



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü

ÖZEL BETONLAR

RCC-SSB

Prof. Dr. Halit YAZICI

■ *<http://halityazici-deu.com>*



SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON
“Roller Compacted Concrete”

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB)

- Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB), İngilizce teknik literatürde “roller compacted concrete (RCC)” olarak isimlendirilir. SSB, temel olarak klasik beton gibi çimento, su, kum ve agregalardan oluşur. Fakat SSB normal betona göre çok daha kuru kıvamdadır (sıfır çökme) ve iyi sıkışmanın sağlanabilmesi için normal betona göre çok daha yüksek sıkıştırma enerjisi gerektirir.

Roller-Compacted Concrete

- **Concept and significance.** The development of Roller Compacted Concrete (RCC) caused a major shift in the construction practice of mass concrete dams and locks. The traditional method of placing, compacting, and consolidating mass concrete is at best a slow process. Improvements in earth-moving equipment made the construction of earth and rock-filled dams speedier and, therefore, more cost-effective.

Roller Compacted Concrete

- The first successful application of RCC technology was demonstrated in 1974. The repair of the collapsed intake tunnel of Tarbela Dam proved that the material had more than adequate strength and durability. The maximum placement of 18,000 m³ of RCC in one day, which is still the world's record, was a clear evidence of the potential of this new construction method.

