

KUZAY AMERİKA'DA YÜKSEK YAPILAR VE YÜKSEK DAYANIMLI BETON

Haluk ÖZBERKİ
Teknik Danışman
Üstay Gurubu
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Kimyasal ve mineral katkı malzemeleri beton özelliklerinde ve teknolojisinde yeni aşamalara yol açmış, 1000 kgf/cm² 'yi aşkın dayanımlı betonlar rahatlıkla üretilir, taşınır, yerleştirilir olmuştur. Bu denli yüksek dayanımlı betonlara ekonomik olarak ulaşılır olması betonarme yüksek yapılar alanında yeni sıçramalara imkan vermiş, en yüksek betonarme yapı 288 metreye ulaşmış, betonarme adeta çelikle yarışır olmuştur.

Ülkemizde de son yıllarda inşa edilen yüksek yapı sayısında kayda değer artışlar olmuş, yirmi katı aşkın otel, iş merkezi sayısı hızla çoğalmış, BS 30, BS 35 sınıfı betonlar, sanat yapıları, prefabrike yapı elemanlarından sonra bina sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır.

Bildiride Kuzey Amerika'da yüksek dayanımlı betonla inşa edilen yüksek yapılardaki gelişme ele alınacak, uygulanan teknolojiler özetlenecek, teknik ve ekonomik açıdan sistemin avantajları ve dezavantajları irdelenecektir. Bildirinin sonunda betonarme yüksek yapı üretiminde 2000'li yılların perspektifi ortaya koyulmaya, muhtemel gelişmeler verilmeye çalışılacaktır.

1- GİRİŞ

Beton, yıldan yıla olanaklarını genişletmektedir. Gittikçe daha mukavim beton yapılabiliyor, daha yüksek beton binalar ve daha uzun açıklıklı beton köprüler gerçekleştirilebiliyor.

Her geçen sene yapılabilen betonların mukavemetlerinde daha yüksek rakamlara ulaşıldığına tanık oluyoruz. Amerikanın Pasifik sahili eyaletlerinden Oregon'da Seattle kentinde, Two Union Square'deki projede 1330 kgf/cm² mukavemetli beton kolonlar kullanılıyor.

Betonun pompa ile basılmasında ulaşılan ilerlemeler inşaat maliyetlerini düşürdüğü gibi, binaların daha hızlı inşa edilerek daha erken bir tarihte kullanılabilmelerine de imkân sağlamaktadır. Texas Commerce Tower projesinde, tek bir beton pompası betonu saatte 30 metreküp bir kapasite ile yaklaşık 315 m yüksekliğe basabilmiştir. Kamyona monte edilmiş yeni bir dağıtım kolu dikey olarak 61 m yüksekliğe, yatay olarak da 53 m mesafeye ulaşabilmektedir. Özel betonların artan sayıdaki türleri yalıtım amaçlarından tutun atom patlamalarından korunmaya kadar her çeşit gereksinimlere yanıt verebilmektedir. Bütün etkileyici gelişmelerine karşın beton eski erdemlerini hala korumaktadır, sağlamdır, daaynıklıdır, ucuzdur, pasa-yangına-suya karşı dirençlidir, her türlü biçime sokulabilir ve en önemlisi yerel malzemelerden üretilebilir.

Beton, şaşalı örnekleri yanında bizlere yollar, kaldırımlar, tüneller, su boruları, viyadükler ve yararlılıkları ve sağlamlıkları bizlerce doğal kabul edilen nice, nice yüzlerce başka ürünler de sağlamaktadır.

Betonun mukavemeti ve beton binalar, yeni boyutlar ve büyüklükler kazanmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi Seattle'de binalarda 1330 kgf/cm² nitelikte beton kullanılmakta, laboratuvarlar 2800 kgf/cm² mukavemette betonlardan bahsetmektedir. Beton mukavemetlerinde ve bina yüksekliklerindeki artışlar birbirlerini etkilemektedir. Mukavemetlerdeki ilerlemeler daha yüksek binaların yapılabilmesine imkân sağlamakta, binaların daha yükseklere çıkması ise betonlarda yeni gelişmelere yol açmaktadır.

