

# 2000'Lİ YILLARI SİMGELEYEN MALZEMELER

Dr. Hanaslı GÜR

Çok eskinin, ta firavunlar döneminin izlerini taşıyan Mısır'ın her yıl turist kabilelerini çekmesine karşılık, uygarlığı Mısır'ından hiç de geri olmayan eski Mezopotamya'ya hiç turist gelmiyor. Bunun basit nedeni, Mısır piramitleri ve tapınaklarının taştan yapılmaları bu sebepten, o zamandan beri ayakta kalmış olmalarıdır. Oysa, en az onlar kadar görkemli olan Babil Kulesi gibi Mezopotamya anıtı, çok daha dirençsiz bir malzeme olan tuğladan yapılmış oldukları için, hemen hemen tümüyle yok olmuşlardır.

Çeşitli yapıtların hangi maddeden yapılacağına seçimi çok önemlidir; çünkü, üretilecek nesnenin hemen hemen tüm niteliklerini belirler. XX. yüzyılın teknik ilerlemelerinin köklerini, çağdaş yapıt anlayışının ve malzemelerinin tümüyle yenilenmesi oluşturur. Bu ilerlemelerde, yeni bir anlayış yeni bir malzeme gerektirdiği gibi, yeni bir malzeme de yeni bir anlayışı birlikte getirir.

Sanayi'de, bir malzemenin seçiminde iki temel etken vardır: Nitelik ve fiyat. Malzeme, kullanılacağı yapıtın gerektirdiği fiziksel ve kimyasal nitelikleri taşımalıdır. Ayrıca, eşit ya da eşdeğer nitelikte, ama daha ucuz olanı seçilmelidir. Teknik ilerlemelerin sürekli geliştirdiği malzemeler, fiyat savaşı yüzünden biri öbürünün önüne geçerek tüketilmektedir. Örneğin, gökdelenlerde beton mu, çelik mi kullanılacağı konusunda sürekli bir kararsızlık vardır...

Bu yazımızda, çağdaş malzemelerin çeşitliliğini bir ölçüde sunmaya çalışacağız. Son zamanlarda, plastik ve seramik türü çağdaş malzemelerle aynı hızda ilerleyen, beton ve çelik gibi geleneksel malzemelerin durumunu da sergileyeceğiz. Çağdaş malzemelerle geleneksel olanların birlikte uygun kullanımları ise, daha başarılı yeni gereçler bulunmasını sağlayabileceklerdir.

Bazen, bir malzemedan istenen nitelikler öyle incelikler gösterir ki, bunların kullanıldıkları yerde nasıl davranacakları önceden bilinemez. Örneğin, insan vücudu, yapay biyolojik gereçleri kendiliğinden dışlama eğilimindedir; insan vücudunun bu hoşgörüsüzlüğü'nün nedenlerini anlamak ve onu ortadan kaldırmak için, temel bilimsel çalışmalar yapılmalıdır.

Son olarak, bir malzeme üzerinde gerçekleştirilen ilerlemelerin, dolaylı yoldan öbürlerini de etkileyeceğini vurgulayalım. Örneğin arabalar, farklı mal-



zemelerden yapılmış çeşitli parçalardan oluşur. Daha hızlı gitmesi için, bir otomobilin hafifletilmesi, süspansiyonu, motoru, frenleri, lastikleri ve koltukları bile değiştirmeyi gerektirebilecektir. Böylece, malzemelerin teknik ilerlemeleri birbirlerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

