

## **POLİMER BETONUN YAPISI VE KULLANIM ALANLARI**

**Fatih C. BABALIK\***  
**Serdar SAYLAN\*\***

### **ÖZET**

*Günümüzde gittikçe gelişen takım tezgahlarından istenen performansın alınmasında önemli bir unsur olan tezgah gövdelerinin inşasında, geleneksel yapı malzemesi olan dökme demir ve çelik kaynak konstrüksiyonları yerine kullanılabilir alternatif malzemeler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada alternatif yapı malzemelerinden biri olan polimer betonun tanıtımı yapılmıştır.*

### **ABSTRACT**

#### **The Structure of Polymer Concrete and Their Applications**

*Various researches are maintained to find out alternative materials instead of cast iron and steel welding constructions which are traditionally used for the production of tool beds which are the most important elements of machine tools to provide high efficiency in manufacturing operations. In this study, the polimer concrete as an alternative material is introduced to the interested readers.*

---

\* Prof. Dr.; U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bursa.

\*\* Yrd. Doç. Dr.; U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Balıkesir.

# 1. GİRİŞ

Çimento, diğer yapı malzemelerine göre ucuz oluşu, hammaddesinin kolay temini ve istenen forma dökülebilirliği nedenleriyle Romalılardan bu yana kullanılmaya başlanmış en yaygın yapı malzemesidir. Önceleri yanardağ küllerinden elde edilen çimentonun dayanımı  $50 \text{ daN/cm}^2$  iken bundan yaklaşık yüzelli yıl kadar önce kalker-kil karışımı yüksek sıcaklıklarda pişirilerek üretilen çimentonun basma dayanımı  $300 \text{ daN/cm}^2$  ye çıkarılabilmektedir. Bu gelişmesine ve belirtilen avantajlarına rağmen çimento mükemmel bir yapı malzemesi değildir. M.Ö.2000'li yıllardan günümüze kadar birlikte yaşadığımız çimento betonunun yetersizlikleri ve arzulanmayan karakteristikleri mevcuttur. Yüksek su geçirgenliği, düşük çekme mukavemeti, aşırı ağırlığı, düşük çarpma direnci, düşük elastikiyet modülü, yetersiz izolasyon özellikleri, kimyasal aşındırıcılara karşı zayıf direnci ve komplike şekil verilebilme zorluğu arzulanmayan mühendislik karakteristikleridir ve bu yetersizlikler, bugün dahi giderilmeye çalışılmaktadır. Geleneksel betonun mühendislik karakteristiklerini değiştirmek için polimerlerin kullanımına ilişkin ilk ciddi araştırmalar 1960'lı yılların başında başladı. Genel olarak dayanıklılığı yüksek yeni bir yapı malzemesi geliştirildi. Bu yeni malzeme, yukarıda belirtilen problemlerden pekçoğunun çözümü olarak görüldü.

Normal beton, çimento hamurunun taneli yapıya karıştırılmasıyla oluşturulur. Bu yeni malzeme ise polimerlerin taneli yapıya karıştırılmasıyla elde edildiği için beton sınıfı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramla birlikte betonu, çimento betonu ve polimer beton olmak üzere iki gruba ayırmak gerekecektir. Polimer betonun, çimentolu betona göre en büyük dezavantajı ekonomik problemdir. Ancak maliyet ile mukavemet ve ağırlık ile mukavemet arasındaki oran, kimyasal direnci ve zaman tasarrufu düşünülürse, artan maliyet görünümünü kullanımına daha az engel olur ve polimer beton kullanımı özellik gerektiren uygulamalarda öncelik kazanır.

## 2. POLİMER BETONUN SINIFLANDIRILMASI

Polimerlerin beton teknolojisinde kullanımını üç ana grupta toplayabiliriz:

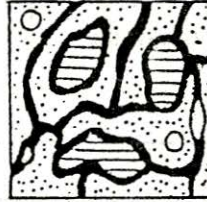
1. PC (Polymer Concrete) adı verilen sentetik reçine betonları
2. PCC veya PPCC (Polymer Cement Concrete veya Polymer Portland Cement Concrete) olarak adlandırılan polimer çimento betonları.
3. PIC (Polymer Impregnated Concrete) ile simgelenen polimer emdirilmiş betonlar.

