

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Prefabrik Öng. Bet. Sil. su Tankı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat İnal

1991

2

123

YILDIZ UNIVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

PREFABRİK ÖNGERİLMELİ BETON
SİLİNDİRİK SU TANKLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ. MUH. MURAT İNAL

İSTANBUL - 1991

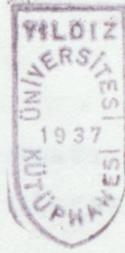
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot	: R 150 246
Alındığı Yer	: Y. T. Ü
Tarih	: 28.8.1995
Fatura	: -
Fiyatı	: 20.000 TL.
Ayniyat No	: 1-16
Kayıt No	: 51546
UDC	:
Ek	:

Y. T. Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAİ. BAŞKANLIĞI

PREFABRİK ÖNGERİLMELİ BETON SİLİNDİRİK SU TANKLARI



YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞ.MUH. MURAT İNAL

Y. T. O.

KÜTÜPHANE DOK. DAİ. BAŞKANLIĞI

İSTANBUL - 1991 İleri

İÇİNDEKİLER

II.5. Üretim Evreleri	11
II.5.a. Üretimin Gerçekleşmesi İçin Gerekli Talemler	11
II.7. Kalıplar	12
II.7.a. Sıkıştırılmış veya Toprak Kalıplar	12
II.7.b. Çelik Kalıplar	12
ÖZET II.8.1. Depolama, Tasıma ve Montaj	12
II.8.2. Montaj Araçları	13
SUMMARY	13
II.9. Prekast Elemanlarda Meydana Gelen	17
I. GİRİŞ	
II.9.1. Üretim Sürecinde	17
I.1. Tankın Kullanım Amacı	1
I.2. Tankların Beton Olarak İnşa edilmesinin Avantajları	1
I.3. Tanklarda "Öngerme ve Post-tensioning"	2
II.10. Kullanılma Nedenleri	20
I.4. Tankların Prekast veya Prefabrik Yapım Sebepleri	3
II.10.2. Abax Engineering Firması, A.B.D.	20
II.10.3. Free-trussing PTY Firması, Avustralya	21
II. TANK DUVARLARI	5
II.1. Tanklar Dizayn Edilirken Alınabilecek Yükler	5
II.2. Duvar Kalınlığı	7
II.3. Beton ve Katkılar	7
II.4. Dizayn Kavramları	7
II.5. Üretim	7
II.5.1. Şantiyede Üretim	8
II.5.1.a. Elemanların Monte Edilecekleri Yerde Üretimi	8
II.5.1.b. Şantiyede Kurulacak Fabrikada Üretim	9
II.5.2. Sabit Fabrikalarda Yapılan Üretim	10

II.6.	Üretim Evreleri	11
II.6.a.	Üretimin Gerçekleşmesi İçin Gerekli İşlemler	11
II.7.	Kalıplar	12
II.7.a.	Sıkıştırılmış veya Toprak Kalıplar	12
II.7.b.	Çelik Kalıplar	12
II.8.1.	Depolama, Taşıma ve Montaj	13
II.8.2.	Montaj Araçları	15
II.9.	Prekast Elemanlarda Meydana Gelen Boyutsal Sapmalar, Toleranslar	17
II.9.1.	Üretim Sırasında	17
II.9.2.	Depolama Sırasında	17
II.9.3.	Montaj Sırasında	17
II.9.4.	Montajdan Sonra	18
II.10.	Dünya Üzerindeki Mevcut Tankların Duvarları	20
II.10.1.	Yeni Zelanda	20
II.10.2.	Regina, Saskatchewan, Kanada	20
II.10.3.	Abam Engineers Firması A.B.D.	21
II.10.4.	VSL Pres-tressing PTY Firması, Avusturalya	21
II.11.	Dairesel Tankların Ekonomik Boyut Oranları	22
II.12.	Gömülü Tanklar	24
III.	TANK DUVARLARINDA KULLANILAN ÖNGERME METODLARI	
III.1.	Duvar Çeşitleri	25
III.2.	Tanklarda Öngermenin Amacı	25
III.3.	Yatay Öngerme	26
III.3.1.	Sargı Tankları	27
III.3.2.	Tendon Tankları	30
III.4.	Düşey Öngerme	

III.5. Öngerme Donatısının Şartnamelere Göre Yerleştirilmesi	35
III.6. Tendonların Korozyondan ve Diğer Etkilerden Korunması	35
III.6.1. Shotcrete	35
III.6.1.a. Tellerin Kaplanması	36
III.6.1.b. Tam Kaplama	36
III.6.2. Şerbetleme	37
III.7. Dünya Üzerindeki Mevcut Tankların Öngerilme Metodları	38
III.7.1. Yeni Zelanda	38
III.7.2. Regina, Saskatchewan	38
III.7.3. ABAM Engineers Firması, A.B.D.	38
III.7.4. VSL Prestressing PTY Firması, Avusturalya	38
III.8. Ard-germe panelleri	39
IV. SU TANKLARININ KUBBELERİ	
IV.1. Kubbe Tipleri	41
IV.2. Kubbe Mesnetlenmesi	42
IV.3. Şekil ve Yükseklik	43
IV.4. Kubbe Kalınlıkları	43
IV.5. Havalandırma Bacaları	45
IV.6. Estetik	46
IV.7. Yapım Şekli	46
IV.8. Kubbenin Ekonomik Değerlendirmesi	48
IV.9. Kubbenin Analizi	49
IV.10. Çatı Döşemeleri	58
V. TANK TEMEL DÖŞEMELERİ	59
V.1. Tank Temeli Döşeme Tipleri	61
V.1.1. Mambran Döşeme	61
V.1.2. Parçalamış Döşeme	61

VI. BAĞLANTILAR	
VI.1. Tank Duvar Bağlantıları	63
VI.1.a. Kuru Yöntem	63
VI.1.b. Yaş Yöntem	63
VI.2. Temel Duvar Bağlantısı	65
VII. ÖNGERİLMELİ BETON TANKLARIN YAPISAL ANALİZİ	70
VIII. EKONOMİK ETÜD VE ZAMANLAMA	74
VIII.1. Maliyet Açısından	74
VIII.2. Süre Açısından	76
VIII.3. Tasarımcının Projelendirme Sırasında, Üretim Maliyeti, Yönetimi ve Biçimi Açısından Gözönünde Tutulması Gereken Hususlar	76
IX. SONUÇ VE ÖNERİLER	
TANIMLAR	78
NOTASYONLAR	80
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ	

TEŞEKKÜR

BU TEZİN HAZIRLANMASINDA BANA DEĞERLİ
BİLGİLERİYLE YARDIMCI OLAN VE BENİ YÖNLENDİREN SAYIN
PROF. HÜSEYİN CELASUN'A;
AYRICA YÜKSEK LİSANSI BİTİRMEMDE VE BU TEZİN YAZIMINDA
BANA YARDIMCI OLAN EŞİM VİKTORYA İNAL 'A TEŞEKKÜR
EDERİM.

V

Ö Z E T

Dairesel öngerilmeli beton su tankı yapımı ilk kez W.S.Hewett tarafından 1920'de çelik çubuklar ile denendi. O zaman görüldü ki çeliğin çekme mukavemetinin çok düşük olması ayrıca betondaki büzülme ve çatlakların da öngerme kaybına sebep olması başarısını engelledi.

Daha sonraları öngerilmeli betonun babası olarak ünvanlandırılan Fransız mühendis Eugene Freyssinet, betonun etkilerine karşı çok yüksek dayanımlı çelik kullanılması gerektiğini buldu. Freyssinet öngerme donatılarını 1920'ler gibi erken bir zamanda beton inşaatlarında uyguladı.

İkinci Dünya Savaşında'dan sonra başlayıp 1960'larda hızlanan prefabrik inşaat metodu ile beton tankların da yapımına başlandı. Daha sonra tüm dünyada hızla yaygınlaştı. Dünya üzerinde prefabrik veya prekast öngerilmeli beton silindirik, birçok amaçla kullanılmak üzere yapılmış yüzlerce tank mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı, tankların neden öngerilmeli ve prekast veya prefabrik olarak yapıldığını anlatmak; öngerme yöntemleri hakkında bilgi vermek; prekast veya prefabrik elemanların nasıl üretildiği, taşındığı, montajının yapıldığı ve tipik prekast veya prefabrik tankların özellikleri hakkında bilgi vermek için hazırlanmıştır.

Birinci bölümde tankların beton olarak inşa edilmesinin avantajları; ikinci bölümde tank duvarlarının dizayn edilirken dikkate alınacak yükler, duvar kalınlıkları, beton kalitesi, üretimi ve montajı vb.; üçüncü bölümde tank duvarlarında kullanılan öngerme metodları ve öngerme donatılarının korozyona karşı nasıl korunduğu hakkında; dördüncü bölümde tankın üst kısmının kubbe şeklinde kapatılması çeşitli yönleriyle incelenmiş; beşinci bölümde tank döşeme temellerinin nasıl yapılacağı,

VI

birleşim derzleri ve tank döşemesinin korunması için alınabilecek tedbirler; altıncı bölümde tank duvarlarının bağlantıları, tank temel, tank kubbe veya çatı bağlantıları hakkında bilgi ve detay; yedinci bölümde tankın yapısal analizi hakkında özet; sekizinci bölümde inşaat sisteminin ekonomikliği, sonuç ve öneriler verilmiştir.

The late Eugene Freyssinet, a distinguished French engineer, generally regarded to be the father of prestressed concrete, saw the need to develop the use of steel reinforcement in concrete to meet the need for high strength and stiffness, especially in high levels, in order to overcome the adverse effects of concrete creep and shrinkage. Freyssinet successfully applied prestressing tendons to concrete structures as early as the late 1920's.

In the early 1950's, following methods used successfully in Europe for several years, many tanks were constructed in the United States using post-tensioned tendons embedded in the tank wall.

After the Second World War prefabricated construction method had developed rapidly. Meanwhile design and construction of precast prestressed storage tanks developed rapidly. However, the World War II era tanks which were constructed with precast prestressed systems.

The purpose of this book is not to deal with the design but to give an information about the precast system, the production, the transportation and the cost of the tank.

VII

SUMMARY

The first effort to apply circumferential post-tensioning to a concrete water tank is attributed to W.S. Hewett, who in the early 1920's used turnbuckles to connect and tension individual steel tie rods. Long term results were not effective because the steel used was of low yield strength, limiting applied unit tension to approximately 207 MPa. Shrinkage and creep of the concrete resulted in rapid and relatively large loss of the initial prestressing force.

The late Eugene Freyssinet, a distinguished French engineer generally regarded to be the father of prestressed concrete, was the first to recognize the need to use steels of high quality and strength, stressed to relatively high levels, in order to overcome the adverse effects of concrete creep and shrinkage. Freyssinet successfully applied prestressing tendons to concrete structures as early as the late 1920's.

In the early 1950's, following methods used successfully in Europe for several years, several tanks were constructed in the United States using post-tensioned tendons embedded in the tank wall.

After the second World War prefabric construction method had developed rapidly. Meanwhile design and construction of precast prestressed storage tanks developed rapidly. All over the World there are many tanks which constructed with precast prestressed system.

The purpose of this these is not to deal with the design but to give an information about the precast systems, the prestressing methods, the production, the transportation, the erection, the cost and the advantages.

I- GİRİŞ

I.1. Tankın Kullanım Amacı :

Tanklar, insanoğlunun gerekli ürünleri yapmasını destekleyerek önemli bir rol oynamışlardır. Bunlar, ya aralıklı üretilip fakat oldukça uniform bir şekilde tüketilen veya devamlı üretilip anormal hallerde tüketilen sıvı ve katıların depolanmasında kullanılırlar. Başka bir görüş de üretim ve tüketim yerlerinin birbirinde takdir edilecek kadar ayrı mesafelerde olmalarıdır. Bu şartlar yaklaşık olarak depolama kapasitelerini belirlenmesini gerektirir.

I.2. Tankların beton olarak inşa edilmesinin avantajları :

- Beton tankların yapım ve bakımları ekonomiktir (hemen hemen hiç bakım gerekmez).

- Konstrüksiyon nispeten daha ucuzdur çünkü beton yapmak için basit malzemeler genelde her yerde bulunur ve inşa metodları da konstrüksiyonun hızlı yapımına imkan verir.

* Beton tanklar, çelik tanklara, nispeten mekanik etkilere daha dayanıklıdırlar. Örneğin çelik tanklar çevresel atıklar veya tehlikeli maddelerin depolanmasında gerekli emniyeti temin etmek için koruyucu beton duvarlarla sarılmalıdır.

Çelik tankların her 10-15 senede bir tekrar boyama bakım tutarı, çelik tankın yapım maliyetinin % 25'i kadar tutmaktadır; bu bakım maliyeti beton tanklar kullanılarak önlenebilir. Beton tankların bu avantajı genelde ilk yatırım maliyetinin çelik tanka göre daha fazla olduğu inancıyla ihmal edilmektedir.

A.B.D. Rocky Mountainside bir beton tank dizayn ve yapımı, çelik tank yapımına nazaran hemen hemen çok daha ucuzdur. Eğer ki ilerideki bakım masraflarını da buna eklersek beton tankın daha ucuza malolacağı görülür.

Beton tanklar çok değişik sayıda malzemeyi depolamak için çok uygundur. Örnek verecek olursak eğer uygun bir seviyede tutulabilirse düşük sıcaklıklarda sıvılaştırılmış gazlar bile depolanabilir.

I.3. Tanklarda "öngerme veya post-tensioning" kullanılma nedenleri :

- Uygulanan yüklere istenen mukavemeti sağlar.
- Betonarme veya çelik yapılabilen tanklara nazaran çok daha ekonomik çözümlere imkan verir.
- Betonun çatlamamasına oldukça yararlar sağlar. Çekme bölgesi normal gerilmeleri taşıyamamakta ve çekme bölgesinde çatlaklar oluşmaktadır. Bu çatlaklar istenmeyen su veya gazların rutubetten donatıya ulaşip onun korozyona uğramasına sebep olmakta ve yapının ömrü kısalmaktadır. Ayrıca bu çatlakların mevcudiyeti yapının fonksiyonunu yapmasına engel olmakta ve izolasyon yapılmasını gerektirmektedir. İzolasyonun pahalı olduğu gibi, çatlak genişliğinin yüke bağlı olarak değişmesi ve izolasyon malzemesinin özelliklerinin değişmesi sebeplerinden dolayı güvenli olduğu söylenemez.

İşte bu sebeplerden tankların silindirik ve dikdörtgen formlarda yapılabileceği gibi öngerme vermenin kolaylığı bakımından silindirik olmaları tercih edilir.

I.4. Tankların prekast veya prefabrik yapım sebepleri :

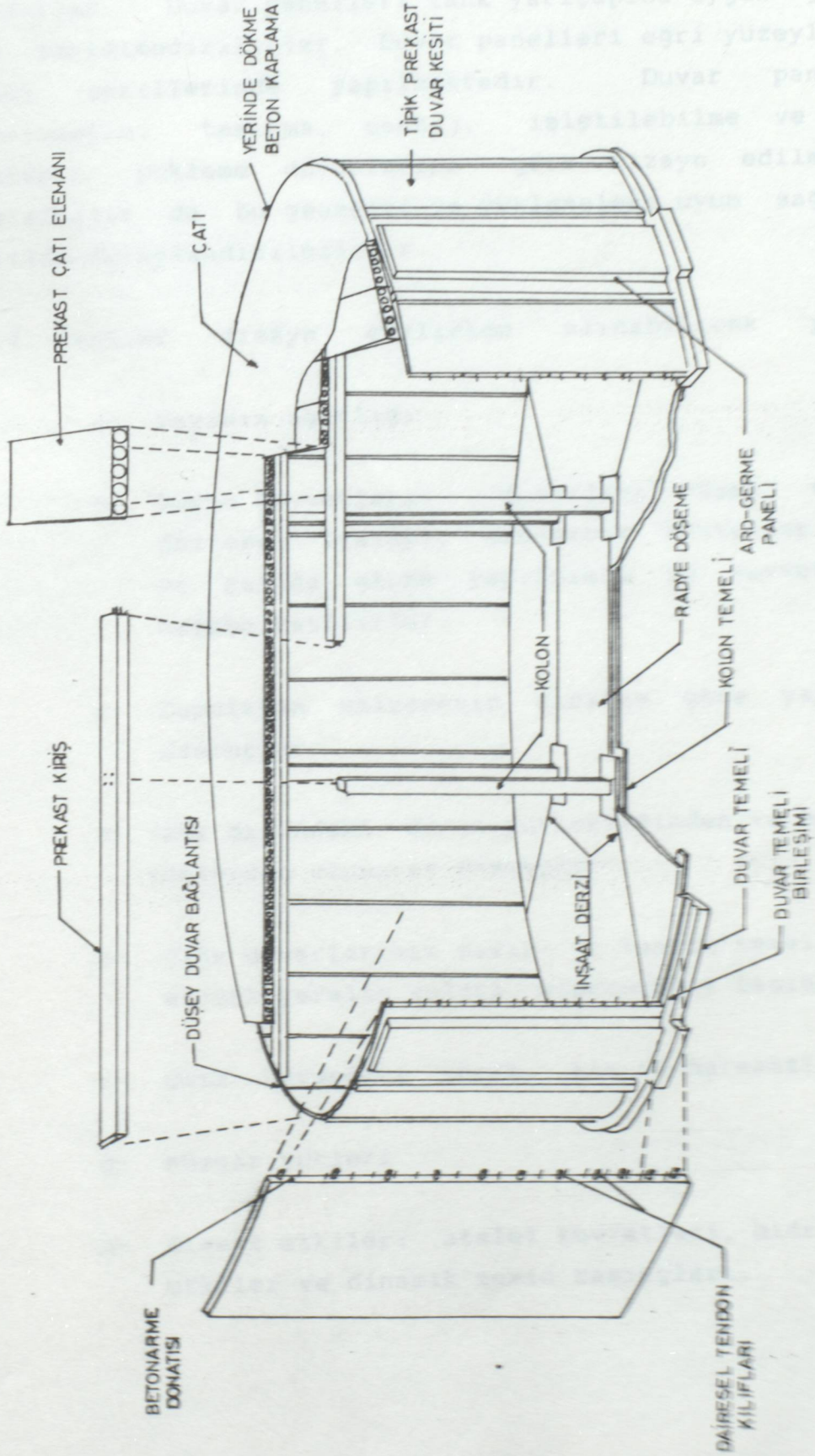
Aşağıdaki hususlar dikkate alındığında, önerilmeli, ard-gerilmeli, prekast veya prefabrik sistemler, geleneksel (konvansiyonel) inşaat sistemine nazaran daha uygundur.

1- Maliyet : Yapı maliyetinin önceden hesaplanabilir olması; tahmin edilen maliyet ile gerçekleşen maliyet arasında, % 7 gibi büyük bir fark bulunmaması. Oysa geleneksel yapım sürecinde, çeşitli işlerin farklı ekipler tarafından yürütülmesi ve birbirlerini izleme zorunluluğu; bu nedenle ufak aksaklıkların tüm diğer işleri etkilemesi ve herşeyden önce, koordinasyon güçlükleri, önceden tahmin edilemeyen süre ve maliyet artışları getirmektedir.

2- Su sızdırmazlık : Duvarların yatayda ve düşeyde önerilmeli olması, su sızdırmazlığını sağlar.

3- Kalite kontrol : Endüstriyel üretimin özelliklerinden olan standartizasyon, seri üretim, makineleşme ile birlikte bilimsel organizasyon ve işletmecilik anlayışı kaliteyi birlikte getirir.

4- Yapım hızı : proje yaz mevsiminden önce başlayıp, kışın sert hava koşullarında aynı süratle devam edecek şekilde planlanması, işçinin mevsimlerden bağımsız, devamlı bir çalışma temposunda tutulması yapının kısa sürede kullanıma hazır olmasını sağlar.



Şekil 1 Prefabrik öngerilmeli beton silindirik su tankı.

II- TANK DUVARLARI

Tankların çoğunluğu birleştirme duvar panellerinden oluşurlar. Duvar panelleri tank yarıçapına uygun geometri ile şekillendirilirler. Duvar panelleri eğri yüzeyli, düz panel şekillerinde yapılmaktadır. Duvar panelleri, fabrikasyon, taşınma, montaj, işletilebilme ve bitmiş sistemin yükleme durumlarına göre dizayn edilmelidir. Bağlantılar da bu geometri ve yüklemelere uyum sağlayacak şekilde detaylandırılmalıdır.

II.1. Tanklar dizayn edilirken alınabilecek yükler :

a- Yapının ağırlığı

b- Germe kuvvetleri: duvardaki düşey öngerme, dairesel (yatay), ard-germe kuvvetleri, temel ve çatıda germe yapılmışsa bu kuvvetler de hesaba katılırlar.

c- Depolanan malzemenin cinsine göre yaptığı iç basınçlar

d- Tank dışındaki, dolgu yüksekliğinden ve hareketli yüklerden oluşacak basınçlar

e- Tank duvarlarının dışına ve tankın temelini etki edecek yeraltı suları, hidrostatik basınçlar

f- Çatı üstündeki zemin, kar ve hareketli yükler

g- Rüzgar yükleri

h- Sismik etkiler: atalet kuvvetleri, hidrodinamik etkiler ve dinamik zemin basınçları.

i- Suyun donması ile oluşacak donma basıncı

j- Ekipman ve boru yükleri

k- Fabrikasyon, kaldırma, taşınma ve montaj sırasında tüm yükler.

Tankın yukarıdaki dizayn yüklerinden daha fazla yüklere maruz kalmaması için, bazı önlemler almak gerekir. Bunlar, dolu savaklar, havalandırma bacaları, temel altı drenajları gibi sistemler yapılmalıdır.

Tankların duvar ve temelleri sadece dizayn yükleri etkisinde hesaplanmazlar. İşletme limit durumlarına göre de bir analiz yapmak gerekir. Tankta, depolanan malzemenin fazla miktarlarda kaybı ve sızıntıları istenmez. Bunun için aşağıdaki etkiler, hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.

a- Tendonların gevşemesi

b- Betonun büzülmesi

c- Betondaki çatlaklar

d- Isı ve nem değişimleri

e- Suyun donarak genişlemesi

f- Betondaki kimyasal etkilerin, donatıya ve betona etkisi.

g- Zemin özelliklerindeki değişimler

II.2. Duvar kalınlığı :

Duvar kalınlıkları yüklemelerden belirlenen gerilmelere, burkulma mukavemetine, çatlak ve deformasyonlara göre sınırlandırılırlar. Duvar kalınlığı donatı yerleştirme aralığına, donatı çapına, tendon kılıflarının kalınlığına ve pas payına göre belirlenirler.

Tank duvarlarının et kalınlığı 115 mm. ile 305 mm. arasında değişmektedir. Et kalınlığı yükseklik ile değişen panel duvar elemanları da mevcuttur.

II.3. Beton ve katkıları :

Tank duvar panellerinin 28 günlük beton basınç mukavemetleri 25.0 MPa - 45.0 MPa arasında olması istenir. Genellikle beton basınç mukavemetinin 30.0 MPa'dan büyük olması gerekir.

Betonda işlenme özelliğini artıran su / çimento oranını minimuma indirerek basınç ve çekme mukavemetini yükselten süper plastizayerlar, betonu don tesirlerinden koruyan hava sürükleyiciler, tek başına veya karışımlar halinde birçok uygun beton katkıları kullanılabilir.

II.4. Dizayn kavramları :

Duvar panelleri dizayn edilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir :

Tank boş halde iken dışarıdan etki edecek zemin yükleri gibi yükler, dairesel germe kuvvetine eklenmelidir. Tank, dışarıda bir dolgu malzemesi yokmuş gibi maksimum su yüksekliğine göre esas germe kuvvetleri belirlenir. Tank duvarlarının düşey eğilmeleri, mukavemet ve işletme limit durumlarına göre dizayn edilirler .

Duvar panelleri ayrı ayrı tüm yüksekliği boyunca, yerinde dökme beton, düşey bağlantı yapılarıyla birleştirilirler. Duvar panelleri, temele monte edilir, kuşaklanır ve temele bağlanarak emniyeti sağlanır. Duvar panellerinin dairesel ard-germesi esnasında, emniyetle bağlanmaları için, düşey bağlantılar temelden tepeye kadar sargı donatısı ile kuşaklanırlar. Duvar temel bağlantısı dairesel ard-germe işlemi tamamlanana dek serbest bırakılmalıdır. Panel temel duvar birleşiminde demir saçlar veya neopren mesnetler kullanılmalıdır. Bu tip mesnetler sistemin hareket etmesine izin verirler. Duvar temel birleşimi serbest veya ankastre olması durumuna bağlı olarak detay dizaynı ve sistemin analizi değişir.