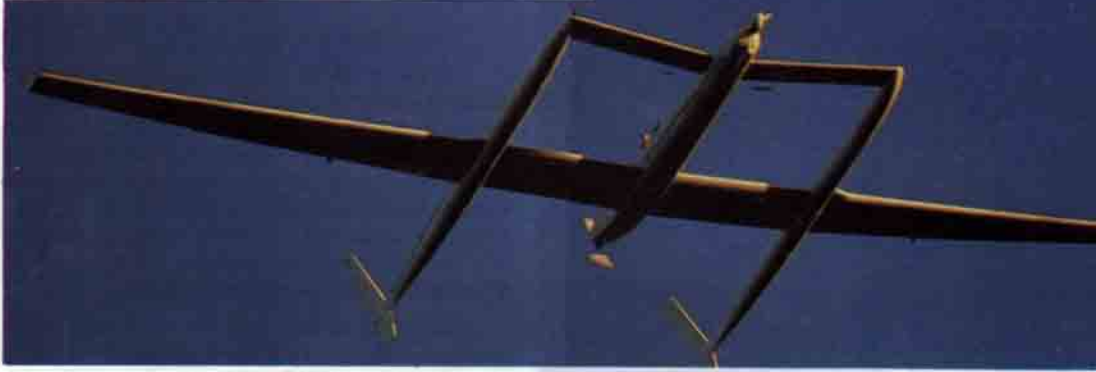
## BİRLEŞİK MALZEMELERİN BAŞARISI

23 Aralık 1986 günü, **Voyager** adlı bir uçak, dünya çevresindeki dokuz günlük uzun bir yolculuktan sonra, Kaliforniya'daki d'Edwards hava üssüne döndü. Hiç iniş yapmadan ve hiç yakıt almadan yaklaşık 41 000 km yol almıştı. Böyle bir başarı, geleneksel malzemelerden yapılmış bir makine ile sağlanamazdı. Kısa bir zamandan beri, yalnızca birleşik malzemeler, hem sert, hem dayanıklı, hem de hafif olan büyük yapıların tasarlanmasını ve gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Sporda da, yine aynı malzemeler ve aynı teknolojilerin kullanımı, atletlerin niteliklerinin çarpıcı biçimde artmasına imkân veriyor. Başlıca örnek, sırkla atlamadır. Geçen yüzyılın sonlarında kullanılan sert sırkla, atlayıcılar iki metreyi ancak geçebiliyorlardı (1863'de 2,44 m); birleşik malzemelerden yapılan esnek sırkla ise, 1986'da Sovyet atleti Bubka altı metre çizgisini aşmayı başarmıştır.

Çeliğe göre dört kez hafif, ama daha dayanıklı ve daha sert olan, yorgunluk olayının kötü etkilerine duyarlı olmayan ve bazılan yüksek, hatta çok yüksek sıcaklıklarda da kullanılabilen bu yeni malzemeler nelerdir? Adından da anlaşılacağı gibi, bir birleşik malzeme, birçok yapıtaşının (lifler ve ana malzeme olmak üzere, genellikle iki) mikroskopik ölçekte bir araya gelerek oluşturduğu, makroskopik ölçekte ise, hiç değilse belli doğrultularda özgün özellikleri olan bir bütündür.

Birleşik yapı malzemelerinde, temel görevi malzemeye etki eden mekanik zorlamayı taşımak olan, destek nitelikli bir yapıtaşı bulunur. Bu oldukça kar-

"Voyager"nin, hiç iniş yapmadan gerçekleştirdiği dokuz günlük dünya çevresindeki gezisi, ancak birleşik malzemelerle elde edilebilecek başarıdır.



maşık destek yapıtaşı, liflerden oluşur ve yapının sağlamlığı için gereken yerlerde kullanılır. Lifler ve birleşik malzemelerle oluşturulan malzeme dokusu ile, malzemenin taşınması gereken mekanik yük arasında kusursuz bir uyum arayışı, homojen ve eşyönlü (özotrop) malzemelerle gerçekleşemez. Böylece, liflerden kaynaklanan eşyönsüzlük (anizotropi) özelliği, birleşik malzemelerin temel bir özelliğidir. Lifli

destek malzemesinde aranan, yorgunluğa (devirsel iklim değişmelerinin etkilerine) dayanıklılık ve hafiflik gibi özellikler, malzeme seçimini seramik türlerine doğru yönlendirmektedir. En kusursuz lifler, bazen mikrondan (1 mikron =  $10^{-3}$ mm) da ince olabilen en ince liflerdir. Ayrıca, yüzlercesi ya da binlercesi bir araya gelerek lifleri oluşturan lif elyafları, yançapları yeterince küçük olmak koşulu ile, kağıt ya da dokuma sanayisinin bir yan-ürünü olarak elde edilebilir.