2. ve 3. grup betonlara polimerlerle geliştirilmiş betonlar adı da verilmektedir. Bu üç grup betonun yapı formu şekil 1'de gösterilmiştir. Taralı alanlar agregaları, koyu siyah çizgili kanallar polimerle doldurulmuş kılcal

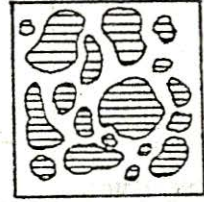
boşlukları, noktalı alan çimento fazını, beyaz bırakılan sürekli alan polimer fazını göstermektedir. PCC de agregaların çevresinde polimer filmi oluşmuştur, kılcal boşlukların bir bölümü de doldurulabilmiştir. PIC de tüm kılcal boşluklar polimerle kaplanmıştır. PC de ise agregaları çeviren matrix tümüyle polimerdir.



PCC



PIC



PC

Şekil: 1. Polimer beton tipleri

Polimer betonda, çimento yerine doğrudan polimer kullanılmakta kum-çakıl gibi dolgu maddeleri önce monomerle karıştırılmakta, sonra monomer polimerleştirilmektedir. Bu türde, dolgu maddelerinin miktarı % 90'a kadar çıkabilmekte ve malzemenin gözenek hacmi sıfıra indirgenebilmektedir. İkinci tür polimer betonda önceden polimerleştirilmiş madde, çimento harcına sertleşmeden önce karıştırma sırasında katılmaktadır. Kimi zaman daha düzgün bir iç yapının sağlanması için harca, polimer yerine monomer konulmakta, harç bir miktar sertleştikten sonra da monomer polimerleştirilmektedir. Bu tür betonda, % 30'luk bir polimer yüklenmesiyle mukavemette ancak % 50'lik bir artış sağlanabilmektedir. Fazla ümit verici bir yapı malzemesi olarak düşünmemek gerekir. Yalnız polimerli atıkların çevreye atılması yerine bu şekilde değerlendirilmesi düşünülebilir. Polimer emdirilmiş beton ise sertleşmesi tamamlanmış çimento betonuna monomer emdirip polimerleştirerek yapılmaktadır. Bu tür polimer betonda hem çok daha az monomer kullanılmakta, hem de betonun dayanıklılığı çok fazla artırılmaktadır.

### 3. POLİMER BETONUN YAPISI

Polimer betonun özellikleri büyük ölçüde bağlayıcıların miktarına ve özelliklerine bağlıdır. Bağlayıcı olarak kullanılan polimer miktarı, polimer beton ağırlığının % 8-25' i dir. Polimer beton üretiminde kullanılan bağlayıcılar şekil 2'de listelenmiştir.

Anorganik dolgu malzemeleri başlığı altında topladığımız, kum, çakıl ve doldurucu malzeme olarak genellikle kristalize kalsit, dolomit, mermer tozu, alüminyum oksit, perlit ve kuvarz kullanılır. Kuvarz, bu dolguların içinde en sert ve de en yüksek mekanik mukavemet verenidir. Tane büyüklüğü ve miktarı, nihai

üründen beklenen özelliklere göre belirlenir. Çizelge 1'de dekoratif ve teknik ürünler için tane büyüklüğü dağılımı verilmiştir.

|                                |                       |                        |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Polimer Beton İçin Sıvı Reçine | Termoset Reçine       | Poliester (UP)         |
|                                |                       | Epoksi (EP)            |
|                                |                       | Poliüretan (PUR)       |
|                                |                       | Fenol (PF)             |
|                                | Katran İlaveli Reçine | Epoksi Katran          |
|                                |                       | Üretan Katran          |
|                                | Reçine İlaveli Asfalt | Epoksi Asfalt          |
|                                |                       | Lastik Asfalt          |
|                                | Monomer               | Metil Metakrilat (MMA) |
|                                |                       | Stiren (ST)            |

