılır.

Penetron Admix betona uygulandığında betonda var olan sulandırılmamış çimento parçacıkları için katalizör görevi görerek hidrasyon sürecine yardımcı olur. Bu, çimento reaksiyonunun ilk safhalarında meydana gelir ve rötre çatlaklarının oluşumunu ve basınç dayanımı artışını belli bir ölçüde telafi ederek içsel mukavemet gelişimi ile sonuçlanır. Aynı zamanda taze beton ile çalışabilme süresini uzatır.

3.1. Ne işe yarar?

Penetron Admix, karıştırma esnasında, çimento ağırlığına göre %0.8-1 doz oranlarında beton karışımına eklenir (alternatif olarak, Penetron Admix, beton dökülmeden önce mikser kamyonuna eklenebilir). Penetron Admix'in aktive edici kimyasalları su, kalsiyum hidroksit ve alüminyum ile ve ayrıca betondaki diğer metal oksitler ile reaksiyona girerek çözünmez kristallerden oluşan bir ağ oluşturur. Bu kristaller betonun kullanım ömrü boyunca 0.4-0.5mm'ye kadar tüm kılcalları, mikro çatlakları ve boşlukları doldurur. Kristaller oluşuktan sonra suyun, su kaynaklı tuzların ve çeşitli kimyasalların betona girmesini ve betonda hareket etmesini önler ve betonu kalıcı olarak korur. Hava bu kristalize oluşumların içinden geçebilir ve böylece betonun nefes almasını sağlar ve buhar basıncı birikmesini önler.

Penetron Admix betonun özelliklerini iyileştirir. Sonuç olarak betonun basınç dayanımı artar ve rötre çatlakları azalır.

Buna ek olarak Penetron Admix “kendi kendini onaran” bir beton sağlar. Nem olmadığı sürece aktive edici kimyasallar betonda yıllar boyunca pasif bir şekilde bekler. Çatlak oluşması halinde, Penetron Admix bileşenleri nüfuz eden nem ile birlikte aktif hale gelir. Sonuç olarak kimyasal reaksiyon kendiliğinden başlar ve oluşan kristaller bu yeni çatlağı tamamen doldurarak çatlağın kendi kendini onarmasını sağlar.



Betonun kılcal sistemindeki nem.

Penetron pozitif veya negatif yönden fırça veya spreyle uygulanır) kılcallara nüfuz eder, çözünmez kristaller oluşturur ve betonu yavaş yavaş kurutur.

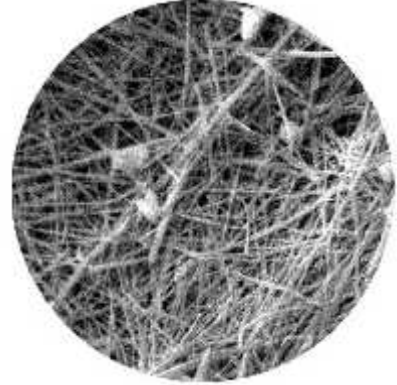
Penetron yapının derinliklerine yayılmaya devam eder ve betonu suya ve kimyasal ataklara karşı korur.

Resim 11 Penetron nasıl etki eder?

3.2. Penetron Admix'in özellikleri ve faydaları

3.2.1. Betonun kalıcı olarak korunması

Penetron Admix kalıcı bir uygulamadır. Betonda maksimum 0.4-0.5mm'lik kılcallarda, gözeneklerde ve mikro çatlaklarda çözünmez kristaller oluşturarak betonun ayrılmaz bir parçası haline alır. Bu kristal oluşumlar beton matrisinde gelişir ve betonun kullanım ömrü boyunca yok olmazlar. Betonun kendisini bir su bariyerine dönüştürürler. Penetron uygulanan beton, bariyer ürünlerinin aksine (membranlar, çimento içerikli kaplamalar), yüzey hasarlı olsa dahi su yalıtımı ve koruma özelliklerini muhafaza ederler. Penetron Admix'in tekrar uygulanması gerekmez.



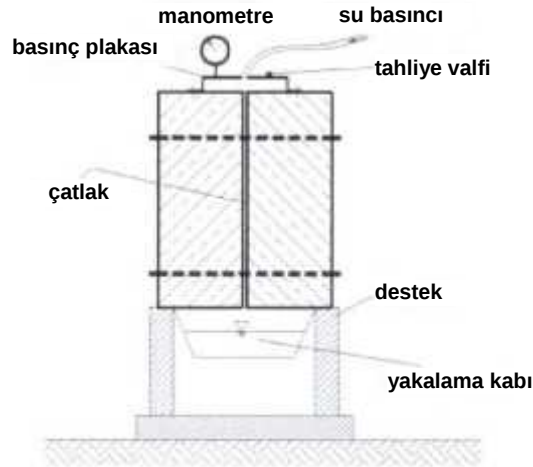
Resim 12 Penetron kristallerinin Elektron Mikroskobu Fotoğrafının Taranması

3.2.2. Kendi kendini onaran beton:

Penetron Admix, projelere kendi kendini onaran bir beton sunan aktif bir su yalıtımı karışımıdır. Su sever bir ürün olan Penetron Admix nem ile reaksiyona girerek betonun çatlaklarında ve boşluklarında kristaller oluşturur. İnşaattan yıllar sonra bile yapıya yeni oluşan çatlaklardan su girerse, Penetron Admix kimyasal reaksiyona girer. Penetron kristal oluşumları gelişir ve bu yeni çatlakları doldurur.

1 MFPA Leipzig GmbH, Almanya – İnşaat Mühendisliği Bölümü: “Beton test numuneleri üzerinde Penetron Admix adlı sızdırmazlaştırma maddesini ekleyerek ve eklemeyerek yapılan uygulama teknolojisi testleri (31 Mayıs 2007)”

Almanya’nın Leipzig şehrindeki MFPA’da¹ yapılan bir testte Penetron Admix uygulanan bir betonun kendi kendini iyileştirme davranışı incelenmiştir. Kendi kendine onarma etkilerini taklit etmek için, kürlenmiş bir beton (%1 Penetron Admix içeren bir beton) üzerine yeni ve Admix uygulanmış bir beton (çimento ağırlığına göre %1 Penetron Admix içeren bir beton) yerleştirilmiş ve çatlak içeren beton küpler oluşturulmuştur. Kürleme sonrası iki yarım parça kamayla ayrılmış ve 0.2mm’lik ve 0.25mm’lik derzler oluşturulmuştur. Derzlerden her birine 0.1 bar (1m su sütunu) su basıncı uygulanmış ve suyun derzlerin içinden akışı ölçülmüştür (bkz. Resim 13). Suyun derzlerin içinden akışının zamanla azaldığı gözlemlenmiştir. Su akışı saatte 5 santimetre küpten daha düşük bir değere ulaştığında basınç 0.5 bara (5m su sütunu) çıkarılmış ve suyun derzlerin içinden akışı ölçülmüştür. Akış saatte 5 santimetre küpün altına indiğinde ise basınç 1.0 bara (10m su sütunu) çıkarılmıştır. Her iki durumda da derzlerin su sızdırmazlığı gözlemlenmiştir.

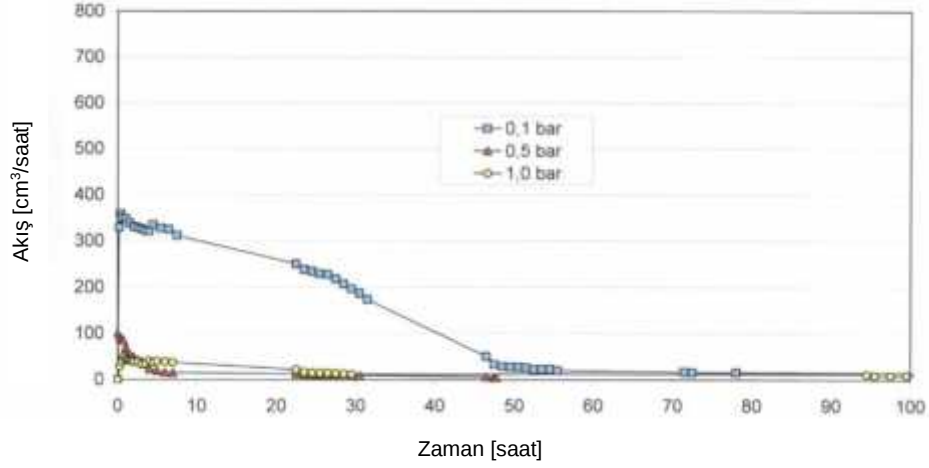


Resim 13 Test düzeneği, MFPA Leipzig, Almanya, 2006

¹ MFPA Leipzig GmbH, Almanya – İnşaat Mühendisliği Bölümü: “Beton test numuneleri üzerinde Penetron Admix adlı sızdırmazlaştırma maddesini ekleyerek ve eklemeyerek yapılan uygulama teknolojisi testleri (31 Mayıs 2007)”

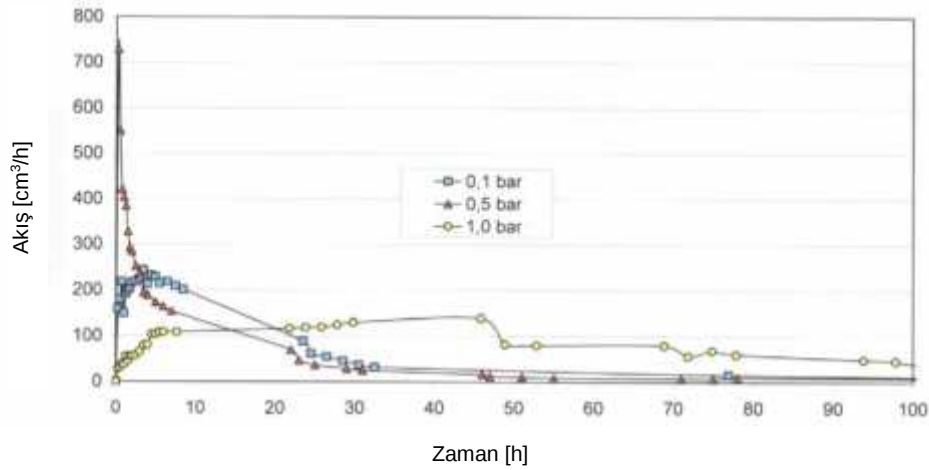
Aşağıdaki tablolarda, suyun farklı basınçlar altında (0.1 bar, 0.5 bar, 1.0 bar) derzlerin içinden akışı gösterilmektedir.