Cam dışında, seramik lif üretiminin incelikli ve pahalı olması nedeniyle, araştırmalar organik lifler (aramidler, polietilen, vb.) üretimi alanına yönelmiştir. Ana yapıtaşı organik olan birleşik malzemeler, yavaş yavaş hava, uzay, kara ve deniz taşımacılığına, spor dallarına, tıp gereçlerine, robot yapımına (eylemsizlikleri az ve sert olduklarından), kimya alanına (aşınmaya dayanıklı olduklarından), elektroteknik ve elektroniğe (yalıtkan olduklarından) ve müzik aletleri yapımı gibi geleneksel bir alana bile girmiş durumdadırlar. Saydığımız çeşitli uygulamalarda, birleşik malzemeler son derece çeşitli başka malzemelerle (tahta, çelik, hafif alaşımlar, bazı plastikler, beton türleri) yarış halindedirler.

Birleşik malzemeler, kendileri hafif olup, daha çok yük taşınmasını sağladıklarından, şimdiden hava ve uzay taşımacılığında kendilerine önemli bir yer edinmişlerdir. Bunların kara taşımacılığına girmeleri ise, üretim serilerinin önemi ve pahalı olmaları nedeniyle daha yavaş olacaktır.

Birleşik malzemelerin demir devrinden beri kullanıldığını söyleyenler gibi çok eskilere gitmesek de, son derece çeşitli olmaları ve üstün nitelikler taşımaları nedeniyle, bu yeni yapı malzemelerinin yakın gelecekte özel araştırma alanlarına ve günlük yaşamımıza girecekleri kesindir.

## XX. YÜZYILI SİMGELEYEN PLASTİKLER

Geçen yüzyılda bilinmeyen, ama şimdilerde sa-



Sovyet atleti Serguei Bubka'nın gerçekleştirdiği, sırtla atlamadaki altı metrelik rekor da, birleşik malzemelerin katılımı ile sağlanmıştır.



*Plastik maddelerin en soylusu sayılan metil polime-  
takrilatin kırılma indisi görkemli ışık oyunları sağlar.*

nayı üretiminin tümüne girmiş olan plastik madde-  
ler çağdaş dünyanın simge - malzemeleridir. Uçak-  
lar, arabalar, gözlükler, ayakkabılar, bulaşık maki-  
nalan gibi çeşitli ürünlerde onlara rastlanabilir.

Yaşanan iki petrol sıkıntısı ve ardından da dün-  
ya bunalımına karşın, plastik maddelerin yıllık geli-  
şme hızı % 5 dolayında seyretmiştir. Plastikler git-  
gide, çelik, tahta, cam v.b. gibi geleneksel ürünlerin  
yerine geçiyorlar ve özellikle elektronik ve havacılık  
gibi ileri sanayi dallarında yeni kullanım alanları bu-  
luyorlar. Böylece, plastiklerin tüm dünyadaki tüketimi,  
1950'deki 1.3 milyon ton değerinden 70 milyon  
tona yükselmiştir.

Plastik maddeler, hemen hemen yalnızca pet-  
rolden yola çıkılarak üretilen polimerlerdir : Dünya  
petrol üretiminin % 2'si plastiklere ayrılmıştır. Ama  
bir gün yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bulunan  
bir enerji kaynağından başlanarak üretiliyor olsalar  
bile, üretimleri ve biçimlendirilmeleri az enerji har-  
cadığından, plastikler bu tehlikeden korunmalıdır.  
Dolayısıyla, toplam enerji bilançosu genellikle plas-  
tiklerden yana olacaktır.