Şekil: 2. Polimer beton yapımında kullanılan reçineler

Tablo: 1. Dolgu Malzemelerinin Tane Büyüklüğü Dağılımı

| Tane Büyüklüğü | Dekoratif Ürün (%) | Teknik Ürün (%) |
|----------------|--------------------|-----------------|
| < 0.1 mm       | 10 - 35            | 10 - 17         |
| 0.1 - 1 mm     | 20 - 50            | 35 - 55         |
| 1 - 2 mm       | 0 - 30             |                 |
| 1 - 3 mm       |                    | 25 - 30         |
| 3 - 7 mm       |                    | 0 - 30          |

Polimer betonun istenen mukavemette sertleştirilebilmesi için polimere uygun katalizör ve hızlandırıcı ilave etmek gerekir. Polimere katılacak hızlandırıcı, katalizör, dolgu miktarı ve tane büyüklüğü dağılımı, çalışma ortamının sıcaklığı, izafi rutubeti belli denge limitleri içinde olmalıdır. Bu altı değişken polimer betonun mukavemetine etki eden başlıca faktörlerdir. Çizelge 2'de en çok kullanılan reçine tipleri için karışım oranları verilmiştir.

**Çizelge: 2. Polimer Betonda Reçineye Bağlı Karışım Oranları**

| MALZEME             |                   | Polimer Beton Tipi ve Ağırlık Olarak Karışım Oranları |              |                  |                                   |                   |
|---------------------|-------------------|---|--------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
|                     |                   | Poliester Beton                                       | Epoksi Beton | Poliüretan Beton | PMMA Beton                        |                   |
| Bağlayıcı           | Sıvı Reçine       | Doymamış Poliester<br>11.25                           | Epoksi<br>10 | Poliüretan<br>20 | MMA 9.0<br>PMMA 0.5<br>TMPTMA 0.5 |                   |
| Doldurucu           | Kalsiyum Karbonat | 11.25   | 10           |                  | 10                                |                   |
| Kum, Çakıl Karışımı | İnce Kum          | < 1.2   | 38.8         | 20               | 20                                | 40.05             |
|                     | Kaba Kum          | 1.2-5   | 9.6          | 15               | 15                                | 9.91              |
|                     | Çakıl             | 5-20  | 29.1         | 45               | 45                                | 30.04             |
| Muhtelif Malzemeler | Katalizör         | MEKP  |              |                  |                                   | BP 0.4<br>DMA 0.1 |
|                     | Hızlandırıcı      | Kobalt Oktolat  |              |                  |                                   |                   |