Silindirle sıkıştırılmış beton (RCC) ile baraj yapımı



Silindirle sıkıştırılmış beton (RCC) ile yol yapımı



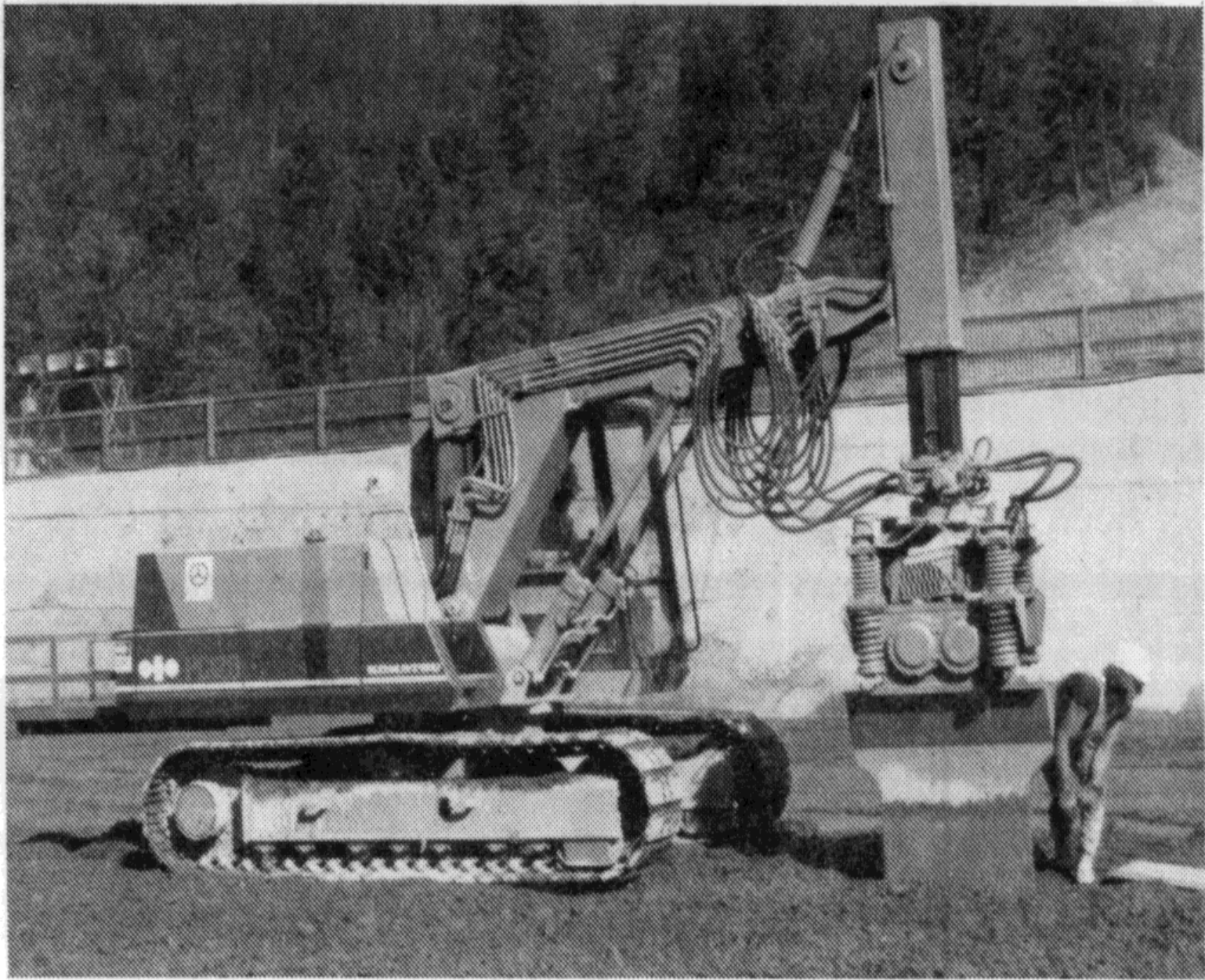
Serim İşlemi







Sıkıştırma işlemi



Derz yapımı



Willow Creek Dam, Oregon 1979-1983



Ghatghar Dam, India 2001



Beydağı Barajı 2009



Çine Barajı 2010



Çine Barajı 2010

WEBER DAM 1922-2002



Weber dam California 2001



Zintel Canyon Dam

By 1997, 150 projects using RCC, including 46 new dams, were completed in the United States. The U.S. Army Corps of Engineers³ list the following advantages of using RCC:

- **Costs:** Depending on the complexity of the structure, RCC costs 25 to 50% less than conventional concrete.
- **Rapid Construction:** For large projects, RCC dams can be finished 1 to 2 years earlier compared to regular mass concrete dams.
- **Spillways:** Compared to embankment dams which normally require that spillways be constructed in an abutment, RCC dams offer the attractive and cost-effective alternative of constructing the spillway in the main structure of the dam.

- Diversion and Cofferdam: The costs of river diversion and damages caused by cofferdam overtopping are smaller for RCC dams than for embankment dam.

Hirose and Yanagida⁴ list several additional advantages from the Japanese experience with RC dams when compared with conventional concrete dam construction:

- Cement consumption is lower because much leaner concrete mixtures can be used.
- Formwork costs are lower because of the layer placement method.
- Pipe cooling is unnecessary because of the low temperature rise.
- Cost of transporting, placement, and compaction of concrete is lower, because concrete can be hauled by end dump trucks; spread by bulldozers and compacted by vibratory rollers.
- Rates of equipment and labor utilization are high because of the higher speeds of concrete placement.

SSB, çok kuru kıvamdaki betonun inşaat sahasına taşınıp serilmesinden sonra silindirlerle sıkıştırılması ile imal edilir. SSB'nin çok kuru kıvamından dolayı, bilinen çökme deneyi ile ölçülebilen bir çökme değeri yoktur. SSB genel olarak baraj ve yol inşaatlarında kullanılır. Düşük çimento içeriği nedeniyle ekonomik bir betondur. SSB, baraj ve yol inşaatları gibi masif yapılarda kullanıldığından tabakalar halinde serilip sıkıştırılır. Bundan dolayı her tabakada yeterli ve etkili sıkıştırmanın sağlanabilmesi, SSB'nin performansı için çok önemlidir.

TAŞIMA




YERLEŞTİRME



SIKIŞTIRMA





Materials -- Cement

- The consolidation by a roller does not require special cements; however, when RCC is to be used in mass concrete, the recommendation of selecting cements with lower heat generation should be followed.

Mineral Admixtures

- Mineral admixtures are used extensively in RCC mixtures. The use of large amounts of mineral admixtures reduces both the adiabatic temperature rise of concrete and costs, and improves durability. In the United States, Class F fly ash is the most common mineral admixture used in dams, however, in other parts of the world Class C fly ash , slag , and natural pozzolan have also been used.

Chemical Admixtures

- Air-entraining and water-reducing admixtures are used in RCC compositions that contains higher volume of paste.
- Set-retarding admixtures can extend the time up to which the concrete lift should remain unhardened, reducing the risk of cold joints with the subsequent lift. In RCC mixtures of dry consistency, however, chemical admixtures show rather a limited effectiveness.

SSB'nun karışım oranları, belirli bir tabaka kalınlığında döküldüğünde, istenilen özellikleri tam sıkışmış bir malzeme olarak sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır(101). SSB'nin sıkıştırılabilme özelliği; karışımın serbest su içeriği, çimento ve puzolan içeriği, kum miktarı ve gradasyon, maksimum agrega çapı ve kullanılan katkıların özellikleri gibi karışım parametreleri etkiler

Aggregates

- Aggregates greater than 76 mm in diameter (3 in.) are seldom used in RCC because they can cause problems in spreading and compacting the layer.
- The size of coarse aggregate has a significant influence on the degree of compaction in small layers. This influence is less marked in relatively thicker layers specially when large vibratory rollers are employed.
- The use of material finer than 75 mm (No. 200 mesh sieve) produces a more cohesive mixture by reducing the volume of voids.