II.5. Üretim :

Panellerin üretimi şantiyede veya sabit fabrikalarda yapılır.

II.5.1. Şantiyede Üretim :

Şantiyede üretim iki şekilde olur :

II.5.1.a. Şantiyede Monte Edilecekleri Yerde Üretim :

Elemanlar monte edilecekleri yerde veya hemen yakınında imal edilmeleri şeklinde olabilir. Bu tür bir

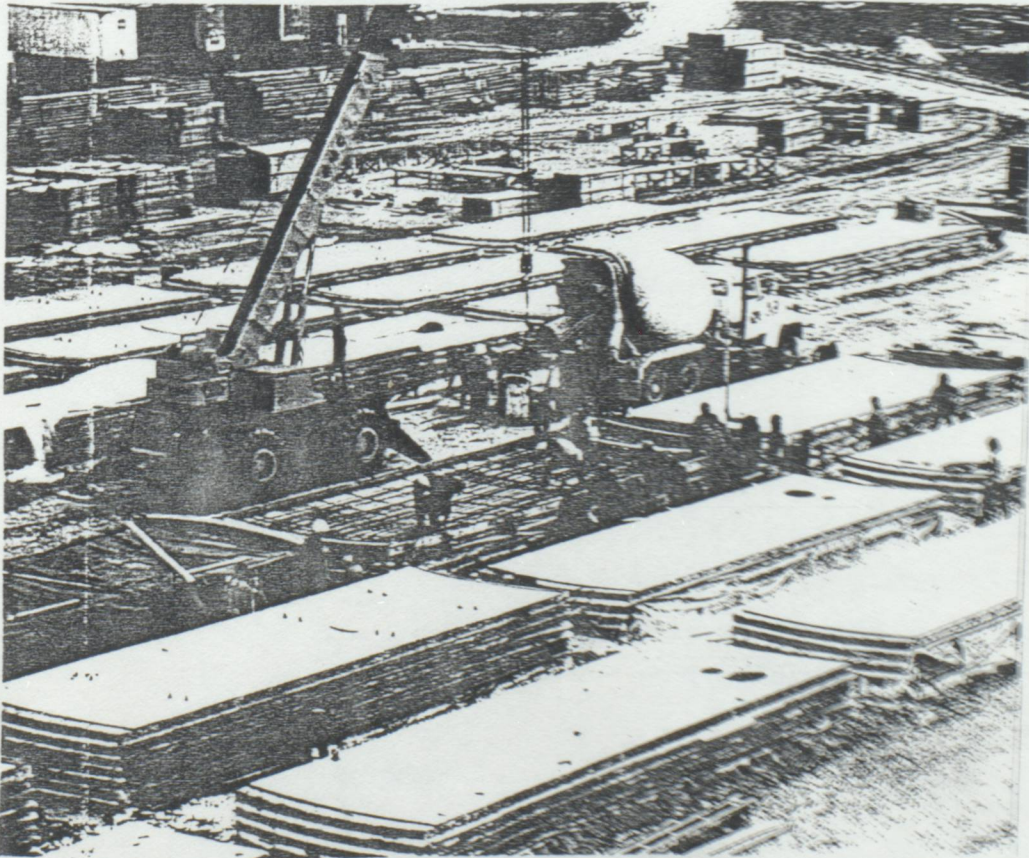


Resim 1

uygulama çok büyük boyutlu kiriş, döşeme plağı, kabuk veya katlanmış plakların, nakliye ve ara depolama gerektirmeden, doğrudan montajına olanak verir. Montaj, hidrolik preslerle kaldırma, vinç veya krenler ile gerçekleştirilir. Bu tip üretim, seri değil ancak kolay ve uygundur. Geleneksel yapımdan farkı, yüksek iskele gerektirmemesi, buna karşın kaldırma ve montaj sorunu getirmesidir.

II.5.1.b. Şantiyede Kurulacak Fabrikalarda Üretim :

Elemanlar, şantiyede kurulan, üstü açık veya örtülü bir geçici fabrikada üretilebilir. Üretim bittikten sonra sökölüp başka bir şantiyeye nakledildikleri için, bu üretim merkezlerine gezici fabrikalar da denmektedir. Burada fabrika kurma ve sökme külfetinin karşılanabilmesi için üretilecek elemanın yeterli sayıda olması esastır. Ayrıca taşımadan yapılan tasarruf miktarı, tesis masrafı daha az olan şantiye atölyelerinin kurulmasında, precast elemanların öngerilmeli, yüksek kalitede beton ve işçilik gerektirdiğinden etkin bir rol oynar. İklim faktörü de şantiyede üretimin seçiminde önemli rol oynar.



Resim 2

II.5.2. Sabit Fabrikalarda Yapılan Üretim :

Makineleşmeye ve iyi bir kalite kontrolüne olanak verir. Üretim merkezinin üstü açık veya kapalı olması iklimsel etkenlere bağlıdır. Sabit fabrikalar aşağıdaki bölümlerden oluşur :

- a- Esas üretim alanı, büyüklüğü öngerme yataklarının sayısına, uzunluğuna ve genelde üretim kapasitesine bağlıdır.
- b- Yardımcı mahaller, beton hazırlama, demir donatı, buhar üretim, araç ve gereç, laboratuvar ve idari mahallerdir.
- c- Depolama yerleri olmak üzere üç bölümden oluşur.

II.6. Üretim Evreleri :

11.7. Üretimde prensip: en az işçilikle, en çabuk ve en kaliteli üretimi gerçekleştirmek olmalıdır.

İşlemlerde makineleşmeyi arttırmak (örneğin, otomatik beton karma, beton dökme, yüzel düzeltme araçları, devrilebilen kalıplar kullanmak) işçiliği azaltır, üretimi çabuklaştırır, yani prodüktiviteyi arttırır. Suni sertleştirme, imalat evrelerine büyük bir hız getirir.

Ancak makineleşme yatırım demektir. Yatırırmın rantabl olabilmesi içinde, elemanlarda boyutsal ve biçimsel tipleşme ve standartlaşmaya gidilmeli, büyük üretim serileri sağlanmalıdır.

II.6.a. Üretimin Gerçekleşmesi İçin Gerekli İşlemler :

Yan işlemler	Ana işlemler
* Kalıbın yapımı,	* Kalıbın hazırlanması,
* Donatı ve çelik aksamının hazırlanması,	* Donatı ve çelik aksamının yerleştirilmesi, gerekirse öngerme yapılması,
* Betonun hazırlanıp karılması,	* Betonun dökülmesi ve düzeltilmesi,
	* Betonun sıkıştırılması,
	* Betonun sertleştirilmesi,
	* Bitmiş elemanın kalıptan çıkarılması,
* Elemanın depolanması,	

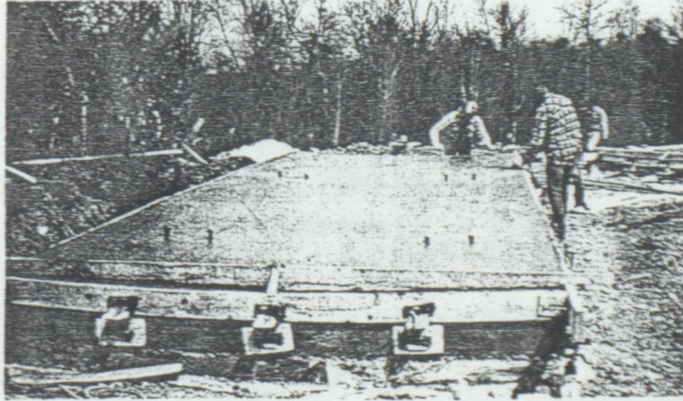
II.7. Kalıplar :

II.7. a. Sıkıştırılmış Kalıplar :

Sıkıştırılmış veya toprak kalıplar, genellikle nervürsüz yüzeysel taşıyıcıların (katlanmış kabuk veya kabukların), küçük seriler halinde şantiyede yapımı için uygundur.

Kumun bazı maddelerle karıştırılıp sıkıştırılması şekli yaygındır. Bu tür kalıplar, zemin yüzeyinin üzerinde veya toprakta çukur kazılması ile oluşturulur.

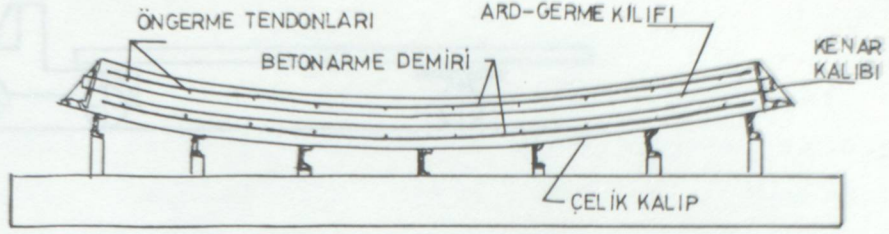
Elemanların, aralarına kağıt, plastik folye sermek veya çamur sıvamak suretiyle, üstüste betonlanması yöntemi de ucuza mal olur ve fazla hassasiyet gerektirmeyen işlerde uygulanabilir.



Resim 3

II.7 . b . Çelik Kalıplar :

Tank yarıçapına uygunluk sağlayacak şekilde duvar panellerinin üretimi için en iyi kalıp sistemidir. Sağlamlık, yüzey düzgünlüğü, küçük toleranslarla üretimi mümkün kılması, bakım ve temizleme kolaylığı, çok sayıda kullanıma olanak vermesi, çabuk .deforme olmaması gibi niteliklerinden dolayı, tercih edilen kalıp sistemidir.



Şekil 2 Çelik kalıp.

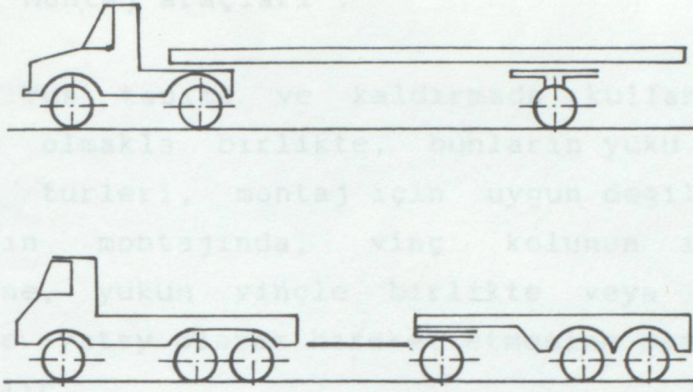
II.8.1. Depolama, Taşıma ve Montaj :

Duvar panellerinin üretim yerleri, kaldırma yerleri, depolama yerleri ve montaj sahası çizimlerde belirtilmelidir. Duvar elemanlarının imalat ve depolama yerleri sadece belirtilen yerlerde yapılmalıdır. Üretim, depolama, taşıma ve montaj bir plan ve proje dahilinde yapılmalıdır.

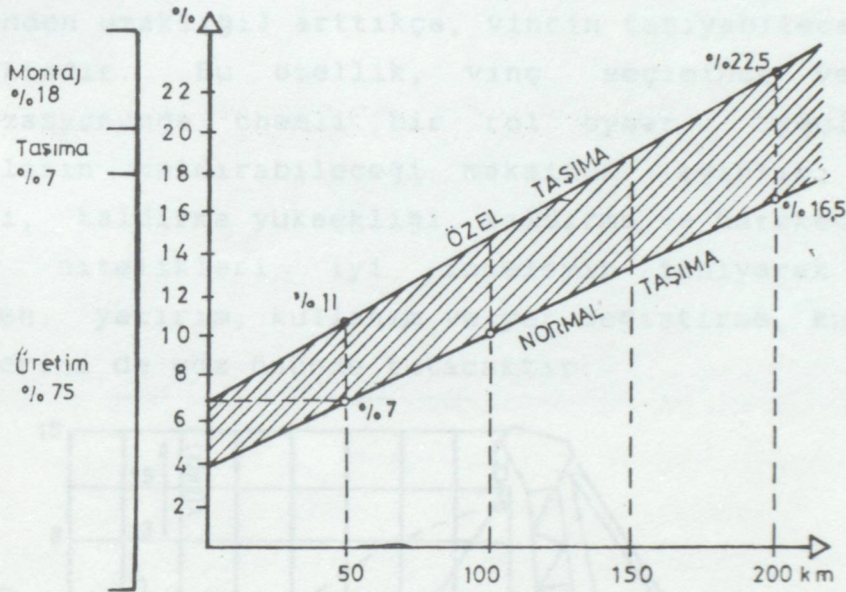
Zemindeki farklı oturmalarından dolayı, panellerin eğilmemesi için depolama alanı yeteri kadar uygun olmalıdır.

Doğrudan fabrika - şantiye bağlantısını kurma açısından, karayolu taşımacılığı, hazır beton elemanlarının taşınması için en uygun yöntem olmaktadır. Bu amaçla kullanılan araçlar çok çeşitlidir. Küçük elemanlar, normal taşıma araçları ile taşınabilir; oysa büyük ve ağır elemanlar için, standart ve özel geliştirilmiş treyler, römork ve çekiciler kullanılır.

Karayolu taşımacılığında, fabrika ile şantiye arasındaki uzaklık 40 - 60 Km. olduğu zaman, taşıma giderleri, elemanların maliyetini fazla etkilemeyecek bir oranda kalmaktadır.



Şekil 3 Karayolu Taşıma Araçları.



Şekil 4 Karayolu taşımacılığında taşıma yolu uzunluğu-eleman maliyeti ilişkisi.

Taşıma şekli, hazır beton elemanların montaj yerinin mesafesine göre değişir. Taşımada, demiryolu, su yolu, ve havayolu kullanılabilir.

Şekil 5 Bir araçlı vinçte, desteklenmiş durumu, kol yörünge ve kol konsol uzunluğuna bağlı olarak kapasite değişimleri.

A. Desteklenmiş vinçte,

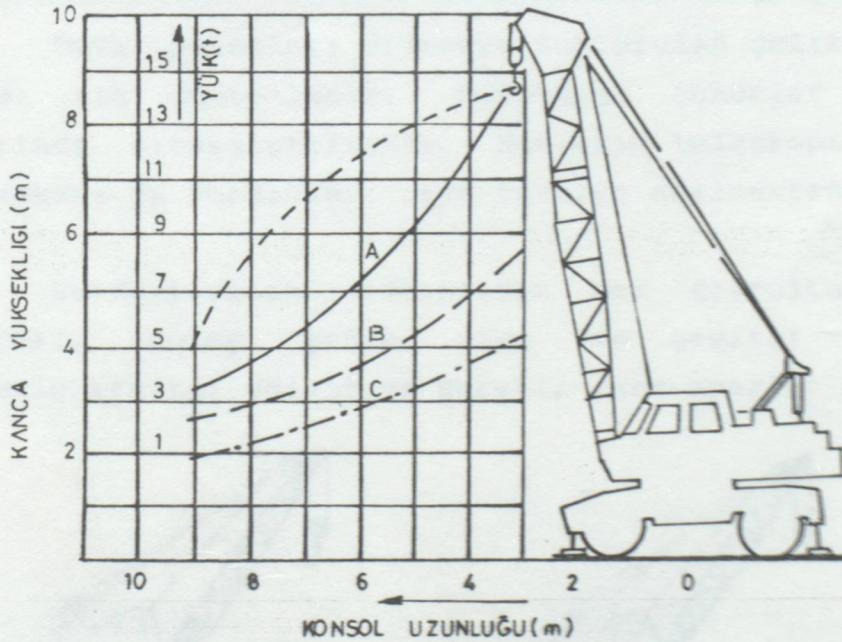
B. Desteklenmiş vinçte kol uzatılmasına bağlı olarak olduğu zaman,

C. Desteklenmemiş vinçte kol 360° döndürülmüş

II.8.2. Montaj araçları :

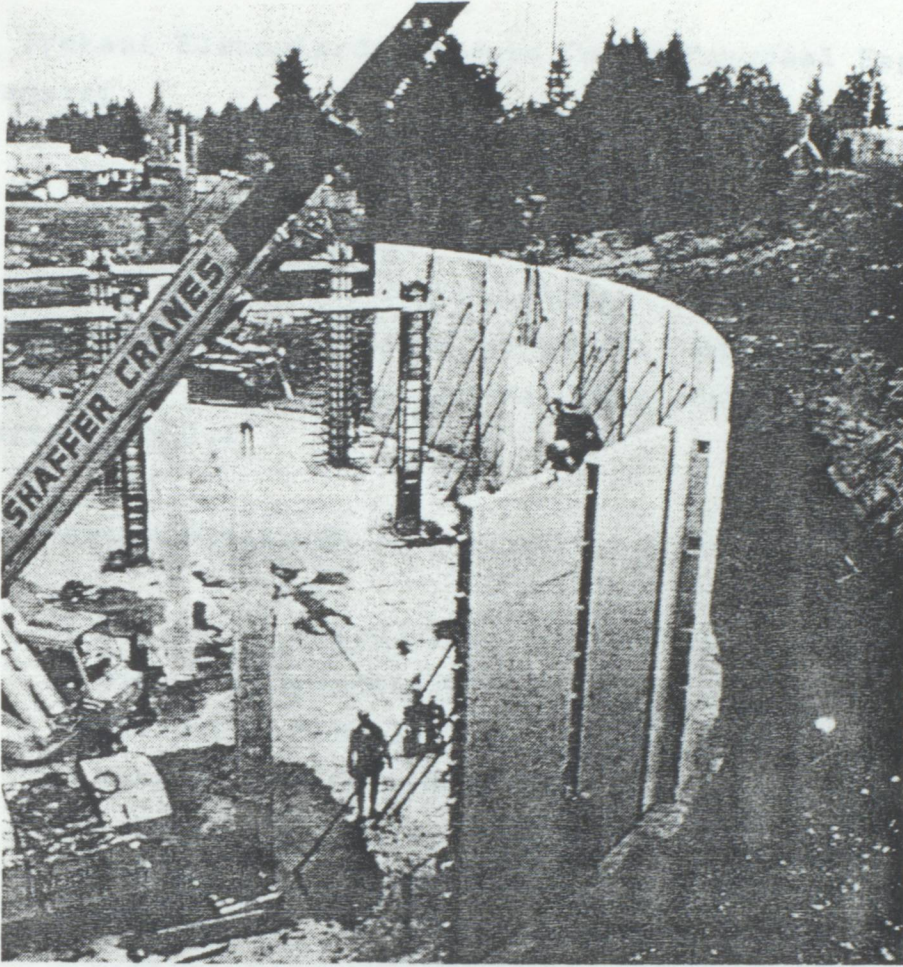
Yük taşıma ve kaldırmada kullanılan vinçler, çok çeşitli olmakla birlikte, bunların yükü sadece kaldırıp indiren türleri, montaj için uygun değildir. Prefabrike yapıların montajında, vinç kolunun inip kalkmasına, dönmesine, yükün vinçle birlikte veya duran vinç kolu üzerinde yatay olarak hareket etmesine olanak veren vinçler kullanılır.

Vinç kolunun konsol mesafesi (veya yükün vinç ekseninden uzaklığı) arttıkça, vincin taşıyabileceği ağırlık azalmaktadır. Bu özellik, vinç seçiminde ve montajın organizasyonunda önemli bir rol oynar. Uygulayıcı, bu makinaların kaldırabileceği maksimum ağırlık, kaldırma momenti, kaldırma yüksekliği, kaldırma ve hareket hızı gibi teknik nitelikleri iyi inceleyip tanıyarak seçimini yaparken, yatırım, kullanım ve yer değiştirme, kurma, sökme giderlerini de göz önünde tutacaktır.



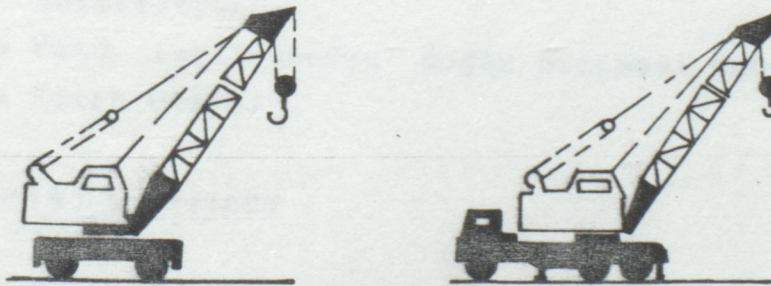
Şekil 5 Bir araçlı vinçte, destekleme durumuna, kol yönüne ve kol konsol uzunluğuna bağlı olarak kapasite değişimleri.

- A. Desteklenmiş vinçte;
- B. Desteklenmemiş vinçte kol uzunlamasına doğru olduğu zaman.
- C. Desteklenmemiş vinçte kol 360° döndürülmüş olduğu zaman.



Duvar panelleri döşemeye tutturulan çelik çubukların yardımı ile desteklenir. Diyagonal çubuklar uzun süre yerlerinde bırakılabilirler. Bunların teleskopik olanları, ayar imkanı da verdikleri için tavsiye edilmektedir.

Yerleştirilen elemanların her doğrultudaki konumu kabarcıklı düzeç, gönye, nivo ve çeşitli topografik aletlerle kontrol edilir ve gerekli ince ayarlar yapılır.



Şekil 6 Araçlı Vinçler.

II.9. Prekast Elemanlarda Meydana Gelen Boyutsal Sapmalar = Toleranslar.

Prekast elemanlar biraraya geldiğinde bağlantı noktasında projede öngörülenden farklı boyutlarla karşılaşmaktadır. Tasarım boyutları ile gerçek boyutlar arasındaki bu farklılığın ortaya çıkma nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir :

II.9.1. Üretim sırasında :

- * Kalıbın yapımında, ölçülendirilmesinde ve sıkıştırılmasındaki hatalar;
- * Kalıbın zamanla aşınması, betonun işlenmesi sırasında deformasyonu;
- * Kalıbın iyi temizlenmemesi;
- * Üretimde el işçiliği oranının fazla olması;
- * Betonun su - çimento oranında, sıkıştırılması ve sertleşmesi sırasında oluşan hatalar;
- * Kalıptan fazla ıslak olarak çıkan betonun yayılması;
- * Öngermeden dolayı ters sehim oluşması;
- * Ölçme hataları..

II.9.2. Depolama sırasında :

- * Tam sertleşmeden kalıptan çıkarılan elemanın deformasyonu;
- * Kötü istiflemeye doğan biçimsel değişiklikler;
- * Rötire etkisi..

II.9.3. Montaj sırasında :

- * Montaj düzeyinin hazırlanmasında ve elemanın yerleştirilmesindeki hatalar;
- * Ölçme hataları..

II.9.4. Montajdan sonra :

- * Sünme, veya,
- * ısı gerilmeleri nedeniyle oluşan boyut değişiklikleri vbg..
- * Üretim, depolama ve montaj sırasında meydana gelen bu boyutsal sapmalar çok fazla olduğu zaman , ortaya:
- * montajın ve bağlantının yapılamaması;
- * statik bakımdan, kuvvetlerin bir elemandan diğerine gerektiği gibi aktarılamaması;
- * ince yapı ve tesisat işlerinin çok güçleşmesi;
- * yapı fiziği açısından yetersiz uygulamaların yapılması ve
- * Önemli estetik sorunların doğması gibi sakıncalar çıkar.

Bu sakıncaları önlemek veya belli bir düzeyde tutabilmek amacı ile, ölçü sapmaları, kabul edilebilir değerlerle sınırlandırılır. Saptanmış teorik biçim ve boyutlara göre, biçim ve boyutlarda kabul edilebilen farkları belirleyebilen bu değerlere "TOLERANS" denir.

Elemanlarda, montaj evresine kadar oluşan ölçü sapmaları, "üretim toleransları"; montaj sırasındaki sapmalar ise, "montaj toleransları" ile sınırlandırılır. Bir birleşim noktasında, esas olarak bu iki tolerans gözönünde tutulur; ancak, sünme ve ısı gerilmelerinin etkileri de tahkik edilmelidir.

Gerek üretim, gerekse montaj toleransları, montajın gerçekleşmesine olanak verecek ve yerlerine konmuş elemanların birbirlerine kuvvet aktarmalarını sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Toleranslar tanklarda istenen temel şartlara göre olmalıdır. Tank dizaynı, duvar panellerin boyutları, bağlantı düzenlemesi ve kullanılacak germe sistemine göre aşağıdaki toleranslar, dizayncıya rehber olarak verilmiştir :

Yükseklik + 1/2 in.

Yükseklik + 1/2 in.

Genişlik + 1/2 in.

Tablo Kalınlık + 1/4 in.

Eğrilik 3/8 in.

Tendon yerleşimi + 1/8 in.

Tendon kılıfları + 1/4 in.

Köşelerdeki diklik .. 1/4 in.