Yüksek mukavemetteki beton elbetteki alışlagelen betonlardan daha pahalı olacaktır, ancak nitelikli beton kolon boyutlarını azaltarak hem daha az miktarda beton gerektirecek hem de kullanılabilir mekan artacaktır. Beton mukavemetlerindeki artışa paralel olarak bina ölü yüklerini ve dolaylı olarak toplam maliyeti azaltmakta olan diğer bir unsur da hafif betonlarda kaydedilen iyileşmelerdir.

Halen 1330 kg/cm²'lik bir beton başka bir binada henüz kullanılmamakta ise de 700 kg/cm² ve daha yüksek mukavemetli

betonlar artık olağanüstü sayılmamaktadır.

2- KUZAY AMERİKA'DA YÜKSEK YAPILAR

Yüksek mukavemetli betonun ve daha yüksek betonarme binaların hikâyesi Chicago'dan başlar. Chicago'daki Executive House Hotel 1959 senesinde 113 m yükseklikte bittiği zaman ülkenin en yüksek beton binası oldu, bu tarihten 37 sene evveline kadar Dallas'taki Medical Arts Binası 70 m ile rekoru elinde tutmakta idi.

Çok kısa ömürlü istisnalar hariç Chicago o tarihten bu yana her zaman en yüksek betonarme binaların ev sahibi oldu. Atlanta'daki 120 m yüksekliğinde Georgia Bankası bu ünvanı bir sene korudu ancak 1962 senesinde Chicago Marina City'ye devretti; bu yapının ikiz kuleleri 180 m yükseldi. Binanın çekirdeğinin duvarları ve kolonlar konvansiyonel betondan oluşturulmuştu ancak üst katlarda hafif beton kullanıldı. Daha sonra 1964 senesinde 420 kgf/cm² betonun ilk defa kullanılması 1000 Lake Shore Drive projesinin 195 m'lik bir yüksekliğe ulaşabilmesini sağladı. Bu mukavemet düzeyine o devirde Chicago'da, eldeki en yüksek 350 kgf/cm² mukavemetli betona uçucu kül ve akışkanlandırıcı ilave etmekle ulaşılabilmıştır.

Rekorun bundan sonra kırılması 1968 senesinde 197 m yükseklikteki Lake Pont Tower ile olmuştur. Bu 70 katlı binanın döşemeleri 1.61 kg/lt yoğunlukta hafif betondandır. Altındaki kolonlar, yerinde dökme yapılarda ilk defa kullanılan 525 kgf/cm²'lik betonla inşa edilmiştir. Lake Point Tower 1975 senesinde, diğer bir Chicago binası Water Tower Palace'in dünyanın en yüksek beton binası olmasının yolunu açtı; (262 m) yükseklikteki binanın alt kolonlarında 630 kgf/cm²'lik beton kullanıldı. Zemin üstündeki 75 katın tamamı hafif betonla yapılmıştır.

Chicago'da bundan sonra rekor kıran bina River Plaza yüksekliği arttıramadıysa da rekor teşkil eden 770 kgf/cm²'lik betonu iki adet kolonda kullandı. 311 Wacker Drive projesinde ise 840 kgf/cm² kullanıldı.

DÜNYANIN EN YÜKSEĞİ

311 South Wacker Drive 289 m yüksekliğiyle dünyanın en yüksek binasıdır. Kuzey Amerika'da bundan daha yüksek ancak 10 kadar çelik çerçeveli bina olacaktır. Binanın 13. katına kadar olan kolonlarda yüksek mukavemetli 840 kgf/cm²'lik ve geri kalan taşıyıcılarda 525-700 kgf/cm² beton kullanılması bunu olanaklı kılmıştır.

Çerçevelerde çelik yerine betonarmenin tercih edilmesi binada birkaç milyon dolar iktisat edilmesini sağlamıştır. Bu tasarrufun en büyük bölümü daha düşük temel yapısı maliyetlerinden kaynaklanmakla beraber, tasarruf bütün yükseklik boyunca yayılmıştır. Betonarme bina, çelik yapılmaya haline oranla 26,5 m daha kısa gerçekleştiğinden, cephe kaplaması, boru ve asansör giderlerinde de tasarruf sağlanmıştır.