Concrete Mixture Proportioning

- Method I
- uses the principles of soil compaction to produce a lean RCC, where the optimum water content of the concrete is the one that produces the maximum dry density of the mixture.
- This method does not utilize the conventional concept of minimizing the water-to-cement ratio to maximize the concrete strength; the best compaction gives the best strength, and the best compaction occurs at the most wet mix that will support the operating vibrating roller.
- The overriding criteria for these mixtures are the compressive and shear strength since the dam using this type of concrete typically will have an impermeable upstream face made either by traditional mass concrete or precast panels.

-
- Method II
 - uses traditional concrete technology methods to produce high-paste RCC mixtures. Upper Stillwater and Elk Creek Dams are examples of dams that were built using this approach. The overriding criteria for these mixtures are the shear strength between the lifts and low permeability of concrete since no protective, impermeable face is used upstream .

Laboratory Testing

- RCC is a zero-slump concrete whose properties are strongly dependent on the mixture proportions and on the quality of compaction. Concrete is consolidated in the field using vibrating rollers.
- Despite extensive research on this subject, there is as yet no unanimously accepted methodology to simulate the field condition in preparing laboratory samples.

Strength

- For RCC mixtures made according to the concrete technology approach, where the volume of the paste exceeds the volume of the voids between the aggregate, the compressive strength follows the dependence on the water-to-cement ratio as predicted by Abram's rule.
- For RCC mixtures made according to the soil mechanics approach, where the cement paste may not fill the voids between the aggregate, Abram's rule does not apply, and strength is often plotted as a function of the moisture content

Elastic Modulus and Poisson's ratio

- The thermal stresses generated by heat of hydration are proportional to the elastic modulus of concrete. Therefore, lean RCC mixtures, which produce concrete with low elastic modulus, are attractive to designers.
- As with regular concrete, the elastic modulus of RCC depends on the degree of hydration, volume and type of aggregate, and water-to-cement ratio.
- Poisson's ratio for CCR typically ranges from 0.15 to 0.20.

-
- Sıkıştırılabilirlik derecesini en fazla etkileyen parametre karışımın serbest su içeriğidir. Karışımın su miktarı optimum seviyenin üzerine çıktığında, işlenebilirlik artar fakat bu kez de titreşimli silindirin ağırlığının etkisine, serilen beton tabakası mesnet oluşturacak kadar rijit olmaz. Bu nedenle dizayn mümkün olduğunca kuru kıvamda olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Creep

- The long-term deformation of RCC depends on the amount and the type of aggregate, the water-to-cement ratio, the age of loading, and the duration of loading.
- RCC with lower compressive strength and lower elastic modulus will normally show high creep which is a critical factor in determining the stress relaxation when thermal strain is restrained.
- Lean concrete with large amounts of fines also shows high creep.

-
- SSB, çökme deneyinde sıfır çökme değeri veren bir beton olduğundan işlenebilirlik düzeyi VeBe deneyi gibi kuru kıvamlı beton karışımlar için uygun olan bir deney yöntemi ile belirlenebilir. Sıfır çökme değerine sahip olan karışım için ölçülen 5 sn'lik VeBe süresine karşılık elde edilen kıvama sahip bir karışımda sıkıştırma silindirini titreşim olmadan kullanmak çok zor olabilir.

Thermal properties

- The adiabatic temperature rise of RCC is similar to conventional mass concrete mixtures and depends on the amount and type of cementitious material used in the mixture.
- The specific heat, conductivity, and coefficient of thermal expansion are a function of the type and amount of aggregate used in the mixture.

-
- Baraj inşaatlarında tipik olarak kullanılan karışımlarda, 15 sn'lik VeBe süresi 10 tonluk titreşimli silindirin tabaka üzerinden 4 - 6 geçişinde uygun sıkışmanın sağlanması için yeterlidir. Genel olarak 15 – 20 sn'lik VeBe süresine sahip karışımlar uygundur(101). İnce agrega miktarı, su miktarı kadar olmasa da karışımın sıkıştırılabilirliğini etkiler. İnce agrega miktarının geleneksel beton karışımlara göre daha fazla olduğu SSB karışımları, döküm sırasında segregasyona karşı daha az hassastır.