0.2 mm'lik genişlikte akış



Resim 14 0.1, 0.5 ve 1.0 bar su basıncında 0.2 mm'lik çatlaktan su akışı

0,25 mm'lik genişlikte akış



Resim 15 0.1, 0.5 ve 1.0 bar su basıncında 0.25 mm'lik çatlaktan su akışı

Penetron Admix uygulanmış betonun kendi kendini onarma özellikleri; suyun, kimyasalların ve diğer aşındırıcı maddelerin, yapının kullanım ömrünün ilerleyen safhalarında oluşan çatlaklardan betona girmesini önler.

3.2.3. Penetron Admix ile donatı çeliğinin korozyona karşı korunması:

Penetron Admix betonun kılcallarını, gözeneklerini ve mikro çatlaklarını çözünmez kristal oluşumlarla doldurarak betonun geçirgenliğini azaltır ve suyun ve aşındırıcı kimyasalların beton yapıya girişini engeller. Su kaynaklı tuzların, klorürlerin ve diğer kimyasalların donatı çeliğine ulaşmaları, betonun alkali ortamını ve inşaat demirinin koruyucu kaplamasının bozmaları (pH seviyelerini düşürmeleri) ve korozyonu başlatmaları engellenir.

Ünlü ENCO Laboratuvarında² yapılan bir test göstermiştir ki; kontrol betonu ile kıyaslandığında, Penetron Admix uygulanmış betona su penetrasyonu daha azdır (geçirgenlik daha azdır).

Bu testin ikinci serisinde, %1 Penetron Admix (çimento ağırlığına göre) içeren beton numuneler 10 gün boyunca su ile kürlenmiştir. Bu numuneler daha sonra 9 atm'lik (9 bar) su basıncına maruz bırakılmıştır (0.65'lik su/çimento oranına sahip numuneler 10 gün boyunca ve 0.43'lük su/çimento oranına sahip numuneler 20 gün boyunca). Numuneler daha sonra 5 atm'lik (5 bar) basınç ile gerçek su geçirgenliği testleri başlayana kadar 10-20 gün boyunca tekrar suya koyulmuştur.

Kontrol numunesi ile kıyaslandığında, Penetron Admix uygulanmış numunelerin (su/çimento=0.65) su penetrasyonu değerlerinde ciddi bir iyileşme gözlemlenmiştir. Detaylı sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

² Gözenekli ve çatlak betonlarda Penetron Admix ve Penetron adlı katkı maddelerinin etkinliğinin değerlendirilmesi (ikinci test serisi); ENCO Laboratuvarı, İtalya, 2006

Mühendis S. Collepardi: Penetron ve Admix Penetron ile beton üzerinde yapılan testler

Tablo 6: Çeşitli kürlenme koşullarına tabi tutulan test küpleri üzerinde Rcand su geçirgenlik ölçümleri

A) 50 gün boyunca su içinde ve atmosferik basınç altında kürlenmiş test küpleri üzerinde Rcand su geçirgenlik ölçümleri serisi

Karışım no.	Su/çimento	Çimento	Katkı	Geçirgenlik H2O UNI EN 12390/8 (maksimum/ortalama mm)			ΔP ortalaması %	R_c (N/mm ²)	AR_c %
				Test parçası 1	Test parçası 2	Ortalama			
595	0.65	CEM WIA-LL 32.5R	Kontrol	>100	>100	>100	\	18.2	\
600		Barbetti	%1 Admix	55/25	50/22	53/24	-76	24.0	31.9
598	0.43	CEM IV/A	Kontrol	36/12	38/14	37/13	\	58.4	\
601		42.5R Holcim	%1 Admix	11/11	11/10	11/11	-15	63.2	8.3

B) 10 gün boyunca su içinde kürlenmiş, daha sonra 9 atm'de cebi su penetrasyonuna tabi tutulmuş su/çimento=0.65 için yaklaşık 10 gün ve su/çimento=0.45 için yaklaşık 20 gün) ve daha sonra 5 atm'de Rc ve su geçirgenlik testleri yapıldı kadar 10-20 gün daha suda tutulmuş test küpleri üzerinde Rcand su geçirgenlik ölçümleri serisi.

Karışım no.	Su/çimento	Çimento	Katkı	Geçirgenlik H2O UNI EN 12390/8 (maksimum/ortalama mm)			ΔP ortalaması %	R_c (N/mm ²)	AR_c %
				Test parçası 1	Test parçası 2	Ortalama			
595	0.65	CEM WALL 32.5R	Kontrol	>100	>100	>100	\	17.9	\
600		Barbetti	%1 Admix	45/20	48//23	47/22	-78	24.4	36.3
598	0.43	CEM IV/A	Kontrol	25/10	23/8	24/9	\	59.9	\
601		42.5R Holcim	%1 Admix	10/5	11/4	11/5	-44	63.4	5.8

10 gün boyunca su içinde kürlenmiş, çatlamış ve daha sonra 5 atm'de Rc ve su geçirgenlik testleri yapıldı kadar 40-50 gün daha suda tutulmuş test küpleri üzerinde Rcand su geçirgenlik ölçümleri serisi.: TESTLER ASKIYA ALINDI

Resim 16 Alıntı: Penetron Admix uygulanmış betonun ve kontrol numunesinin geçirgenliği (ENCO, 2006)

Kürlenmiş Penetron (Penetron, portland çimentosu bazlıdır), donatı çeliğini dış ortamdan izole etmenin yanı sıra, yaklaşık 11 pH'lık alkaliliğe sahiptir ve karışıma daha fazla alkalilik katarak çeliğin paslanmasını engeller. Buna ek olarak, çözünabilir alkali tuzlarının (kalsiyum hidroksit) su göçü ile betondan uzaklaşmasını önler. Penetron ayrıca karbon dioksit gazı difüzyonunu azaltmak için beton matrisini yoğunlaştırarak donatı çeliğinin korunması için gerekli olan alkali ortamının muhafaza edilmesine yardımcı olur.

3.2.4. Klorür penetrasyonuna karşı koruma:

Klorürler betonda korozyonu başlatan temel etmendir ve beton kütleye girişleri genellikle kapiler sisteme göç ile olur.

Penetron Admix'in klorür içeriğinin oldukça düşük olduğu (<0.10 agrega³) ve su yalıtımı etkilerinin klorürler ile ilgili olmadığı bağımsız testler tarafından kanıtlanmıştır. Penetron uygulanan betonun pH seviyesi 3 ila 11 arasında değişen asidik ve alkali koşullara dirençli olduğu bulunmuştur⁴.

³ DIN V18998 [1] uyarınca "PENETRON ADMIX" adlı beton katkısının elektrokimyasal analizi, MFPA Stuttgart, Almanya, 2008

⁴ Penetron Su Yalıtımı Malzemelerinin Kimyasal Direnç Testi; Shimel ve Sor Testing Laboratories Inc., Rapor No.

Uluslararası testler, klorür iyonlarının betona nüfuzunun Penetron Admix uygulanmış betonlarda ciddi ölçüde daha az olduğunu göstermiştir. 2005 yılında AASHTO-T-277'ye uygun olarak yapılmış olan bir testte⁵, kontrol numunesi ile kıyaslandığında, Penetron Admix uygulanmış beton klorür geçirgenliğini %80'den daha fazla oranda azaltmıştır.

4. Hızlı Klorür Geçirgenliği (AASHTO-T 277)

Karışım No	Kulombu Geçen Yükler	Klorür Geçirgenliği
No 1: Kontrol	4130	Yüksek
No 2: Penetron Uygulanmış	750	Çok Düşük

(*)

- Test sonuçları, yinelenen numunelerin ortalamasıdır.
- Test sonuçlarının AASHTO- T277 yorumları için Ek 3'e bakınız.

Resim 17 Alıntı: Penetron Admix'in klorür geçirgenliği (AASHTO-T-277: Shimel ve Sor, ABD, 2005)

Başka bir testte⁶ ise Penetron Admix uygulanmış beton ASTM C1202'ye uygun olarak Hızlı Klorür Penetrasyonu (RCPT) bakımından test edilmiştir. Aşağıdaki sonuçlar, kontrol numunesi ile kıyaslandığında, Penetron Admix numunesinin klorür penetrasyonunu %45'ten daha fazla azalttığını göstermiştir.

Resim 3.17 Hızlı Klorür Penetrasyonu Testi Karşılaştırması

Tablo 3.18 Hızlı Klorür Penetrasyonu Testi Karşılaştırması

Numune	Geçilen Kulomb
Kontrol	1425.6
Penetron Admix@%0.8	777.6

Resim 18 Alıntı: 2009 yılında Sardar Patel, Hindistan'da yapılan hızlı klorür penetrasyonu testinin sonuçları

Yukarıdaki test raporlarıyla da kanıtlandığı gibi, Penetron iyon penetrasyonunu ciddi ölçüde azaltır çünkü klorür iyonlarının beton yapının içine girmesine (difüzyonuna) izin veren tuz çözeltilerinin girişini engeller.