Kulenin üst katları otel ve kat mülkiyeti amaçlarına tahsis edilecektir. Beton gürültüyü azalttığından yatırımcılar düşük tavanlardan vazgeçebilmişlerdir. Kulenin müteahhidi 76.500 m³ miktarındaki betonun tamamını, betonu dikey olarak 320m.ye yükseltebilen bir pompa ile basmaktadır. Bu pompa 50. kata kadar saatte 92 m³ ve 50.ci kattan sonra da saatte 38 m³ basabilmektedir. Boyu 32 m olan bir dağıtım kolu aşağı katların % 99'una ve üst katların % 100'üne ulaşabilmektedir. Müteahhit beş günde bir kat çıkabilmek için iki takım özel seyyar kalıp kullanmıştır.

MANHATTAN' DA YÜKSEK VE NARİN YAPI

City Spire, 68 katıyla ve 247 m yüksekliğiyle New York'taki en yüksek beton bina ve dünyada da Chicago'daki Water Tower Place ve 311 South Wacker Drive'den sonra üçüncü en yüksek beton bina olacaktır, ancak City Spire bittiğinde şimdiye kadar yapılan en narin yapı olma rekorunu eline geçirecektir. Bu binayı Manhattan'daki arsaya sığdırabilmek için Kuzey-Güney yönündeki boyu ancak 24.4 m tutulabilmiştir. Narinlik oranı 10.1 olup gerek çelik gerek beton binalarda benzeri yoktur.

City Spire tasarımcılara meydan okuyarak bugüne kadar rastlanmamış türde güçlükler çıkardı. Çevre taşıyıcılarında yanal yüklere karşı yeterince rijitlik sağlamak için fazla malzemeye gereksinim görüldü. Narinlik oranı 10.1 olan bu

bina örneğın narınlık oranı 5.1 olan aynı yükseklikteki bir binaya nazaran dört katı fazla malzeme gerektirir. City Spire'in kullanım amaçlarındaki çeşitlilik ve kat düzeni de, zorlayıcı idi. Mesken katlarında çevreye taşıyıcı elemanların yerleştirilmesi arzulanan manzarayı perdeleyecekti. Araba parkı ve lobi katları ise kolonlardan arınmış geniş açıklıkları gerektiriyordu. Betonarme taşıyıcı çerçeve sistemi esneklik gözetilerek seçildi. Farklı mimari plan düzenlerine hitap edebilmek için yapı 9 çeşit ikincil yapıya bölündü; kolonlar, mekanik servislerle birlikte, her oturma alanı geri çekmelerinde planda yatay seviyelerdeki değişiklikleri aktarmaktadır. Örneğın 24. katta yapı, bürolar için 6.10 metrelik bir aks sistemine dönüşmektedir. Asansör kuyusu çekirdeğı aracılığıyla yanıl yükleri karşılama, oturma katlarında beton makaslama perde duvarları ile ve büro bölümlerinde de çapraz bağlantılarla sağlanmıştır.

TORONTO'DA BİR YAPI

Toronto'da 68 katlı bir büro gökdeleni Scotia Plaza, betonarme bina yapımında gökdelenler için yeni teknik standartlar getirmektedir. Kendi kendine yükselen tırmanır kalıplar, pompa betonu ve erken yüksek dayanımlı çimento kullanımı iki buçuk günde bir kat atabilme ritmini inşaata sağlamıştır.

Silistozu (Silica fume) ilavesi, yalnız 11 saat sonra kalıplar alınabilecek şekilde betonun mukavemetini almasını hızlandırmıştır. Silis tozlu 700 kgf/cm²'lık beton, daha küçük kesitli beton kolonlara imkân vererek, kiralanabilir alanların ve sonuçta gelirlerin artmasını sağlamıştır. Binanın tasarımı ve yerleştirme, alanları optimize etmektedir. Taşıyıcı sistem, bir beton çekirdek etrafında kuşak oluşturan çevredeki kolonlardan oluşan tüp içinde tüptür; tasarım iç kolonları gerektirmemiştir. Binanın tertibini paralelogram biçimi bir katta 18 köşe bürosunun tertibini sağlamıştır. Gerek çevre kolonları gerekse çekirdek yeni bir tipte kendi kendine hareket eden bir kalıp sistemiyle yapılmıştır. Kalıp kulenin tamamını kuşaklamakta, 34 adet üç kat yüksekliğinde kaldırıcı mast, her birinde bir kalıp takımı olan 18 kalıp bölümünü taşımaktadır. Her bir takım kalıbı dört kolonu abramaktadır. Beton 105 kgf/cm² mukavemeti bulunca, kalıplar çözülmekte, geri çekilmekte ve bir sonraki kata yükselmektedir.