-
- Uçucu kül, su azaltıcı ve priz geciktirici katkıların kullanımı, SSB'nin sıkıştırılabilirliği açısından yararlıdır. Uçucu kül, çimento yerine ikame olarak kullanıldığında, ölçülebilen belirli bir kıvama sahip karışımın su ihtiyacını azaltabilir

-
- Uçucu kül, aynı zamanda düşük hamur hacmine sahip karışımlarda işlenebilirliği ve SSB'de yoğunluğu arttırmak için mineral filler olarak kullanılabilir. Uçucu kül içeren SSB'lerin içermeyen SSB'lere göre daha az boşluk hacmine sahip olduğu gösterilmiştir(103). Öte yandan Atiş vd.(104), çimentoya ikame olarak %15 uçucu kül içeren SSB karışımların 28 günlük dayanım özelliklerinin içermeyen karışımlara eşit veya daha iyi olduğunu göstermişlerdir.

Durability

- The coefficient of permeability of RCC is a critical parameter for long-term performance of dams, particularly if no impermeable membrane has been used at the upstream face of the dam.
- The construction process of RCC generates porous zones between the lifts where water can percolate. Depending on the mixture proportions and construction process, the coefficient of permeability can vary over 8 orders of magnitude.
- For instance, the lean concrete at Willow Creek dam had a coefficient of permeability of 2×10^{-4} m/s, while the coefficient of permeability at Upper Stillwater Dam was 4×10^{-12} m/s. Willow Creek Dam, however, has an impermeable membrane at its upstream face.

Durability

- If the moisture content in concrete goes beyond the critical saturation point, the performance of non-air entrained RCC to cycles of freezing and thawing will be poor; however, if the structure does not become saturated, the frost resistance of RCC is satisfactory.
- Air-entrainment of very lean RCC mixtures has not been very successful.

-
- Kullanılan maksimum agrega çapı normal olarak SSB'nin sıkıştırılabilirliğini etkiler. 300mm kalınlığında serilmiş SSB için maksimum agrega çapı 75mm'yi aşmamalıdır. Uygulamada, ayrışma problemini en aza indirmek için, maksimum agrega çapı 37,5 – 50mm aralığında seçilir

Construction Practice

- The overall planning of a RCC dam is conceptually different from a gravity dam. To minimize thermal stresses, traditional mass concrete is built in separate, monolith blocks.
- This process is slow but allows great flexibility; if a problem develops in one of the blocks, the construction front moves to another block. RCC dams do not have such luxury.
- The operation is continuous, building one horizontal lift at a time.

Construction Practice

- There are no special requirements for batching and mixing of RCC which can be produced using the same equipment as for conventional mass concrete.
- Ready-mixed concrete trucks cannot be used to transport RCC because the zero-slump concrete is too dry and cannot be discharged.
- To obtain significant economical benefits, special care must be taken in the selection of equipment and construction methods for fast placement and consolidation of RCC.
- Conveyor systems can be an efficient method of transporting RCC.



Construction Practice

- The success of a RCC dam is often contingent on the correct selection of lift thickness, which depends on the mixture proportions and on the equipment available.
- If the lift is too thin, the placement rates will be small, thereby reducing the advantages of using RCC.
- If the lift is too thick, the compaction will not be adequate, creating horizontal layers of higher porosity, thereby compromising the strength and durability of the structure.
- Normally, the thickness of the lifts ranges from 0.15 to 0.90 m; in the U.S. a lift thickness of 0.3 m is often used.




Construction Practice

- Compaction of the lift is achieved by using a vibrating steel-wheel roller.
- Compaction of the lift should be performed as soon as possible, typically within 10 minutes after spreading and no more than 40 minutes after mixing.
- Once adequate compaction is achieved, good curing conditions for the finished surface are essential; the surface should be kept in a moistened condition until the next lift is placed.



Construction Practice

- The dry consistency of RCC results in difficulty in bonding fresh concrete to hardened concrete.
- This bond can be improved between the lifts by reducing the time of casting the lifts or by increasing the paste content in the mixture.
- Typically, bedding mixtures contain 360 to 460 kg/m³ of cement, 170 to 220 kg/m³ of fly ash, and 4.75-mm maximum size aggregate.



It is not surprising that Abram's rule does not work for these lean RCC mixes. The relationship was developed for fully compacted concrete where the porosity is in the continuous cement paste matrix. Ferret's rule⁸, which was proposed in 1892, is more appropriate under these conditions because it accounts for all the porosity due to the hydration process and to the lack of vibration. His expression is given by:

$$f_c = k \left(\frac{c}{c + w + a} \right)^2$$

where, f_c , is the compressive strength, k , is a constant, c , is the volume of cement, w , is the volume of water, and a , is the volume of air. Alternatively, Feret's equation can be expressed as

$$f_c = \frac{k}{(1 + w/c + a/c)^2}$$

For plastic concrete the air to cement ratio (a/c) is small and it can be neglected, however for dry mixes that can entrap larger amounts of air, the a/c ratio may become significant.