Not : 1 in. = 25.4 mm.

Yukarıdaki toleranslar Prekast Beton Enstitüsü Komitesi tarafından tavsiye edilen, yaygın şekilde uygulanan toleranslardır.

II.10. Dünya Üzerindeki Mevcut Tankların Duvarları :

II.10.1. Yeni Zelanda :

Yeni Zelanda'da tablo .1. görülen birçok prekast, öngerilmeli beton depolama tankları inşa edilmiştir. Duvar panellerinin 28 günlük basınç mukavemeti 27.6 MPa. ile 414 MPa arasındadır.

Tablo .1. Prekast duvar panelleri boyutları :

Tank çapı M.	11.30	15.55	21.96	30.50	39.65	51.85
Duvar Panelleri						
Sayısı	14	18	28	36	48	72
Yükseklik M.	5.33	6.53	6.65	6.86	7.70	8.46
Genişlik M.	2.17	2.38	2.11	2.34	2.26	2.07
Kalınlık mm.	111.76	152.40	152.40	165.10	165.10	215.90

II.10.2. Regina, Saskatchewan, Kanada :

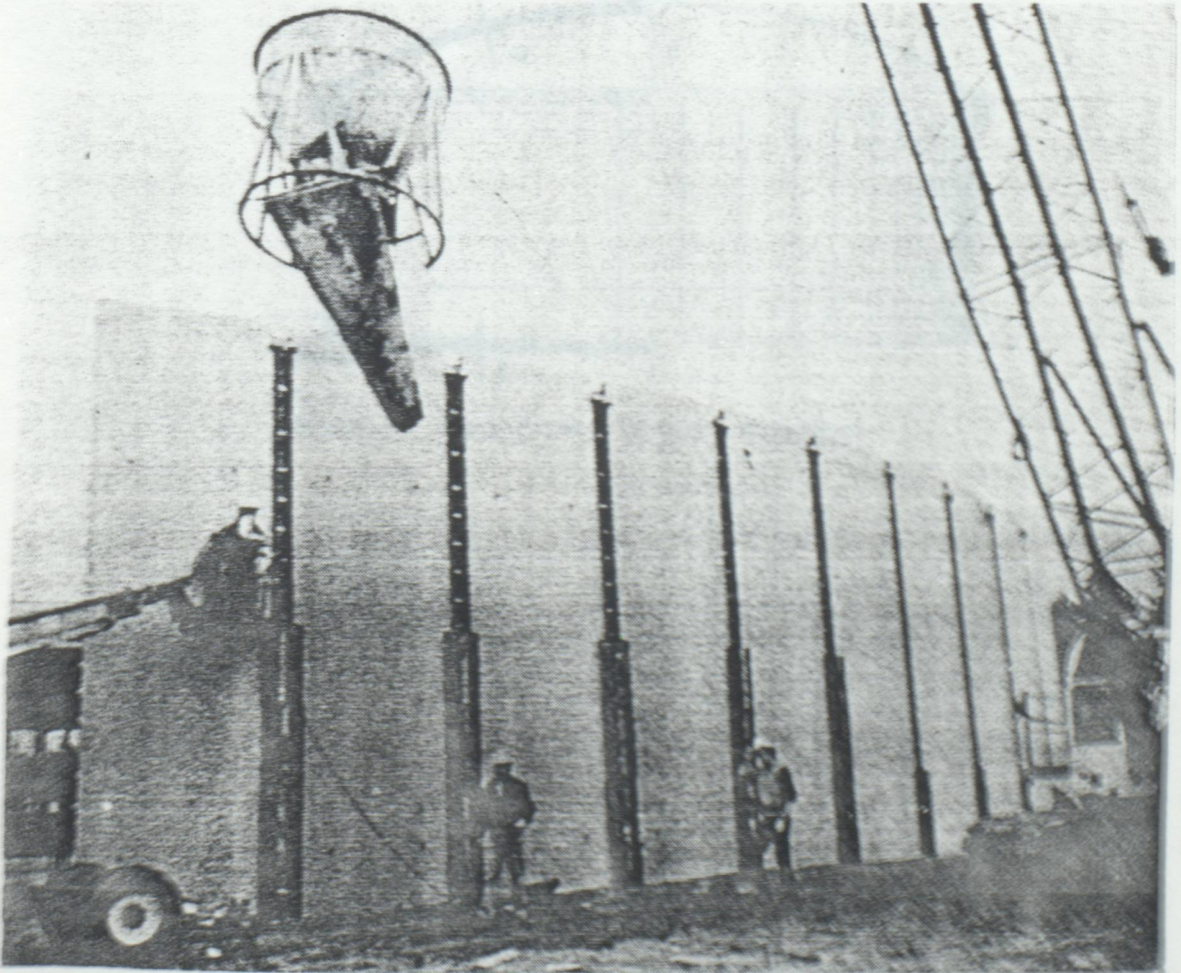
Duvar panellerinin 28 günlük beton basınç mukavemeti 45.0 MPa olarak, paneller eğriliksiz düz şekilde betonlanmışlardır. 68.6 M. Çapında 60 duvar paneli ve 6 ard-germe sütunu panelinden oluşur. Tipik duvar panellerinin boyutları : duvar kalınlığı 229 mm., panel duvar yüksekliği 11.8 M., duvar genişliği 3 M.'dir.

II.10.3. ABAM Engineers Firması, A.B.D.

ABAM Firmasının Riverton Hights Rezervuarı tank çapı 103 M., prekast duvar panellerin boyutları duvar kalınlığı değişken olmak üzere duvar tepesinde kalınlık 203 mm., duvar panelinin en alt kısmında duvar kalınlığı 356 mm., panel duvar yüksekliği 10 M., duvar genişliği 2.6 M.'dir. Duvar panelleri eğri şekilde betonlanmıştır.

II.10.4. VSL Prestressing PTY Firması. Avusturalya

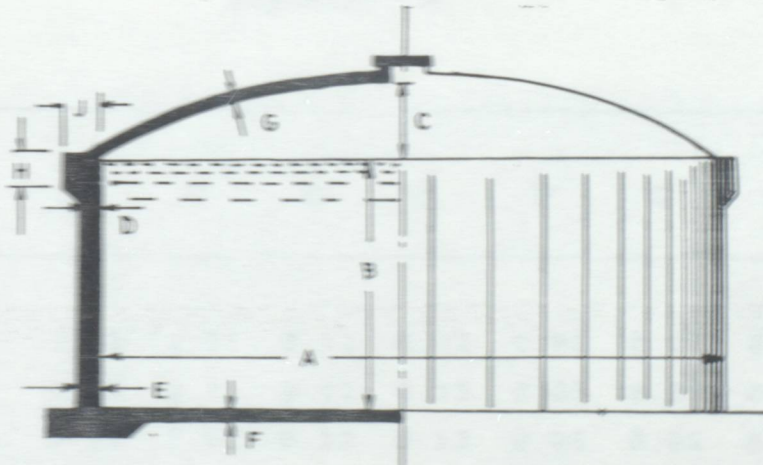
Duvar panellerinin 28 günlük beton basıncı mukavemeti 24.8 MPa olarak paneller tank yarıçapına uygunluk sağlıyacak şekilde eğri şekilde betonlanmıştır. 39 M. çapında tipik duvar panellerinin boyutları : duvar kalınlığı 200 mm.; panel duvar yüksekliği 7.5 M.; duvar genişliği 4.2 M.'dir.



II.11. Dairesel Tankların Ekonomik Boyut Oranları :

Bütün dünyada öngerilmeli beton tankların çoğu, silindirik şekilde inşa edilmiştir. Tecrübeler göstermiştir ki yükseklik-çap oranı, silindirik diresel öngerilmeli tankların maliyetine tesir etmektedir. Tablo .1. ve şekil.7. kapasiteleri 378 M3. ile 37800 M3. arasında değişen tank yapı elemanlarının boyutlarını göstermektedir.

Bu tablo, A.B.D.'nde çok sayıda öngerilmeli beton silindirik tanklar inşa etmiş Preload firması tarafından hazırlanmıştır. Dairesel silindirik tanklarda ekonomik çap yükseklik oranı 4/1 olarak belirtilmiştir.



Şekil 7 Ekonomik boyut oranları

IX-12. Çatılı Tanklar :

Duvar kalınlıkları, temel - duvar bağlantısı kaymaya serbest, neopren takozlar üzerine oturan duvarlar için verilmiştir. Tankın üstü genellikle tank duvarı - çatı arasında dairesel öngerilmeli giriş üstüne oturan kubbe şeklindedir.

Ancak 50.000 M3. kapasiteli ve 90 M. çapındaki tankların çatıları, kolonlar üzerine oturan girişlerle desteklenen öngerilmeli boşluklu panellerle yapılırlar.

litreden daha büyük çaplı tanklar çelikten çatılı yapılmamaktadır avantajları şunlardır:

Tablo1.... Su Tankları İçin Ekonomik Boyut Oranları

(Tablo şekil ile birlikte incelenecektir.)

Boyutlar, M.									
Hacım									
M3									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J
378	12.50	3.15	1.56	0.12	0.12	0.05	0.05	0.20	0.15
945	16.90	4.30	2.11	0.12	0.12	0.05	0.05	0.22	0.15
1890	21.35	5.35	2.67	0.12	0.12	0.05	0.05	0.30	0.17
2835	24.40	6.10	3.05	0.12	0.15	0.05	0.05	0.36	0.19
3780	26.95	6.70	3.36	0.12	0.18	0.05	0.05	0.38	0.22
5670	30.80	7.80	3.86	0.12	0.23	0.05	0.05	0.43	0.25
7570	33.85	8.55	4.23	0.12	0.24	0.05	0.06	0.48	0.27
9450	36.40	9.15	4.55	0.22	0.26	0.05	0.06	0.51	0.30
18900	46.00	11.45	5.75	0.22	0.44	0.05	0.10	0.69	0.38
37800	57.90	14.50	7.24	0.22	0.74	0.05	0.11	0.89	0.49

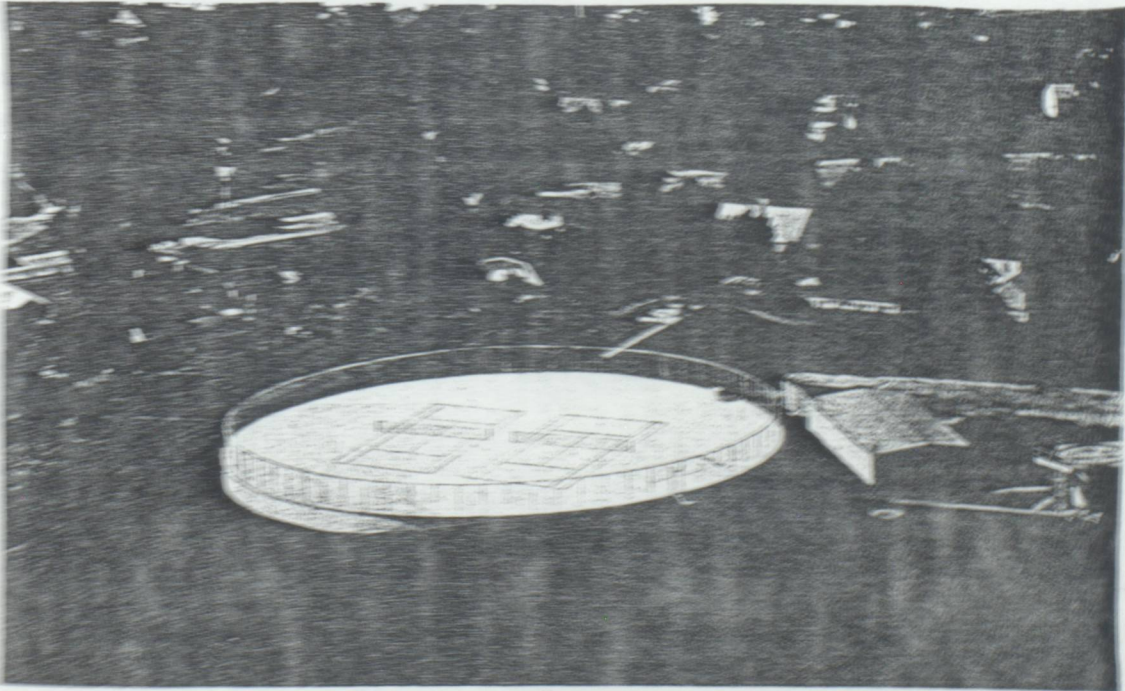
A.B.D'ndeki ekonomik oran B: A = 1:4

II.12. Gömülü Tanklar :

Ne yapılırsa yapılsın, yer üstünde, yani gömülü olmayan bir tank insana faydalı ancak çok hantal bir görünüm verir.

Estetiksel bir görüş olarak gömülü bir tankın nominal bir fiyatı, gömülü olmayan bir tanka nazaran belki daha aşağıdadır. Bu durumda beton gömülü tanklar, 400.000 litreden daha büyük çelik tanklar ekonomik açıdan gömülü yapılamadığından avantajlı olacaklardır.

Estetik probleminin çözümüyle beraber, gömülü tanklar suyu yazın soğuk tutarak tadının iyi olmasını, kışın ise ılık tutarak, su seviyesinin donmamasını sağlar. Gömülü tanklar daha emniyetlidir ve genelde emniyet tedbirlerinin olmadığı yerlerde daha sık gömülü tanklar inşa edilirler.



Resim 6 Üzeri tenis kortu, gömülü su tankı.

III. TANK DUVARLARINDA KULLANILAN ÖNGERME METODLARI

III.1. Duvar Kesitleri :

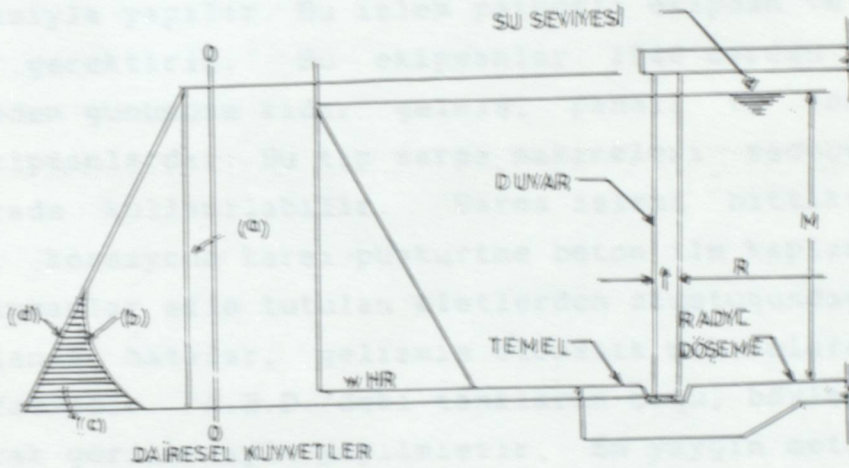
Silindirik tanklar, dikdörtgen tanklara nazaran daha etkili ve güçlüdürler ve bu yüzden suların depolanması için daha ekonomik bir çözüm yoludur. Dairesel tanklar öngerilmeli veya betonarme olarak yapılabilirler, öngerilmeli beton daha etkilidir. Gerilmeleri karşılayabilmek ve çatlak genişliklerini istenen emniyette karşılayabilmek için donatı oranı artacaktır. Betonarme tanklar, kapasiteleri 2.000.000 lt. yani 2000 m³. 'den daha az ise ekonomik olurlar. Eğer öngerilmeli sistemler kullanılırsa daha ince duvar kesitleri kapasiteleri daha büyük olan emniyetli yapılar inşa edilebilir.

III.2. Tanklarda öngermenin amacı :

Haznede öngerilmenin amacı su itkisinden dolayı oluşan gerilmeleri ortadan kaldırmaktır. Öngerilme kuvveti, hazne dolu iken beton duvarlardaki gerilmeyi minimuma indirmekte, aynı zamanda sızma ve çatlama tehlikesini de azaltmaktadır. İlave tedbir olarak tüm yükler altında betonda artık basınç gerilmeleri düşünülmelidir. Hazne boş iken yatay öngermeden dolayı düşey kesitlerde oluşan momentlerin etkisini azaltmak için düşey öngerme düzenlenmelidir.

III.3. Yatay Öngerme :

Öngerme kuvvetleri yeterli büyüklükte olmalıdır. Zemin dolgusunun etkisi ihmal edilerek, tüm iç kuvvetlere karşı koymalıdır. Duvarda minimum bir artık basınç öngerilmesi sağlanmalıdır. Bu değer 1 - 1,5 MPa arasında, depolanan malzeme cinsine göre değişir. Üstü açık tanklarda artık basınç öngerilmesi yukarıdaki değerlerin iki katı alınarak tank tepesinden, maximum su seviyesinden : mesafesine kadar lineer olarak azalır.



ÖNGERİMEDEN

İÇ YÜKLEMEDEN

TANK KESİTİ

- (a) MİNİMUM ARTIK BASINÇ
- (b) ANKASTRE DUVARDA ÖNGERME
- (c) TEMEL VEYA RADYAL DÖŞEMENİN KARŞILADIĞI ÇEKME
- (d) SERBEST BİRLEŞİMDE ÖNGERME

Şekil:8

Şekil , öngermeden ve depolanan likit malzemenin oluşturduğu dairesel kuvvetlere bir örnektir. Uygulamalarda sudan meydana gelen gerilmeye göre tendon yerleştirilmesi, duvar 5 eşit bölgeye ayırmak suretiyle yapılan hesaplar yeterli olmaktadır.

Duvar panellerinin yatay ard-germesi iki şekilde yapılmaktadır. Birincisinde ard-germe tank duvarlarının dışından yapılır. Diğeri ise duvar panellerinin içinden geçen tendonların ard-gerilmesi ile yapılır.

III.3.1. Sargı tankları :

Dünyada birçok tipte tank bu metodla gerilmiştir. Bu metod tank duvarları inşaa edildikten sonra, duvarın etrafı sürekli olarak $\varnothing$ 4.8 mm. çapında tellerin sarılmasıyla yapılır. Bu işlem patentli ekipman ve uzman bir firma gerektirir. Bu ekipmanlar 1940'lerden beri hiç değişmeden günümüze kadar gelmiş, pahalı ve kontrolü iyi olan ekipmanlardır. Bu tip sarma makineleri sadece dairesel tanklarda kullanılabilir. Sarma işlemi bittikten sonra teller, korozyona karşı püskürtme beton ile kaplanır. Tüm bu ekipmanlar elle tutulan aletlerden olduğundan insandan kaynaklanan hatalar, gelişmiş otomatik makinelere nazaran daha fazladır. A.B.D.'deki tankların çoğu, böyle, tellerin sarılarak gerilmesiyle yapılmıştır. En yaygın metod Preload Mühendislik Firması tarafından geliştirilen silindirik tanklar için bir "Merry 90 around" diye anılan çekme makinesi ile halat sarma metodudur. Makine, tank duvarlarının üzerinde asılı olarak döner.

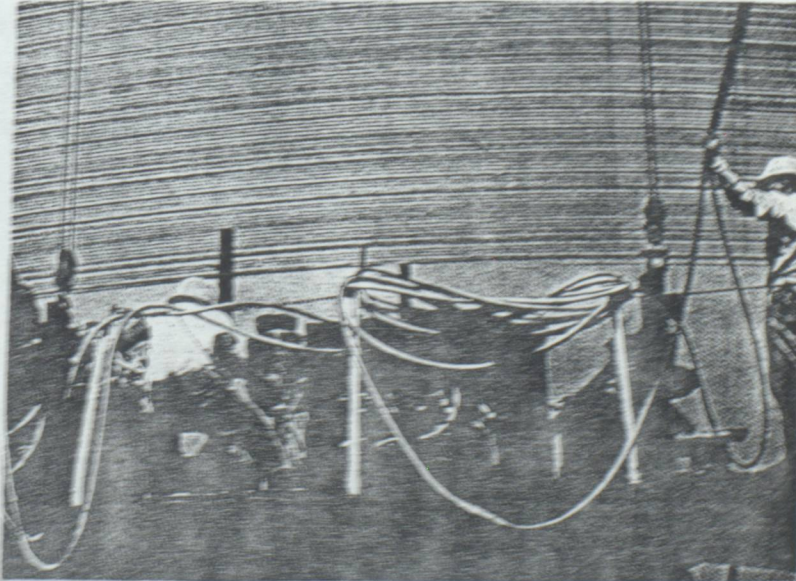
Halatların dizayn edilen çekmesini sağlamak için, halatlar tank etrafına sarılırken, halat bir lokmadan geçirilip en yüksek çekme sağlanır. Halatların kopmaya karşı emniyetini sağlamak için muayyen aralıklarla duvarların içindeki kliplere ankre edilirler ve böylece sarma hiçbir zaman kopmaz.

Halatların birleşimleri genellikle halatların birbirlerine sarılarak bir yay kuvveti oluşturup letimlenmesiyle yapılır. Senelerin gösterdiği gelişmeyle sarma sürati saniyede 4.5 M.dir. (4.5 M/sn).

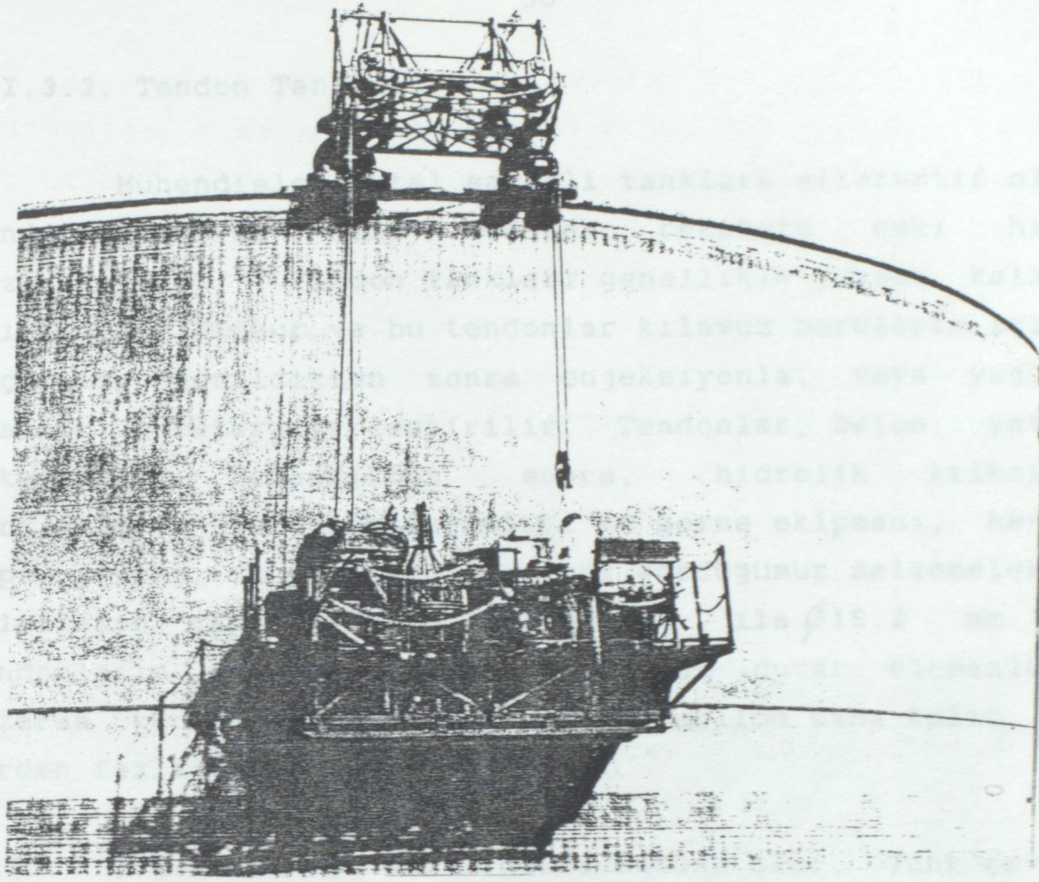
Ancak bununla beraber bu sistemin bazı dezavantajları vardır:

- * Halat sarma başlamadan tüm duvarın montajı tamamlanmalıdır.
- * Halat sarma işlemi bittikten sonra öngerme halatlarını korozyona karşı korumak için püskürtme beton tabakası ile kaplanmalıdır.
- * Bu kısım gerilmediği için çatlamaya karşı korunmamış ve dolayısıyla halatlarda korozyona karşı iyi bir şekilde kaplanmamış olduğu görülür.