Kendi kendine tırmanır kalıpların kullanılması iş yerinde konvansiyonel kalıpları depo edecek yer bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Bu çeşit kalıplar vinçleri de başka işler için serbest bırakmıştır.

Betonun pompalanması da inşaatı hızlandırmış, vinç kullanım zamanlarını azaltmış ve sıkışık inşaat şantiyesinin yükünü hafifletmiştir. Ana beton pompası caddenin öbür tarafına kurulmuş olup, beton bir boru hattıyla caddenin altından geçirilip binanın çekirdeğine ve oradan da dağıtım koluna kadar basılmıştır.

ŞİMDİYE KADAR YAPILAN EN MUKAVİM BETON

Yüksekliği 220 m olan Seattle'deki Two Union Square binasının kolonlarının dökülmesinde 1330 kgf/cm² beton kullanılmıştır. Bu beton şimdiye kadar konvansiyonel bir binada kullanılan en yüksek mukavemetli betondur. Olağanüstü yüksek mukavemetli beton konvansiyonel betonda çeşitli değişiklikler yapılarak üretilmiştir.

* Rekor teşkil eden 0,22 su/çimento oranı (alışılacak olan betonlarda bu oran 0,45'dir).

* İşlenebilirlik için üstün nitelikte süper akışkanlaştırıcı kullanılması

* Sağlam, küçük (9,5 mm) yuvarlak buzul çakılı

* Silikatozu Kullanımı

Binada çekirdeği oluşturan 4 adet 3,05 m çapında kolon çevrede ise 14 kolon vardır. Bu üstüvani kolonlarda donatı bulunmayacaktır. Bu kolonların betonu yerinde bırakılıp kalacak olan ve iç taraflarında kayma kuvveti için saplamaları olan çelik bir kılıf içine dökülecektir. Çelik kılıf 7,32 m uzunluğunda bölümler halinde konacak ve her kolon anosu betonu, iyi sıkıştırma sağlamak ve hava ceplerine mani olmak için aşağıdan yukarıya doğru pompalanarak yerleştirilecektir. Çelik kılıfların kullanılması, sökülecek kolon kalıbı olmaması ve döşenecek kolon donatısı olmaması demektir. Two Union Square'in statik müşavir mühendisleri Seattle'de buna benzer, ancak kolonların çapları daha küçük, halen inşaat durumunda iki binanın daha (Gateway Tower ve Pacific First Center) tasarımını yapmışlardır. Kat adedi 44 olan Pacific First

Center'de kolonların kalıbını oluşturmak için 2.13 m elik borular kullanılacaktır.

BETON MUKAVEMETİNİ SINIRLAMA

American Concrete Institute (ACI), beton kullananların yararlarını temsil etmek üzere kurulan, kâr amaçsız, bir bilgi kurumudur. ACI, yüksek mukavemetli beton kullanımının, mühendislik özelliklerine ilişkin bilgilerin edinilme hızından daha büyük bir hızla yayılmasından endişe duymaktadır.

Geçen sene ACI beton'un makaslama mukavemetini gözeterék betona 700 kgf/cm²'lik bir sınır koymayı mûlahaza etti. Ancak bu sınırlamanın yerinde olup olmadığını görebilmek için Portland Cement Association, Construction Technology Laboratories'i yüksek mukavemetli kirişler üzerinde denemeler yapmakla görevlendirdi. 1190 kgf/cm² betondan yapılan beş adet kiriş yükleme deneylerine tabi tutuldu. Kirişlerdeki kesme kuvveti donatıları ACI'nın öngördüğü asgari donatı yüzdesi ve daha fazla olmak üzere kademelendirilmiş idi. Yanlız asgari donatı içeren numune kabul edilebilecek şekilde davranmadı. Bunun üzerine ACI, kirişlerde makaslama mukavemeti hesaplarında bir kısıntı getirmemeyi ancak 700 kgf/cm² üzerinde, asgari makaslama donatısının betonun mukavemeti ile orantılı olarak arttırılmasını tavsiye etti.