Özellikle deniz yapıları (köprüler, iskeleler, rıhtımlar, vs.) gibi sürekli ıslanıp kuruyan ve tuz yüklü ortamların betonla doğrudan (veya dolaylı) temas halinde olduğu yapılar klorür iyonu girişine duyarlıdır. Penetron Admix, bu yapıların klorür penetrasyonuna ve su girişine karşı etkin bir biçimde korunmasına yardımcı olur.

93-3981, 1993

⁵ Betonda Penetron Admix'in Laboratuvar Testleri, Sor Testing Laboratories, Inc., ABD Rapor No. 05-4070A, 2005

⁶ Kristalizasyon bazlı su yalıtım ürünlerinin performans değerlendirmesi; Sardar Patel Mühendislik Okulu, Mumbai, Hindistan, 2009



Resim 19 Portocel, Aracruz, Brezilya'da Penetron Admix uygulanmış bir rıhtım



Resim 20 The Capri, Miami Bay, ABD. Penetron Admix uygulanmış bodrum yapısı

3.2.5 Karbonasyona karşı koruma:

Korozyon için bir diğer etmen de karbonasyondur.

Pratikte atmosferik ortam beton yüzeye yavaş yavaş nüfuz eder. Bu karbonasyon süreci, etkilenen alandaki gözenek çözeltisinin pH'ını artıran bir şekilde azaltır. Eğer karbonasyon beton yüzeyde yeterince ilerleyip betonarme demirine ulaşırsa, inşaat demirinde korozyon başlar.

Karbonasyonun betonda ilerleme hızı; betonun nemliliği, maruz kalınan koşullar, beton kalitesi ve mukavemeti, sıkışma ve kütleme ve beton karışımının su/çimento oranı da dahil olmak üzere pek çok etmene bağlıdır.

Özellikle su/çimento oranı çok önemlidir. Su/çimento oranının 0.45'ten 0.60'a yükseltilmesi karbonasyon hızını ikiye katlar çünkü gözeneklilik artar. Yüksek kaliteli betonlarda karbonasyon hızı göz ardı edilebilirken, düşük kaliteli betonlar yılda 1 mm görülebilir.

Penetron betonun gözenekliliğini azaltarak ve kapiler izleri daraltarak karbonasyonu ciddi ölçüde düşürür. Daha güçlü ve yoğun bir beton meydana gelmesi sonucu karbon dioksit gazı difüzyonu engellenir. Kristal büyüme kapiler izleri bloke edip doldurur ve betona nüfuz edebilen gaz miktarı azalır. Son çalışmalar göstermiştir ki; kristal büyüyen yapıların hava geçirir olmasına rağmen, kontrol betonu ile kıyaslandığında karbon dioksit gazı difüzyonu %42 düşmüştür.

3.2.6 Penetron'un çatlak köprüleme yeteneği:

Çatlama, kütleme sürecinin kaçınılmaz bir sonucudur ve betonun geçirgenliğini artırır. Çatlaklar ne kadar büyük olursa, beton su ve aşındırıcı madde girişine karşı o kadar fazla duyarlı olur.

Penetron, betonun giriş noktalarını bloke ederek 0.4 mm'ye kadar olan rötire çatlaklarını, gözenekleri ve kılcalları doldurur ve böylece betonu korozyona ve sonuç olarak bozulmaya karşı korur. Penetron ürünlerinin kendi kendini onarma yeteneği sayesinde, nem girer girmez yeni çatlaklar kendiliğinden onarılır.



Resim 21 Bir çatlakta oluşan Penetron kristallerinin Geri Saçılmış Elektron Görüntüsü (BEI)⁷.



Resim 22 Çatlaklarda oluşan iğnemi uzun Penetron

Penetron'un çatlak doldurma yeteneğini göstermek amacıyla İtalya'daki ENCO Laboratuvarı'nda⁸ testler yapılmıştır.

Testler, <0.55'lik bir su/çimento oranına ve 10x10x10 cm ölçülere sahip test küpleri üzerinde yapılmıştır. Test küpleri aşağıdaki gibi hazırlanmıştır:

- 20°C'de ve RH >%95'te 5 gün boyunca kütleme;
- Brezilya dolaylı çekme dayanımı testi ile çatlatma ve yüksek performanslı hazır "betoncino" beton çimentosu ile 15x15x15 cm test küpüne dahil etme;
- 20°C'de ve RH >%95'te 5 gün boyunca kütleme;
- Çatlak boyunca uygulanan su/Penetron sulu harcı= 0.45 ile ve daha sonra su penetrasyonuna maruz kalan tüm yüzey boyunca 1kg/m² miktarlarda uygulanan su/Penetron sulu harcı= 0.45 ile öğütme ve sızdırmazlaştırma;
- 20°C'de ve RH >%95'te 2 gün boyunca ve daha sonra 20°C'de 60 gün boyunca kütleme.

60 günün sonunda hem çatlak ve Penetron ile sızdırmaz hale getirilmiş test parçaları hem de çatlak olmayan ve aynı beton ile hazırlanmış kontrol parçaları, UNI EN 12390-8 standardına göre bir su geçirmezlik testine tabi tutulmuştur (5 atm'de 3 gün).

Bu testlerin sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

⁷ Changi Havaalanı Terminali 3'teki istinat duvarından alınan beton çekirdeklerin mikroskopik analizi; SETSCO Services Pte Ltd., Singapur, 2002

⁸ Gözenekli ve çatlak betonlarda Penetron Admix ve Penetron adlı katkı maddelerinin etkinliğinin değerlendirilmesi (birinci test serisi); C) Az gözenekli ve çatlak betona sahip yapıların yüzeyinde Penetron uygulamasının etkisi; ENCO Laboratuvarı, İtalya, 2005

Mühendis S. Collepardi: Penetron ve Admix Penetron ile beton üzerinde yapılan testler

Tablo 4: C serisi karışımların bileşimleri ve performansı

Karışım	Bağlayıcı		Çakıl*	İnce çakıl*	Kum**	Su	Katki			Mv	Hava	20°C'de çökme (cm):		Açıklamalar
No.	CEM Kg/m ³	Tür	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	Tür	Ağırlık %	Su/çimento	kg/m ³	%	0°	40°	
586	334	CEM IV/A 42.5R Duracem	\	920	924	180	Premium RM10	0.4	0.54	2360	\	12	\	\

*Canzian Madeni

Karışım no.	Basınç dayanımı (N/mm ²) 60 gün (geçirgenlik testi ile)	Yoğunluk (Kg/m ³) 60 gün (geçirgenlik testi ile)
601	30.3	2350

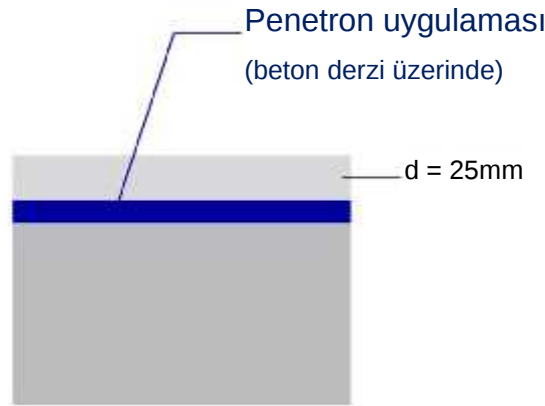
Karışım no.	60 günde 15x15 test parçası üzerinde geçirgenlik H2O UNI EN 12390/8			
586 (hasarsız ve uygulama yapılmamış)	40/35	45/30	45/30	44/32
586 çatlak+Penetron superp.*	55/30	55/30	15/6	41/22

* Brezilya dolaylı çekme dayanımı testi ile çatlatılmış ve daha sonra kapsülleme ile yeniden sızdırmazlaştırılmış (fotoğrafa bakınız) ve daha sonra hem çatlaklara enjeksiyon hem de yüzeye 1 kg/m² Penetron/Su = 0.45 uygulanmış.

Resim 23 Alıntı: Penetron uygulanmış çatlak beton numunelerin geçirgenlik sonuçları

Çatlak test parçasına uygulanan Penetron sonucunda su geçirmezlik tamamen geri kazanılmıştır ve hatta uygulama yapılmamış ve hasarsız kontrol numuneleri ile kıyaslandığında performansta artış gözlemlenmiştir.

Avusturya'nın Viyana şehrindeki OFI laboratuvarlarında yapılan bir testte⁹, yatay derzler içeren test küplerine Penetron kaplama uygulanmıştır. Penetron kaplamanın üzerine 25 mm'lik ek bir beton katmanı dökülmüştür (bkz. Resim 34). Daha sonra bu test numuneleri 7 bar su basıncına tabi tutulmuştur. Sonuç olarak su uygulama yapılmamış 25 mm'lik üst katmanın sadece 22 mm'sine nüfuz etmiştir. İlave edilen üst beton katmanındaki kristal büyümesi nedeniyle, nüfuz eden su gerçek Penetron katmanına ulaşmadan 3 mm'de durmuştur.



Resim 24 OFI numune düzeneği (Penetron “sandviç sistemi”)

⁹ OENORM B 3303, 2002-09-01 uyarınca “Penetron” uygulanmış beton numunesinin su penetrasyonu; Test Raporu No.: 303.897-1; OFI Technologie & Innovation GmbH, Viyana, Avusturya, 2005

3.2.7. Basınç dayanımı artışı:

Penetron'u (özellikle Penetron Admix'i) uygularken tüm kılcallar ve boşluklar çözünmez kristal oluşumlar ile doldurulduğunda yoğun bir beton kütlesi oluşur. Bu da genellikle uygulama yapılan betonun basınç dayanımında artış ile sonuçlanır.