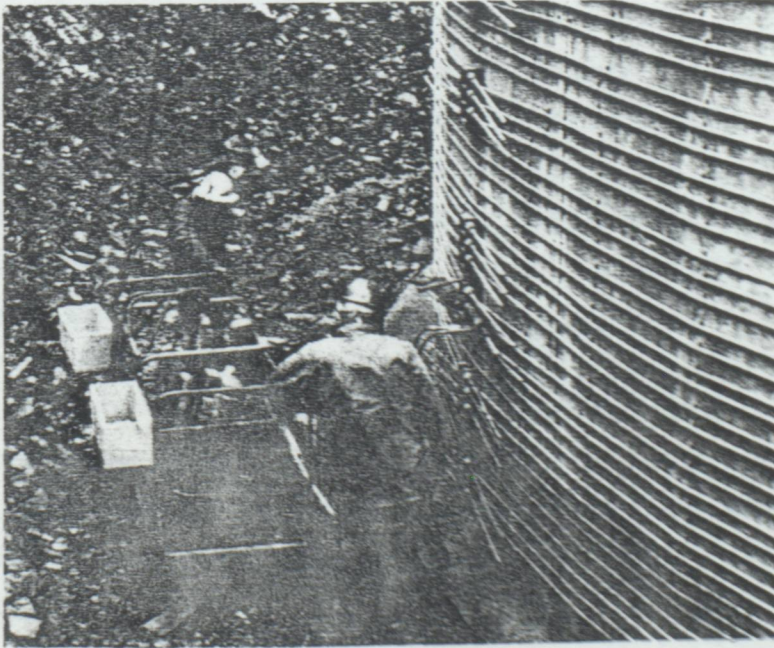
İşin özel bir ihtisas konusu olması rekabeti azaltmakta ve bu sebeple bu tip inşaatın maliyetini arttırmaktadır. A.B.D.'de sadece dört firma bu tip tankların dizayn ve inşaatını yapabilmektedir. Bu firmalar tüm çalışmalarını, tank duvarları ve kubbe daire girişleri üzerine kendi özel aletleriyle yaptıklarından, öngerme teknolojisi isteyen mambran döşemeler veya iki yönlü düzlem çatılar istendiğinde avantaj sağlayamazlar.



Resim 7 -



Diğer bir dış öngerme metodu ise, 15.2 mm.'lik çelik halatlar ile tankın daire çevresi boyunca iki veya daha fazla noktada sabitlenerek hidrolik krikolarla yapılan germedir.



Resim 8,9

III.3.2. Tendon Tankları :

Mühendisler, tel sarmalı tanklara alternatif olarak tendon tanklar dizayn ederek rekabete eski hızını kazandırdılar. Tendon tankları genellikle yüksek kaliteli çeliklerden oluşur ve bu tendonlar kılavuz boruların içinden geçirilip gerildikten sonra enjeksiyonla, veya yağlanıp plastik borulara yerleştirilir. Tendonlar, beton, yeterli mukavemeti kazandıktan sonra, hidrolik krikolarla gerilirler. Tendon malzemeleri ve germe ekipmanı, hergün, köprü, garaj, işhanı inşaatlarında gördüğümüz malzemelerdir. Halatların çapları genellikle $\phi 12.7$ ila $\phi 15.2$ mm.'dir. Tendonların gerilmesi diğer prekast duvar elemanlarına nazaran germe kuvvetlerini alacak şekilde daha kalın olan birden fazla sütunlarla yapılır.

Çoğu tankın dört germe sütunu olur. Tank çevresi boyunca 90 derece açıyla yerleştirilirler. Tendonlar 180 derecede bir, başka fazlarda 90 derecelik sütunlara ankraj başlıklarıyla bağlanırlar. Çoğu tankın da altı germe sütunu 60 derece açıyla tank çevresi boyunca yerleştirilir, tendonlar ise 120 derecelik bir başka fazda 60 derecelik sütuna bağlanırlar.

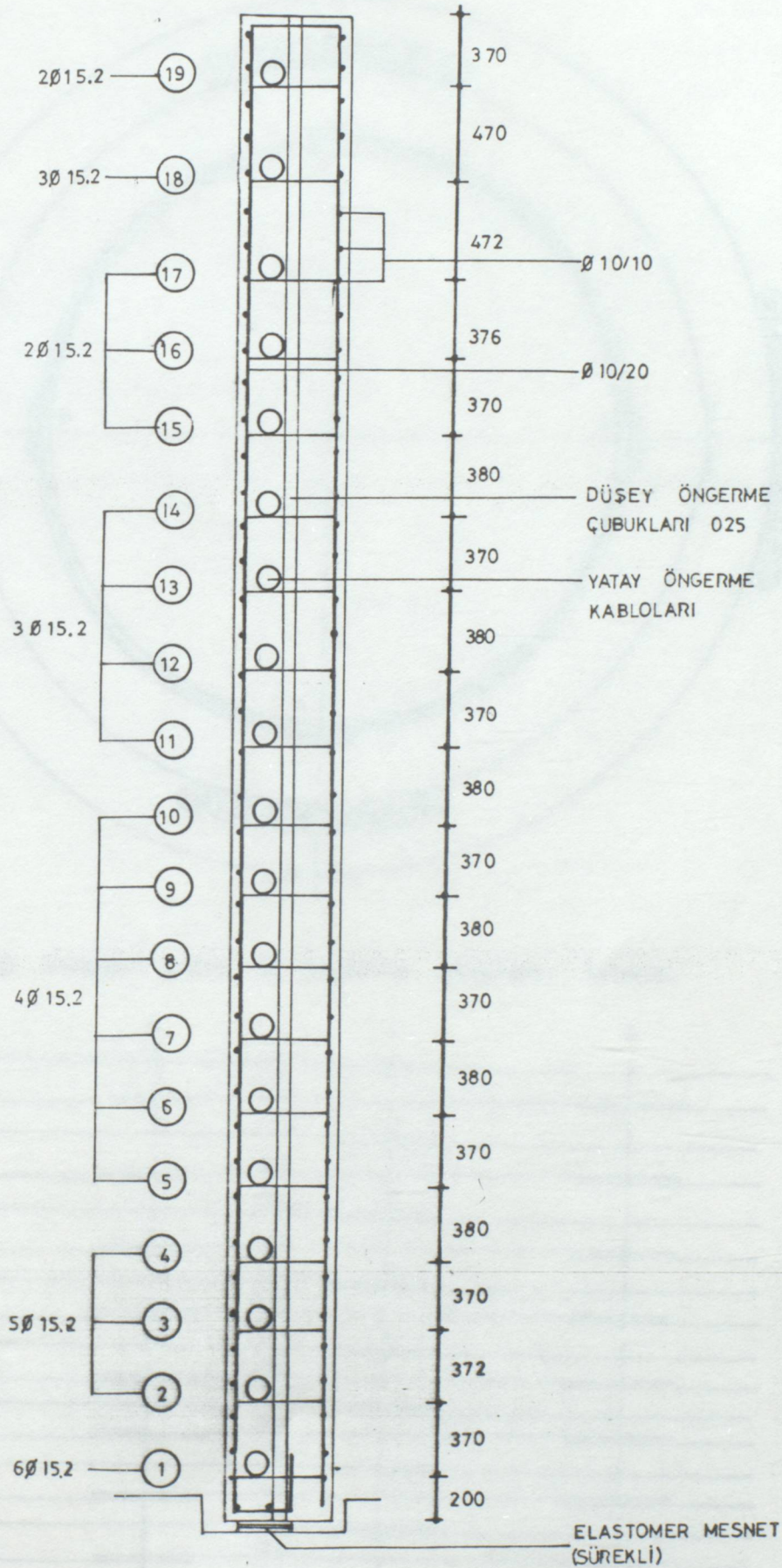
Tendon teknolojisi hiç durmadan gelişmektedir. Son senelerde çelik teknolojisindeki gelişmeler, bu sistemin uygulanmasını yaygınlaştırmaktadır. tek halatlardan oluşan bağlantısız ve tümüyle plastik kaplı sistem, döşeme ve çatı inşaatlarında çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Köprü ve garajlar için geliştirilen bu sistemde en önemli problem tuzlu su idi ancak tümüyle plastik kaplanması en iyi korozyondan korunma olanağını sağlamıştır. Bu koruma maliyete tüm tankın maliyetinin %0.75 gibi küçük bir maliyet getirir.

Tendon tankları, en evvela maliyeti ve kışın inşa edilebilir olmalarından çok daha iyi bir seçimdir. Ancak püskürtme beton, uygunsuz kış koşullarında güvenilmez bir yöntemdir. Bundan başka uzun süren soğuk, kış şartları veya kar projeyi gereksiz yere geciktirir. Tel sargı bir betonarme tank gerildikten sonra, koruyucu püskürtme beton ile kaplanmadan uzun süre bırakılamaz. Başka bir yanda tendon yerinde dökme duvarların içine yerleştirilir (ısıtılabilir) ve tendonlar çok kötü hava koşullarında dahi gerilebilir ve enjeksiyonla korozyona karşı korunabilirler

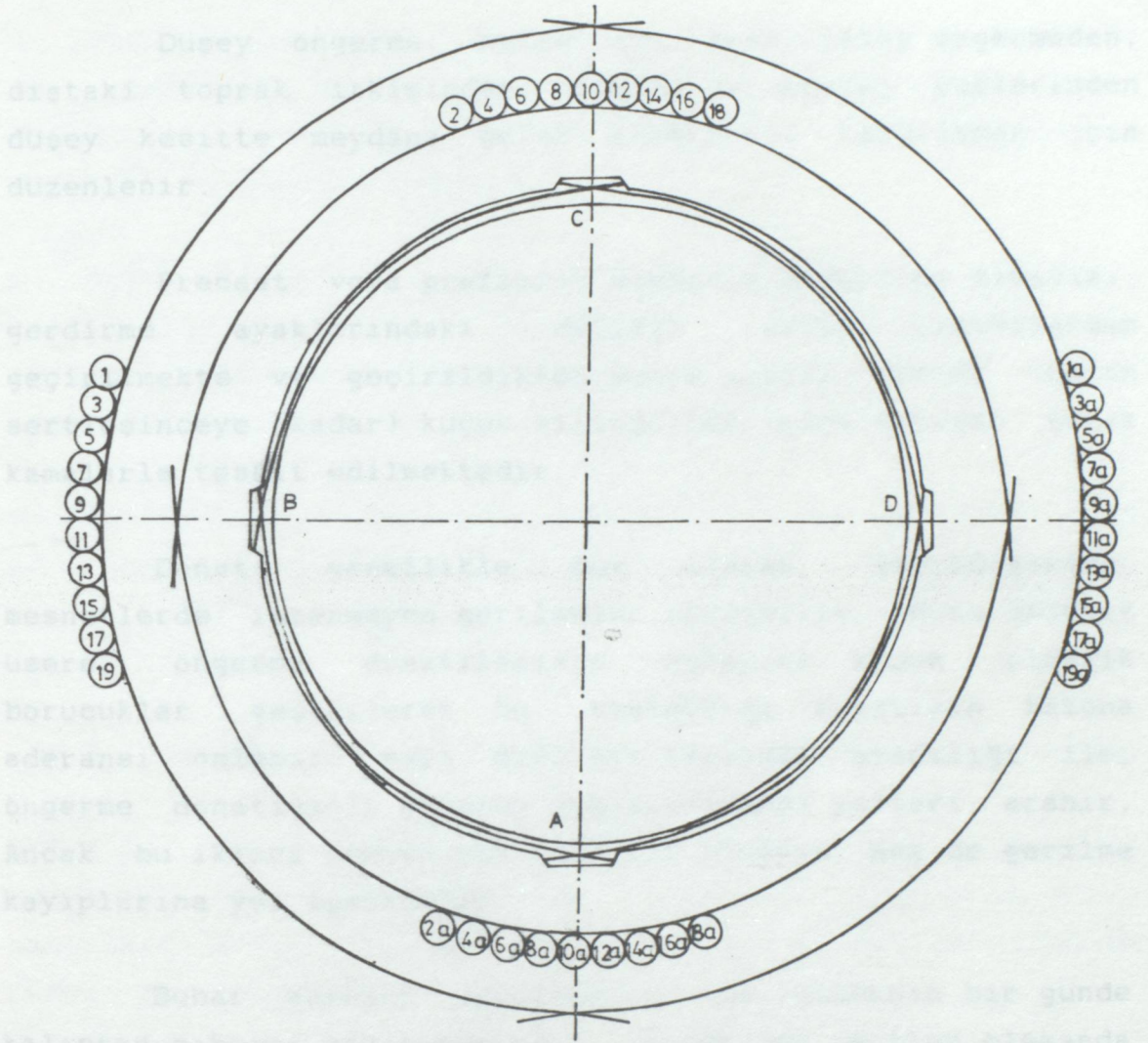


Resim 10 Tendonların krika ile gerilmesi.



Sekil 9. Prefkast duvar düşey kesiti

III.4. Düzey öngerme



Şekil 10 Yerleşim planı ve öngerme açılımları krokisi.

	A	B	C	D
19	—	—	—	—
18	—	—	—	—
17	—	—	—	—
16	—	—	—	—
15	—	—	—	—
14	—	—	—	—
13	—	—	—	—
12	—	—	—	—
11	—	—	—	—
10	—	—	—	—
9	—	—	—	—
8	—	—	—	—
7	—	—	—	—
6	—	—	—	—
5	—	—	—	—
4	—	—	—	—
3	—	—	—	—
2	—	—	—	—
19a	—	—	—	—
18a	—	—	—	—
17a	—	—	—	—
16a	—	—	—	—
15a	—	—	—	—
14a	—	—	—	—
13a	—	—	—	—
12a	—	—	—	—
11a	—	—	—	—
10a	—	—	—	—
9a	—	—	—	—
8a	—	—	—	—
7a	—	—	—	—
6a	—	—	—	—
5a	—	—	—	—
4a	—	—	—	—
3a	—	—	—	—
2a	—	—	—	—

III.4. Düşey öngerme :

Düşey öngerme, hazne boş iken yatay öngermeden, dıştaki toprak itkisinden, taşıma ve montaj yüklerinden düşey kesitte meydana gelen momentleri karşılamak için düzenlenir.

Precast veya prefabrik elemanla öngerilme donatısı, gerdirme ayaklarındaki delikli çelik levhalardan geçirilmekte ve geçirildikten sonra geçici olarak (beton sertleşinceye kadar) küçük silindirler içine sıkışan konik kamalarla tesbit edilmektedir.

Donatı genellikle düz olarak gerildiğinden, mesnetlerde istenmeyen gerilmeler oluşabilir. Bunu önlemek üzere, öngerme donatılarının uçlarına küçük plastik borucuklar geçirilerek bu kısımlarda donatının betona aderansı önlenir, veya özel bir tertibat aracılığı ile, öngerme donatısının yönünün değiştirilmesi yolları aranır. Ancak bu ikinci yöntem hem külfetli olmakta, hem de gerilme kayıplarına yol açmaktadır.

Buhar kürünün uygulanması ile, elemanın bir günde kalıptan çıkması sağlanmaktadır. Öngerilme verilen elemanda bir ters sehim olduğundan, bunun kalıptan çıkması da kolay olmaktadır.

III.5. Öngerme Donatısının Şartnamelere Göre Yerleştirilmesi

1- Tendonlar arasındaki minimum net yerleştirme mesafesi, 51 mm., maksimum agrega boyutunun iki katından veya kılıf çapının iki katından, bu değerlerden hangisi büyükse, o değerden daha küçük olamaz.

2- Büyük aralıklarla yerleştirilen tendonlar için elastik analiz gerekmedikçe, tendonların merkezden merkeze yerleştirilme mesafeleri duvar kalınlığından üç katını aşmamalıdır.

3- Aderanslı veya aderanssız tendonlar, duvar yüzlerinden 50 mm. duvar içinde kalacak şekilde yerleştirilmelidir.

III.6. Tendonların Korozyondan Ve Diğer Etkilerden Korunması:

III.6.1. Shotcrete daha çok tank duvarlarının dışından uygulanmış dairesel öngerme donatılarının korozyona ve diğer hasarlara karşı korunması Shotcrete yani püskürtme çimento harcı, yöntemiyle yapılır.

Öngerme donatısını yerleştirmeden önce çıplak tank duvarı yüzeyinin tozlardan, yağlardan ve diğer yabancı maddelerden temizlenmiş olması gerekir. İnşaat sırasında oluşan yapım hataları ve delikler kapatılmalıdır. Beton tank duvarları zımpara, uygun malzeme veya uygun metodlarla temizlenerek düzgün bir yüzey yapılmalıdır.

Öngerme donatısının iki tür Shotcrete kaplanması vardır.

a- Tellerin kaplanması : öngerme donatısının direkt kaplama ile temasta olması.

b- Tam kaplama : tel kaplama üzerine yapılan Shotcrete kaplamadır.

III.6.1.a. Tellerin Kaplanması :

Öngerilme uygulandıktan hemen sonra, öngerme donatılarının üzerleri pnömatik aletlerle, çimento harcı püskürtülerek kaplanmalıdır. Püskürtme mesafesi ve çimento harcının kıvamı, öngerilme donatılarının tüm yüzeyinin örtülmesi için yeterli olmalıdır. Çimento harcı, yeteri kadar kıvamlı olmalı, cıvık, tellerin üzerinden damlamamalıdır. Öngerme donatısının üzerleri minimum 1/8 in. (3.2 mm.) olmalıdır. Püskürtme hafif yukarı doğru 5 dereceyi aşmamak şartı ile sabit bir şekilde, sallamadan hareket ettirilerek, radyal doğrultuda, tank merkezi hedeflenerek yapılmalıdır. Püskürtme mesafesi çok iyi ayarlanmalıdır. Öngerme donatısı ile duvar arasındaki ufak boşluklar mümkün olduğu kadar doldurulmalıdır. Kaplama işleminin başarı ile yapılıp yapılmadığı hemen kontrol edilmelidir.

III.6.1. b. Tam Kaplama :

Tam kaplama, son tel kaplama tabakası üzerine öngerilme donatıları 1 in. 25.4 mm. örtülecek şekilde kaplanmasıdır. Tam kaplama tel kaplama üzerine hemen yapılmazsa; son kaplama tabakası üzerindeki tozlaşmalar, tam kaplama yapılmadan temizlenmelidir. Kalınlık kontrolü öngerme donatısının çapına, yerleştirme mesafelerine göre şartnamelere uygun olarak yapılmalıdır. Bu işlem bittikten sonra püskürtme beton tam kaplama, en az 7 gün kürlenme işlemine tabii tutulmalıdır. Kürlenme işlemi Shotcrete'e bir hasar olmadan mümkün olduğu kadar çabuk başlanmalıdır.

Tüm bu kaplama işlemleri bittikten sonra, kaplama yüzeyi hafif bir çekiçe vurularak kontrol edilmeli, yüzeye tam yapışmayan kısımlar derhal çabuk donan harçlar veya epoksi enjeksiyonu ile onarılmalıdır.

III.5.2. Şerbetleme :

Şerbetleme; ard-germe sisteminde kılıf içindeki tendonların çevresindeki tüm boşlukların şerbetle doldurulması önemlidir. Şerbet, öngerme donatısını koruyacak, ayrıca donatının aderansını arttırıp, elemanın taşıma gücüne ulaşmasını sağlayacaktır. Şerbetle doldurulmayan kılıflar içindeki öngerme donatısının etrafı paslanmaya karşı, uygun bir malzeme ile kaplanmalıdır.

Kılıflar, çelikten, betondan, şerbetten veya kullanılan dolgu malzemesinden zarar görmeyecek bir malzemeden yapılmalıdır. Şerbetlenecek kılıflarda dik kıvrımlar bulunmamalıdır. Şerbetin rahatça geçebilmesi için, kılıfların çapı ard-germe çeliği çapından en az 6 mm. büyük, veya kesit alanı çelik kesit alanının en az iki misli olmalıdır.

Şerbet, çimento-su veya çimento-kum-su ile yapılabilir. Ancak, karışım oranları önceden deneylerle tesbit edilmelidir. Her halde, su-çimento oranı ağırlık bakımından 0.50'yi geçmemelidir. Karıştırıcıya önce su konup sonra çimento ve kum katılmalı, iyi bir kıvam elde edilinceye kadar en az iki dakika karıştırılmalıdır. Şerbetleme ve sonrasında elemanın sıcaklığı 48 saat için 10 derecenin altına düşmemelidir. Şerbet unsurlarının ayrılmamasına çok önem verilmelidir. Şerbetten alınacak 100 mm.'lik küp numunelerin basınç dayanımı en az 17 MPa olmalıdır. 200 mm.'lik numuneler için basınç dayanımı en az 15 MPa olmalıdır.

Metal kılıflar temizlendikten sonra kullanılmalıdır. Metal kılıf kullanılmaması halinde delikler şerbetlenmeden önce basınçlı su veya hava ile temizlenmelidir. Fazla su, basınçlı hava ile alınmalıdır. Şerbet enjeksiyonu deliğin diğer ucundan şerbet çıkana kadar aralıksız sürdürülmeli, diğer uçtan çıkan şerbetin kıvamı enjekte edilen ile aynı olmalıdır. Enjeksiyon tamamlanınca akış yönünde bütün delikler sıkıca kapatılmalıdır. Enjeksiyon deliği şerbet donana kadar basınç altında tutulmalıdır. Priz esnasında suyun çimento şerbetinden ayrılmamasına dikkat edilmelidir. Soğuk havalarda donabilecek bu su, etrafındaki betonu çatlatabilir.

III.7.Dünya Uzerindeki Mevcut Tankların Öngerilme Metodları

III.7.1. Yeni Zelanda :

Yatayda kılıflar içinden geçirilmiş Freyssinet halatları kullanılmıştır. Kılıflar, önceden duvar panellerinin içine sabitlenmişlerdir. Ard-germe esnasında düşey momentlerin oluşmasını engellemek için ard-germe iki safhada yapılır. Buna kitleme metodu denir. Tendonlar sadece bir taraftan gerilir, germeden sonra, kılıflar serbetle doldurulur.

III.7.2. Regina, Saskatchewan, Kanada

Duvar panelleri, düşey doğrultuda iki sıra 12.7 mm.'lik halatlarla öngerilmeli yapılmıştır. Yatay öngerme ise, önceden duvar panelleri içine yerleştirilmiş 24 adet kılıftan tendon geçirilerek, ard-germe metodu ile gerilmişlerdir.

III.7.3. ABAM Engineers Firması, A.B.D.

Riverton Hights Rezervuarının duvarları düşey yönde iki sıra öngerilmeli olarak yapılmıştır. Yatayda ise 8 veya 12 adet 12.7 mm.'lik tendonlar kılıflar içinden geçirilerek ard-germeli olarak yapılmıştır.

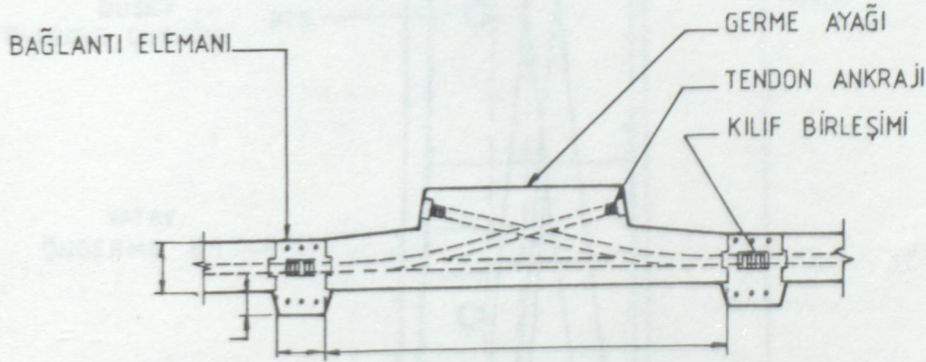
III.7.4. VSL Prestressing PTY Firması, Avusturalya

Her panel duvar 4 adet düşey doğrultuda 4 adet 22.9 mm. çapında öngerme çubukları ile öngerilmeli olarak yapılmıştır. Her çubuk, 345 kN kuvvetle gerilmişlerdir. Çubuklar polietilen kılıflar içine yerleştirilmişlerdir. Daha sonra ya greslenmiş veya şaplanarak doldurulmuşlardır. Yatay öngerme ise kılıflar içinden geçirilmiş üç veya dört adet 12.7 mm. çapındaki halatların ard-germesi ile yapılmıştır.