Plastik maddelerin kimyasal üretimleri çok çe-

şitlidir ve yakın ürünler arasında, aşağıda sayacağı-  
mız nedenlerle bir yanşma vardır :

- Fiziksel ve kimyasal nitelikler
- Fiyat
- Biçimlendirme kolaylığı

Plastik maddeler, iki büyük gruba ayrılır : (1) **Sı-  
caklıkta yumuşatılarak biçim verilebilen termop-  
lastikler**; bunlar, yeniden eritilip yeniden biçimlen-  
dirilebilirler ve yüksek molekül ağırlıklı mumlar ola-  
rak düşünülebilirler. (2) **Sıcaklıkta katılaştan (termo-  
durcissable) plastikler**; bunlar da, başlangıçta sı-  
caklıkta yumuşarlar, ama sonra sıcaklığın etkisinin  
sürdürülmesi ile tersinmez biçimde katılaşırlar (pi-  
şirilen yumurta akınının davranışı gibi).

Plastik maddelerle ilgili, 300°C, hatta 500°C'yi  
geçen sıcaklıklarda da mekanik özelliklerini koruma,  
ateşe karşı dayanıklılığını artırma, yüzey sağlamlığı  
kazandırma gibi çalışmalar sürmektedir. İlerlemelerin  
çoğu, polimer karbon iskeletlerinin tümü ile ya da  
kısmen, silisyum, kükürt ya da azot ile değiştirilerek  
sağlanmaktadır.

Son olarak, plastikler konusundaki güncel araş-  
tırmaların, plastiklerle seramikler arasındaki ara-  
maddeler üzerinde yoğunlaştığını vurgulayalım.

## BİYOLOJİK MALZEMELER

1950'li yıllardan beri, polimerler, metal alaşım-  
ları, seramikler, birleşik malzemeler gibi, oldukça çe-  
şitli türden malzemeler çok sayıda tıp ve cerrahi uy-  
gulamalarında bol bol kullanılıyor. Bu malzemeler,  
uygulamalara çoğunda canlı sistem ile doğrudan iliş-  
kide olduğu için **biyomalzemeler** adı altında topla-  
nıyor. Kan nakli ve temizleme aletleri, sondalar, kalp  
kapakçıkları, geçici yardım aletleri (böbrek temizle-  
me ve yapay solunum aletleri gibi), vücut - dışı do-  
laşım aletleri, vücuda yerleştirilebilen kalça ve diz  
protezleri, yapay eklem bağları, deri nakli, yapay da-  
mar ürünleri, yapay deri, kontakt lensler (değme mer-  
cekler), göz içine yerleştirilebilen başka yapay ürün-  
ler bunların en önemlileridir.

Kullanılan ilk biyomalzemeler, çarşıda buluna-  
bilenlerdi. Sonraları, gitgide, ilgili bilim çevreleri en  
az iki temel nedenle, bu malzemelerin özel nitelik-  
ler taşımaları gerektiğini anladılar. İlk neden, böyle  
malzemelerin yerleştirildiği organizmada, organ na-  
killerinden sonra ortaya çıkan reddetme tepkimele-  
rine benzer doku tepkilerinin oluşmasıdır. İkincisi,  
biyomalzemenin mekanik, kimyasal ve biyolojik özel-  
liklerinin, kullanıldıkları yerlerdeki vücut ihtiyaçları-  
nı karşılaması gerektiğidir. Gerçekten, yumuşak kon-  
takt lenslerin (değme merceklerin) taşıyacağı özel-  
liklerle, bir kalça protezinin hazırlanışında kullanıla-  
cak biyomalzemelerin özelliklerinin birbirlerinden çok  
farklı olacakları açıktır. Bu çeşitliliğe karşın, biyomal-  
zemeler, insan organizması ile uyum yapabilme tem-  
el özelliğini taşımalıdırlar. Biyomalzeme, zehirle-



*Özellikle geleceğin uzaydaki yörünge istasyonları donanımında yer alacak olan antenlerin yapımında, organik liflerin parlak bir geleceği vardır.*

yici ya da kanser yapıcı olmamalıdır; kendini çevreleyen biyolojik ortamda, işlevi gerektirmedikçe de, emilip yok olmamalıdır.