Avustralya'daki New South Wales Üniversitesi'nde¹⁰ yapılan testler, kontrol numuneleri ile kıyaslandığında, Penetron Admix uygulanan numunelerde (çimento ağırlığına göre %1) basınç dayanımının ciddi ölçüde arttığını göstermiştir.

Avustralya Standardı AS1012.9'a uygun olarak yapılan bu testlerden elde edilen sonuçların detayları aşağıda verilmiştir:

Betonun Yaşı (gün)	Basınç Dayanımı (MPa)		P Karışımının C Karışımına oranı
	P Karışımı (Penetron Admix)	C Karışımı (kontrol numunesi)	
3	23.0	16.7	1.37
7	31.4	24.2	1.30
28	42.5	33.2	1.28
91	46.8	38.2	1.22

P Karışımının çökmesi (130 mm) C Karışımının çökmesinden (80 mm) çok daha yüksektir. Buna rağmen, 3 ila 91 günlük yaşlarda, P Karışımının basınç dayanımı kontrol numunesi olan C Karışımınıninkinin 1.22 ila 1.37 katı olmuştur. Betonda Penetron Admix kullanılmasının beton mukavemetini ciddi ölçüde arttırdığı açıktır. Penetron Admix ile basınç dayanımındaki artış 3 ve 7 günlük yaşlarda oranlı olarak daha fazla olmuştur. Hızlı erken mukavemet artımının önemli bir faydası, kalıbın daha erken çıkarılmasına izin vermesi ve inşaat sürecini hızlandırmasıdır.

Basınç dayanımı artışı büyük ölçüde betonun gözenekliliğine dayanır. Gözenekli betonlarda basınç dayanımı artışının yoğun betonlardakinden daha yüksek olması beklenir. Basınç dayanımındaki değişim beton türlerinde farklılık gösterir. Her durumda Penetron ürünleri betonun basınç dayanımını olumsuz etkilemez.

3.2.8. Yüksek su basıncına direnç:

Penetron ürünleri beton gözeneklerini, kılcallarını ve mikro çatlaklarını etkin bir şekilde doldurur ve bunları su girişine ve kimyasal ataklara karşı sızdırmaz hale getirir. Penetron ağır şartlar altındaki beton yapıları korur ve yüksek hidrostatik basınçlar altındaki betonu bile su sızdırmaz hale getirir.

¹⁰ Avustralya Yapı İnovasyon Merkezi, New South Wales Üniversitesi: "Penetron Admix ile modifiye edilmiş GP çimento betonunun özellikleri "; ACCI Ref.No. 58324, 2002

Brezilya'nın Sao Paulo şehrindeki IPT Laboratuvarlarında yapılan bir testte¹¹, Brezilya Standardı NBR 10.787/94'e uygun olarak, gözenekli ve Penetron Admix uygulanmış beton numunelerine (20MPa, su/çimento=0.54, çimento ağırlığına göre %1 Penetron Admix) basınçlı suyun nüfuz etmesi incelenmiştir.

Beton numuneler 28 gün boyunca suda kürlenmiştir.

Bir hafta boyunca uygulanan su basınçları aşağıdaki gibidir:

1.-2. Gün: 0.1 MPa (1 bar)

3. Gün: 0.3 MPa (3 bar)

4.-7. Gün: 0.7 MPa (7 bar)

Birinci haftadan sonra numunelere su nüfuzu gözlemlenmiştir. Daha sonra numune kurutulmuş ve test ikinci, üçüncü ve dördüncü bir hafta daha tekrar edilmiştir. Dört hafta boyunca maksimum 7 bar su basıncı uygulandıktan sonra, tüm mikro çatlaklar, gözenekler ve kılcallar Penetron Admix ile su sızdırmaz hale getirilmiştir ve böylece numunelere su daha fazla nüfuz edememiştir.

¹¹ Basınçlı suyun nüfuzu; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Sao Paulo, Brezilya, 2007



Su basıncı uygulanmaya başladıktan bir hafta sonra, numuneye nüfuz eden su oranının %75 olduğu gözlemlenebilir. Bu muhtemeldir çünkü numunedeki kristaller henüz tam olarak oluşmamıştır. Kılcallardaki su kristalleri daha da büyütmek için kullanılır.



İki hafta sonra betonun içinde oluşmaya devam eden kristaller ile birlikte su penetrasyonunun ciddi ölçüde azaldığı fark edilebilir.



Üçüncü haftadan sonra, bir hafta öncesinin sonuçları ile karşılaştırıldığında, numuneye nüfuz eden su oranı hemen hemen %50 azalmıştır.



Su basıncı uygulanmaya başladıktan dört hafta sonra, Penetron Admix uygulanmış betonun kılcallarına su nüfuz edemez. Kristaller tamamen oluşmuş ve su basıncına karşı koyarak betonu su sızdırmaz hale getirmiştir.

Yukarıdaki testte de görüldüğü gibi, Penetron Admix uygulanmış beton, 7 barlık hidrostatik basınçlar altında tamamen kurudur. 2005 yılında İtalya'daki Bologna Üniversitesi'nden bir test grubu¹² 2000 kPa (20 bar) su basıncına karşı Penetron Admix'i test etmiştir. Kontrol numunesi ile kıyaslandığında, Penetron uygulanmış numunenin geçirgenliğinin (su penetrasyonu) ciddi ölçüde azaldığı görülmüştür.

¹² Bologna Laboratorio del Consorzio Cave'de (Maden Konsorsiyumu Laboratuvarı) toplam 42 silindirik beton test parçasının atmosferik basınç ve basınç altında su emiliminin belirlenmesi; Bologna Üniversitesi – Toprak, Jeoloji ve Çevre Bilimleri Bölümü, İtalya, 2005

Basınç altında su emilimi: tablo 2’de su emilimi sonuçları gösterilmiştir. Sonuçlar 700 kPa [6.91 atm] ve 2000 kPa [19.74 atm] basınç altında mm cinsinden ifade edilmektedir.

Tablo 2

CAMPIONE	“B Beton” BEYAZ beton		“PA Beton” beton + PENETRON ADMIX	
	kPa = 700 mm	kPa = 2000 mm	kPa = 700 mm	kPa = 2000 mm
1	13	23	4,5	7,1
2	18		4,2	7,5
3	15	22	5,7	8,1
ORTALAMA	15,3	22,7	4,8	7,6

Resim 25 Alıntı: 20 bar su yükü basıncı altında Penetron Admix’in test sonuçları, Bologna Üniversitesi, İtalya, 2005

Yüksek hidrostatik basınca dayanma yeteneği, Penetron Admix’i hidroelektrik barajlar, büyük su tankları, rıhtımlar, tüneller gibi beton yapılar için etkili bir çözüm haline getirir.

3.2.9. Kimyasal direnç:

Penetron hem beton yapıları etkin bir şekilde su sızdırmaz hale getirir hem de betonu 3 ila 11 pH aralığındaki çeşitli kimyasalların kimyasal ataklarına karşı korur.

İtalya’daki Bologna Üniversitesi’nde¹³ yapılan testlerde, Penetron Admix uygulanmış beton numuneler seyreltik hidrojen klorür (HCl dil), seyreltik sülfürik asit (H₂SO₄ dil), bunların karışımı, kalsiyum klorür (CaCl₂) ve sodyum hidroksit (NaOH) de dahil olmak üzere çeşitli kimyasal çözeltilere maruz bırakılmıştır.

4 Nisan 2005 tarihinde gerçekleştirilen bu test için on (10) adet silindirik beton test parçası hazırlanmıştır. Bu test parçaları iki gruba ayrılmıştır. Her bir grup 5 parça içermiştir.

1. grup: “B Beton”: Penetron Admix katılmadan yapılan beyaz beton şeklinde tanımlanmıştır.

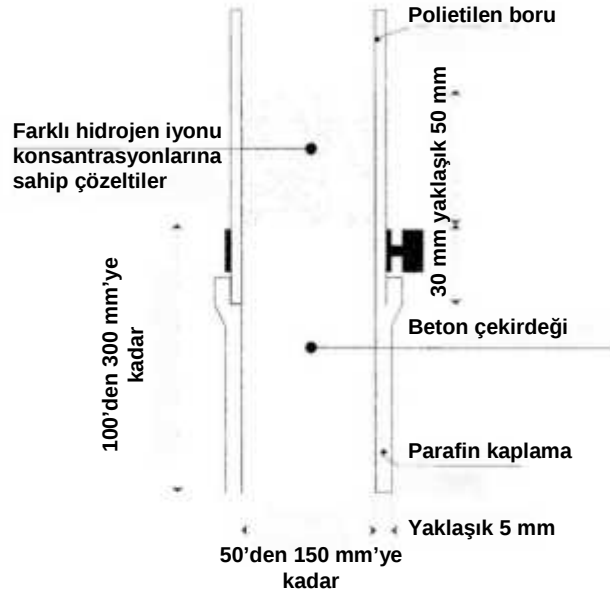
2. grup: “PA Beton”: çimento ağırlığının %2’si oranında Penetron Admix katılarak yapılan beton şeklinde tanımlanmıştır.

Hem kontrol numunelerinin hem de Penetron Admix uygulanmış numunelerin su/çimento oranı 0.45’tir.

¹³ Bologna Laboratorio del Consorzio Cave’de (Maden Konsorsiyumu Laboratuvarı) on (10) adet silindirik beton test parçasının kimyasal atak direncinin doğrulanması; Bologna Üniversitesi – Toprak, Jeoloji ve Çevre Bilimleri Bölümü, İtalya, 2005

Test edilen beton Bologna Laboratorio del Consorzio Cave'de (Maden Konsorsiyumu Laboratuvarı) hazırlanmıştır ve $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve RH %95 ± 3 RH iklimik test odasında 28 gün boyunca kürlenmiştir. Daha sonra sabit bir yoğunluk elde edilene kadar $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta $65\% \pm 3$ RH havada iklimlendirilmiştir. Yoğunluk, 24 saatlik aralıklarla ve %0.1 altındaki yoğunluk farkı ile gerçekleştirilen 2 ağırlık döngüsü ile değerlendirilmiştir.