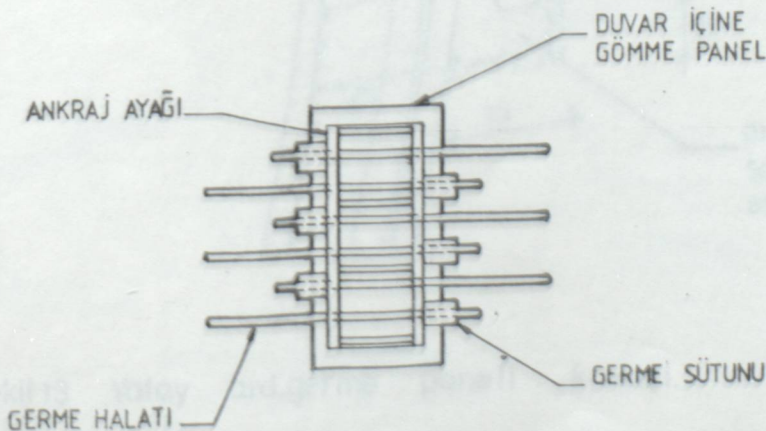
III.8. Ard-germe Panelleri :

Dairesel öngermenin, duvarların içine yerleştirilmiş kılıfların içinden geçen tendonlarla yapıldığı sistemlerde, tendonların ankrajını sağlayacak daha kalın bir duvar elemanına ihtiyaç vardır. Ard germe panellerinin sayısı, tank çapına, sürtünme ve ankraj kayıplarına göre belirlenir. Ard germe panellerinin kalınlıkları ekipmanın yerleşebileceği şekilde olmalıdır. Ard germe panelleri germe kuvvetlerine göre analiz edilmelidir. Tendon eğilmelerinin olduğu bu kısımlarda oluşacak çekme gerilmelerini, ankraj yapılan uçların da betonda patlama, yarılmaya yol açabilecek gerilmeleri alacak donatı yerleştirilmelidir.

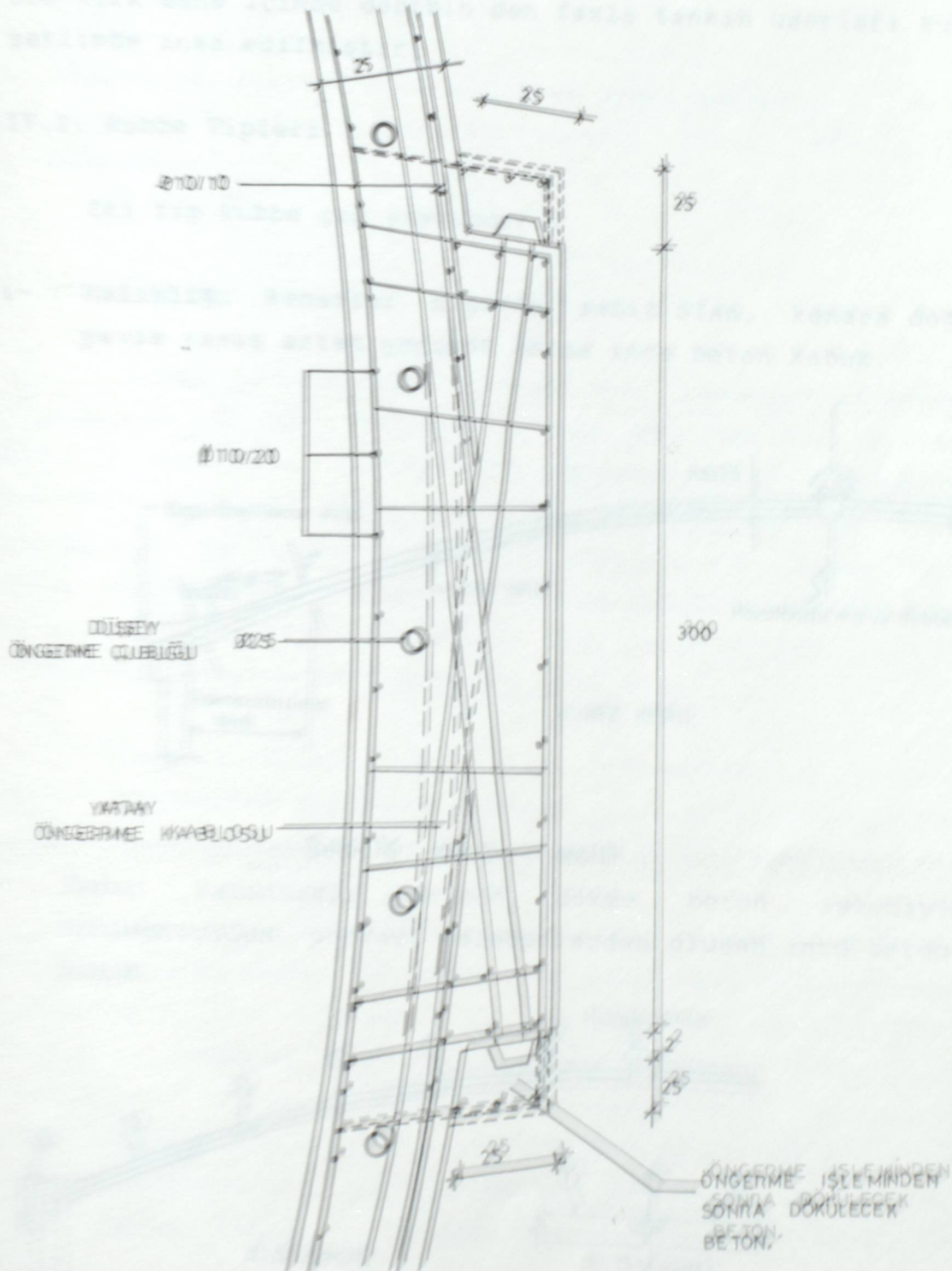
Ard çekmeli öngerme çeliği ankrajları ve bu ankrajların mesnetlendiği beton, maksimum germe kuvvetini taşıyabilecek şekilde T.S.E. 3233 madde. 16.4.2'ye göre yapılmalıdır.



Şekil 11 Seattle Washington'daki ABAM'ın ard germe ve ankraj detayları.



Şekil 12 James tanklarında ard germe ve ankraj detayı.



Sekil 13 Yatay ard germe paneli krokisi.

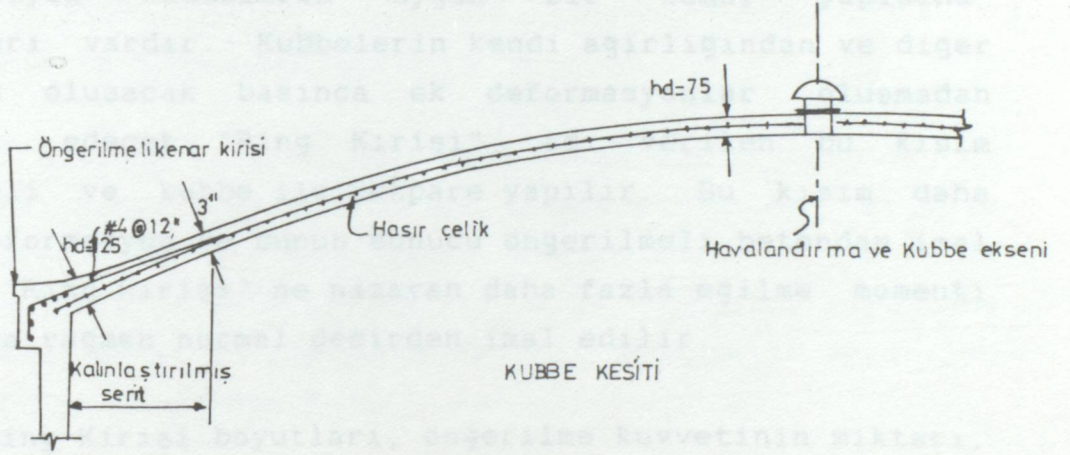
IV. SU TANKLARININ KUBBELERİ

A.B.D.'de öngerilmeli beton su ve atıksu yapılarının üst yüzey kaplaması daha çok kubbe şeklinde yapılmaktadır. Son kırk sene içinde dörtbin'den fazla tankın üzerleri kubbe şeklinde inşa edilmiştir.

IV.1. Kubbe Tipleri :

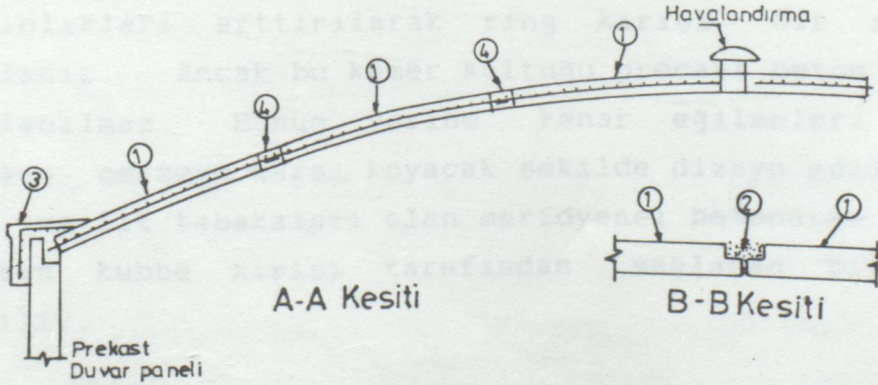
İki tip kubbe çok yaygındır :

- 1- Kalınlığı kenarlar dışında sabit olan, kenara doğru yavaş yavaş artan yerinde dökme ince beton kabuk.



Şekil 14 Kubbe kesiti

- 2- Sabit kalınlıklı yerinde dökme beton işlemiyle birleştirilen prekast elemanlardan oluşan ince beton kabuk.



- ① Prekast beton kubbe paneli .
- ② Birleşim
- ③ Yerinde dökme dairesel kubbe-öngerilmeli
- ④ Yerinde dökme dairesel orta kirisi

Şekil 15 Prekast kubbe kesiti

Çok geniş açılıklarda burkulma mukavemetini sağlamak için iki ek tip kesit daha mevcuttur:

- Biri yerinde dökme ince kabuk üzeri nervürlü şekilde yapılır.
- Diğeri ise prekast ince kabuk ve üzeri nervürlü ve duvar panellerini birleştiren nervürlerin devamı gibi olan şekildir.

IV.2. Kubbe Mesnetlenmesi :

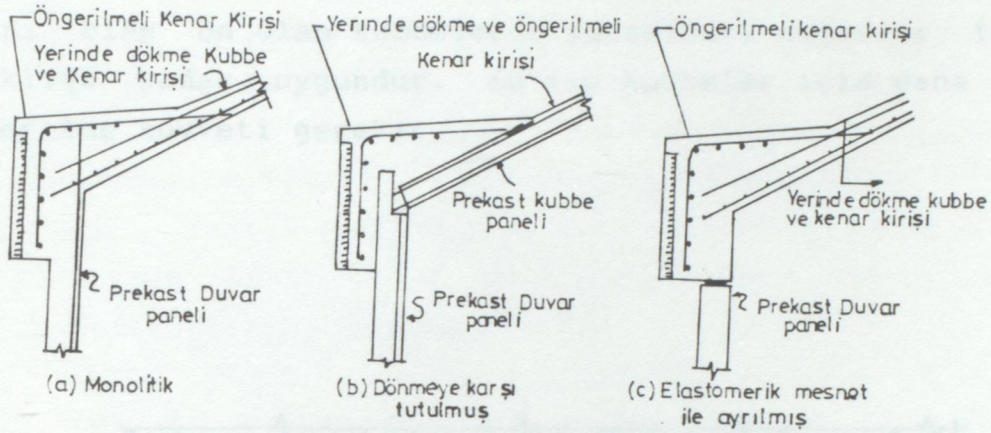
Büyük kubbelerin uygun bir kenar yapısına ihtiyaçları vardır. Kubbelerin kendi ağırlığından ve diğer yüklerden oluşacak basınca ek deformasyonlar oluşmadan mukavemet edecek "Ring Kirişi" adı verilen bu kısım öngerilmeli ve kubbe ile yekpare yapılır. Bu kısım daha fazla deformasyon ve bunun sonucu öngerilmeli betondan imal edilmiş "Ring Kirişi" ne nazaran daha fazla eğilme momenti oluşmasına rağmen normal demirden imal edilir.

Ring Kirişi boyutları, öngerilme kuvvetinin miktarı, yumuşak betonarme demirinin miktarı limit deformasyonlardan kubbenin eğilmesine mani olacak şekilde dizayn edilirler.

Ring kirişinin ek deformasyonu ile oluşacak ikincil eğilmeleri etkili bir şekilde karşılayabilmesi bazen kubbe kalınlıkları arttırılarak ring kirişi bir şerit gibi bağlanır. Ancak bu kemer koltuğu precast beton kubbelerde kullanılmaz. Bunun yerine kenar eğilmeleri tarafından oluşan çekmeye karşı koyacak şekilde dizayn edilip iki sıra üst ve alt tabakaları olan meridyenel betonarme çeliğinden oluşan kubbe kirişi tarafından sağlanan bir sistemle yapılır.

Tank duvarı ve kubbe birleşimi yekpare mafsallı dönmesi önlenmiş veya dönmeyi dağıtmak ve azaltmak için ring kirişi elastomerik bir takoz üzerine yerleştirilir. Mafsallı

tipler genellikle prekast panel kubbelerde kullanılırlar. Diğerleri ise yerinde dökme beton kubbelerde kullanılırlar.



Şekil 16 Kubbe duvar bağlantısı.

IV.3. Şekil ve Yükseklik :

A.B.D.'de inşa edilen hemen hemen bütün kubbeler, az yükseklikli konkav şeklinedirler. Tipik yükseklik - açıklık oranı bire on ile bire sekiz arasındadır. Daha küçük oranlarda kubbeler inşa edilmiştir. 1/20 Oranında veya daha az oranlarda ancak bu tip kubbeler çok daha fazla öngerilme gerektirir ve bu yüzden daha az ekonomiktir.

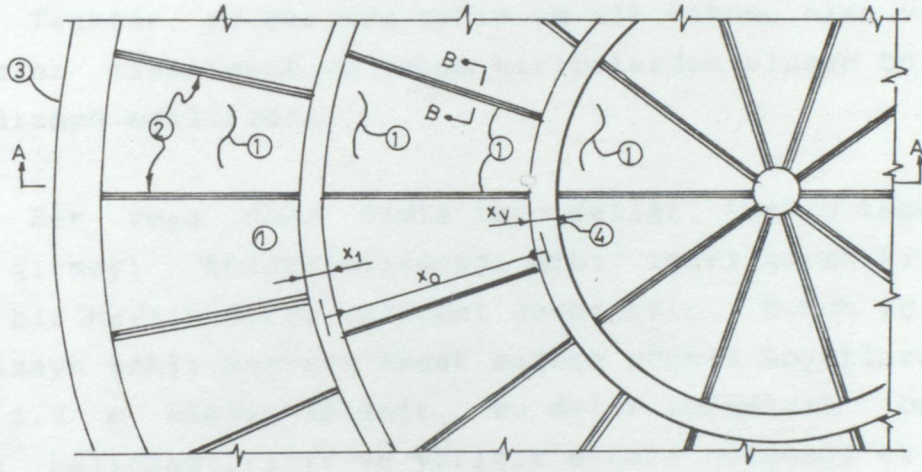
Yüksekliği fazla olan kubbeler yükseklik - açıklık oranı bire - sekizden büyük olanlar çok dik eğimli olurlar ve bunların kenarlarını oluşturmak için üst kalıba ihtiyaç olur.

IV.4. Kubbe Kalınlıkları :

Minimum kubbe kalınlıkları ACI 344 Komite raporlarında aşağıdaki gibi belirtilmiştir :

76.2 mm yerinde dökme beton veya püskürtme beton için, 101.6 mm prekast panel için ve 63.5 mm nervürlü dış kabuk kubbe için yerinde dökme ve prekast panel dahil şeklinde belirlenmiştir.

Kubbe yükseklik - açıklık oranı bire - sekiz olan kubbelerde yukarıdaki kubbe kalınlıkları, 180 ft açıklık için burkulma mukavemeti için yeterlidir. Genellikle yükseklik - açıklık oranı bire on olan kubbelerde yukarıdaki değerler 150 ft açıklığa kadar uygundur. Bu tip kubbeler için daha fazla öngerilme kuvveti gerekir.



Planı

Şekil 17 Prekast kubbe planı.

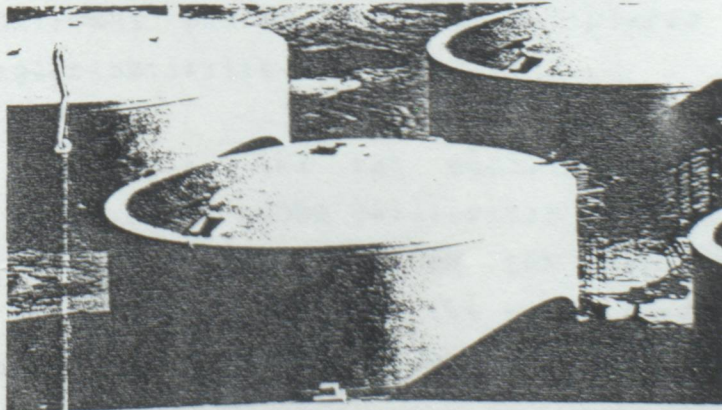
IV.5. Havalandırma Bacaları :

Tankların doldurulması ve boşaltılması esnasında, iç basınca ve vakuma engel olmak için kubbenin tepe noktasına yakın bir yerde en az bir hava deliğine ihtiyaç vardır. Havalandırmanın boyutları tankın boşaltılması ve doldurulması sırasında kafi derecede emniyetle sağlanmış olmalıdır. Tankın havalandırılması sadece boşaltma durumuna göre dizayn edilirse, tankın doldurulmasında iç ve dış boruların kırıldığı görülür.

Tanklar, iç basınca sahip ve ilk vakumu olan ve taşma basıncını alabileceği ve vakum kırıcılardan oluşan bölümlere göre dizayn edilirler.

Bir veya daha fazla tepe deliği, tankın tepesinden içeri girmeyi kolaylaştıracağı gibi, içeri giren kişi için de ek bir havalandırma vazifesi görecektir. Bunun için özel bir dizayn şekli yoktur. Ancak sadece normal boyutlarda 1.2 m'ye 1.2 m olması istenir. Bu delik bölgeleri bölgesel olarak kalınlaştırılır ve yarığın etrafı bölgesel ek donatı ile güçlendirilir.

Bazen atıksu tanklarının kubbelerinin iç yüzü PVC mambrane şeritlerle kaplanır. Bunlar beton dökülmeden önce kalıbın üzerine yayılırlar ve birbirlerine bağlanırlar. Betonarme esnasında betona yapışan bu PVC şeritler, buharlaşmadan dolayı sızıntıyı önlemeye ve betonu hidrojen sülfid etkisine karşı korur.



Resim 11 Havalandırma bacaları.

IV.6. Estetik :

Kubbe çatıların estetik bakımdan diğer önerilmeli prekast beton tankların çatı tipleri ile karşılaştırıldığında estetik bakımdan daha iyi olup olmadığı söylenemez. Bu olayın tankın görünüşü ile ilgili mimari bir olaydır. Beton kubbeler genellikle boyanmadan bırakılırlar. Ancak basit tank duvarları boyandığı zaman kubbeler de boyanır. Son kaplama olarak genellikle akrilik boya kullanılır. Prekast beton kubbeler genellikle bağlantıları ile olan görüntü değişikliğini saklamak için yerinde dökme boyanırlar.

IV.7. Yapım Şekli :

Yerinde dökme beton kubbe için diğer çatı tipleri ile karşılaştıracak olursak daha fazla kalıp işi gerektirdiği görülecektir. Kubbe tepesinin yerden 6 ila 18 M. yükseklikte olduğunu kabul edersek, kalıp işinin normal yapı sistemlerine göre ne kadar yüksek olduğunu, bunun için gerekli olan iskele sisteminin çok detaylı olacağı daha iyi anlaşılır.

Yerinde dökme beton kubbenin döşeme kalıbı, genellikle lamba-zıvanalı üst üste bindirme şeklinde veya plywood kaplama yapılır. Döşeme kalıbı radyal şekilde desteklenmiş kirişlerin üzerine oturur. Bu radyal kirişlerin sıklığı ve açıklıkları üzerindeki hareketli yüke döşeme ve beton ağırlığına göre değişir. Bu radyal döşeme kirişleri dairesel olarak iskele kalıplarla birbirine bağlanarak sağlamlaştırılır.

Çift eğrilikli, iki kat eğrilikli prekast beton paneller, su tanklarının kubbe çatılarının en önemli kısmını oluştururlar. Panel sistemleri en çok şantiyede yerde dökülürler. Tipik olarak paneller iki yerde şekil verilerek, diğerleri onun üzerinde dökülerek üst üste dizilirler.

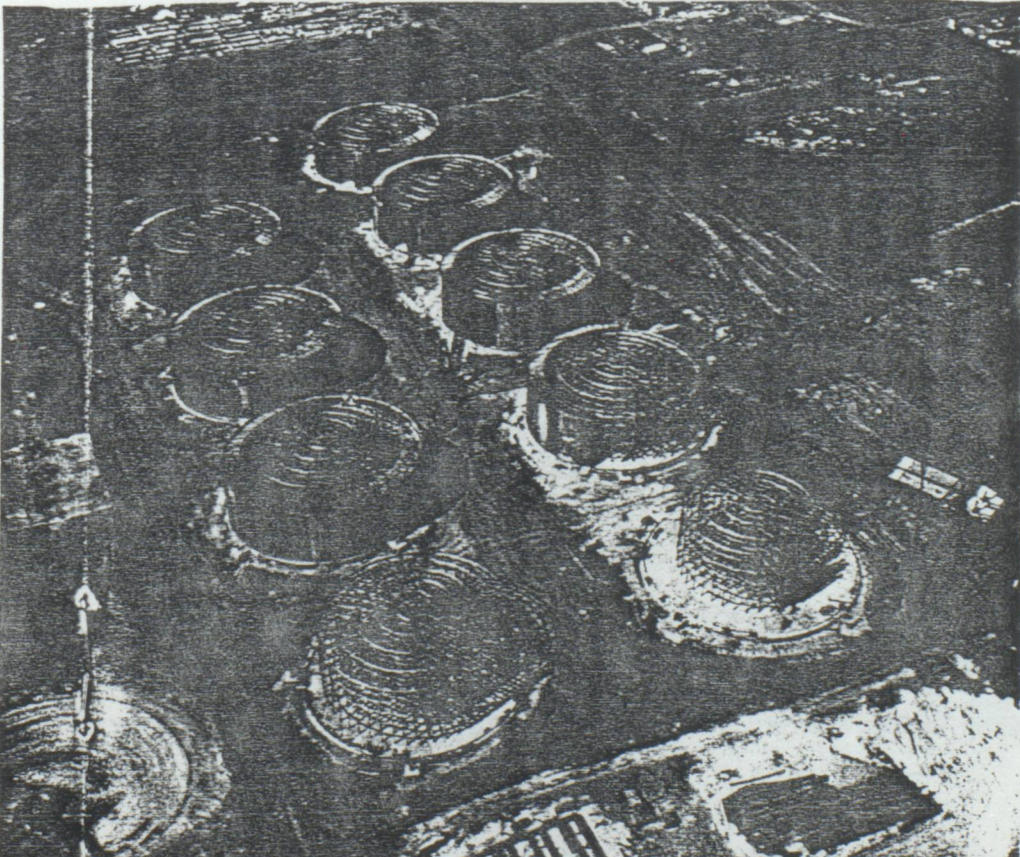
Paneller 24 saat fasılalarla önceden dökülmüş prekast elemanlar üzerine kenar formları hazırlanarak dökülerek 10 panel hazırlanabilir. Bu hazırlanan panellerin başlıkları birleştiği zaman çok iyi bir uyum sağlaması için çok dikkatli bir şekilde şekillendirilmelidirler. Yığındaki her panelin arasına polietilen bir parça koyarak birbirlerinden ayrılmaları sağlanmalıdır.

Bir prekast panel sisteminin 4 m. radyal genişliği (merkezden çevreye doğru düzenlenmiş); 2,4 m ile 3,7 m dairesel boyutlarda, metal iskelelerle desteklenip merkezi dairesel kirişlerin üzerlerine monte edilirler. Radyal birleşimlerin aralıkları en fazla 20 mm veya daha farklı toleransla, 95 mm genişlik 63,5 mm. derinliği olmak kaydıyla girintiler yapılır ve bunlar daha sonra betonlanır. Döşeme sistemi, 1,2 m. arayla desteklenmiş iskele sisteminin üzerine duvar panellerinin dairesel olarak 0,76 m. aralıklarla yerleştirilerek ve bu aralıkların daha sonra betonlanmasıyla tamamlanır. Panelin kenarlarındaki demirler birbirlerine emniyetli bir şekilde bağlanarak sanki tek bir sistemmiş gibi bir çatı sistemi haline gelir.



Paneller 24 saat fasılalarla önceden dökülmüş prekast elemanlar üzerine kenar formları hazırlanarak dökülerek 10 panel hazırlanabilir. Bu hazırlanan panellerin başlıkları birleştiği zaman çok iyi bir uyum sağlaması için çok dikkatli bir şekilde şekillendirilmelidirler. Yığındaki her panelin arasına polietilen bir parça koyarak birbirlerinden ayrılmaları sağlanmalıdır.