Biyolojik malzeme yapımında çalışan kimyacı, seramik, birleşik malzeme, metalurji uzmanı ya da polimer uzmanı olmasından bağımsız olarak, biyolojik sorunlarla doğrudan ilgilidir. Örneğin, kalp ve damar protezleri için, kanın pıhtılaşma işleyişini ve bağışıklık sisteminin davranışını bilmelidir; ortopedik cerrahide kullanılan biyomalzemeler için de, kemiğin dokusal çevresini tanımalıdır.

En çok kalça protezinin takıldığı (her yıl yüz binlerce) ortopedik cerrahide, çok sayıda ilerleme gerçekleşmiştir. En çok kullanılan malzemeler, metal alaşımları (paslanmaz çelik türleri) ve polimerlerdir. Metal alaşımları istenen mekanik özellikleri sağlarlar. Polimerler ise, protezleri yapıştırmada ya da yapay eklem bağlarında kullanılırlar. Organizmada bulunan salgılarla yok edilebilen bazı polimerler, kırılmış kemik uçlarını birleştirmek için cerrahi yoldan yerleştirilmiş yapraklar gibi geçici sağlamaştırma uy-

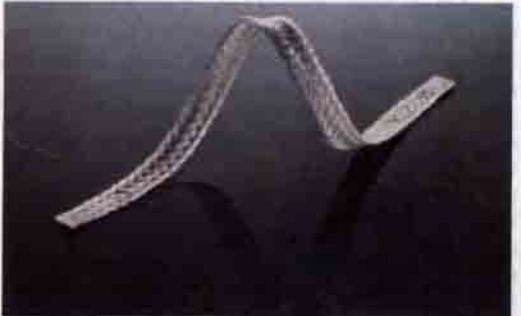
gulamaları için uygundur. Malzemenin yok edilme süresi, bileşimine bağlıdır. Böyle bir malzemenin kullanılmasının yarar, kırılmış kemikleri birleştiren yaprakları çıkarmak için, ikinci bir ameliyata gerek kalmayacağıdır.

## BETONUN ZAFERİ

Japonların son zamanlarda elde ettikleri yapay bir taş, kullanım sırasında su gibi akmakta ve kolayca herhangi biçimde bir kalıba dökülmekte, sonra da burada hızla katılaşır, kusursuz bir mermer ya da granitin sağlamlığını kazanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, bu yapay taş, herhangi biçim ve boyuttaki tek parça yapıların gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. Bir beton türü sayılabilecek olan bu yapay taşın, köprü, baraj, atom santralleri, büyük yapılar v.b.'nin yapımında hızla uygulama alanı bulacağı sanılmaktadır.

Kuşkusuz, beton yapımındaki bu ilerleme, uluslararası büyük bir yarışmanın değil, daha çok, üniversitelerin, malzeme yapımcılarının, girişimcilerin, inşaat bürolarının, büyük kuruluşların katkıda bulunduğu ve uluslararası bilgi alışverişlerinin yapıldığı ortaklaşa bir sürekliliğin sonucudur. Böylece son yirmi yılda, bilinen betondan üç ya da dört kez daha sağlam ve en iyi granitlerle karşılaştırılabilecek düzeyde hemen hemen hiç kılcal gözenekli bulunmayan, "yüksek nitelikli" adı verilen bir beton türü gerçekleştirilmiştir.

Yüksek nitelikli betonlar, genel beton teknolojisinin çeşitli imkânlarının sistemli olarak geliştirilmesi ile elde edilmiştir. Bunu açıklamak için, bir yapıtı, örneğin bir köprü direğini ele alalım; bu, çelik ve beton birleştiren birleşik bir yapı sayılabilir. Bu birlikte kullanımın zorunluğu, en iyileri de içinde olmak üzere, tüm kayalar gibi, betonun da gerilmeye, basınca olduğundan çok daha az direnç göstermesinden gelir. Bu nedenle, inşaatçılar iki tür birleştirim düşünmüşlerdir. En eskisi, XIX. yüzyılın ortalarından beri bilinen ve betonarme denilen türdür; burada, gerilme zorlamalarını yüklenmesi için, köprü direğine çelik yerleştirilir. En iyisi ise, 1930'lara doğru Fransız