Laboratuvar, UNI 7928 ve 8019 test standardına uygun olarak, farklı hidrojen iyonu konsantrasyonları içeren çözeltiler kullanarak bu numunelerin kimyasal ataklara karşı direncini doğrulamak istemiştir. 7 ve 28 gün maruziyet sonrası gözlemler yapılmıştır.



Resim 26 Bologna Üniversitesi: Kimyasal direnç testi - Test düzeneği

Kimyasal direncin görsel değerlendirmesi için UNI EN ISO 10545 -13/7 standardı "Kimyasal direncin belirlenmesi – sırsız karolar" uygulanmıştır.

Tabloda da gösterildiği gibi, Penetron Admix uygulanmış beton test edilen çözeltilerin yüzeyine nüfuz etmesine izin vermemiştir. Numuneler sürekli temas halinde olduğu ve 3 ve 11 arasında bir pH değerine sahip tüm çözeltilere karşı direnç göstermiştir. Kontrol numunesinin yüzeyine nüfuz etmelerine rağmen, seyreltik hidrojen klorür (HCl dil), seyreltik sülfürik asit (H₂SO₄ dil), seyreltik hidrojen klorür ve seyreltik sülfürik asit karışımı ile temas eden numunelerin durumunda iyileşme görülmüştür.

Kullanılan test çözeltisi		Direnç sınıfı “B Betonu” BEYAZ beton		Direnç sınıfı “PA Betonu” beton + PENETRON ADMIX	
Çözelti TÜRÜ	pH’lı çözelti	7 gün sonraki gözlemler	28 gün sonraki gözlemler	7 gün sonraki gözlemler	28 gün sonraki gözlemler
HCl _{dil}	3	UHC	UHC	UHA	UHB
H ₂ SO _{4dil}	3	UHB	UHC	UHA	UHA
HCl _{dil} + H ₂ SO _{4dil}	4	UHC	UHC	UHA	UHB
CaCl ₂	7	UA	UA	UA	UA
NaOH	11	ULA	ULA	ULA	ULA

SINIFLANDIRMA - Açıklamalar	
U = sırsız çalışma yüzeyi	
G = sırlı çalışma yüzeyi	
L = Düşük konsantrasyonlu kimyasal ürünler	
H = Yüksek konsantrasyonlu kimyasal ürünler	
A Sınıfı	Gözle Görülür Etki Yok
B Sınıfı	Kesik Kenarlarda Gözle Görülür Etkiler
C Sınıfı	Kesik Kenarlarda Gözle Görülür Etkiler ve Yüzeye Nüfuz

Resim 27 Bologna Üniversitesi: Kimyasal direnç testi – sonuçlar

Penetron, sahip olduğu kimyasal direnç sayesinde, dünya çapında pek çok projede pis su ve atık su arıtma tesisleri ve kimyasal depolama tankları gibi kirli sular içeren beton yapıları korumaktadır.



Resim 28 Milano Güney Atık Su Arıtma Tesisi, İtalya



Resim 29 SABESP Pis Su Arıtma Tesisi, Brezilya

3.2.10. Donma-çözülme döngülerine direnç:

Soğuk iklimlerde dış etkilere açık beton yapıların (beton köprüler, yollar, vs.) bozulmasındaki başlıca etmenlerden birisi betonun sürekli donup çözülmesidir. Zamanla donma-çözülme döngüleri betonun geçirgenliğini artırır ve aşındırıcı maddelerin betona nüfuz etmesine izin verir. Bu da korozyon hasarı ve yapının yok olmasına yol açar. Donma-çözülme döngüleri betonun dayanıklılığını doğrudan etkiler.

Sor Test Laboratuvarlarında¹⁴ yapılan bağımsız testler, kontrol numunesi ile kıyaslandığında, Penetron Admix uygulanmış betonun ağırlık kaybında önemli bir azalma olduğunu göstermektedir.

Bu testlerde Penetron Admix uygulanmış beton %16 uçucu kül içermektedir. Penetron Admix'in dozu da çimento içeren malzemelerin (çimento ve uçucu kül) ağırlığının %1'idir. Kontrol numunesi, Penetron Admix'siz sade beton içermektedir.

Numuneler, 25 donma-çözülme döngüsü boyunca %3 sodyum klorür çözeltisine tabi tutulmuştur (New York Ulaştırma Bakanlığı Yöntem 502-3P'ye uygun olarak).

Karışım No	Ortalama % Ağırlık Kaybı (*)
No. 1 - Kontrol	4.97
No. 2 - Penetron Uygulanmış	0.74
(*) Yinelenecek numunelerin ortalaması	

3.2.11. Yaygın olarak kullanılan beton karışımı tasarımlarıyla uyum (Penetron Admix):

Penetron Admix dünya çapındaki pek çok beton karışımı formülasyonunda uygulanmıştır. Günümüzün inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan beton karışımların hepsine uygulanabilir. Penetron Admix geciktiriciler ve süper akışkanlaştırıcılar gibi çalışmayı kolaylaştıran diğer karışımlar ile uyumludur ve uygulanacağı betonun su/çimento oranı konusunda herhangi bir sınırlama yoktur.

¹⁴ Betonda Penetron Admix'in Laboratuvar Testleri, Sor Testing Laboratories, Inc., ABD Rapor No. 05-4070A, 2005

Penetron Admix uygulanan çimento; pozzolan, uçucu kül, cüruf, silis dumanı ve benzeri portland çimentosu eşdeğerlerini içerebilir. Portland çimentosu bazlı bir ürün olan Penetron Admix, mikro çatlaklarda ve kılcallarda kristallerin oluşması için gerekli olan reaktif bileşenler içerir. Bu yüzden bu tür betonlarda da kristal reaksiyonu gerçekleşir.

3.2.12. Alkali Silika Reaksiyonunun önlenmesi (ASR):

2.4. numaralı başlıkta da belirtildiği gibi, alkali-silika reaksiyonu (ASR) betonun dayanıklılığını ve mukavemetini ciddi ölçüde azaltabilir. Beton karışımı tasarlayan kişinin doğru türde çimento ve reaktif olmayan agregalar seçerek karışımın alkali içeriğini sınırlandırmaları gerekmektedir.

ASR riskini azaltmanın basit bir yolu da beton karışımına Penetron Admix gibi gelişmiş bir kristalize katkı eklemektir. Böylece betonun su yalıtımı sağlanacak ve ASR önlenecektir. Almanya'daki MFPA-Leipzig¹⁵ tarafından yapılan bir testte, Penetron Admix sayesinde çatlakların su ile temas ettiğinde kendi kendini onardığı kanıtlanmıştır. Diğer pek çok testte de Penetron kristallerinin beton içindeki kapiler yapıyı su geçirmez hale getirme yeteneği kanıtlanmıştır. Bunlara ek olarak, Penetron Admix'in DIN V 18998'e uygun olduğu ve gömülü çelik üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmadığı Almanya'daki MPA Stuttgart¹⁶ tarafından belgelendirilmiştir.

3.2.13. Kısıtlamalar:

Kristalize su yalıtımı sistemlerinin pek çok faydası vardır. Fakat bu sistemin performansını kısıtlayan noktalar göz önünde bulundurulmalıdır:

Yetersiz yüzey hazırlama (kaplama uygulaması)

Penetron'un bir yüzey kaplaması olarak uygulandığı durumlarda, fırça veya sprey yardımıyla uygulanan kristalize su yalıtımı sistemlerinin başarılı olması için 0.4-0.5 mm'den büyük tüm çatlakların onarımı, kusurlu betonun (petekler, tij delikleri, vs.) onarımı ve yüzeyin temizlenmesi (yüzeyi nemlendirmek ve pürüzlendirmek ve "açık kapiler sistem" sağlamak için) de dahil olmak üzere yüzeyin kapsamlı bir şekilde hazırlanması çok önemlidir.

3.2.13.1. Soğuk derzler:

¹⁵ MFPA Leipzig GmbH, Almanya – İnşaat Mühendisliği Bölümü: "Beton test numuneleri üzerinde Penetron Admix adlı sızdırmazlaştırma maddesini ekleyerek ve eklemeyerek yapılan uygulama teknolojisi testleri (31 Mayıs 2007)"

¹⁶ MPA Stuttgart Otto-Graf Enstitüsü, Stuttgart Üniversitesi, Almanya: "DIN V 18998: 2002-11'e göre bir beton katkısının (Penetron Admix) elektrokimyasal testleri", 2007

Soğuk derzler yapay çatlak olarak kabul edilebilir. Soğuk derzlerdeki genişlikler ve boşluklar normal bir beton kılcalındakileri veya mikro çatlağındakileri aşabilir. Bu yüzden soğuk derzlerin kristalize bir onarım sistemi (Penecrete/Penetron) veya Penebar SW su tutucular ile ayrı bir şekilde ele alınması gerekir.

3.2.13.2 Aktif sızıntılar:

Aktif sızıntıların (çatlaklar yoluyla meydana gelen sızıntılar) uygulama öncesi durdurulması ve Penetron onarım sistemi (Peneplug, Penecrete, Penetron Inject) ile ayrı bir şekilde onarılması gerekmektedir.

3.2.13.3. Beton kusurları:

Petekler ve tij delikleri gibi beton kusurları, betonda normal bir kılcaldan veya mikro çatlaktan daha büyük boşluklara neden olur ve Penetron onarım sistemi ile ayrı bir şekilde onarılması gerekmektedir.