Mix Proportions used in the Tamagawa Dam (from T. Yamauchi, J. Harada, T. Okada, S. Shimada), Construction of Tamagawa Dam by the RCD method, Commission Internationale des Grands Barrages, Quinzieme Congres, Lausanne, 1985).

Content (kg/m ³)					Quantity 10 ³ m ³	Location that was used
Water	Cement +fly- ash	Sand	Coarse aggregate	Admixture		
115	240	44	1572	0.60	100	Upstream

- o Yol kaplamasında kullanılacak SSB karışımlarında daha düzgün yüzey elde edilmesi amacı ile maksimum agrega çapının 19mm seçilmesi önerilir(106). Ayrıca kullanılan agregaların kalitesi de SSB'nin performansını etkiler. Fiziksel olarak kusurlu bulunan, zayıf agregalar ağır sıkıştırma yükü altında kırılıp dağılırlar. Fakat, SSB karışımları düzgün gradasyona sahip olmayan agregalarla da bir ölçüye kadar oluşturulabilirler. Yani SSB bu açıdan bakıldığında agrega gradasyonuna normal betona göre daha az hassas bir beton türüdür.

Cement: Low cement content was used in the interior structure of the dam. Fly-ash was used to reduce the adiabatic temperature rise.

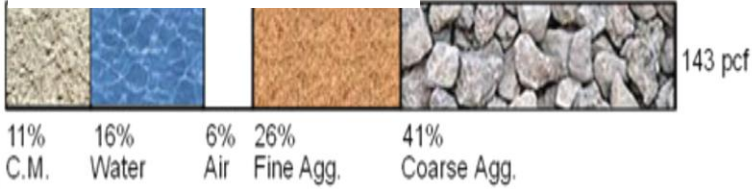
Lift thickness: The thermal analysis indicated that close to the foundation, where the restraint is higher, the thickness of the lifts should be 0.5 m. Away from the foundation, the thickness of the layers can be increased to 0.75 m (location EI 348m), and finally to 1.0 m (above location EI 348 m).

Cooling: Mixing water was cooled to 4°C in the summer, and the lift surfaces were sprayed with water after the placement.

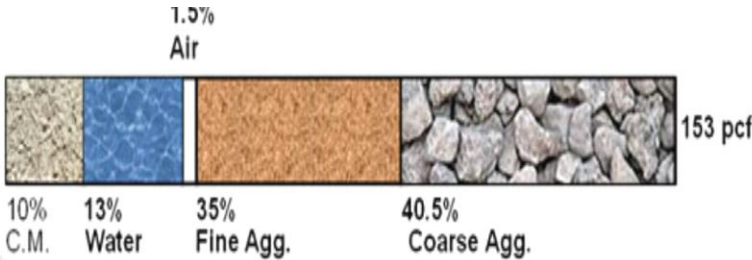
Insulation: The lift surfaces were insulated when it was necessary to halt construction because of weather related interruptions.

Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Avantaj/Dezavantajları

Geleneksel Beton



Silindirle Sıkıştırılmış Beton



Geleneksel betona göre avantajları:

Geleneksel betonunkine eşdeğer bir eğilme dayanımına sahiptir,

İnşaat süresini düşürür, inşaatı kolaydır,

Düşük su içeriği nedeniyle birim ağırlığı daha yüksek beton oluşur; Düşük su içeriği nedeniyle daha az çimento içerir;

Hidratasyon ısısı geleneksel betonlara göre daha düşüktür;

Geniş alanlarda çok hızlı ve büyük hacimde yerleştirme imkânı sağlar.

Bütün bu özellikleri bakımından geleneksel betonlara göre daha ekonomiktir.

Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Avantaj/Dezavantajları

Asfalta göre avantajları:

Daha yüksek eğilme dayanımı sağlar,

Aşınmaya karşı yüksek direnç gösterir,
Koruyucu bir tabakaya ihtiyaç duymaz;