Bir prekast panel sisteminin 4 m. radyal genişliği (merkezden çevreye doğru düzenlenmiş); 2,4 m ila 3,7 m dairesel boyutlarda, metal iskelelerle desteklenip merkezi dairesel kirişlerin üzerlerine monte edilirler. Radyal birleşimlerin aralıkları en fazla 20 mm veya daha farklı toleransla, 95 mm genişlik 63,5 mm. derinliği olmak kaydıyla girintiler yapılır ve bunlar daha sonra betonlanır. Döşeme sistemi, 1,2 m. arayla desteklenmiş iskele sisteminin üzerine duvar panellerinin dairesel olarak 0.76 m. aralıklarla yerleştirilerek ve bu aralıkların daha sonra betonlanmasıyla tamamlanır. Panelin kenarlarındaki demirler birbirlerine emniyetli bir şekilde bağlanarak sanki tek bir sistemmiş gibi bir çatı sistemi haline gelir.



Yerde dökme beton kubbeler için 11 x 11 arayla $\emptyset$ 10' luk veya 11 x 11 $\emptyset$ 12' lik hasır betonarme demiri çok yaygın bir şekilde (kalınlığı 90 mm ile 100 mm arasında olan) kullanılır. Radyal ve dairesel doğrultulardaki betonarme demiri kubbe çember kenar başlarında ızgara şeklinde yerleştirilir.

Yerinde dökme kalınlığı 85 mm. ile 100 mm. olan beton kubbelerde $\emptyset$ 10' luk ve $\emptyset$ 12' lik 11 cm x 11 cm arayla hasır betonarme demiri kullanılır; ancak kubbe kenarlarında, radyal ve çembersel olarak iki yönde donatı yerleştirilir. Sistemin tümü betonarme demiri ile donatılacaktır ise, demirler, çembersel ve radyal doğrultuda ızgara şeklinde donatılacaktır.

Prekast elemanlar için de aynı şartlar geçerlidir ancak bu elemanlara taşıma ve montaj sırasında oluşabilecek gerilmelere göre de donatı belirlenir.

IV.8. Kubbenin Ekonomik Değerlendirmesi :

Öngerilmeli beton su veya atık su tankı için esas maliyetin en büyük kısmını, öngerilmeli kenar daire kirişi oluşturur. Düz plak şeklindeki diğer tip çatı kaplamaları az kalıp gerektirdiği halde oldukça fazla demir ve betona ihtiyaç vardır. Kubbelerin gerektirdiği öngerilmeli dairesel kirişin maliyeti, diğer tip çatının gerektirdiği çok sayıda kolon ve temel ayağının maliyeti ile dengelenir. Prekast elemanlardan oluşan kubbenin esas maliyeti ise, eğer elemanlar şantiyede hazırlanırsa hesaplıdır. Ancak fabrikada hazırlanmış kubbe elemanları genellikle kullanılmazlar.

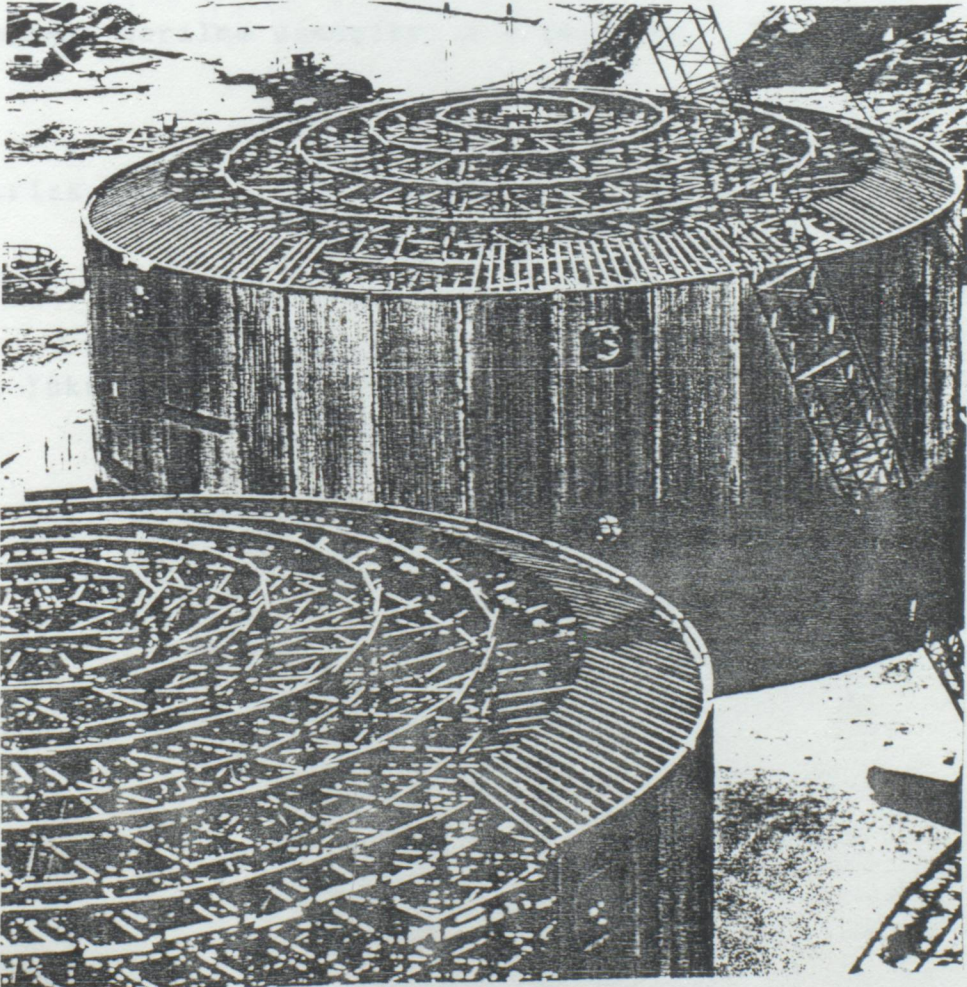
Tankın m². birim fiyatına tankın çapı, kalıp yüksekliği, inşaatın yeri, çevresel durumlar, beton fiyatı, demir fiyatı, işçilik fiyatı, kalıp malzemesi gibi olgular etki eder.

IV.9. Kubbenin Analizi :

Yükler, zati ve hareketli yüklerden oluşur. Hareketli yükler şartnamelerdeki binalar için verilen değerler kullanılabilir. Bölgesel olarak iklime göre kar yükü de alınmalıdır. Kar yükünün olmadığı yerlerde hareketli yükü 575 N/m²'ye kadar az alınabilir. Atıksu tankları ise bazen içi gaz basıncına ve vakum basıncına göre dizayn edilirler.

Gerilme analizi elastik izotropik malzemeler üzerine kurulmuştur. Tüm kabuk yüzeyinde, kenar bölgelerden ilerilerde mambran gerilmeler, ve kabuğun kenar kısımlarında ise eğilmeler önemli ve baskındır.

N₀ ve N_θ esas mambran gerilmeler biri meridyenel doğrultuda, diğeri dairesel doğrultuda olmak üzere dizayn yüklerinin sonucu olarak hesaplanır.



Resim 13 Tank kubbe iskeleleri.

İlk dizayn yükleri : kabuk ağırlığı P_e , kar veya hareketli yükler P_s , bazı durumlarda iç gaz veya vakum basınçları p . Ağırlık, kar ve vakum basınçları pozitif ve dışa doğru gaz basıncı ise negatiftir.

Meridyenel gerilme sonuçları (+ çekmeler) :

Ağırlık Yükü

$$N_\theta = -\frac{P_e r_d}{(1+\cos\theta)} \quad (1)$$

Kar Yükü

$$N_\theta = -\frac{P_s r_d}{2} \quad (2)$$

Basınçtan

$$N_\theta = -\frac{p r_d}{2} \quad (3)$$

Dairesel gerilme sonuçları (+ çekmeler) :

Ağırlık Yükü

$$N_\phi = N_\theta - P_e r_d \cos\theta \quad (4)$$

Kar Yükü

$$N_\phi = N_\theta \cos 2\theta \quad (5)$$

Basınçtan

$$N_\phi = N_\theta \quad (6)$$

Tipik su tanklarının çatı kubbelerindeki mambran gerilmeler genellikle basınçtır. Bunların basınç miktarları, betonun basınç mukavemetinin çok altındadırlar. İşte bu yüzden bu kubbelerin yarıçap kalınlık oranları 250 ve 800 arasındadır, yani kalınlıkları incedir; böylece kubbe dizayn edilirken ilk parametre burkulmaya karşı mukavemettir.

Kubbe kenar eğilme momentleri ve kubbenin etki kuvvetleri "Geckler Analizi" gibi yaklaşımlarla belirlenebilir. Yer değiştirmesi ve dönmesi serbest, sabit kalınlıklı ve yaklaşık eğilme momentini bulmak için kubbe kenarlarındaki farz olunan daire kirişinin kesit farz olunan alanı, ve bu momentleri etkileyen değişken faktörlerin basitleştirilmiş formülleri vardır. Meridyenel eğilmeler sonucunda kubbe kenarındaki daire kirişi, kubbe merkezindeki daire kenarındaki kirişini kesiyorsa ve tüm kabuk ve kenar daire kirişi dönmeye ve ötelenmeye serbestse, kenar eğilme momentleri eşitlikleri aşağıdaki gibi olur :

$$\lambda = \left[\frac{3(1-\nu^2)r_d^2}{h_d^2} \right]^{0,25} \quad (7)$$

$$H_{\theta k} = \frac{-\frac{N_{\theta}}{A_r} - \frac{N_{\theta k} r_d \cos \theta_k \sin \theta_k}{A_r} - \frac{N_{\theta k}}{h_d}}{\sin \theta_k \left[\frac{R}{A_r} - \frac{2\lambda}{h_d} \right]} \quad (8)$$

$$M_{\theta} = \frac{r_d \sin \theta_k H_{\theta k} \sin \lambda \varphi}{\lambda e^{\lambda \varphi}} \quad (9)$$

$$\max M_{\theta} = 0,322 \frac{r_d \sin \theta_k H_{\theta k}}{\lambda} \text{ at } \lambda \varphi = 0,8 \quad (10)$$

$$M_{\theta} = \nu M_{\varphi} \quad (11)$$

$$N_{\varphi} = \sqrt{2} \sin \theta_k \cot \theta_k H_{\theta k} \cdot \frac{\sin \left(\lambda \varphi - \frac{\pi}{4} \right)}{e^{\lambda \varphi}} \quad (12)$$

$$N_{\theta} = -2 \lambda \sin \theta_k H_{\theta k} \frac{\sin \left(\lambda \varphi - \frac{\pi}{2} \right)}{e^{\lambda \varphi}} \quad (13)$$

Maximum kenar eğilme momentlerinin, kabuk kenarlarına olan mesafesi aşağıdaki eşitliklerle bulunur :

$$x_m = \frac{0,8.r_d}{\lambda} \quad (14)$$

$$x_{0,15m} = \frac{2,4.r_d}{\lambda} \quad (15)$$

Kubbe kirişinin kesit alanı A_r olarak gösterilmiştir. Kubbe kirişinin elastik modülüne göre çevrilerek donatı hesabında veya eksenel rijidliğin arttırılması ve azaltılmasında kullanılır. Eğer kabuk kenarında bir tümseklik varsa bu ring alanına eklenir. Eğer kiriş gerilmemişse çatlaklardan dolayı rijitlik azalabilir.

Az yükseklikli kubbelerin çözümü, çeşitli kitaplarda ve bilgisayar programlarıyla bulunabilir.

Aşağıdaki eşitlik beton çatıların mm. et kalınlığının hesaplanmasında, çeşitli kusur, betondaki büzülme ve mevcut büyük yarıçap-kalınlık oranları olan tanklar dikkate alınarak verilmiştir.

$$\min h_d = r_d \left[\frac{(1,5 p_u)}{\phi B_i B_c E_c} \right]^{0,5} \quad (16)$$

Hareketli yükün 575 N/m² veya daha fazla olduğu durumlarda içerisinde su bulunan tankların, kubbelerinin dizaynında aşağıdaki değerler alınır. Çatı et kalınlığı 76,5 mm veya daha fazla ve 20.7 MPa (N/mm²) = 207 kg/cm² veya daha fazla, kalıplar 7 gün dolmadan alınmaz ve bununla birlikte beton iyileştirilir. (sulama kürü ile).

Yukarıdaki formüldeki p_u = ölü ve hareketli yüklerin yük faktörleriyle çarpıldıktan sonraki toplamıdır.

$$\phi = 0,7 \quad (17)$$

$$B_i = \left(\frac{r_i}{r_d} \right)^2 \quad (18)$$

Diğer kriterin olmaması durumunda, maximum $r_i = 1.4.r_d$ olarak alınır ve bu durumda $B_i = 0.5$ olur.

$$B_c = 0.44 + 0.003L$$

$$575 \text{ MPa} < L \leq 1436 \text{ MPa}$$

$$B_c = 0.53 \quad L \gg 1436 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4733.f_c^{0.5} \text{ MPa}$$

$$h = 8 \sqrt{\frac{S(P_e + P_s)}{k.E_c}}$$

K değeri yükseklik-açıklık oranı 1/15 ve 1/8 olan ve $R/hd = 800$ 'den küçük çatılar için 0,25 olarak alınabilir. S emniyet faktörü büzülmeyi de ihtiva eder ve atıksu tankları için 4 ila 6 arasında alınabilir.

Precast panellerden oluşan kubbeler parça parça olduğu için paneller arasındaki meridyenel bağlantılardan dolayı dönmeye karşı flexibledir; bunun için burkulma mukavemeti azalır ve panellerin içindeki çekme donatıları birbirine girmediklerinden bir süreklilik olmaz. Bu tip panellerin et kalınlığı yukarıdaki monolitik kubbe kalınlığına ait eşitliklerin bir düzeltme katsayısıyla çarpılmasıyla bulunabilir. Bu düzeltme faktörü B_o birden büyük bir sayıdır ve kabuğun arthotropic yani farklı dairesel ve meridyenel özellikleri farz olunarak, meridyenel birleşimlerindeki rijitlik ihmal edilerek belirlenir.

Sadece precast paneller arasındaki, dairesel kirişler, birleşimler bir bütün düşünülerek arthotropic kabuk rijitliğinin burkulmaya karşı mukavemetini sağlar. Bu yaklaşımla precast panellerin kalınlığını belirleyen düzeltme faktörü :

$$B_o = \left(\frac{x_o}{x_r} \right)^{0,25} \quad (23)$$

Yukarıda açıklanan precast panelin birleşimi, betonlanmak veya sıvanmak için bir kanal şeklinde 63,5 mm. derinliğinde girintili bırakılır. Bu, montaj sırasında panellerde doğal olarak oluşacak eğilmelere mani olmak için yapılır. (panel içinde yapılması gereken tümsek).

Eğer gerekirse B_o katsayısı değeri, birleşimde çekme kapasitesi sağlanarak azaltılabilir. Bu komşu paneller arasına çelik levhalar kaynaklanarak ve dairesel donatı konarak sağlanır.

Pratikte, bu kaynak plakalar B_o 'nun hesabında etkili x_r dairesel birleşim genişliğine göre keyfi uzunlukta eklenirler.

Nervürlü kubbe çatıların mukavemeti için daha başka hesap şekilleri vardır. Bunun için şartnamelerde birçok formüller mevcuttur. 79.2 M. çapındaki kubbe - 62.8 M. çapındaki çatı ve 50.000.000 litrelik su tankının örtülecek nervürlü çatının dizaynı için :

$$p_{cr} = \frac{0,70 B_i B_c E_c}{r_d^2} \sqrt{12 i_{\phi} a_e} \quad (24)$$

Burada , B_i, B_c, E_c değerleri eşitlik 17-18-19-20-21 kullanılarak bulunurlar.

$$p = \frac{8}{3} B_c E_c \left(\frac{a}{r} \right)^2 \left[\left[0,21 \left(\frac{\Delta}{a} \right)^2 + 0,0715 \frac{12 i}{a} \right]^{0,2} - 0,459 \frac{\Delta}{a} \right] \quad (25)$$

Sabit kalınlıklı bir kabuk için beton içinde veya dış yüzeyindeki maksimum gerilme :

Spheric yüzeyin dizayn yarıçapının maximum izin verilen sapmasıdır ve 50,8mm olarak alınabilir.

Isı ve nem değişimleri çatı kabuklarında gerilmelere sebep olur; bazen dizayn esnasında bunları da göz önüne almak gerekir. Bu değişim iki şekilde olur : çatı kubbesi ve ya yekpare duvar birleşimi veya mafsallı duvar birleşiminde veya tamamen kabuğun kalınlığı boyunca olur.

Birinci tip değişim pratikte su ve atıksu tankları için bir önem taşımaz. Bundan başka bu tip bir değişim çatının mikro ve mikro çatlaklarının oluşmasına, bu etkilerin azaltılması ve önlenmesi ile rijitlik sağlanır.

Isı ve nem değişimi, çift eğrilikli çatı kubbesinin kalınlığı boyunca gerilmeler yaratır. Isı ve nem değişimi gerilmeleri Ref. 4'teki eşitliklerle hesaplanır. Sabit kalınlıklı bir kabukta, ısı değişiminden dolayı her doğrultu için eğilme momenti şöyledir :

$$M = \frac{E_c \alpha \Delta T (h_d)^2}{12 (1 - \nu)} \quad (26)$$

NOT: Ref 4 Timoshenko, S. and Woinowky- Krieger, S., Theory of Plates and Shells, 2nd Edition, Mc Graw-Hill Book Co., New York, 1959, pp 429-461

Sabit kalınlıklı bir kabuk için beton içinde veya dış yüzeyindeki maximum gerilme :

$$f_c = f_t = \frac{E_c \propto \Delta T}{2(1-\nu)} \quad (27)$$

nem değişimi yukarıdaki formüllerin içinde dahildir. Zorlama değişimi iç ve dış ısı zorlamasından dolayı çatlakların değişiminin sonucundaki zorlamaların ilavesiyle bulunur.

Betonda görülen çatlaklardan önce çok geniş bir alanda mikro çatlaklar oluşur. Bu, gözlemler sonucunda kesitteki rijitliği azaltır ve değişime uyum sağlar. Isı ve nem değişimi genellikle küçük, az bir çatlak oluştururlar. Değişim etkileri pratikte su tanklarında ihmal edilirler.

Atıksu tanklarının içerisindeki sıcaklık yükselmeleri aşırı çatlakların oluşmasına sebep olur. Bununla birlikte ısı ve nem değişimi de etkili olursa çatlakların gelişmesi daha etkili olur. Donatı dizayn edilirken bu tip çatlaklara mani olması istenir.

Donatı dizayn şartnamelerdeki ampirik formüllere göre hesaplanır. Donatı oranı her iki dik doğrultuda $\rho = 0,0025$ olarak kalınlığı 5 in 127 mm olan kabuklar için, donatı kenar bölgeleri hariç kabuk et kalınlığının ortasına yerleştirilir. Kubbe kenarları ve kalınlığı 5 in 127 mm. fazla olan kabuklarda her bir yüze bir sıra olmak kaydıyla iki sıra donatı yerleştirilir. Bu donatı oranları değişik sıcaklık durumlarına göre arttırılabilir.

Kenar eğilmesinden oluşacak çatlakları önlemek amacıyla kenar kısımlarda iki sıra donatı istenir. Donatının miktarı ve büyüklüğü kenar eğilme analizinden hesaplanan moment ve kuvvetlere göre belirlenir. Bunların hesap prosedürünü daha önce açıklamıştık.

Eğer daire ring kirişi ile altındaki duvarın birbirine tutulması ihmal edilirse eşitlik 7'den 13'e kadar olan formüllerle dizayn momentleri ve kuvvetleri elde edilebilir. 127 mm.'den daha kalın olan tanklar için ısı ve nem değişiminden oluşacak potansiyel çatlakları önlemek için iki sıra donatı gereklidir.

Kenar kirişleri, kubbenin kendi ağırlığı ve hareketli yüklerden kabuk kenarında oluşacak itme kuvvetlerine mukavemet edecek şekilde dizayn edilirler.

$$\text{Bu sonuç kuvvet : } N_r = -\sum N_{\theta k} r_k \sin \theta_k \cos \theta_k \quad (28)$$

Dairesel ring kirişinde kabuğun yatay itme kuvvetlerinin bileşkesini bir öngerilme kuvveti karşılar. Başlangıçta öngerme kuvveti (28) eşitliğindeki mambran gerilmeye karşı gelecek şekilde ve ek olarak gerilme kayıplarına (sünme, çatlama, çeliğin gevşemesine) göre dizayn edilir.

Öngermenin bir kısmı uygulandıktan hemen sonra bu itme kuvvetlerini alır, diğer bir kısmı ise ring kirişini kalıcı mesnetlerinden yukarıya doğru kaldırma eşiğine gelir. Bu, daire kirişinde ek bir deformasyona ve gerilmeye sebep vermez. Bazı mühendisler tüm yüklerin öngerilmeyle karşılanmasını istemezler; bunun için normal betonarme donatısı kullanırlar.

Mambran itkilerden ve öngerilmeden dolayı daire ring kirişinde hesaplanan gerilme ;

$$f = \frac{\sum N_{\theta k} r_k \sin \theta_k \cos \theta_k + N_p}{A_r} \quad (29)$$

IV.10. Düz Çatı Döşemeleri :

Temel Ard germeli iki taraflı düz çatılarda tamamen PVC kılıfların içinden geçirilmiş mono-tendonlar kullanılır. Tendonlar bir doğrultuda sabit bir şekilde, diğer doğrultuda ise bant şeklinde yerleştirilir. Öngerilmeli halatların bu şekilde yerleştirilmesi, en ekonomik yöntemdir. Bazı firmaların bu düz çatıların etrafını dairesel öngerme yapmaları çok yaygındır. Ekonomik kalıplandırmaya göre iki yönlü ard germeli düz çatılarda da hemen hemen beton kubbeler gibi daha az malzeme kullanılır. Ard germeli çatı döşemesi, normal betonarmeli çatı döşemesine nazaran daha ucuzdur; çünkü etkili bir donatılandırmayla, az beton gerektirir. Bu tip çatı döşemeleri, insan yükleri, üzerinde tarıma elverişli yüklere, tenis kortu olacak şekilde dizayn edilirler. Bu düz çatı döşemeleri precast elemanlardan da yapılabilir. Bunlar çeşitli tiplerde olabilirler. Genelde değişken kesitli olurlar. Tank içine inşaa edilmiş kolonların üzerindeki dairesel kirişlerin üzerlerine otururlar. Fazla kalıp masrafı gerektirmezler, sadece kaldırma ve montaj için yeterli kapasitede mobil veya raylar üzerinde hareket eden vinçlere ihtiyaç vardır.

Bu den bu tip çatı döşemeleri radye betonla da yapılabilir. Ortadan kesilir.

Döşeme betonunun altına çelik veya çelik betonarme kullanılır. İyi bir malzeme seçilmesi ve kontrol edilmesi gerekir. Çelikler ve betonarme, döşemelerde kullanılır. Çelikler de betonarme için kontrol edilmelidir.

Döşerler, su geçirmez ve izolasyonlu yapılmalıdır. Beton, normal betonarme çelik veya çelik betonarme olabilir. Betonarme beton donatı çelik 102 mm., çelik betonarme donatı çelik 106 mm. çelik, daha fazla olabilir. Donatı birleşimleri çelik betonarme uygun şekilde yapılmalıdır.

V. TANK TEMEL DÖŞEMELERİ :

Temel dizaynına özel bir itina göstermek gerekir. Muhtemel konstrüksiyon hatalarını ve sızıntıların yerlerini sonradan tesbit etmek çok güçtür. Temel döşemesi, inşaat yükleri, hareketli kamyon ve vinç yüklerine göre dizayn edilmelidir. Zemindeki farklı oturmalar da gözönüne alınmalıdır.

Tank döşeme temelleri genellikle dairesel betonarme yapırlar. Radye temelin ise zemin yatağı sıkıştırıldıktan sonra, üzerine ince bir grobeton tabakası ve bunun üzerine yağlı kağıt, kayıcı kumaş takviye gibi kayıcı bir tabaka yapıştırılır. Bu kayıcı tabaka üst radyeye ve donatılara yapışmaması için üzerine bir kat polietilen serilir. Böylece radye sıkıştırılmış zemin üzerinde hareket edebilir. Radye yeteri kadar esnek olur, sıkıştırılmış zeminin bölgesel hareketlerinden etkilenmez. Radyedeki donatı dağılımı büzülme ve ısı değişiminden oluşacak çatlakları kontrol edebilecek şekilde şartnamelere göre yapılmalıdır. Tank radyesinin uzun süre kuru ve boş kalmasından oluşacak çatlaklar, temel sisteminin öngerilmeli yapılmasıyla önlenabilir. Leonhardt'a göre dairesel öngerme, çapı 20 M.'den büyük inşa edilmiş radye temellerin çatlama riskini ortadan kaldırır.