*Eklem bağlarının yeniden oluşturulmasında kullanılan, polipropilenden yapılmış örgü.*



*Grande Arche de la Défense binasının yapılışı.*

Eugène Freyssinet' nin bulduğu ve "önemli beton" adı verilen türdür; burada ise, köprü direği uçlar arasında kuvvetle gerilmiş çelik tellerle beslenmiştir. Böylece, köprü direği her noktada gerilme zorlamalarını yok edecek biçimde hesaplanmış bir basıncın etkisi altında kalır. Her iki durumda da, betonun rolü, basınç zorlamalarına direnmektir; ve şimdi, iskeleti paslanmaya karşı korumak için de, iskelet çevresinde bir baz ortamı oluşturulmaktadır.

Beton, çimento ve çeşitli tanecikler (küçük ve büyük çakıl taşları, kum gibi) ile suyun bir karışımıdır; bugün, çoğu zaman bazı destek maddeleri de katılmaktadır. Bu maddelerin bir karma makinesinde karıştırılması ile beton oluşturulmaktadır. Beton sözcüğü de, Hint - Avrupa kökenli ve "karışım" anlamına gelen "bitume" sözcüğünden gelmiş olmalıdır. Karma makinesinden çıkışta, beton, bilimsel terimlerle söylenecek olursa, taneciklerin sudaki çok yoğun bir süspansiyonudur. Oldukça koyu olan bu süspansiyon, sallanarak akışkan hale getirilebilir. Plastikleştirilen ya da akışkanlaştırılan özel destek maddeleri ile, süspansiyonun tam olarak sıvılaştırılması yeni bir ilerleme olmuştur. Teknik sözlükte, bu süspansiyona "harç beton" denir; sıvı ya da macun olan bu karışımın en önemli özelliği kalıba dökülebilmesi ve kalıbın biçimini almasıdır.

Çimento ile su arasındaki kimyasal olaylar, bu iki bileşenin birbiriyle, daha karma makinesinin için-

de ilk karşılaşmalarında başlar. Ama bu hidrasyon tepkimesinin etkileri hemen görülmez. Betonun taşınabileceği ve akışkan kaldığı, iki üç saatlik bir gizlilik dönemi vardır. Temel dönüşüm daha sonra oluşur; birkaç saat içinde sıvı durumdan katı duruma geçer : Kavrama denen bu olayın sonunda, betonun sağlamlığı genellikle iyi değildir; birkaç hafta boyunca sağlamlığı artmay sürdürür; beton sürekli sulanarak korunuyorsa, sağlamlığın artışı daha da uzayabilir. Bu ise, katılaşma olayıdır. Bu arada, sık sık yapılan ve katılaşmayı kurutma ile bir tutan bir yanılgıyı da belirtelim. Oysa betonun, üstün bir yapı malzemesi olmasını sağlayan önemli özelliği, su altında tutularak katılaşmasıdır. Buradaki olay, yalnızca kimyasal bağların oluşmasını sağlayan, bir iç su tüketimidir.

Şimdi de, 2. Dünya Savaşı'ndan beri gerçekleştirilen ilerlemelerden birkaç örnek verelim :

**Enerji bedelinin düşmesi :** Çimentonun ana bileşeni olan ve kayaların yüksek sıcaklıkta fırınlanması ile elde edilen klinkerin enerji bedeli bu savaştan beri sürekli düşmektedir; yalnız son yirmi yıl içinde % 22'lik bir düşme olmuştur. Ayrıca da, niteliği, yani dayanıklı çimento oluşturma yeteneği sürekli artmıştır.

**İşçilik bedelinin düşmesi :** Betonun kullanılış biçimi de önemlidir. Mineral yüzeylerine tutunarak, onların elektrik yüklerini değiştiren organik maddelerden oluşan sıvılaştırıcı destek maddelerinin kullanılması, bir yapının döşemelerinin yapılma zamanını, niteliği de bozmadan, 5, hatta 10 kat azaltmaktadır.