bununla birlikte gelecekte aşınma
yüzeyinin bozulmasından sonra

koruyucu bir tabaka kullanılabilir,

Yakıt ve hidrolik dökülmelerine karşı

daha yüksek direnç gösterir,
Yüksek sıcaklıklar için daha iyi direnç
gösterir,



Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Avantaj/Dezavantajları

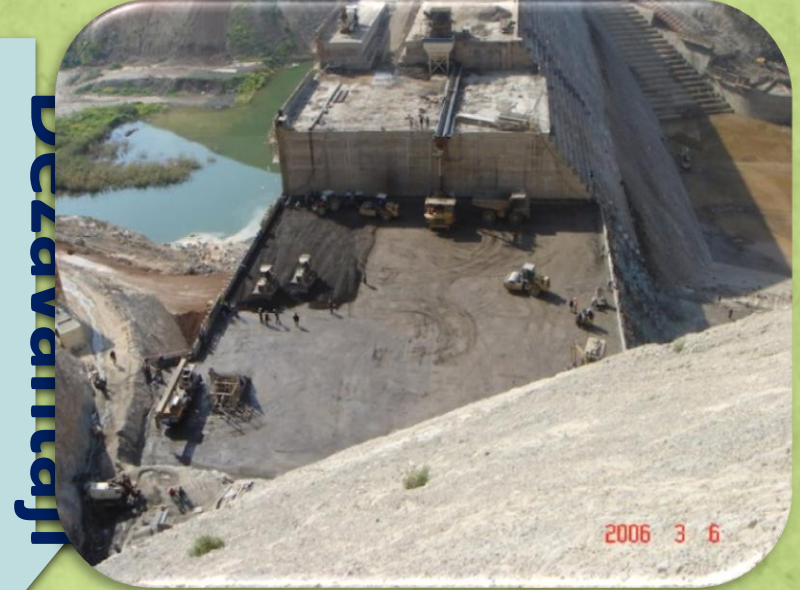
SSB'nin baraj inşaatlarındaki avantaj ve dezavantajları

Avantajı

Avantajları:
Hızlı inşa edilebilme
Düşük maliyet,
Dolusavak inşasında daha basit ve ekonomik çözüm,
Kaya dolgu ve toprak dolgu barajlara göre daha dar en kesit ve daha küçük hacim,

Uygun temel yeri seçimi,
İnşaat esnasında çok iyi bir zaman planlaması gereksinimi,
Üretimde devamlılık zorunluluğu,
Bağlayıcı madde temini ve iletimindeki güçlüğü,

Dezavantajı



Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Tarihçesi ve Kullanım Alanları

Tamagawa barajının yapımında kullanılan SSB 'nin karışım oranları

1 m³ SSB için malzemeler

Maks. Dane Çapı	150 mm
Su	95 kg/m ³
Çimento	91 kg/m ³
Uçucu Kül	39 kg/m ³
Ince agreg a oranı	30%
ince Agreg a	657 kg/m ³
Kaba Agreg a	1444 kg/m ³
Hava Miktarı	1.5 %



Tamagawa Barajı Japonya - 1987

Silindirle sıkıştırılmış yol yapımı genel hatlarıyla aşağıdaki 5 işlemden oluşmaktadır:

1-Taban Zemini, Temel ve Alt Temel Hazırlanması



Betonun serilmesinden önce temel tabakası nemsiz, yabancı malzemelerden arındırılmış ve donmamış olması gerekmektedir.

2-Beton Karışımın Hazırlanması



Tesisin üretimi, sericinin yerleştirme ve sıkıştırıcının sıkıştırma hızıyla benzer olmalı ve tesis mümkün olduğunca uygulama alanına yakın bir yere kurulmalıdır.

3-Beton Karışımının Taşınması



SSB yol taşınması esnasında kullanılacak olan filonun özelliklerinin belirlenmesinde, beton karıştırıcının ve sericinin kapasitesi, taşıma mesafesi, iklim koşulları ve yerleştirme zamanı gibi etkenler göz önüne alınmalıdır.

4-Beton Karışımının Yerleştirilmesi



SSB genelde yol yapım sericisi ile yerleştirilebilmektedir. SSB imalatı miktarına göre sericide bazen küçük modifikasyonlar yapılması gerekmektedir. Bazı yüksek sıkıştırımlı tablalar ihtiva eden sericilerde tek bir tabakada kalınlığın 20 cm'yi geçmemesi, tabaka kesitinde homojen bir yoğunluğun elde edilebilmesi için önerilmektedir.

5-Beton Karışımının Sıkıştırılması



SSB karışımının sıkıştırılması aşaması, kaplamanın yoğunluğu, dayanımı, geçirimsizliği ve yüzey düzgünlüğü açısından oldukça önemlidir. İlk sıkıştırma genellikle 10 ton ağırlığa sahip çift tamburlu titreşimli çelik bandajlı silindir ile yapılmaktadır . İlk sıkıştırmanın ardından, 20-30 tonluk lastik tekerlekli silindir ile geçiş yapıldığında titreşimli sıkıştırma sonrasında ortaya çıkan kusurlar ve küçük boşluklar kapatılmaktadır.