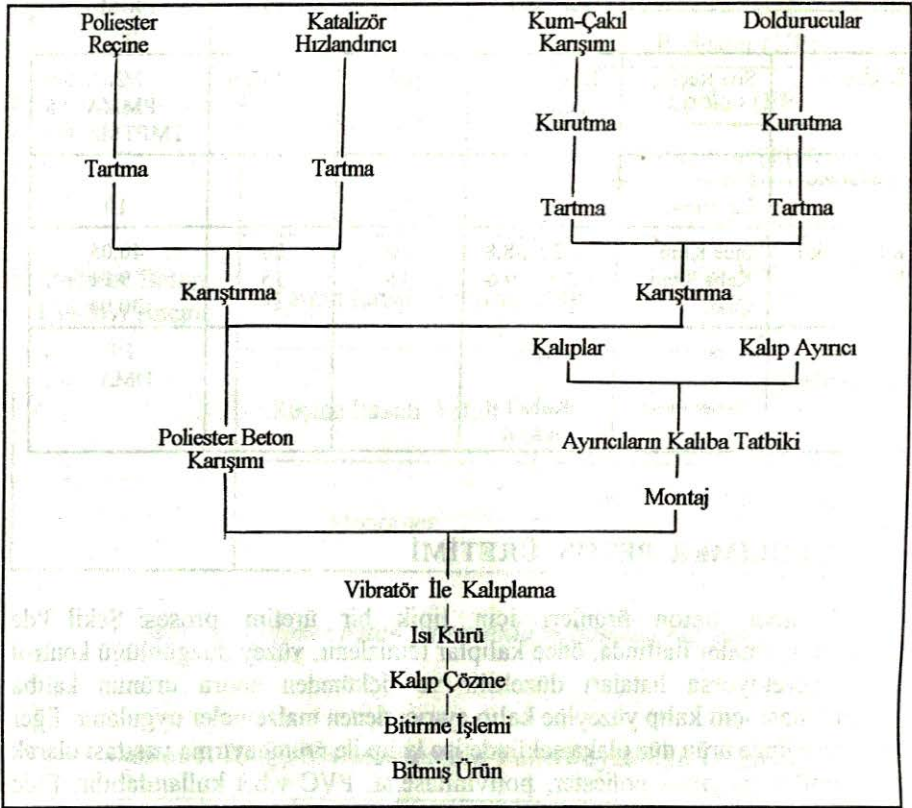
#### 4. POLİMER BETON ÜRETİMİ

Polimer beton ürünleri için tipik bir üretim prosesi Şekil 3'de verilmiştir. İmalat hattında, önce kalıplar temizlenir, yüzey düzgünlüğü kontrol edilir, gerekiyorsa hataları düzeltilir ve dökümden sonra ürünün kalıba yapışmaması için kalıp yüzeyine kalıp ayırıcı denen malzemeler uygulanır. Eğer elde edeceğimiz ürün düz plaka şeklinde ise kalıp ile ürünü ayırma vasıtası olarak rulo filmler (doymuş poliester, polivinilasetat, PVC v.b.) kullanılabilir. Elde edeceğimiz ürün girifit ise ayırma vasıtası olarak max sürülerek parlatılır, sonra PVA çözeltilisi tek yönlü bir hareketle sürülür. Kalıp ayırıcı film tabakası oluşuncaya kadar yüzeyler toz ve nemden uzak tutulmalıdır.

Hazırlanan karışım genellikle vibrasyon ile kalıplara dökülür. Polimer beton harcı içinde kalan hava habbecikleri ürün kalitesini bozacaktır. Bu nedenle sertleşme başlamadan hava boşlukları dışarı atılmalıdır. Ürünün kalıp içinde sertleşmesi beklenir. Bu süre cure time diye tabir edilip imalatın en hassas safhalarından biridir. Ortam sıcaklığı ve rutubetindeki değişme, ürün kalıbının formu ve kütlesi cure time 'ın değişmesi için birer faktördür. Süre sonunda ürün kalıptan çıkarılır, gerekiyorsa çapaklar temizlenir.

Kalıp malzemesi olarak genellikle metal, cam takviyeli plastik (CTP), plastik veya ahşap kullanılır. Yüzey düzgünlüğü ve dayanıklılık açısından paslanmaz çelik ideal bir kalıp malzemesidir. Ancak maliyet yönünden dezavantajlı durumdadır. Ahşap ise, düz yüzeyli formlar için uygun olup, kısa ömürlü bir malzemedir. 20 defaya kadar olan dökümler için ağaç modeller yeterli olmaktadır. CTP ise kolay şekillendirilme, hafiflik, kolay tamir edilebilme

ve uygun fiyatı ile diğer malzemelere üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle en fazla kullanılan kalıp malzemesidir.



Şekil: 3. Polimer beton model ürünleri için tipik işlem şeması

## 5. POLİMER BETONUN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Polimer beton üzerinde 30 yıldan bu yana çeşitli araştırmacıların yaptıkları çalışmalar, kullanılan reçinenin tipi, kalitesi ve miktarı, dolgu malzemelerinin cinsi ve tane büyüklüğü dağılımı gibi pek çok değişkene bağlı olarak çok büyük olmamakla birlikte farklı sonuçlar vermiştir. Buna rağmen polimer betonun bazı üstün özellikleri araştırmaların ortak sonucu olmuştur. Bu özellikleri; kimyasal maddelere karşı yüksek dayanıklılık, küçümsenmeyecek mukavemet değerleri, çok az büzülme, şekil değiştirmeye karşı tatminkar direnci, son derece az su emme özelliği ile dona karşı mukavemet, ısıyı çok az geçirme ve titreşimleri büyük oranda emme şeklinde sayabiliriz.