**Kalıcılık :** Betonun gözeneklerinin azaltılması ve çimento oranının artırılması ile çok yüksek nitelikli beton türleri elde edilebilir, bunlarla yapılacak yapılara uzun kalıcılık kazandırılmı olacaktır.

Betonlarla ilgili yüksek nitelikli ilkeleri, çeşitli ihtiyaçları karşılamayı amaçlamaktadır. En başta basınca dayanıklılık olmak üzere, şu amaçlar sayılabilir :

- Eşdeğer dayanıklılıkta, ama çok daha hafif olmak. Hafiflik, özellikle uzun köprüler için önemlidir; çünkü betonun dayanıklılığı, büyük ölçüde köprünün kendi ağırlığını taşımaya yarar.

- Katı beton ile eşdeğer dayanıklılıkta olmak üzere, akıcılığı sayesinde, az girilebilir yerlere harç betonu rahatça akıtılabilmek.

- Denizlerdeki petrol platformları gibi, tehlikeye açık yerlere yapılacak yapılara uzun kalıcılık sağlamak.

- Su toplama yerlerine iyi bir su geçirmezlik özelliği sağlamak.

Yüksek niteliklere ulaşmanın başka imkânları da araştırılmaktadır. Örneğin, çelik ya da cam lifli betonlar başta olmak üzere, yüksek esneklik katsayılı plastik lifli betonlar da kullanılmaya başlanmıştır. Bir başka gelişme yolu, çimento - polimer karışımı be-

tonlardır; karıştırma ya karma makinesinde, ya da beton donduktan sonra, betonu, içindeki kılcal aralıkları dolduracak bir reçine ile ıslatarak yapılır.

Acaba, yüksek nitelikli olma yolundaki beton türleri, metallere, seramiklerle ya da sıcaklıkla katılan plastiklerle yarışabilecekler mi?

## DAYANIKLILIĞIN SİMGESİ ÇELİK

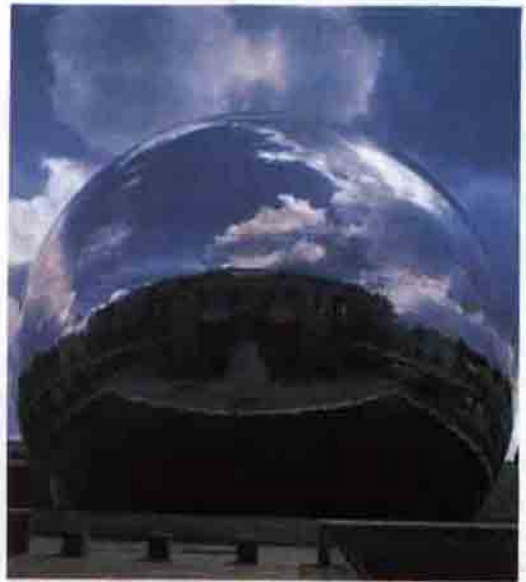
Çelik, bir yüzyılı aşan bir zamandan beri, ulusların sanayi gelişiminin, ordu gücünün ve zenginliğinin simgesidir. Son yüzyılda da, üretimi artmasını sürdürmüştür. Ancak 1974'den sonra, enerji bunalımı nedeniyle üretim artışı yavaşlamıştır. Yalnız, yeni sanayileşmiş birkaç ülke üretimini kısmamıştır.

Yine de, tüm dünyadaki çelik tüketimi çok azalmayıp, her yıl yüzde birkaç oranında artarak, yılda 700 milyon tonu geçmiştir. XX. yüzyılın sonunda da, çelik birincil önemde bir stratejik malzeme olarak kalacaktır. Çeliğin, yerini korumasını sağlayan üstünlükleri nelerdir?