Döşeme temelinin altındaki zemin yeteri kadar uniform ve iyi bir zemin emniyet gerilmesine sahip olmalıdır. Zeminin rijitliği ve uniformluğu, döşemelerdeki çökmelerin limit değerlerde kalması için kontrol edilmelidir.

Derzler, su tutuculu ve izolasyonlu yapılmalıdır. Döşeme, normal betonarme demiri veya çelik hasır olabilir. Maksimum hasır donatı aralığı 102 mm., maksimum betonarme demiri aralığı 305 mm. olmalı, daha fazla olmamalıdır. Donatı birleşimleri şartnamelere uygun şekilde itina ile yapılmalıdır.

Tank döşeme temelleri sağlam olmalı ve etrafına sızıntı sularını eşit şekilde toplayacak drenaj boru hattı bulunmalıdır. Drenaj yapılmazsa sızıntı sular altta kolay aktıkları yönde bir kanal oluşturarak, bu kanalın büyümesini ve çöküntü olmasına yol açar. Zeminde biriken sular radye altında çok tehlikeli olabilecek basınçlar da doğurabilir. Tank döşeme temelleri taşıma kapasitesi zayıf olan zeminlerde ise kazıkların üzerine, yerine göre çimento veya silikat enjekte edilerek zemin kuvvetlendirilerek yapılır. Tank alt-yapısının ve temellerinin çok sağlam yapılabilmesi için zemin özelliklerinin önceden bilinmesi gerekir. Zemin özellikleri, sahada yapılacak sondaj, zemin deneyleri ve laboratuvar deneyleri sayesinde elde edilecek bulgulara göre belirlenir. Elde edilen bu sonuçlar temel yapımında çok dikkatli bir şekilde ele alınarak dizayn yapılmalıdır.

Radyeye yapım ve genleşme (ısı farkı) derzleri konur; aksi takdirde radyede çatlaklar olur. Çökme ve rötire etkilerine karşı bırakılan inşaat derzleri etkiler tesirini gösterdikten sonra tercihen plastik maddeler ile kapatılır; sert maddeler çatlıyacağı için iyi sonuç vermez. Genleşme derzleri kapatılmaz, kauçuk gibi elastik maddelerle kapatılarak sızma önlenir. Duvar altına gelen dairesel giriş temeli ile kolon temelleri radye üzerine gelen yükler farklı olduğundan, bunların oturmaları da farklıdır. Bu sebeple dairesel giriş temeli ve kolon temelleri ile radye arasına derz konur. Bu derz kauçuklu elastik bitümle doldurulur. Duvar temeli ile radyede şekil ...'deki gibi kauçuk genleşme derzi çok iyi sonuç verir. Kauçuğun orta kısmı incelir, böylece uzar, kopmaya ve çökmeye mukavemet eder.

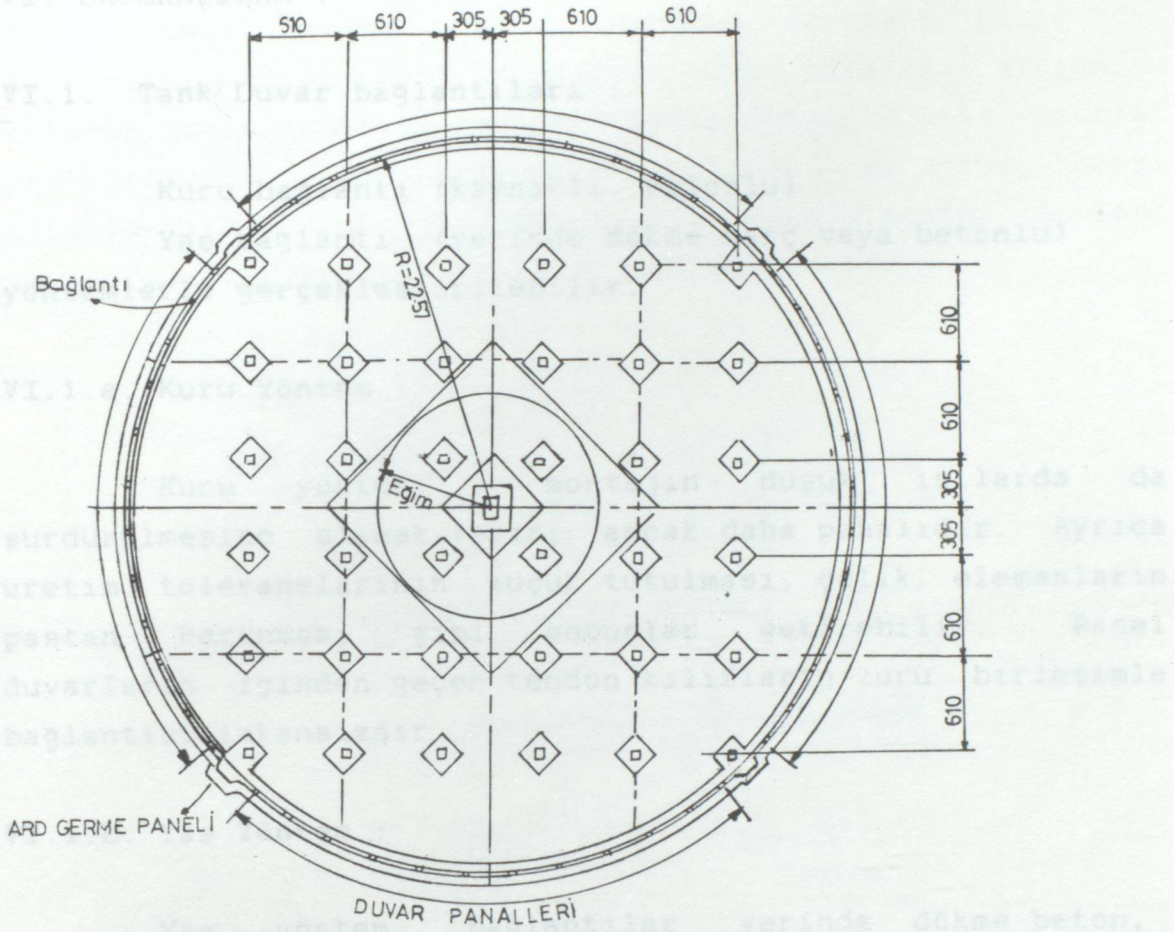
V.1. Tank Temeli Döşeme Tipleri :

V.1.1. Mambran Döşeme :

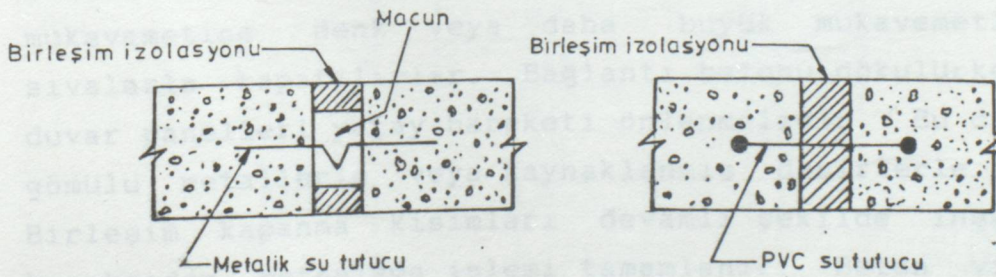
Mambran döşeme : Mambran döşeme düşey yükleri, direkt temel zeminini iletecek şekilde sürekli ve esnek dizayn edilmelidir. Farklı oturmalar beklenerek, dizayn edilirken bu hususu da gözönüne almak gerekir. Maksimum boyutlarda beton dökülüp inşaat derzleri azaltılmalıdır. İnşaat derzleri, döşeme mukavemetinin sürekliliğini sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Mambran döşemeler önerilmeli yapıldığında germe basıncı 1.38 MPa olacak şekilde yapılmalıdır. Minimum döşeme kalınlığı 127 mm. olarak şart koşulmuştur. Öngerilme, ankraj betonu gerekli mukavemeti kazandıktan hemen sonra yapılmalıdır. Aderanssız tendonlar kullanıldığı zaman her iki ortagonal doğrultuda, minimum donatı oranı 0.0015 olan ek betonarme demiri kullanılmalıdır. Eğer, tüm mambran döşeme konvansiyonel yapım metodu ile yapılırsa minimum donatı oranı 0.003 alınarak döşeme her iki doğrultuda donatılmalıdır.

V.1.2. Parçalanmış Döşeme :

Parçalanmış döşeme : Altı metre ile 12 metre arasında hareket derzleri ile birbirinden ayrılmış, satranç tahtası şeklinde betonun büzülmesi ile oluşacak çatlakları minimuma indirmek amacıyla yapılır. Hareket derzleri, komşu kısımların birbirine nazaran düşey deplasmanını önleyecek şekilde düzenlenmelidir. Minimum döşeme kalınlığı 102 mm. olmalı ve minimum donatı oranı her iki doğrultuda 0.03 normal betonarme demiri veya hasır betonarme çeliği kullanılarak sağlanmalıdır.



Şekil:18 Tank planı.



Şekil 19 Tank döşemelerinde tipik inşaat derzleri.

VI. BAĞLANTILAR :

VI.1. Tank Duvar bağlantıları :

Kuru bağlantı (kaynaklı, bulonlu)

Yaş bağlantı (yerinde dökme harç veya betonlu)
yöntemlerle gerçekleştirilebilir.

VI.1.a. Kuru Yöntem :

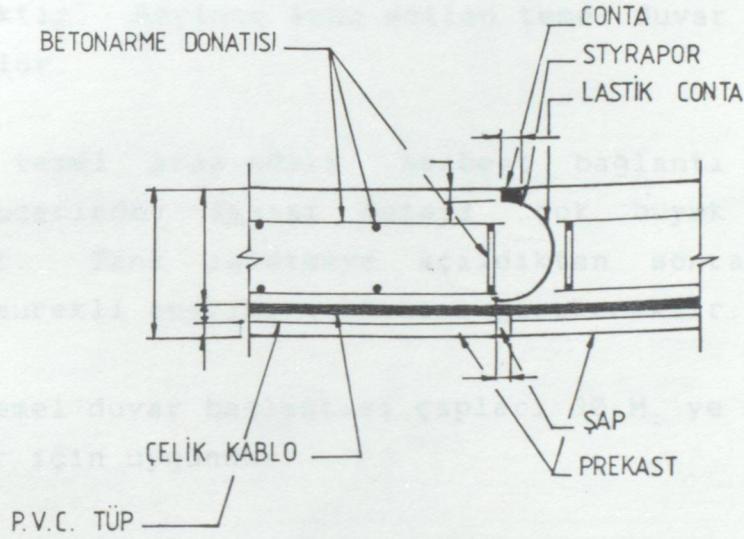
Kuru yöntem, montajın düşük ısılarda da sürdürülmesine olanak verir; ancak daha pahalıdır. Ayrıca üretim toleranslarının küçük tutulması, çelik elemanların pastan korunması gibi sorunlar getirebilir. Panel duvarların içinden geçen tendon kılıfların kuru birleşimle bağlantısı imkansızdır.

VI.1.b. Yaş Yöntem :

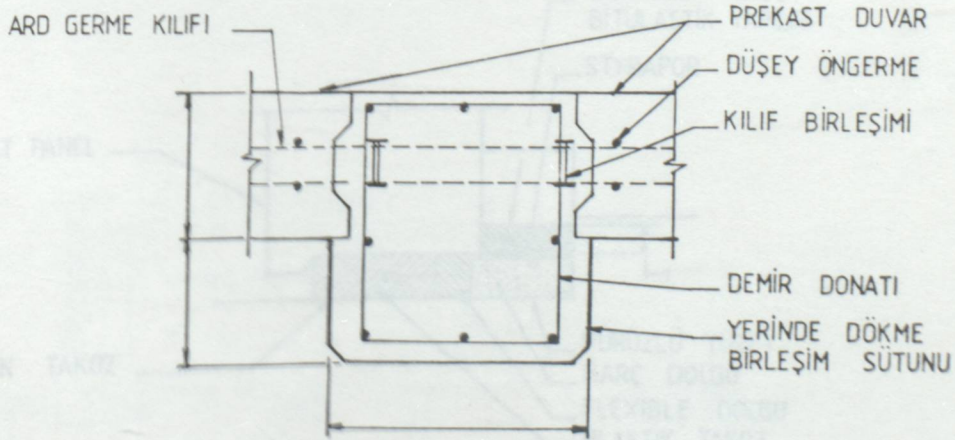
Yaş yöntem, bağlantılar yerinde dökme beton, shotcrete veya şaplanarak birleşim detaylarına uygun bir şekilde yapılırlar. Bağlantı bölgesinde oluşabilecek gerilme yoğunlaşmasına karşı, beton basınç gerilmesi, duvar panellerin beton basınç gerilmesinden % 20 daha büyük olması gerekir. Kür yapımına gereken önem verilmelidir.

Kalıpların tutturulması için kullanılan saplama delikleri tıpalarla tıkanarak üzerleri esas betonun mukavemetine denk veya daha büyük mukavemetli beton sıvalarla kapatılırlar. Bağlantı betonu dökülürken, beton duvar panelleri yatay hareketi önlenmelidir. Bu da kalıpla, gömülü metallere veya kaynaklanmış demirlerle sağlanır. Birleşim kapanma kısımları devamlı şekilde inşaat derzi bırakmadan betonlama işlemi tamamlanır. Beton vibrasyonla mümkün olduğu kadar iyi yerleştirilmelidir. En az yedi gün buhar kürü veya ıslak çuval bezi ile beton kürü yapılmalıdır. Shotcrete ile kapanan birleşimler 50 mm. veya daha ince olabilir. Bağlantı betonunda en ufak bir kusur bile kabul edilmez.

Bu tür bağlantılarda, yerinde dökülen harç ve beton ile zamanla, gerek görünüş gerekse davranış bakımından farklılıklar göstermesi önemli bir sorun olmakta; ayrıca bu betonun sertleşmesini beklemek zorunululuğu montaj süresini uzatmaktadır. Bu sakıncayı önlemek ve sertleşmeyi çabuklaştırmak amacıyla, çabuk priz yapan çimento cinsleri veya prizi hızlandıran katkıları kullanılabilir.



Şekil 20 Terre Hill tanklarında panel duvarlarının bağlantı detayı.



Şekil 21 Regina Saskatchewan tanklarında panel duvarlarının bağlantı detayı.

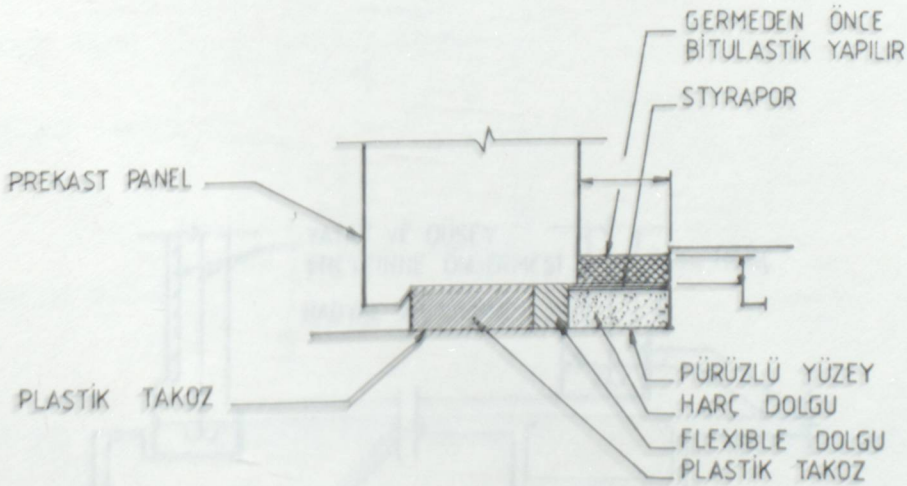
VI.2. Temel Duvar Bağlantısı :

Öngerilmeli tankların başarılı bir şekilde işletilebilmesi için temel - duvar bağlantıları çok önemlidir. Edinilen tecrübelerle göre temele bağlı ankastre duvar bağlantısı duvara daha az oranda dairesel öngerme verilmesini sağlar. Ancak bunun sonucunda duvar boyunca çatlakların oluşmasını önleyemez. En iyi sistem duvarın dairesel ard-germe esnasında içe doğru radyal hareketine izin vermektir. Böylece arzu edilen temel duvar bağlantısı sağlanmış olur.

Duvar ile temel arasındaki serbest bağlantı (elastik takozlar üzerinde) inşaat detayı çok büyük dikkatle yapılmalıdır. Tank işletmeye açıldıktan sonra bağlantı yerlerinin sürekli onarımı ve bakımı gerekecektir.

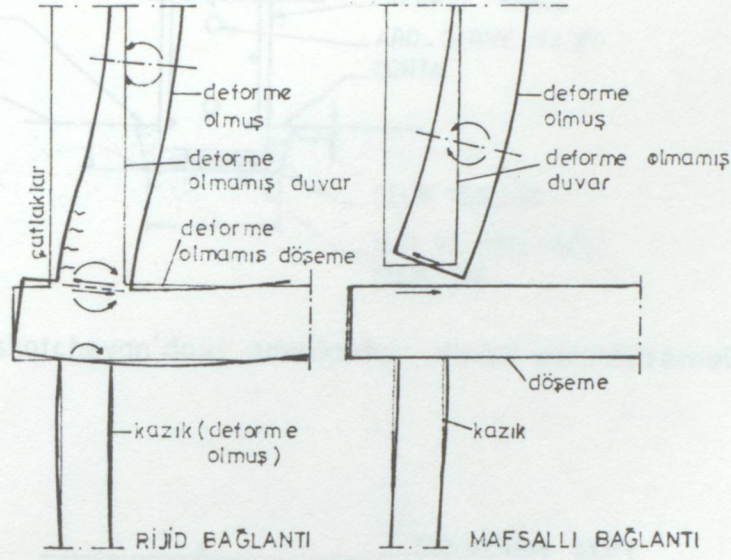
Ankastre temel duvar bağlantısı çapları 30 M.'ye kadar olan kısa tanklar için uygundur.

Serbest temel duvar bağlantısı büyük ve geniş tanklar için duvar tabanındaki momentleri minimuma indirmek veya elimine etmek için en ideal çözümdür.

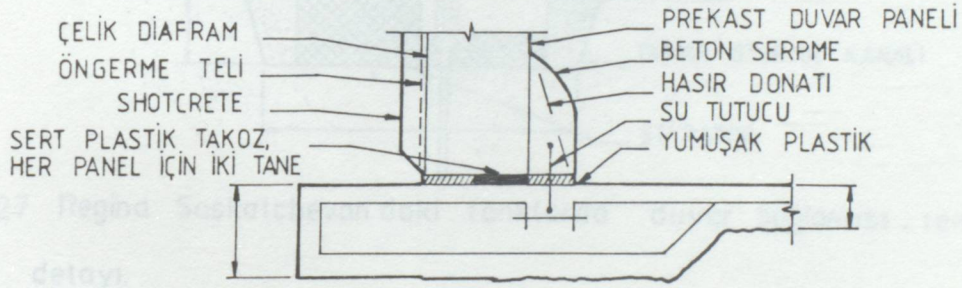


Şekil 22 Ayırtırlı tanklarda duvar temel bağlantı detayı.

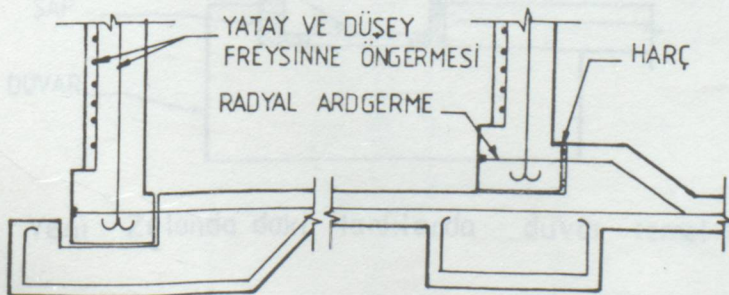
VI.3. Tank Duvarı Kubbe Bağlantıları :



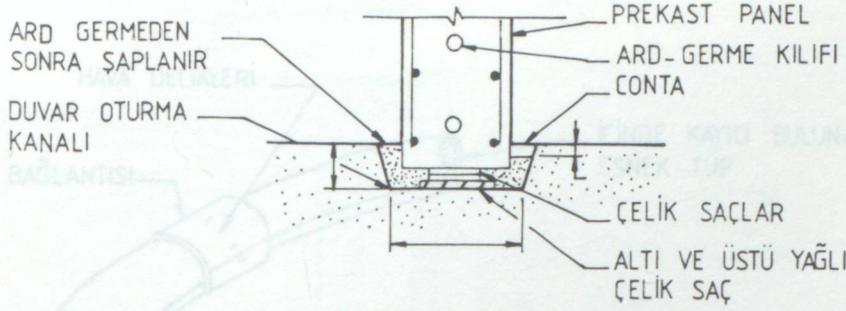
Şekil 23 Yatay öngermeden duvar ve döşemede oluşacak deformasyon.



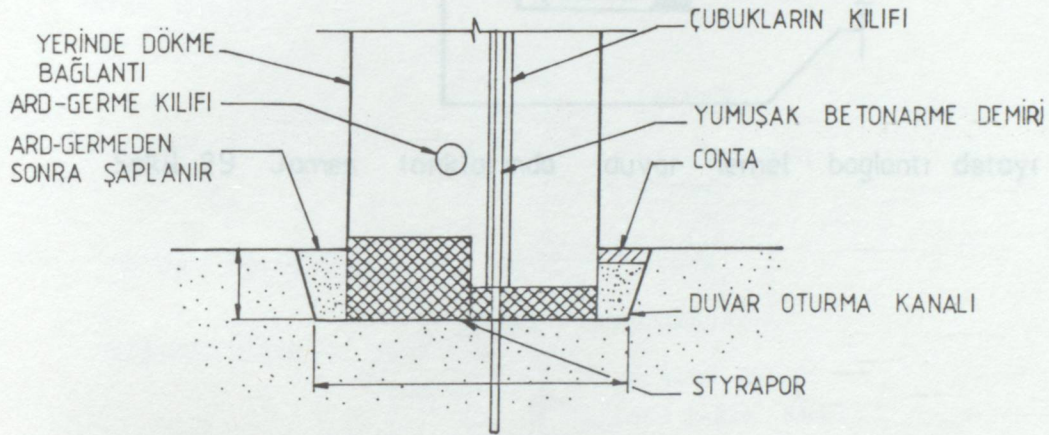
Şekil 24 Warwick Rhode Island'daki Natgun tanklarında duvar temel bağlantısı detayı.



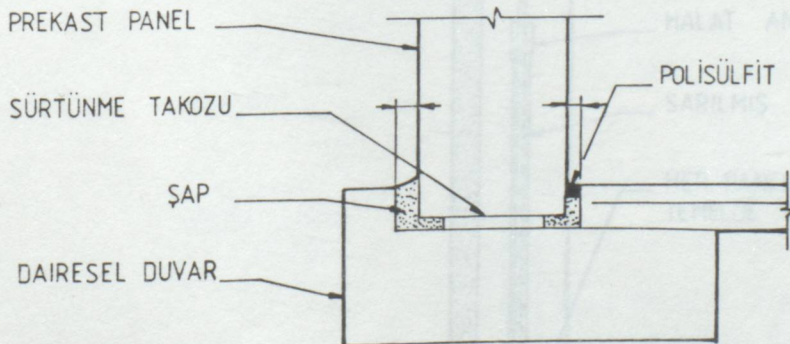
Şekil 25 Truro İngiltere'deki tanklarda duvar temel bağlantı detayı.