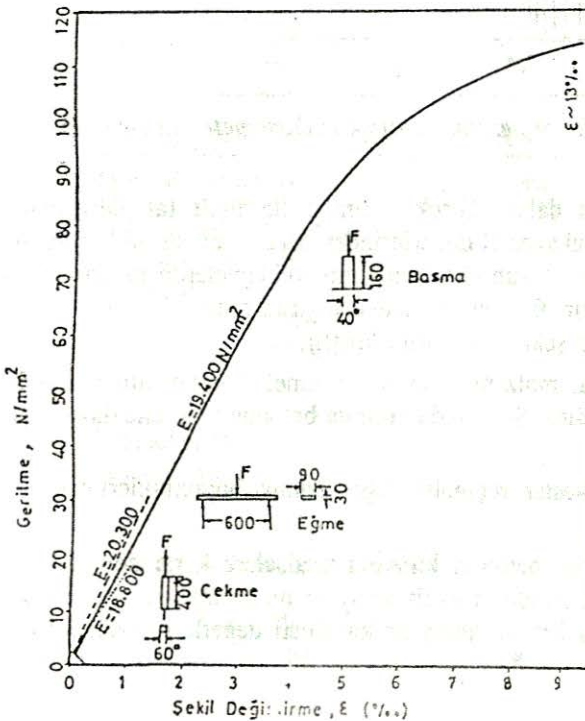
Pek çok değişken polimer betonun özelliklerini büyük oranda değiştirmektedir. Çeşitli polimer bağlayıcıların kullanılmasıyla polimer betonun değişen mekanik özelliklerinden birkaçı çizelge 3'de sunulmuştur. Sonuçlara göre

poliester, epoksi ve PMMA reçineli polimer betonlarda daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmektedir.

### Çizelge: 3. Reçine Tipinin Polimer Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerine Etkisi

| Özellikler            | Özgül Ağırlık daN/m <sup>3</sup> | Mukavemet daN/cm <sup>2</sup> |           |           | Elastisite mod.*10 <sup>4</sup> daN/cm <sup>2</sup> | Su Absorbesi W, % |
|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|---|-------------------|
|                       |                                  | Basma                         | Çekme     | Eğilme    |   |                   |
| Reçine Tipi :         |                                  |                               |           |           |   |                   |
| Furan                 | 2200 - 2400                      | 700 - 800                     | 50 - 80   | 200 - 250 | 20 - 30   | 0.05 - 0.3        |
| Poliester             | 2200 - 2400                      | 800 - 1600                    | 90 - 140  | 140 - 350 | 15 - 35   | 0.05 - 0.2        |
| Epoksi                | 2100 - 2300                      | 800 - 1200                    | 100 - 110 | 170 - 310 | 15 - 35   | 0.05 - 0.3        |
| Poliüretan            | 2000 - 2100                      | 650 - 720                     | 80 - 90   | 200 - 230 | 10 - 20   | 0.3 - 1.0         |
| Fenol                 | 2200 - 2400                      | 500 - 600                     | 30 - 50   | 150 - 200 | 10 - 20   | 0.1 - 0.3         |
| PMMA                  | 2200 - 2400                      | 800 - 1500                    | 70 - 100  | 150 - 220 | 15 - 35   | 0.05 - 0.6        |
| Referans Malzemeler : |                                  |                               |           |           |   |                   |
| Asfalt betonu         | 2100 - 2400                      | 20 - 250                      | 2 - 10    | 20 - 150  | 1 - 5   | 1.0 - 3.0         |
| Çimento betonu        | 2300 - 2400                      | 100 - 600                     | 10 - 50   | 20 - 70   | 20 - 40   | 4.0 - 6.0         |

Şekil 4 de çekme, basma ve eğilme zorlamaları altındaki poliester reçineli beton numunelerinin gerilme-deformasyon eğrileri verilmiştir.



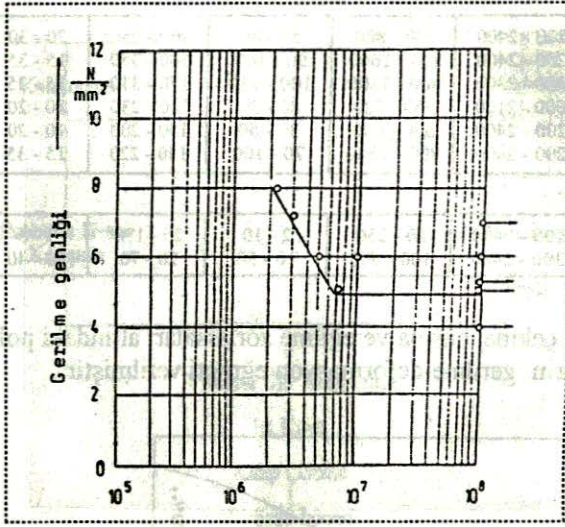
Şekil: 4. Gerilme tipinin elastisite modülüne etkisi