Önce, çeliği, ya da her biri kullanış amacına daha iyi uyarlanmış olan çelik türlerini hatırlayalım. Yoğunluğu 7,8 olan, demir ve karbon alaşımı çelik, çeşitli mekanik özelliklerin bir arada bulunduğu en ucuz ve en çok kullanılan metaldir. Hem çok sert, hem esnek; yani, kopmadan tel halinde çekilebilen, dövülerek yassılaştırılabilen, çarpmalarda kırılmayan katı ve dayanıklı bir malzemedir. Oldukça homojendir, işlenebilir, kaynak yapılabilir. Tüm metaller gibi, çelik de, çok kristalli bir metaldir ve özellikleri, küçük kristallerin doğasına ve yapısına sıkı sıkıya bağlıdır. Günümüzde, kristalleri kusursuz olarak denetlenebilen çelik türleri yapılabilmektedir: Oldukça yumuşak bir metal (çok kolay şekil verilebilen saclar, manyetik amaçlarla kullanılan saclar) elde etmek amacı ile oldukça "iri" (birkaç on mikron) kristaller, karşıt olarak da, hem dayanıklı hem kırılmayan bir metal elde etmek için çok ince (birkaç mikron) kristaller gerekir.

Ayrıca, çeliğe katılan çok az miktarlardaki bazı elementler (azot, titan, niobyum, vanadyum, bor, hidrojen, oksijen, fosfor, kükürt gibi) de, çeliğin niteliklerinde önemli değişiklikler yapabilirler. Önemli miktarlarda katılan krom, nikel, molibden gibi alaşım elementleri ise, en bilineni oksitlenmez çelik olmak üzere, yeni çelik türleri elde edilmesini sağlarlar. Bu çelik türü, çeliğin nemli havalarda ya da daha zor çevre koşullarında (denizcilikte, kimya sanayisinde, vb.) karşı karşıya bulunduğu paslanma sorununa bir çözüm getirmiştir. Ancak, oksitlenmez çelik türlerinin fiyatının çok daha yüksek olması, evrensel kullanım için engeldir.

Çelik, bu açıkladığımız özellikleriyle, araba sanayiinde, lastik sanayiinde seramiklerle, plastiklerle ve birleşik malzemelerle, İngiltere ve Japonya gibi ülkelerde ise, büyük inşaatlarda beton türleri ile



*Tasarımını Adrien Fainsilber'in yaptığı, la Géode de la Cité des Sciences et de l'Industrie binası, saf paslanmaz çelik ile kaplanmış 36 m çaplı bir küre biçimindedir.*

yaşmaktadır. Metal yapılar sanayii, son on yıllarda, denizlerdeki petrol platformlarının yapımında gelişmiştir. Dalgalar, denizde paslanma ve bazen de düşük sıcaklık tehlikesi ile karşı karşıya bulunan bu tür dev yapılarda, yüksek nitelikli metal malzemelerin kullanılması zorunlu olmuştur.

Demiryolu taşımacılığı ve büyük motorların yapımı, çeliğin üçüncü büyük kullanım alanıdır. Nükleer sanayi, petrokimya ve ağır kimya sanayileri de yüksek nitelikli çelik türlerinin büyük tüketim alanlarıdır. Elektronik ev eşyaları, mobilyalar, büro gereçleri, çeşitli ev eşyaları üretiminde de çelik, plastiklerle, tahta ile, alüminyum ile yarışmaktadır; özellikle paslanmaz çelik, üstün nitelik demektir. Paketleme (çepçerferi gitgide incelen bidonlar, konserve kutuları, içki kutuları yapımı) de, paslanmaz niteliği ve yeniden kullanılabilme özelliği ile, çeliğin başanlı başka bir tüketim alanıdır. Motorların mıknatıs devrelerinin, elektrik alternatifleri ve transformatörlerinin yapımında kullanılan "elektriksel" çelik türlerini ve sıvı gazların toplanmasına yarayan kapların yapımında kullanılan "soğuk teknoloji" çelik türlerini de saymak gerekir.

Sonuç olarak, günümüzde geleneksel kullanım alanlarında, çelik bazı sınırlamalarla karşılaşsa da, çelik yapımcıları, sürekli olarak ve başarıyla, gelişmekte olan yeni pazarların ihtiyaçlarını karşılayacak yeni ürünler üretmeye çalışıyorlar. Henüz tümünden yararlanılmayan masalsi bir özellik hazinesi olduğu anlaşılan çelik, geleceğin umut veren bir malzemesini oluşturuyor. □