3.2.13.4. Yapısal çatlaklar:

Yapısal çatlaklar 0.4 mm'den daha büyük olan ve onarılması gereken çatlaklardır. Bu çatlaklar bir kaplama sistemi olarak Penetron uygulamadan önce veya 4-6 haftalık bir gözlem süresinden sonra kapanmamaları halinde uygulamadan sonra (Penetron Admix) onarılabilir.

3.2.13.5. Dış etkilere açık beton yapılar (ısı çatlakları):

Penetron, doğrudan dış etkilere açık beton yapılarda tek çözüm olarak tavsiye edilmemektedir. Betonun yüksek ve ani sıcaklık farklarına doğrudan maruz kalması sonucunda ısı çatlakları meydana gelir (örneğin beton gündüzleri aşırı yüksek sıcaklıklara maruz kalarak genişler ve geceleri de sıcaklığın düşmesi sonucu çeker). Bu da çatlaklar içinde harekete ve en fazla >2mm büyüklüğünde çatlaklara yol açabilir. Penetron kristalleri katıdır ve çatlaklar içindeki bu tür hareketleri telafi edecek şekilde tasarlanmamışlardır.

4. Penetron'un faydalarına genel bakış

Sistemin faydaları	Mülk sahiplerine/yüklenicilere sağladığı faydalar
- Betonun dayanıklılığını artırır - Betonu kullanım ömrü boyunca korur (kalıcı uygulama) - Kendi kendini onaran bir beton sunar (en fazla 0.4 mm büyüklüğündeki çatlakları kendi kendine onarır) - Yüksek hidrostatik basınca dirençlidir (20 bar) - Basınç dayanımını artırır - Kimyasal etkilere karşı dirençlidir (pH 3-11) - Klorür penetrasyonunu ve karbonasyonu azaltır - Alkali-Silika Reaksiyonunu (ASR) önler - Donatı çeliğinin paslanmasını önler - Toksik değildir (içme suyu ile ilgili projelerde kullanımı onaylanmıştır) - Yeşil üründür (VOC içermez) - Yaygın olarak kullanılan karışım tasarımları ile birlikte kullanılabilir (betonun su/çimento oranı konusunda herhangi bir sınırlama yoktur)* - Düşük doz oranlarına sahiptir (çimento ağırlığının %0.8'i)* - Uygulama kolaylığı sunar - Yüzey hasar gördüğünde korumaya devam eder - Başka bir su yalıtımı veya ilave korunma biçimi gerektirmez - Betonun "nefes almasına" izin verir - Betona derinlemesine nüfuz eder ** - Pozitif veya negatif taraftan uygulanabilir ** - Nemli veya taze betona uygulanabilir ** - Tutkallar ve yüzey kaplamaları ile uyumludur ** - Uluslararası platformda ünlü ve başarısı kanıtlanmış bir su yalıtımı markasıdır (kanıtlanmış sistem)	- Projelerde zamandan ve paradan tasarruf sağlar - Uygun maliyetlidir - Kalıcı su yalıtımı sistemidir - Bakım gerektirmez - Yapısal performans ve bütünlük bakımından betonun kalitesini artırır - Altyapı kullanımını artırır - Bakım ve tamirler sonucu ortaya çıkan duruş sürelerini ve maliyetleri ortadan kaldırır - Eşsiz teknik destek sağlanır - Diğer sistemlerin tesis edilmesi sonucu ortaya çıkan uygulama hatalarını azaltır - Betonun dökülmesini ve yayılmasını kolaylaştırır - LEED projelerine katkıda bulunur (yeşil puanların artışı)
*Penetron Admix / **Penetron/Penetron Plus	

5. Penetron ürünlerinin diğer su yalıtımı sistemleriyle karşılaştırılması:

	Penetron/ Penetron Plus	Penetron Admix	Membranlar (Pozitif taraf)	Yüzeye uygulanan diğer ürünler
Tanım	Yüzeylere nüfuz ederek betonun kılcallarının ve boşluklarının derinliklerinde çözünmez kristal oluşumlar meydana getiren çimento bazlı kimyasal	Karıştırma sırasında betona eklenen ve betonun kapiler sisteminde çözünmez kristal oluşumlar meydana getiren çimento içerikli katkı	Beton yüzeye yapışan ve su girişine karşı bir bariyer oluşturan sıvı ve plaka uygulanmış bitüm ve polimerler	Beton yüzeye uygulanan ve başlıca su iticiler ve sızdırmazlık malzemeleri içeren malzemeler
Hidrostatik su basıncına direnç	- Zamanla artar - En fazla 16 bar su yükü basıncında test edilmiştir	- Zamanla artar - Kendi kendini sürekli onarma yeteneğine sahiptir - Tam hidrasyon başlatır	- Herhangi bir gözenek veya kaynak olması halinde koruma özelliğini kaybeder - Sızdırmaya başladığında yenisiyle değiştirilmesi gerekir	- Başlangıçta emilimi azaltır fakat zamanla bozulur - Hidrostatik basınca direnci sınırlıdır
Donatı çeliğinin korunması	Nüfuz eden suyun, klorürlerin ve diğer aşındırıcı maddelerin geçişini durdurarak korozyonu önler	- Kalıcı koruma sağlar - Suyun, klorürlerin ve diğer aşındırıcı maddelerin nüfuz etmesini engeller	- Negatif taraf koruması yoktur - Derzlerde ve kaynaklarda sızıntıya açıktır	- Negatif taraf koruması yoktur - Özellikle yüksek su basıncında sınırlı koruma sağlar
Çatlağı kendi kendine onarma yeteneği	Nem olması halinde uygulandıktan yıllar sonra bile yeni çatlakları doldurmak için yeniden etkinleşir	Nem olması halinde uygulandıktan yıllar sonra bile yeni çatlakları doldurmak için yeniden etkinleşir	Kendi kendini onarma yeteneğine sahip değildir	Kendi kendini onarma yeteneğine sahip değildir
Çatlağa direnç	Katı bir maddedir ve aşırı dönüşümlere dayanıklı değildir fakat 0.4 mm'ye kadar olan çatlakları kendi kendine onarır	- Plastik ve kütleme aşamasında çatlamayı azaltır - Nem olması halinde 0.4 mm'ye kadar olan çatlakları kendi kendine onarır	- Aşırı dönüşümlere dayanabilir - Zamanla bozulur (koruma kaybı). Sızıntı olması halinde beton "korumasız" bir hal alır	- Çatlakların olduğu yerde dayanıklı değildir - Zamanla bozulur (koruma kaybı)
Donma/çözülme dayanıklılığı	Suyun çatlaklardan ve gözeneklerden girmesini önleyerek dayanıklılığı artırır	Suyun çatlaklardan ve gözeneklerden girmesini önleyerek dayanıklılığı artırır	Zamanla bozulur (koruma kaybı). Sızıntı olması halinde beton "korumasız" bir hal alır	Zamanla bozulur (koruma kaybı). Sızıntı olması halinde beton "korumasız" bir hal alır

Onarım gereksinimleri	Pozitif veya negatif taraftan kolayca onarılır (gerekirse)	Pozitif veya negatif taraftan kolayca onarılır (gerekirse)	- Zor onarılır - Problemleri alanları belirlemek zordur - Tamamen çıkartılması ve onarılması gerekebilir - Pahalıdır ve bazen erişim dolayısıyla imkansızdır	Onarım için eski malzemelerin çıkartılması gerekebilir
Uygulama	- Eski/yeni betonun pozitif veya negatif tarafına fırça/sprey yardımıyla uygulanır - Yatay ve yeni dökülmüş betonun üzerine kuru serpmeye şeklinde uygulanır	- Karıştırma sırasında betona katılır - Ek uygulama gerektirmez	- Sıvılar: fırça veya spreyle yardımıyla uygulanır - Plakalar: beton yüzeye yapıştırıcı veya kaynak ile uygulanır - Performans için doğru derz/kaynak uygulaması çok önemlidir	- Sadece pozitif tarafa uygulanır - Performans için alt katman profili çok önemlidir
Yüzey hazırlama	- Fırça veya spreyle yardımıyla uygulama için "açık kapiler sisteme" sahip büyük, suya doymuş ve temiz bir yüzey gerekir - Kuru serpmeye uygulaması için yüzeyin hazırlanmasına gerek yoktur	Yüzeyin hazırlanmasına gerek yoktur	- Temiz yüzey - Kuru yüzey - Pürüzsüz yüzey	Ürün gereksinimlerine bağlı olarak yüzeyin hazırlanması gerekebilir
İnşaat programı	Betonla yüzey bitirme sırasında veya sonrasında uygulanabilir	- Karıştırma sırasında taze betona katılır - Zamandan ve inşaat maliyetlerinde n %50'ye kadar tasarruf sağlar	- Yapısal iş tamamlandıktan sonra uygulanmalıdır - Koruyucu çimento harcı gerektirir	- Bazı malzemeler uygulama için 28 gün kürlenmiş beton gerektirir - Membranlar ile aynı programa sahiptir
Yüzey altı drenaj sistemi	Gerekli değildir	Gerekli değildir	Yüksek hidrostatik basınç altında drenaj gerekebilir	Yüksek hidrostatik basınç altında drenaj gerekir
Ek kaplamalar	Kaplama, döşeme, vs. ile sonlandırılabilir	- Kaplamaları etkilemez - Döşeme ve kaplamalar için mükemmel yapışkanlığa sahiptir	Sonlandırma öncesi koruyucu harç gerekir	Sonlandırma öncesi özel hazırlık gerekebilir
Bakım	Gerekli değildir	Uygulama sonrası betonda yapısal çatlaklar veya kusurlar olması halinde onarım gerekebilir	Genellikle yenisi ile değiştirilmesi maliyetlidir	Yüksek hidrostatik koşullar altında yeniden uygulama gerekir