Cornell Üniversitesinden Prof. Arthur NILSON konvansiyonel betonlar için geçerli standartların yüksek mukavemetli betonlara aktarılamayacağı hususunu ihtar ediyor. Ulusal şartnamelerin çoğunda rastlanılan ampirik temelli tasarım formüllerinin dayanmakta oldukları özgün deney verileri sınırlarının çok ötesine ekstrapole edilmesi sağlıklı bir uygulama olmayacaktır. Kodların, inceden inceye gözden geçirilmeleri zorunludur.

DEPREM İÇİN BETON

Daha mukavim betonlar ve beton karışımı tasarımındaki ilerlemeler batı sahillerinin deprem bölgelerinde binaları rekor yüksekliklere ulaştırmıştır. Daha önceleri 20 kattan fazlaya çıkmadıkları bu bölgelerde 30 veya daha fazla katlı binalar halen yapılmaktadır. Bu binalar yanıız depreme dayanıklı olmakla kalmamakta, ucuz fiyatla ve çabuk iskân edilecek şekilde yapılabilmektedir. Sismik bölgelerde bina yüksekliklerindeki artışlar, çok daha düşük maliyetlerle

yapılarda düktilite ve enerji yutma nitelikleri sağlayan, düktil, momente-dayanıklı beton uzay çerçeve yapı sistemlerine hamledilebilir.

PASIFIC PARK PLAZA

İleri sismik tasarıma iyi bir örnek, San Fransisco Körfezinin doğu yakasında California Emeryville'deki 30 katlı bir müşterek mülkiyet malikaneler binasıdır. Genel Müteahhidin ilk incelemeleri beton ve çelik çerçevelerin aynı maliyette olacağı doğrultusunda idi, ancak beton çerçeveler yangından korunmayı gereksiz kılmakta, beton döşemelerin kirişlerle beraber yapılabilmesi, çelik çerçevelerdeki çelik döşemeyi ve asma tavanı kaldırmaktadır.

Bu sonuncu özellikten yararlanmak ve her tarafta rahatlık veren tavan yüksekliği sağlamak için mimar, iç mekanlarda, kirişleri odanın ortasında sarkıtmak yerine bunları bölme duvarlarında indirmiştir. Bu ek masrafların yok edilmesi betonu çeliğe nazaran çok daha ucuz yapmış, nihai inşaat maliyeti $175 \text{ \$/m}^2$ (650.000 TL/m^2) olmuştur. Benzer büyüklükte ve tipte bu bölgedeki çelik çerçeveli bir bina $259 \text{ \$/m}^2$ (960.000 TL/m^2) ye mal olurdu. Pacific Park Plaza, kolon makaslama donatısı ve kombine ağır kiriş ve kolon donatılı olarak inşa edilmiştir. Bu donatıların etrafında 450 kgf/cm^2 mukavemetli beton dökülmüştür.

Dikey donatılar üç kat yükseklikte kafesler halinde atölyede hazırlanmış ve kule vinci ile yerine konmuştur. Yanlız kiriş donatı çubukları yerinde konmuştur. Kalıp işlerine, ayrıntılamaya ve üretimine sarfedilen planlama müteahhidin yedi iş gününde bir, yaklaşık 2000 m^2 'lik bir kat alanını bitirmesini sağlamıştır.

BEAUDRY CENTER

Los Angeles'teki 32 katlı Beaudry Center Büro ve Otopark Binası, California'daki en yüksek ve büyük olasılıkla da Amerika'daki aktif deprem bölgesinde en yüksek beton binadır. Alttan 17 kat otoparka ve üst 15 kat ise bürolara tahsis edilmiştir.