Yukarıdaki şekilde elastisite modülünün zorlama tipine büyük oranda bağımlı olmadığı görülmektedir. Buna karşı, elastisite mod. ve kayma modülünün yoğunluk ile arasında lineer bir ilişki söz konusudur:

$$\text{Elastisite mod ; } E = 33792 * \rho - 39500 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\text{Kayma modülü ; } G = 33153 * \rho - 61294 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\text{Yoğunluk } \rho \text{ ; } \text{ [ gr/cm ]}$$



Şekil: 5. Polimer betonun eğilme mukavemeti

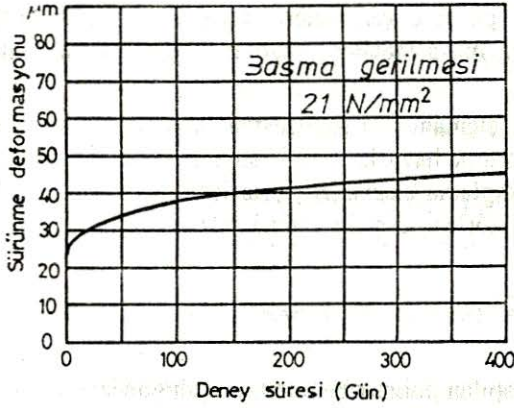
Takım tezgahlarından daha yüksek verimler ile ilgili talepleri olan kullanıcıyı, tezgahın statik mukavemet değerlerinden önce, uzun süreli kullanım ve dinamik durum ilgilendirir. Uzun süreli dinamik yüklemelerde mukavemet değerlerini wöhler eğrisi verir. Epoksi reçineden (ağırlık oranı % 7) yapılmış polimer betonun wöhler eğrisi şekil 5'de gösterilmiştir.

Konstrüktörleri ayrıca, malzemelerin mukavemet değerlerinin yanında sürünme davranışı da ilgilendirir. Şekil 6'da polimer betonun sürünme davranışı verilmiştir.

Polimer betonun (poliester reçineli) diğer teknik büyüklükleri çizelge 4'de sunulmuştur.

Yapılan testler polimer betonun kimyevi maddelere karşı son derece dayanıklı olduğunu göstermektedir. Çeşitli kimyevi maddelere 15 ay maruz bırakılan numunelerde, arta kalan basma mukavemeti değerleri çizelge 5'de verilmiştir.





Şekil: 6. Polimer betonun sürünme davranışı

#### Çizelge: 4. Poliester Betonun Diğer Teknik Özellikleri

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Isıl genişleme katsayısı | : (10-18)*10 m/m°C                                |
| Isı iletim katsayısı     | : 0.8 - 2 Kcal/mh°C                               |
| Büzülmesi                | : % 0.1   |
| Özgül Ağırlığı           | : 1.4 - 2.4 kp/dm <sup>3</sup> (dolgu mad. bağlı) |
| Su Geçirgenliği          | : % 0.05  |
| Sönümlenmesi             | : Dökme demirden 6-7 kez fazla                    |

#### Çizelge: 5. Poliester Betonun Kimyasal Maddelere Direnci

| Kimyevi Maddeler           | Kalan Basma Muk. Yüzdesi |
|----------------------------|--------------------------|
| Hidroklorik asit (% 5'lik) | % 93                     |
| Sülfürik asit (% 30'luk)   | % 76                     |
| Nitrik asit (% 6'lik)      | % 65                     |
| Asetik asit (% 20'lik)     | % 64                     |
| Formik asit (% 20'lik)     | % 75                     |
| Amonyak (% 5'lik)          | 5 87                     |
| Sodyum karbonat (% 10'luk) | % 76                     |
| Etil alkol (% 50'lik)      | % 80                     |
| Deniz suyu                 | % 88                     |

## 6. KULLANIM ALANLARI

Polimer beton sahip olduğu kimyasal ve mekanik üstünlükleri ile çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Esas olarak polimer beton ürünlerini iki gruba ayırabiliriz:

1. Süsleme elemanları: Dış cephe kaplama elemanları, duvar kaplamaları, pencere eşikleri, pencere çerçeveleri, lavabolar, tuvaletler, banyo küvetleri, havuz elemanları, masa tablaları, vazolar, çiçek saksıları, mezar taşları, süs eşyaları.