Kullanım ömrü	Kalıcıdır ve zamanla artar	Kalıcıdır ve uygulandıktan yıllar sonra bile yeni çatlakları kendi kendine onarır	- Zamanla bozulur - Doldurma ve sıhhi tesisat sırasında hasar görür - Yüzey hasarı sonucu koruma özelliği azalır	- İlk uygulandığında en iyisidir - Zamanla bozulur - Yüzey hasarlarına karşı hassastır
---------------	--	---	--	--

5.1. Penetron'un ve su itici ve gözenek tıkaçıcıların karşılaştırılması

Penetron	Gözenek tıkaçıcılar
Betonun nefes almasına ve böylece nemin yapıdan uzaklaşmasına izin verir	Betonun nefes almasına izin vermez ve böylece buhar basıncının birikmesine neden olur
16 bara kadar hidrostatik basınca direnecek şekilde tasarlanmış olan yüksek performanslı su yalıtım ürünü	1.4 bara kadar hidrostatik su basıncı direnci sayesinde nem geçirmezlik veya su sıçrama direnci için iyidir
Betonun ısıl direncini etkilemez, sadece artırır	Bu ürünler bitümlü yapıya sahiptir ve bu yüzden betonun ısıl direnci üzerindeki etkileri kullanım öncesinde araştırılmalıdır
Betonun hidrasyon sürecini olumsuz etkilemez	Suyun beton içinde hareket etmesini tamamen engeller. Bu yüzden içeriden kendi kendine kuruyabilir veya içeri su giremeyebilir. Her iki durumda da çimentonun bir bölümü tam ıslanmaz
Penetron, betonun kendi kendini onarma yeteneğini ciddi ölçüde artırır	Betonun kendi kendini onarma yeteneğini azaltabilir. Kullanılmadan önce bu konu araştırılmalıdır
Betonun basınç dayanımını artırır	Bu ürünlerin betonun başlangıçtaki ve sondaki mukavemeti üzerindeki etkileri kullanım öncesi araştırılmalıdır
Belirtilen donatı çeliği miktarını etkilemez	İlave donatı çeliği gerekebilir
Düzgün bir şekilde belirtildiğinde betonun priz süresini etkilemez	Betonun priz süresi üzerindeki etkileri kullanım öncesi araştırılmalıdır
Kimyasal koruma, karbonasyon koruması, sülfat koruması, klorür koruması, vs. sağlar	Kimyasal ataklara karşı direnci kullanım öncesi araştırılmalıdır
İnşaat derzlerinin performansını olumsuz etkilemez	Bu ürünlerin su itici özelliğinin ortadan kaldırılması için inşaat derzleri özel işlem gerektirir

Karışım için düşük çimento dozajı (%0.8) yeterlidir	Etkisini göstermesi için oldukça yüksek dozajlar gerekir
Ekonomik bir çözümdür	Kısmen gereken yüksek dozajdan dolayı genellikle çok pahalı bir çözümdür
Düşük mukavemetli betonlarda bile oldukça etkilidir	Bu ürünlerin etkili olabilmeleri için minimum 350 kg çimento gerekir. İmalatçının kısıtlamalarına uymak için su/çimento oranının ve çökmenin dikkatlice kontrol edilmesi gerekir
Betonun kullanım ömrü boyunca 0.4 mm'lik çatlakları kendi kendine onarır	Gözenekleri pasif bir şekilde tıkar. Beton üzerinde bilinen bir kendi kendini onarma etkisi yoktur
Eğer yeni çatlaklar oluşursa, yıllar sonra dahi sızıntıyı önlemek için yeniden etkinleşir	Reaksiyona girmez
24 yıl içinde Beton üzerindeki uzun vadeli etkileri kanıtlanmıştır	Beton üzerindeki uzun vadeli etkileri kullanım öncesi araştırılmalıdır

6. Uygulama talimatları - Penetron Admix

6.1. Tanım:

Penetron Admix (integral crystalline waterproofing admixture), karışım sırasında beton karışıma katılır. Penetron Admix'in içeriğinde portland çimentosu, çok ince işlenmiş silis kumu ve çeşitli tescilli aktif kimyasallar bulunur. Çimentonun su ile birleşmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünler sayesinde bu aktif kimyasallar taze betondaki nem ile reaksiyona girer. Meydana gelen katalitik reaksiyon betonun gözeneklerinde ve kapiler izlerinde çözünmez kristalize oluşuma yol açar. Böylece beton kalıcı olarak su sızdırmaz hale gelir ve suyun veya sıvıların nüfuz etmesi engellenir. Buna ek olarak beton sert çevre koşulları sonucu meydana gelen bozulmaya karşı korunur.

Not:

Penetron Admix, çeşitli proje ve sıcaklık koşullarını karşılayacak şekilde özel olarak formüle edilmiştir (bkz. Priz Süresi ve Mukavemet). Projenize en uygun Penetron Admix için Penetron Teknik Temsilcisine danışın.

6.2 Doz Oranı:

Penetron Admix: çimento içerikli malzemelerin ağırlığının minimum %0.8'i. Uygun doz oranının belirlenmesi konusunda yardım ve kimyasal direncin arttırılması, optimum beton performansı veya projenizin özel gereksinim ve koşullarının karşılanması ile ilgili daha fazla bilgi için Penetron Teknik Departmanı ile iletişime geçin.

6.3. Karıştırma

Penetron Admix, karıştırma sırasında betona katılmalıdır. Penetron Admix katılırken yapılması gereken işlemlerin sırası, beton santralinin işlem ve ekipman türüne göre değişiklik gösterir. Karıştırma sırasında izlenmesi gereken tipik kılavuz ilkelerden bazıları aşağıda verilmiştir.

6.3.1. Hazır Beton Tesisi – Kuru Karışım İşlemi

Penetron Admix'i hazır beton mikserinin tamburuna toz halde ekleyin. Beton santrali altındaki mikseri çalıştırın ve gereken suyun %60 - %70'ini ve 300-500 lbs (136227 kg) agrega ekleyin. Admix'in suda eşit bir şekilde dağıldığından emin olmak için malzemeleri 2-3 dakika karıştırın. Kalan malzemeleri standart karıştırma uygulamalarına uygun olarak hazır beton mikserine ekleyin.

6.3.2. Hazır Beton Tesisi – Merkezi Karıştırma İşlemi

Penetron Admix'i suyla karıştırarak çok ince bir sulu harç oluşturun (örneğin 40 lbs (18 kg) toz ve 6 galon (22.7 l) su). Gerekli miktarda malzemeyi hazır beton mikserinin tamburuna dökün. Agregayı, çimentoyu ve suyu standart uygulamalara göre tesiste karıştırın (hazır beton mikserine daha önce katılmış olan su miktarını göz önünde bulundurun). Betonlu mikseri dökün ve en az 5 dakika karıştırarak Penetron Admix'in betonda eşit bir şekilde dağılmasını sağlayın.

6.3.3. Ön Dökümlü Beton Santrali

Penetron Admix'i kaya ve kuma katın ve çimentoyu ve suyu eklemekten önce 2-3 dakika boyunca iyice karıştırın. Toplam beton kütlesi standart uygulamalara göre karıştırılmalıdır.

Not

Penetron Admix ve beton karışımının homojen olması gerekmektedir. Bu yüzden kuru Admix tozunu doğrudan ıslak betona eklemeyin çünkü topaklanma meydana gelebilir ve bu durumda tam bir dağılım mümkün olmaz. Penetron Admix'in belirli bir projede kullanımı ile ilgili bilgi almak için Penetron Teknik Temsilcisine danışın.

6.3.4. Teknik Servisler

Daha fazla talimat, alternatif uygulama yöntemleri veya Penetron'un diğer ürünler veya teknolojiler ile uyumluluğu hakkında bilgi için, ICS Penetron International Ltd. Teknik

Departmanı veya yerel Penetron Temsilciniz ile iletişime geçin.

6.4 Priz süresi ve dayanım

İçerik maddelerinin kimyasal ve fiziksel bileşimi, betonun sıcaklığı ve iklim koşulları betonun priz süresini etkiler. Penetron Admix'i kullanırken priz gecikmesi meydana gelebilir. Gecikme süresi beton karışımının tasarımına ve Admix'in doz oranına bağlıdır. Fakat normal koşullar altında Admix normal prizli bir beton sağlar. Sade beton ile kıyaslandığında, Penetron Admix içeren betonun nihai mukavemetleri daha yüksek olabilir. Betonun priz süresini ve mukavemetini belirlemek için proje koşulları altında deneme karışımları hazırlanmalıdır.

6.5. Kısıtlamalar

Penetron Admix'i eklerken beton karışımının sıcaklığı 40°F (4°C) üzerinde olmalıdır.

7. Uygulama talimatları – Penetron

7.1. Tanım:

Penetron yüzeye uygulanan bir integral kristalize su yalıtımı katkısıdır. Betonu su sızdırmaz hale getirir ve derinlemesine korur. Portland çimentosundan, özel işlem görmüş kuvars kumundan ve aktif kimyasal bileşiminden oluşur. Penetron'un sadece uygulama öncesi suyla karıştırılması gerekir.

Penetron beton bir yüzeye uygulandığında aktif kimyasallar serbest kireç ve betonun kapiler izlerinde yer alan nem ile birleşir ve ortaya çözünmez kristalize bir yapı çıkar. Bu kristaller betondaki gözenekleri ve küçük rötre çatlaklarını doldurarak su girişini engeller (basınç altında bile). Fakat Penetron yapıdan buharın geçişine izin vermeye devam eder (yani beton "nefes almaya" devam edebilir). Yapıyı su sızdırmaz hale getirmenin yanı sıra, betonu deniz suyuna, atık sulara, agresif yer altı sularına ve diğer pek çok agresif kimyasal çözeltilere karşı korur. Penetron'un içme suyu ile temas eden projelerde kullanımı onaylanmıştır. Bu yüzden su depolama tanklarında, rezervuarlarda, su arıtma tesislerinde, vs. kullanım için uygundur. Penetron dekoratif bir malzeme değildir.