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Kür ve Koruma

SSB tabakası, sıkıştırmanın tamamlanmasından sonra vakit geçirilmeden, en fazla 2 saat içerisinde etkili ve üniform bir koruyucu kür tabakası ile kaplanmalı ve nem kaybı engellenmelidir. Havanın sıcak ve güneşli olduğu zamanlarda bu süre daha da azaltılacaktır. SSB tabakası, serilmesinden sonra en az 7 gün süre ile kür edilmelidir.

SSB yolda beyaz renkli kür kimyasalı uygulanması



SSB yolda kür kimyasalı uygulanması

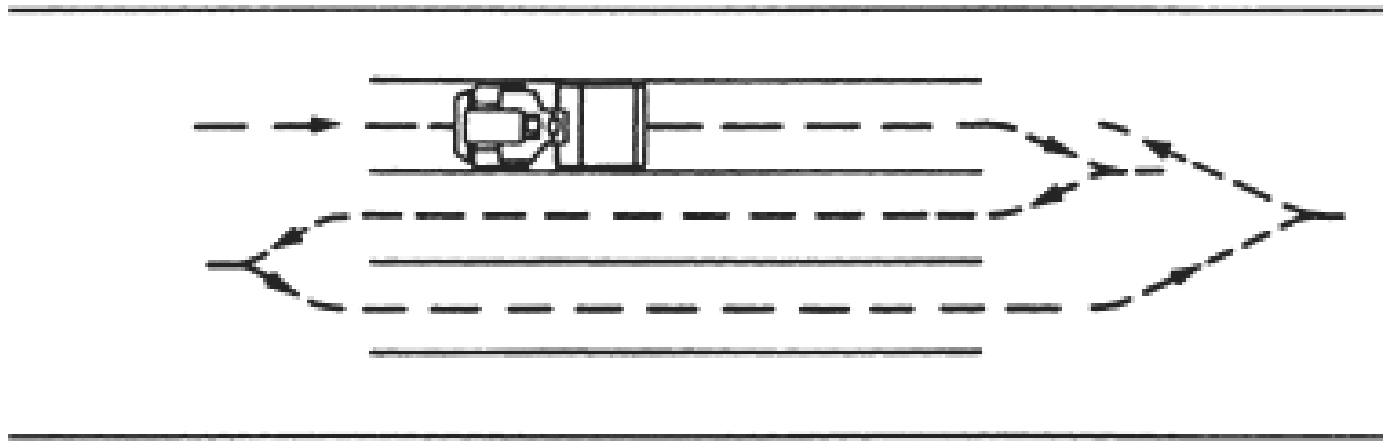


- SSB'nin dayanımı, serilme kalınlığına bağlı olarak sıkıştırma derecesinden çok fazla etkilenir. SSB, taze halde iken çok fazla kalın tabakalar halinde serilip sıkıştırılmaya çalışılırsa yeterli sıkışma elde edilemeyebilir. Sıkıştırma ile uzaklaştırılabilecek ve yetersiz sıkışma nedeni ile hapsolan her %1'lik hava, dayanımda yaklaşık olarak %5'lik azalmaya neden olmaktadır. Rollings(107), SSB yol kaplamalarının performansının, en alt serilme tabakasında eşdeğer sıkıştırmanın başarılamamasından olumsuz etkilendiğini belirtmiştir.

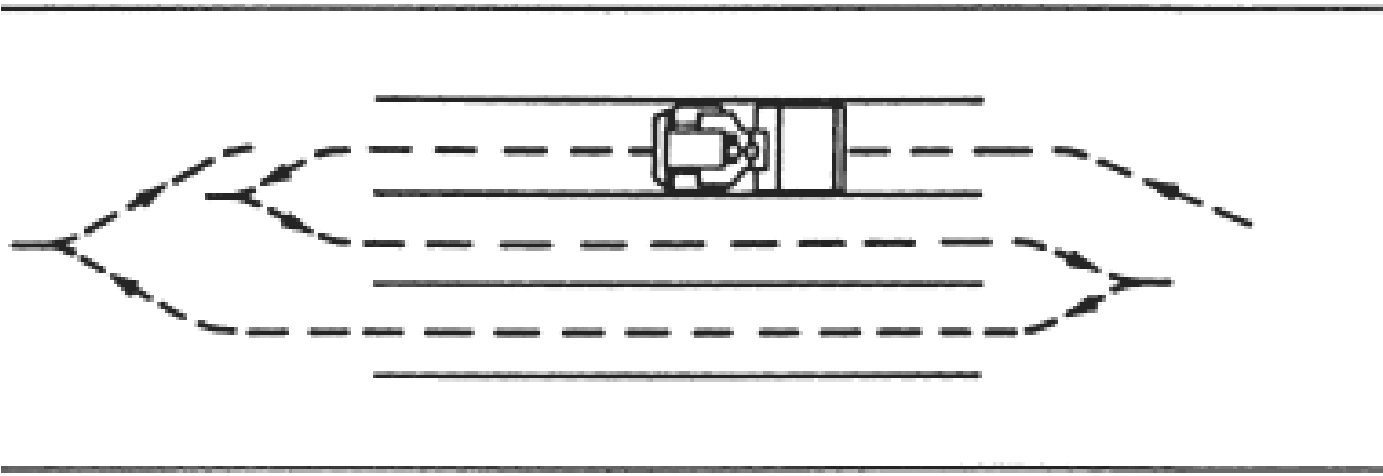
- Yol kaplamasının en alt tabakasında, en üst tabakaya göre %25 eğilme dayanımı kaybı olabilmektedir. Özellikle SSB yol kaplamalarında eşdeğer olmayan serilme kalınlıkları ve tabakalar arasında iyi yapışmanın sağlanamaması tüm kaplamanın mekanik özelliklerini olumsuz etkiler. Öte yandan bu durum SSB ile yapılmış beton baraj gövdelerinin kaymaya karşı direncini de etkileyen bir parametredir.