Beaudry Center'in içteki beton döşeme ve kolonlarıyla birlikte düktil momente dayanıklı donatılı beton dış çerçevesi bir ^{kaç} milyon dolar tasarruf edilerek çeliğe tercih edilmiştir. Binada katlarda ekonomik bir döşeme sistemi kullanılmıştır, ortalama 16-25 cm kalınlık ve ortalama 12

kg/m² demir kullanılmıştır. Bu, büro katlarında 3.35 m kat yüksekliğinin gerçekleştirilmesini olanaklı kılmıştır. Ayrıca bu, diğer çerçeve sistemlerine oranla binada dört hatta daha fazla sayıda katın, bina yüksekliğini arttırmadan, aynı yüksekliğe sıkıştırılabilmesini sağlamıştır.

3- YÜKSEK YAPILARDA TEKNOLOJİK UYGULAMALAR

Artık yüksek binalarda betonun dikey taşınması için istisnasız yüksek basınçlı beton pompaları ve yerleştirilmesi için de dağıtım kolları kullanılmaktadır.

Kalıp olarak vinçlerle aktarılabilen veya mihaniki olarak kendi kendine yükselebilen tırmanır kalıplar kullanılmaktadır. Tasarımın uygun olduğu çözümlerde asansör kuyuları ve merdiven kovalarının oluşturduğu çekirdek de, kayar kalıpla inşa edilmektedir. Pompalanan betonda kıvam çok önemlidir. Yüksek yapılarda rahat pompalanabilir bir betonun çökmesi 20 cm civarındadır.

Yüksek dayanımlı beton Avrupa'da çok yaygın değil çünkü çelik donatı gerilmeleri, betonun bu özelliğini kullanmaya yeterli ölçüde elverişli değil. Amerika'daki uygulamalarda olduğu gibi büyük çaplı kolonlar kullanılırsa yüksek dayanımlı beton yapmanın bir anlamı oluyor ve betonun yüksek dayanımlarından o zaman yararlanılabiliyor.

4- 2000'li YILLARDA BETONDA BEKLENEN GELİŞMELER

Önümüzdeki senelerde 2000'li yılları yaşarken bütün inşaat malzemeleri daha yüksek dayanımlı ve de daha dayanıklı olacaklardır. Üretim maliyetleri bugünkünün hemen hemen aynısı kalmasına rağmen kullanım ömrü maliyetleri daha düşük olacaktır. Gelecekteki 10 veya 20 yılda aşamalar belki ilk ağızda çarpıcı olmayacaktır, ama geçmişteki ilerlemelerde de öyle söylenmedi mi önceleri? Portland çimentolu beton ve yapı çeliğinin kullanımı, tasarım ve inşaatı büyük çapta değiştirdiyse de gelişim tedrici oldu, geçmişten biliyoruz.

GELİŞEN NİTELİK

Çelik muntazam bir şekilde daha yüksek dayanımlara, geliştirilen tasarımlara, daha büyük işlenebilirliğe doğru adım adım ilerliyor. O yıllar daha üstün malzemelere

tanıklık edecek daha ağır profiller bulacağız. Daha dünlere kadar ağır kolon kesitinde metre tul ağırlığı 1100 kg idi. 2000'lere ulaşırken 1200 kg'i geçeceği tahmin ediliyor.

Yük artım katsayısı veya yük çarpanı tasarım yöntemi gittikçe daha büyük kabul görmekte ve yirmi sene sonra standart hesap tarzı olacak. Alışlagelen emniyet gerilme tasarım biçimiyle karşılaştırılırsa % 15 bir iktisat sağlamakta, daha büyük açıklıklara ve daha fazla yüklere izin verdiği için çelikte dayanım 7000 kgf/cm²'lere dayanacak ve alaşımlarındaki değişiklikler de kaynaklanabilirliği ve tokluğu arttıracak.

Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü nitelik, dayanım ve sünelikteki sürekli artışları vurgulamakta; deniliyor ki 60 senelik Empire Building bugün inşa edilmiş olsa, kullanılmış olan çelik ağırlığının yarısı ile yetinilirdi.

BETONUN ÇELİĞE YANITI:

Son otuz senedir betonun dayanımı senede 35 kgf/cm² temposuyla arttı. Bunu ileri doğru ekstrapole edersek 2000 senelerinde 1750 kgf/cm² betonla iş göreceğimiz anlaşıyor. Hatta bu tutucu bir tahmin.