7.2. Sarfiyat:

Su tutucu yapılar, perde duvar yüzeyleri: İki kat 1.251.5 lb/sy (0.7-0.8 kg/m²) Penetron veya bir kat 2.5 - 3 lb/sy (1.4-1.6 kg/m²) Penetron fırça veya sprey yardımıyla uygulanır.

7.2.1. İnşaat döşemeleri:

Bir kat 2 lb/sy (1.1 kg/m²) Penetron sulu harç şeklinde sertleşmiş betona uygulanır veya priz başlangıcı safhasındaki taze betona kuru yağmurlama ve malalama yöntemi ile uygulanır.

7.2.2. İnşaat derzleri:

3 lb/sy (1.7 kg/m²) Penetron, ikinci beton tabakasını dökmeden hemen önce sulu harç veya kuru toz kıvamında uygulanır. Buna alternatif olarak Penebar SW tipi su tutucular uygulanabilir.

7.2.3. Gro beton:

2.5 lb/sy (1.7 kg/m²) Penetron, beton döşeme örtüsünü dökmeden hemen önce sulu harç veya kuru toz kıvamında uygulanır.

7.3. Yüzey Hazırlama:

Penetron integral kristalize su yalıtımı katkısı uygulanacak tüm betonlar temiz olmalı ve “açık” bir kapiler sisteme sahip olmalıdır. Yüksek basınçlı su püskürtme, ıslak kum püskürtme veya tel fırça yardımıyla talaşlar, kirler, yağlar, vs. giderilmelidir. Çatlak, bal peteği, vs. biçimindeki kusurlu beton oyulmalı, Penetron uygulanmalı ve Penetron Harç ile doldurulmalıdır. Penetron uygulanmadan önce tüm yüzeyler dikkatli bir şekilde önceden sulanmalıdır. Beton yüzey nemli olmalı fakat ıslak olmamalıdır.

7.4. Karıştırma:

Penetron temiz suyla mekanik olarak karıştırılır ve kremi veya kalın yağa benzeyen bir kıvam elde edilir. Karışım oranı 5 ölçü Penetron toza 2 ölçü sudur (hacim olarak). Sadece 20 dakika içinde kullanılacak kadar bir karışım hazırlanmalı ve bu karışım sık sık karıştırılmalıdır. Eğer karışım prizlenmeye başlarsa, su eklemeyin. Sadece tekrar karıştırın.

7.5. Uygulama:

7.5.1. Sulu harç kıvamı:

Bir fırça veya uygun bir motorlu püskürtme ekipmanı yardımıyla Penetron'u teknik şartnamelere göre bir veya iki kat halinde uygulayın. İki kat şeklinde uygulanması gerektiği belirtiliyorsa, ikinci katı birinci kat hala yeşilken uygulayın.

7.5.2. Kuru toz kıvamı (sadece yatay yüzeyler için):

Belirtilen miktarda Penetron bir elek yardımıyla toz halinde serpilir ve priz başlangıcı meydana gelir gelmez yeni dökülmüş betona malayla uygulanır.

7.6. Uygulama sonrası:

Uygulama yapılan alanlar beş gün boyunca nemli tutulmalı ve polietilen örtü, nemli çuval bezi veya benzer bir örtü ile kaplanarak doğrudan güneş ışığına, rüzgara ve donmaya karşı korunmalıdır.

Not

Penetron'u donma sıcaklıklarında veya donma sıcaklıklarının altındaki sıcaklıklarda uygulamayın. Penetron beton veya sıvaya katkı maddesi şekilde kullanılamaz. (bu uygulamalar için Penetron Admix kullanılmalıdır).

8. Uygulama talimatları- Penetron Plus:

8.1. Tanım:

Penetron Plus, betonun su yalıtımı ve korunması için eşsiz bir integral kristalize kimyasal uygulamadır. Penetron Plus, daha fazla darbe ve aşınma direncinin gerekli olduğu yatay beton yüzeylerdeki kuru serpme uygulamaları için özel olarak formüle edilmiştir. Kuru toz bileşimi şeklinde ambalajlanmış olan Penetron Plus; portland çimentosu, çeşitli aktif kimyasallar ve son olarak beton döşemelere uygun parçacık boyutlarına getirilmiş sentetik bir agrega sertleştirici içerir. Penetron Plus beton yüzeyin ayrılmaz bir parçası haline gelerek kaplamalarda görülen problemleri (soyulma, tozlanma, pul pul dökülme, katmanlara ayrılma, vs.) ortadan kaldırır. Aktif kimyasallar taze betondaki nem ile reaksiyona girer. Meydana gelen katalitik reaksiyon betonun gözeneklerinde ve kapiler izlerinde çözünmez kristalize oluşuma yol açar.

8.2. Kaplama:

Normal koşullar altında Penetron Plus'un kaplama oranı 1 lb/ sy'dir (0.6 kg/m²). Fakat bu oran gerekli aşınma direnci derecesine bağlıdır.

Not

Ağır trafik koşulları altında veya daha yüksek bir aşınma direncinin gerekli olduğu yerlerde, özel ihtiyaçlarınızı karşılayacak bir tavsiye almak için bir Penetron Teknik Temsilcisi ile iletişime geçin.

8.3. Uygulama Prosedürleri:

1. Taze betonu dökün, güçlendirin ve düzleştirin.
2. Betonun üzerinde yürüdüğünde 1/4"-1/3" (6-9 mm) batma olana kadar bekleyin. Betonda terleme suyu olmadığından ve betonun malanın ağırlığını taşıyabildiğinden emin olun. Daha sonra yüzeyi malalayın.
3. Yüzeyi malaladıktan hemen sonra kuru serpme malzemesinin yarısını elle veya mekanik serpme makinesi ile uygulayın. Kuru serpme malzemesi eşit şekilde serpilmelidir.
4. Kuru serpme malzemesi taban döşemesinin nemini emer emmez yüzeye perdahlayın.
5. Perdahlama işleminden hemen sonra, kalan kuru serpme malzemesini doğru açılardan ilk uygulamaya uygulayın.
6. Kalan kuru serpme malzemesinin taban döşemesinin nemini emmesini bekleyin ve daha sonra yüzeye perdahlayın.
7. Beton yeterince sertleştğinde gereken sonlandırmayı elde edene kadar yüzeyi perdahlayın.

8.4. Kürleme:

Kürleme önemlidir ve priz bitimi olur olmaz fakat yüzey kurumaya başlamadan önce yapılmalıdır. Su püskürtücü, ıslak çuval bezi veya plastik örtü gibi geleneksel nem kürleme prosedürleri kullanılabilir. Kürleme en az 48 saat sürmelidir. Sıcak, kuru ve güneşli koşullar söz konusu olduğunda özel talimatlar için imalatçı ile iletişime geçin. Nem kürleme yerine ASTM C-309'a uygun beton sızdırmazlık malzemeleri ve kür maddeleri kullanılabilir.

Not

Bir döşeme duvarının kenarları, betonun ana gövdesinden daha erken hazır hale gelir.

Bu gibi kenar bölgeler, betonun ana gövdesinde uygulamaya geçmeden önce, kuru serpmeye tabi tutulup el aletleri kullanılarak bitirilebilir.

Kuru serpmeye malzemelerini uygularken en iyi sonucu elde etmek için betonun hava içeriğinin %3'ü geçmemesi gerekmektedir (hava içeriği yüksek olduğunda düzgün bir uygulama elde edilmesi zorlaşır). Eğer yüksek bir sürüklenmiş hava içeriği belirtiliyorsa (örneğin donma ve çözölmeye maruz kalan betonlar için), daha fazla uygulama bilgisi almak için Penetron International Ltd. Teknik Departmanı ile iletişime geçin.

Sıcak, kuru veya rüzgarlı koşullarda, döşemenin erkenden kurumasını önlemek için taze beton yüzey üzerinde buharlaşmayı geciktirici maddelerin kullanılması tavsiye edilir. Kronik olarak hareket eden çatlaklar veya derzler için uygun bir esnek sızdırmazlık malzemesinin kullanılması gerekir.

Belirli beton karışımı tasarımları için bir test panelinin yapılmasını ve sonlandırma bakımından değerlendirilmesini tavsiye etmekteyiz. (Örneğin su/çimento oranı düşük olan yüksek performanslı beton, hava girişi, süper akışkanlaştırıcılar veya silis dumanı betonun terleme suyunu azaltıp betonun sonlandırılmasını zorlaştırabilir).

8.5. Teknik Servisler:

Daha fazla talimat, alternatif uygulama yöntemleri veya Penetron'un diğer ürünler veya teknolojiler ile uyumluluğu hakkında bilgi için, ICS Penetron International Ltd. Teknik Departmanı veya yerel Penetron Temsilciniz ile iletişime geçin.

9. İletişim ve Feragatname:

Penetron ürünleri sadece 45 Research Way, Suite 203, East Setauket, NY 11733, ABD adresinde bulunan ICS Penetron International Limited tarafından imal edilmektedir.

Penetron ürünleri, yetkili distribütörlerden ve eğitimli uygulayıcılardan oluşan küresel bir ağ üzerinden dağıtılmakta ve uygulanmaktadır. Penetron ürünlerini kullanmadan ve uygulamadan önce lütfen teknik yardım ve destek için bir Penetron temsilcisine danışın.

Bu dokümanda bahsedilen tüm test raporları ICS Penetron International Ltd'den talep edilebilir.