- Sıkıştırma derecesi SSB'de doğrudan basınç dayanımı, çekme dayanımı ve betonun yoğunluğunu etkilediğinden iyi sıkıştırılmış SSB tabakaları, daha üstte bulunan ve yeterli sıkıştırılmamış tabakalara göre daha iyi mekanik ve durabilite özelliklerine sahip olacaktır. Özellikle baraj gövdeleri gibi geniş alanlarda yeterli, etkili ve homojen sıkıştırmanın sağlanabilmesi için silindirin alan üzerinde belirli bir düzene göre hareket etmesi gereklidir. ACI 309.5R'de Şekil'de görülen sıkıştırma şekli önerilmiştir.

Pass 1,3,5,7, etc.



Pass 2,4,6,8, etc.




- 
-
- Burada önemli olan, tek bir sıkıştırma hattının üzerinden, diğer hatta geçilmeden üst üste sıkıştırma yapılmamasıdır. Yeni serilen tabakalar sıkıştırılırken yan hatta bulunan ve sıkıştırma işlemi tamamlanmış kısımlara zarar verilmemelidir.

Baraj inşaatlarında, SSB'nin sıkıştırılma işlemlerinde dikkat edilmesi gereken diğer bir önemli nokta da baraj gövdesinin memba ve mansap taraflarında sıkıştırılma dereceleridir. Eğimli yüzeylerde (örneğin baraj gövdesinin mansap yüzü) serilen malzemeni sıkıştırılmasının ağır silindirler ile yapılması zordur. Bu nedenle bu kısımlarda Şekil'de görüldüğü gibi el kompaktörleri ile ek sıkıştırma işlemi uygulanır.



- El kompaktörü ile sıkıştırma işlemi

- 
-
- SSB'nin kalite kontrolü, kıvam ve nem içeriği testleri, yoğunluk testleri ve dayanım testleri ile sağlanır. SSB gibi çok kuru kıvamdaki bir betonun kıvamı VeBe testi ile belirlenebilir.

-
- Nem içeriği ise mikrodalga fırın veya kalsiyum karbit gaz basıncı yöntemi ile belirlenebilir. SSB'nin yoğunluğunun belirlenmesi laboratuvarında en az dört farklı nem içeriğinde yapılır. Nem içeriği – yoğunluk eğrisi çizilir ve SSB'nin ıslak ve kuru yoğunluğu bu eğrilerin pik değerleri kullanılarak optimum nem içeriğinde tespit edilir.

-
- Dayanım ise laboratuvarda Şekil 'de görülen elektrikli titreşim çekici kullanılarak hazırlanan numuler üzerinden belirlenebilir. Yerinde dayanımın belirlenmesi ise karot numuneler aracılığı ile yapılır. Ayrıca bu karot örnekler görsel olarak yoğunluk ve SSB örneğindeki boşluklar hakkında da fikir verirler



- SSB test örneklerinin elektrikli titreşimli çekic kullanılarak hazırlanması

-
- SSB ülkemizde de özellikle baraj inşaatlarında uygulaması olan bir beton türüdür. Türkiye'de ilk SSB beton uygulaması Karakaya Barajı batardo inşaasında olmuştur. Atatürk Barajı dolu savak temelinde de SSB uygulanmıştır. Helen yapımı devam eden Çine Barajı bitirildiğinde tümüyle SSB'den yapılmış olan Türkiye'nin ilk barajı olacaktır



Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü

ÖZEL BETONLAR

RCC-SSB

Prof. Dr. Halit YAZICI

■ *<http://halityazici-deu.com>*