Daha yüksek dayanım elbette daha dayanıklı beton yaratacak. Bu tür betonlar yapılarıdaki işlevlerini daha iyi görmekle kalmayacak, yol kaplamalarının donma-çözülme çevrimlerine ve don tuzlarına karşı daha dayanıklı olacaklardır. Halen bu yüksek dayanımlı malzemelerin mühendislik açısından özellikleri hakkında sürekli bilgi birikmekte, buna koşut olarak da mühendislik dalı bunlardan yararlanacak yeterliliğe ulaşmakta.

Portland Cement Association 2000 li yıllarda Amerika'da 1400 kgf/cm² 'lik betonların kullanımının yaygın hale geleceğini kestirmekte. İnsanoğlu betonda daha yüksek dayanımlara ulaşmayı denemeden önce ulaşılan düzeydeki yüksek dayanımlı betonların kullanım alanlarının yaygınlaştığını görmek isteyecektir. Malzeme teknolojisi halen öyle bir düzeye geldi ki, yapı teknolojisinin ona yetişip yakalaması gerekiyor. Genel kanı, önümüzdeki 20 senede ilerlemenin daha yüksek dayanımlı betondan ziyade daha dayanıklı, uzun ömürlü betonlarda olacağı doğrultusunda. 200 kgf/cm² dayanımlı bir kaldırım betonu bizim için yeterli aslında, ama istediğimiz daha dayanıklı bir kaldırım kaplaması veya garaj döşemesi, veya köprü

tabliyesi. Aslında teknik kapasite var da gerekli olan inşaat sahiplerinin ilk ağızda daha pahalı gibi gözüken ancak ömrü daha uzun yüksek nitelikli malzemeleri almaya rıza göstermeleridir.

Betonun dayanımı ve işlenebilirliği açılarından geçmişte ilerlemesine neden olan katkı malzemelerinin, yeni ilerlemelerin de gene kaynağı olması beklenmektedir. Özellikle gözeneklerin doldurulması ve malzemelerin su ve kimyasal maddelerin zararlı etkilerinden korunması açısından. Bizler neredeyse ebedi bir malzeme üreteceğiz ancak mal sahiplerinin de bu uzun ömürün maliyetini ödemeleri gerekecek. Çimento esaslı malzemelerin araştırmacıları için 1400 kgf/cm basınç dayanımı sanki bebeğin ilk adımları. Bir sürü isim yakıştırmışlar. "Çimento bileşikleri", "kimyasal madde esaslı seramik", "inorganik çimentolu malzeme" veya "ileri çimento esaslı malzeme" gibi.

Hepimizin malumu ilk beton M.Ö. 7000 senelerinde tahmin ediliyor. Romadaki Panteon ve Nimes'deki GARD Köprüsü 2000 senedir ayaktalar. Ama ciddi araştırmacıların merakını çekmekte, nedense yavaş davranmış.

Beton günlük hayatımızda hazır ve nazır ama malzeme araştırmasındaki bilgin ve mühendislerin nedense hayal gücünü harekete geçirmemiş.

Son zamanlarda bu lakaydi büyük çapta değişti. Birçok çimento esaslı malzemeler merkezleri açıldı. Kimyasal maddelerle bağlanmış seramikler üzerinde çalışılıyor. Çimento bileşiği malzemeler için bazı üniversitelerde merkezler kuruldu. İçi yüksek dayanımlı çimento esaslı malzemeler üzerinde çalışıyor.

Bazı araştırmacılar çimento-su-agrega karışımındaki gözeneklerden kurtulmaya çabalarken başka araştırmacılar çimento-su harçlarının geçirimsizliğini inceliyor.

Bu araştırmacılar dane büyüklükleri çimentonunkinin 1/100'ü kadar olan mikro silis, kimyasal katkı malzemeleri; polimerler ve ince lif donatılar kullanıyorlar.

Böylece oluşturulan malzemeler 3.500 kgf/cm² dayanıma ulaşmakta ve madenlerin, plastiklerin ve seramiklerin niteliklerini kazanmaktadır. Bu malzemelerin ana uygulama alanı imalat sanayiinde olacak, inşaatta kullanımları ancak borular, çatı kaplamaları, karo ve izolatörlerde olacaktır.