2. Teknik elemanlar: Kanalizasyon kanalları, kimya sanayi için özel kanalizasyon ve arıtma havuzları, deniz suyu içindeki inşaat projeleri, su arıtma tesisleri, tünel kaplama elemanları, şehirler arası yol ara bölmeleri, depolar, yüksek voltaj izolatörleri, transformatör kaideleri, uçak pistleri.

## 7. SONUÇ

Tanıtımı yapılan polimer betonun, tezgah gövdelerinin üretiminde dökme demir ve çelik kaynak konstrüksiyonlarına alternatif bir malzeme olmasını sağlayan üstün özellikleri vardır.

Bu üstün özelliklerini şu şekilde sıralıyabiliriz:

- Polimer beton döküm tekniğinin kolay bir teknoloji olması,
- Beton dökümün oda sıcaklığında gerçekleştirilmesi ve birçok şekilde yardımcı materyal kullanabilme imkanları ile konstrüksiyonda daha özgür düzenleme yapabilme,
- Polimer betonun iyi döküm kabiliyetine sahip olması nedeni ile karmaşık parçaların kolay üretimi,
- Üretiminde enerji gereksiniminin azlığından dolayı tasarruf sağlanması,
- Daha iyi sönümlene özelliğine sahip olan polimer betonun tezgah gövdelerinde kullanımı ile gürültü seviyesinin düşürülmesi,
- Çevre sağlığını tehdit etmeden üretilebilmesi.

Bütün bu olumlu yönlerine rağmen, polimer betonun tanım değerlerinin zamana, sıcaklığa bağlı olması ve bundan önemlisi bu konulara ilişkin bilgi birikiminin azlığı nedenleriyle tezgah üreticilerinin ve kullanıcılarının henüz bu konuya sıcak bakmadıkları görülmektedir. Polimer teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak günümüzde devam eden ve gelecekte yapılacak araştırmalar, polimer betonun tezgah gövdelerinde kullanımını ön plana çıkaracaktır.

## KAYNAKLAR

1. KRUGER, D.: Recent developments in the use of polimer concrete, Materials and Society, vol. 9, No:3, 371-380, 1985.
2. SCHULZ, H., HICKLAU, G.: Konstruktives gestalten von werkzeugmaschinenstellen aus polymerbeton, Werkstatt und Betrieb, 115, 311-317, 1982.

3. RENKER, H.: Stone-based structural materials, Precision Engineering, vol.7, no:3, 1985.
4. YETER, F., TUĞLU, P., GÜNDÜZ, G.: Polimer betonun hazırlanması ve özellikleri, 3.Ulusal Metalürji Kongresi, Ankara, ODTÜ , 829-836 , 1 979.
5. HAFERKAMP, H., NOLTE, K.: Kunststoffe im maschinenbau, İzmir, DEÜ, 1980.
6. VIPULANANDAN, C., DHARMARAJAN, N.: Flexual behaviour of polyester polymer concrete, Cement and Concrete Research, Vol.2, 48-52, 1983.
7. KAMAL, M., TAWFIK, S., NOSSEIR, M.: Polyester mortar, Journal of Applied Polymer Science, vol.33, 1609-1622, 1987.
8. STAWOWY, J.: Schwingungsarm eingestellter polymerbeton auf polyesterharzbasis und die sich daraus ergebenden möglichkeiten der bewehrung, Darmstadt, Hüls AG, 1984.
9. HADDAD, M., FOWLER, D., PAUL, D.: Factors affecting the curing and strength of polymer concrete, ACI journal, September, 396-402, 1983.
10. SCHULZ, H., DEY, H.: Verhalten von reaktionsharzbetonbauteilen am modell simulierbar?, Werkstatt und Betrieb, 121, 5, 367-369, 1988.
11. SAYLAN, S.: Takım Tezgahı Gövdelerinin İmalinde Yeni Bir Malzeme: Polimer Beton, Doktora Tezi, U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991.