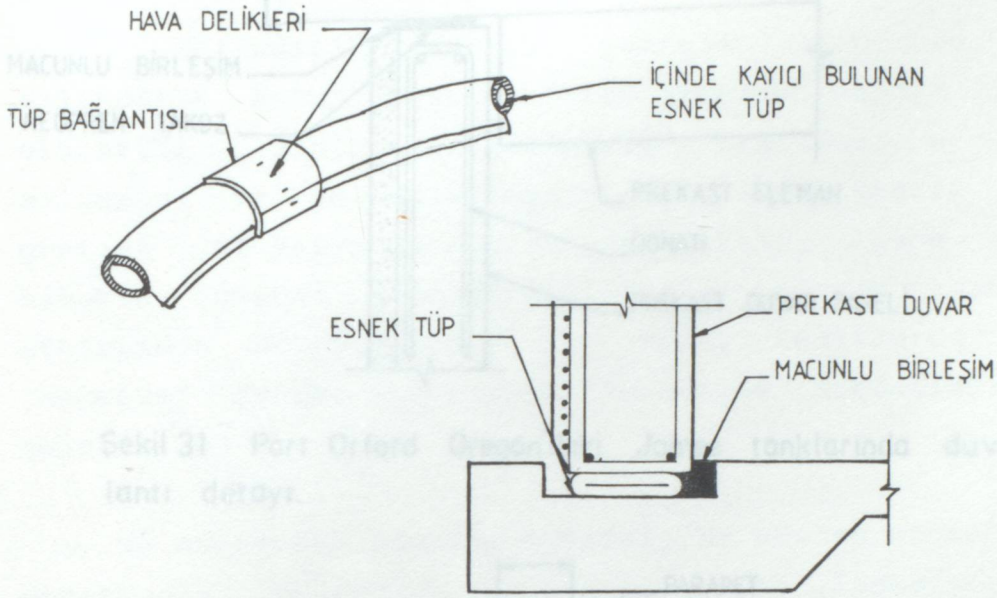
Şekil 26 Regina Saskatchewan'daki tanklarda duvar paneli-temel bağlantı detayı.



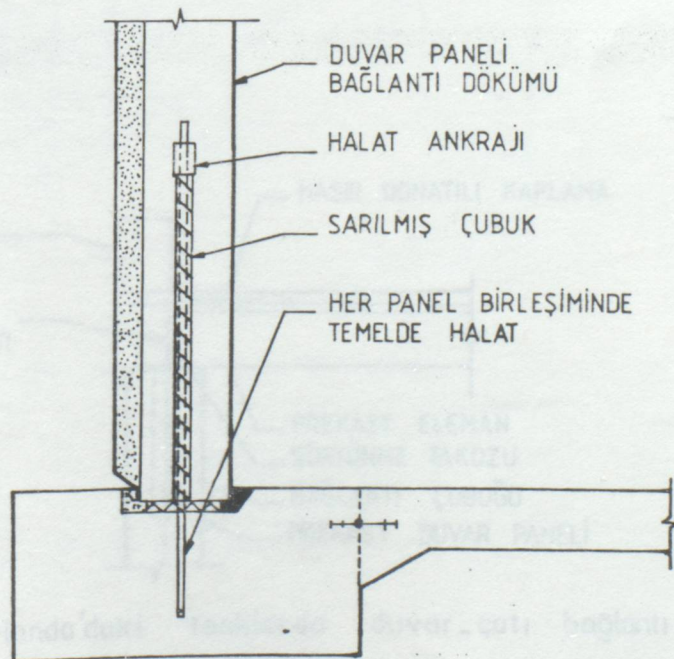
Şekil 27 Regina Saskatchewan'daki tanklarda duvar bağlantısı-temel bağlantı detayı.



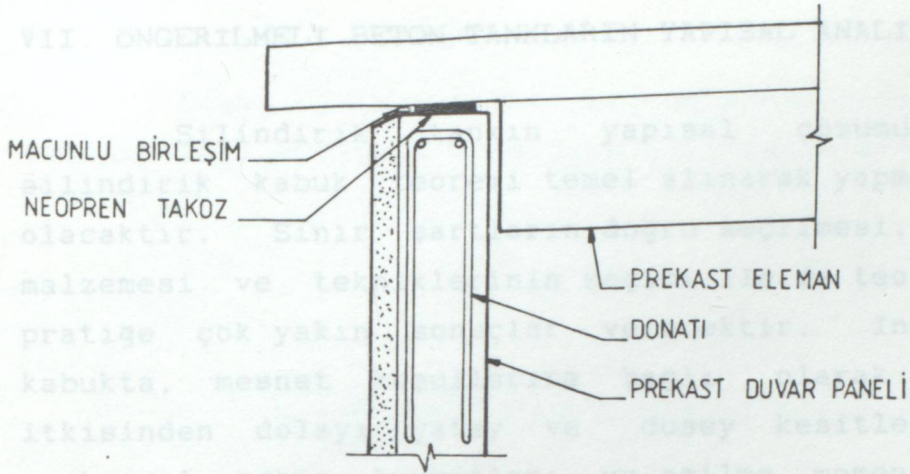
Şekil 28 Yeni Zelanda'daki tanklarda duvar temel bağlantı detayı.



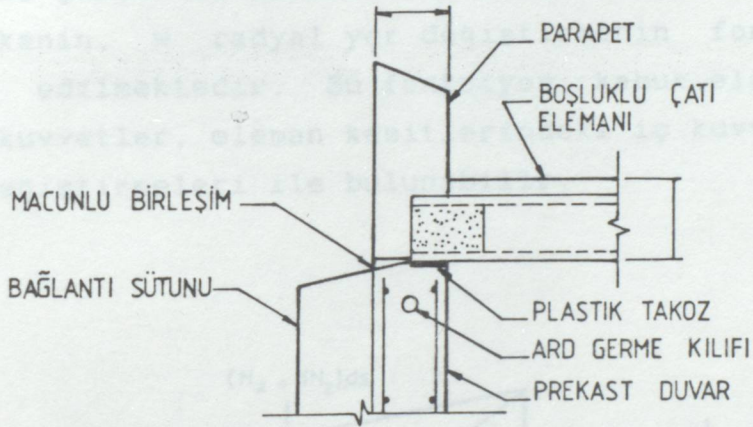
Şekil 29 James tanklarında duvar temel bağlantı detayı



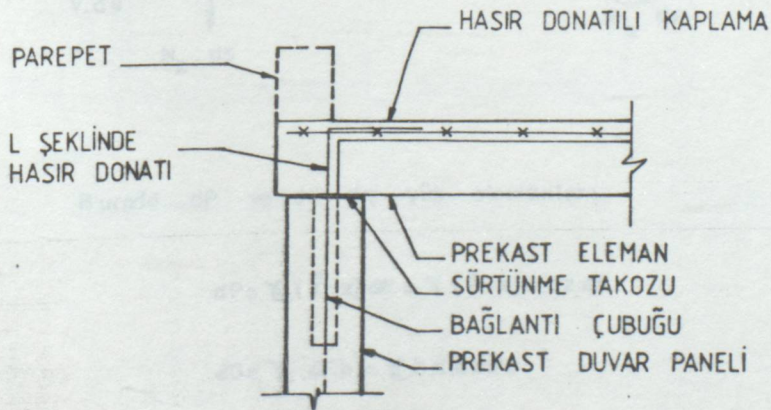
Şekil 30 James tanklarında paneller arası bağlantıda sismik bağlantı detayı.



Şekil 31 Port Orford Oregon'daki James tanklarında duvar-çatı bağlantı detayı.



Şekil 32 Regina Saskatchewan tanklarında duvar-çatı bağlantı detayı.

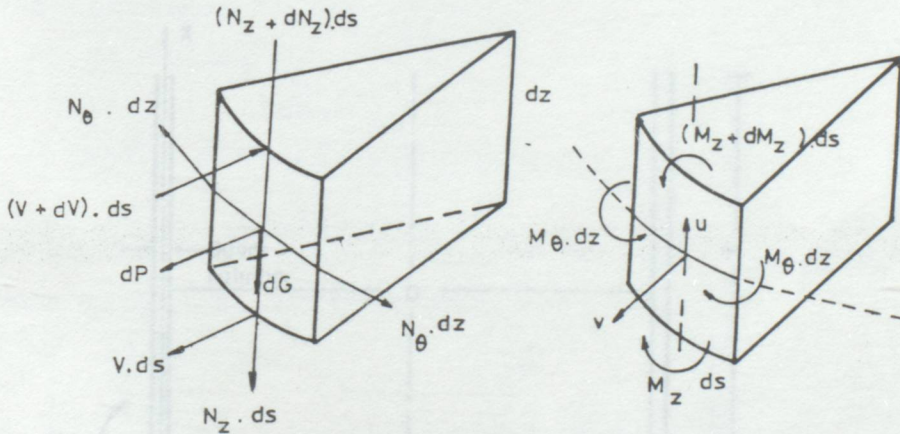


Şekil 33 Yeni Zelanda'daki tanklarda duvar-çatı bağlantı detayı.

VII. ÖNGERİLMELİ BETON TANKLARIN YAPISAL ANALİZİ :

Silindirik tankın yapısal çözümünde, klasik silindirik kabuk teoremi temel alınarak yapmak daha doğru olacaktır. Sınır şartların doğru seçilmesi, uygun inşaat malzemesi ve tekniklerinin seçimi ile de teorik hesaplar, pratiğe çok yakın sonuçlar verecektir. İnce silindirik kabukta, mesnet koşullarına bağlı olarak içindeki su itkisinden dolayı yatay ve düşey kesitlerde sırasıyla çembersel çekme kuvvetleri ve eğilme momentleri meydana gelecektir.

N_θ çembersel membran kuvveti, M_z eğilme momenti tek bir değişkenin, w radyal yer değiştirmenin fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Bu fonksiyon, kabuk elemanına etkiyen dış kuvvetler, eleman kesitlerindeki iç kuvvetler ve u ve v yer değiştirmeleri ile bulunabilir.



Burada dP ve dG dış yük elemanları

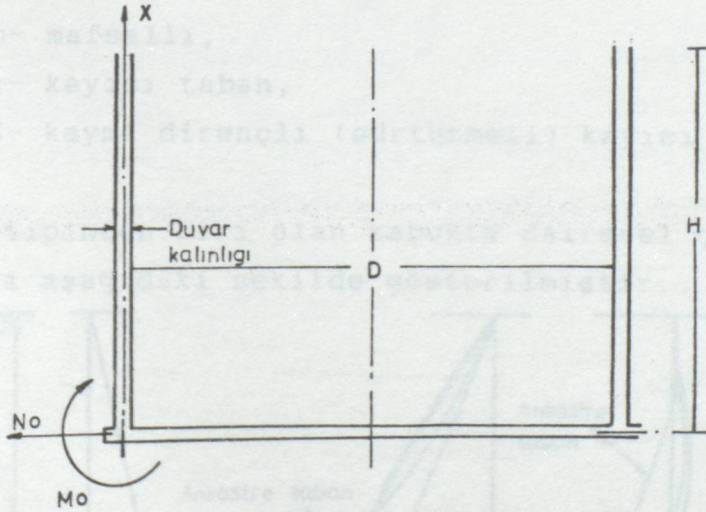
$$dP = \gamma_s \cdot (\ell - z) \cdot dF = \gamma_s \cdot (\ell - z) \cdot a \cdot dz \cdot d\theta$$

$$dG = \gamma_c \cdot dF \cdot h = \gamma_c \cdot h \cdot a \cdot dz \cdot d\theta$$

D = Tankın çapı
 Düşey eğilme momenti M_z , dairesel çekme N_θ , tankın tabanından x mesafede aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$N_\theta = \frac{E_t}{D\beta^3 K} e^{-\beta x} (M_0 \beta (\cos \beta x - \sin \beta x) + N_0 \cos \beta x)$$

$$M_z = \frac{1}{\beta} e^{-\beta x} (M_0 \beta (\cos \beta x + \sin \beta x) + N_0 \sin \beta x)$$



Şekil 34 Dairesel Silindirik Tankın Analizi.

D = Tankın çapı

t = Tank duvarının kalınlığı

v = Poisson oranı

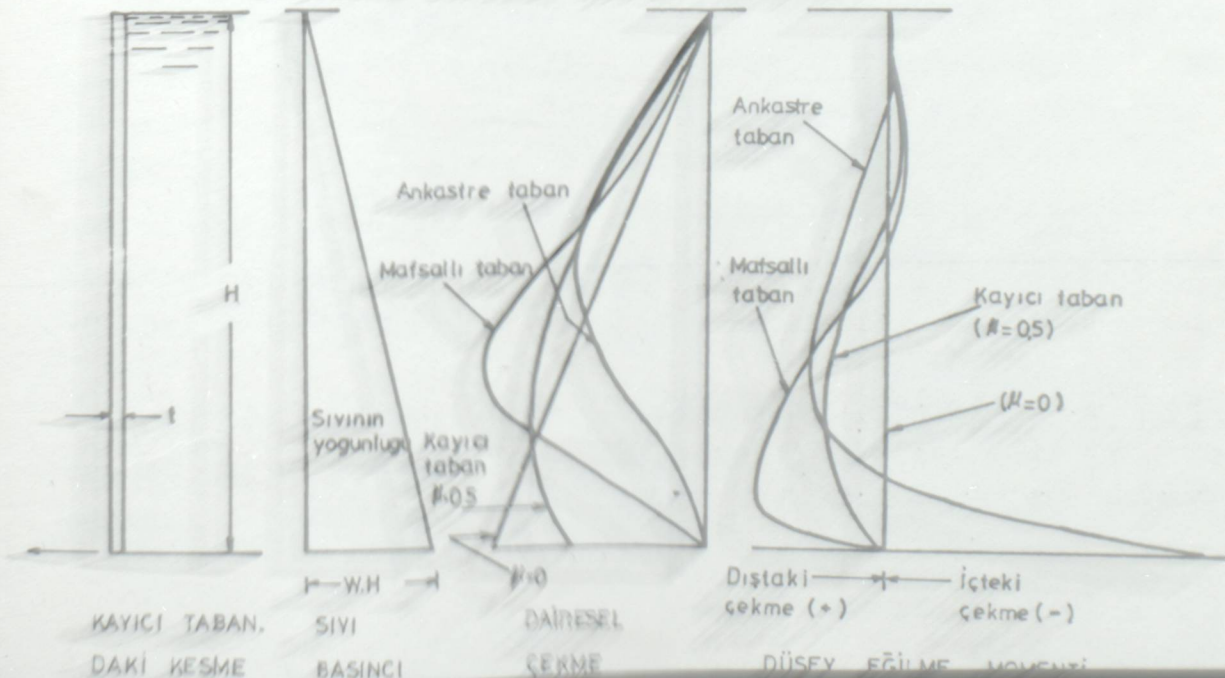
$$\beta = \sqrt{\frac{12(1+v_c^2)}{D^2 t^2}}$$

$$K = \frac{E t^3}{12(1-v_c^2)}$$

M_0 ve N_0 tank temelindeki basınç dağılımı ve temele mesnetlenme şekline göre değişen moment ve kesme kuvvetleri değerleridir. Alt mesnet şartının çözüme etkisi eşit yükseklikli eşit yarıçaplı, eşit kalınlıklı olan, üst kenarları serbest, alt kenarları :

- a- ankastre,
- b- mafsallı,
- c- kayıcı taban,
- d- kayma dirençli (sürtünmeli) kayıcı taban,

4 mesnet tipinden biri olan kabukta dairesel çekme ve eğilme momentleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



VIII. EKONOMİK ETÜD VE ZAMANLAMA

Burada görüleceği gibi, maksimum eğilme momenti temele ankastre sistemde, maksimum dairesel çekme kuvveti ise duvar temel bağlantısının serbest olan sistemlerde oluşur.

Tank duvarlarının lastik veya neopren mesnetler üzerine yerleştirildiğinde, temel birleşiminde oluşacak sürtünmeden, eğilme momentleri oldukça azalacaktır. Crom'a göre maksimum sürtünme katsayısı $u = 0.5$ olabilir. Bu değerden daha büyük değer alınamaz.

Dairesel tankların şekildeki gibi M_z ve N_θ değerleri değişik tip mesnetlenme şekillerine göre tablolar yardımı ile bulunabilir. Bu tablolar da M_z ve N_θ değerleri çok geniş biçimde listeler haline getirilmiş katsayı tabloları ile kolayca bulunabilir.

Yapılar İ.D.M.M.A. Yayınları Sayı : 156 kitabında az yüksek silindirik depolar için katsayılar tabloları kısmında bulunabilir.

Hesaplamalarda yaygın olarak nümerik metodlar da kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan metodlar sonlu farklar metodu, nümerik integrasyon, sonlu elemanlar metodu en kullanışlı olanları arasında yer alır.

VIII. EKONOMİK ETUD VE ZAMANLAMA :

Amaç, daha az işgücü ile ve daha kısa sürede, daha çok, daha kaliteli ve daha ucuz bir yapı üretimini gerçekleştirmektir. Bu amaca erişmek için, yapım sürecinin çeşitli aşamalarında, endüstriyel teknik ve yöntemlerin kullanımı gerekecektir. Endüstrileşmiş inşaat sistemi ile geleneksel sistemin karşılaştırılması yapılrırsa :

VIII. 1. Maliyet Açısından

Hızlı yapım, güçlü finansman ile mümkündür. Bugüne kadar yapılan uygulamalar göstermiştir ki, yeterli kaynak ayrılabilirdiği takdirde inşaatlar hızla bitmekte ve fiyat farkı söz konusu olmadığı için işler öngörülen bütçe ile tamamlanabilmektedir. Süresi yıllarla ifade edilen geleneksel inşaat sistemi ise başlangıçta daha ucuz gibi görünse de fiyat eskalasyonu nedeniyle cazibesini yitirmektedir.

Yapım süresi, prefabrik inşaat ihalelerinde (fiilen) proje onayından itibaren başlanacaktır. Prefabrike inşaat ihalelerinde işyerindeki çalışma süresi kısalmaktadır. Kontrollük hizmetleri kolaylaşmakta ve azalmaktadır. Hakediş tanzimi çok basittir, ödeme planı yüzdeleri ile hakediş düzenlemesi ve kontrolü çok az vakit almaktadır. Öte yandan geleneksel inşaatla, ataşman yeşil defter, mesafe zabıtları vbg. sürekli ölçümler sözkonusudur. Bu ölçümlerde bilerek veya bilmeyerek yapılan kimi yanlışlar zaman zaman gazetelere ve mahkemelere kadar intikal eden nahoş sonuçlar doğurmakta, bu durum dürüst müteahhit ve kontrolleri zor durumda bırakmaktadır. Hakediş düzenlenmesi ve kontrolü zaman alıcıdır.

Prefabrike inşaat ihalelerinde kesin hesap söz konusu bile değildir. Geçici kabul yapıldığı anda % 100 ödemesi yapılmakta, aynı anda kesin hesap da bitmiş

olmaktadır. Aslında kesin hesaba yakın bir çalışma ihale öncesinde yapılmaktadır. Oysa ki geleneksel inşaatla beş on yıl sürebilen bir kesin hesap olayı vardır.

Özet olarak, endüstrileşmiş yapımı yüklenmiş olan bir uygulayıcı kuruluş aynı zamanda üretici de olursa aşağıdaki avantajları kendisinde toplayacaktır:

a- Şantiyede yapılan kalıp, iskele, sıva, kaplama gibi işçiliklerden tasarruf;

b- Kesip biçmeden doğan malzeme fire ve kayıpların önlenmesi; kalıp, iskele malzemesinden tasarruf;

c- Daha az işçi istihdamının yanı sıra daha süratli çalışma; yani iş randımanının artması ve işgücü kaybı olmaması;

d- Vasıflı işçi ihtiyacının azalması;

e- Şantiyedeki hazırlık ve depolama alanlarının en aza inmesi; şantiye içi sirkülasyonun rahatlaması ve inşaatın bitiminde, inşaat alanının temizlenmesinin kolaylaşması;

f- Şantiyede üretim yapılması halinde nakliye ve montaj giderlerinin azalması;

g- El emeğinin pahalılığı karşısında çalışma koşullarının düzeltilmesi ve verimin arttırılması;

h- Çeşitli işlemlerin paralel yürütülmesi; daha iyi bir kalite kontrolünün sağlanması avantajları.

VIII. 2. Süre Açısından :

Her prefabrike inşaat teknolojisinin kendisine göre bir süratı vardır. Genellikle bütün prefabrike inşaat teknolojilerinin inşaat süreleri geleneksel sisteme göre çok kısadır. Prefabrike inşaatın kazandıracağı süre içinde yeni inşaatlar yapılacağı başka bir deyişle, geleneksel inşaat için gereken süre içinde prefabrikasyon yolu ile daha fazla inşaat yapılacağı ve yeni istihdam ihtiyacı yaratılacağı gözden uzak tutulmamalıdır.

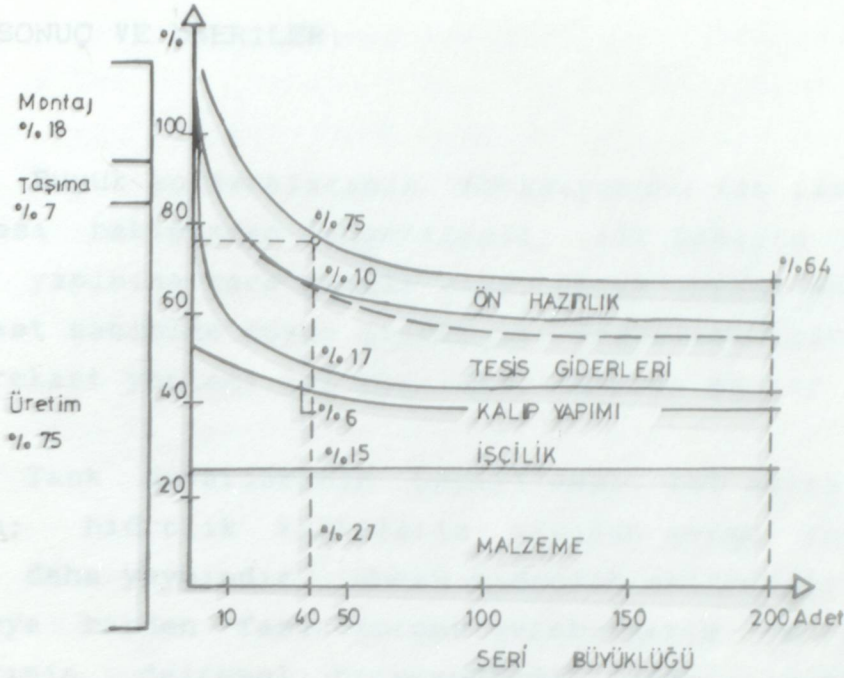
VIII.3. Tasarımcının Projelendirme Sırasında, Üretim Maliyeti, Yönetimi ve Biçimi Açısından Gözönünde Tutması Gereken Hususlar :

- * Elemanların boyut ve ağırlıkları, kalıp yapımı ve üretim sistemini etkiler.
- * Elemanların biçimsel özellikleri seçilirken kalıp maliyeti, üretim ve kalıptan çıkarma kolaylıkları gözönünde tutulmalıdır.
- * Elemanların çeşitli olması, üretim yöntemi ve kalıp yapımı bakımından farklılık getirecektir.
- * Tip eleman sayısının tesbiti ile, üretim serilerinin büyüklüğü ortaya çıkacaktır. Seri büyüklüğünün ise :

- üretim maliyeti
- üretim süresi ve
- kalıpların amortizasyonu açısından etkisi büyüktür.

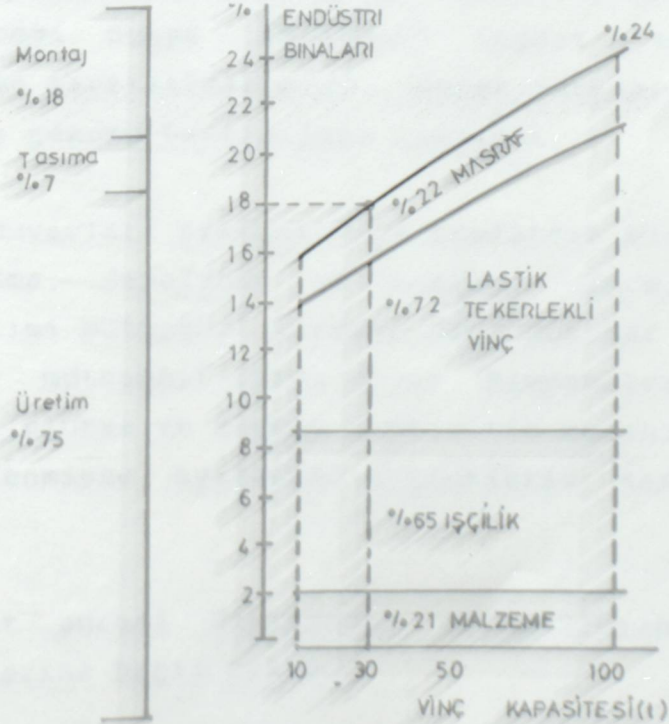
Kalıbın amortizasyonu ise, seri büyüklüğünün yanı sıra, kalıbın biçimi, kuruluşu ve malzemesiyle yakından ilgilidir.

IX. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME



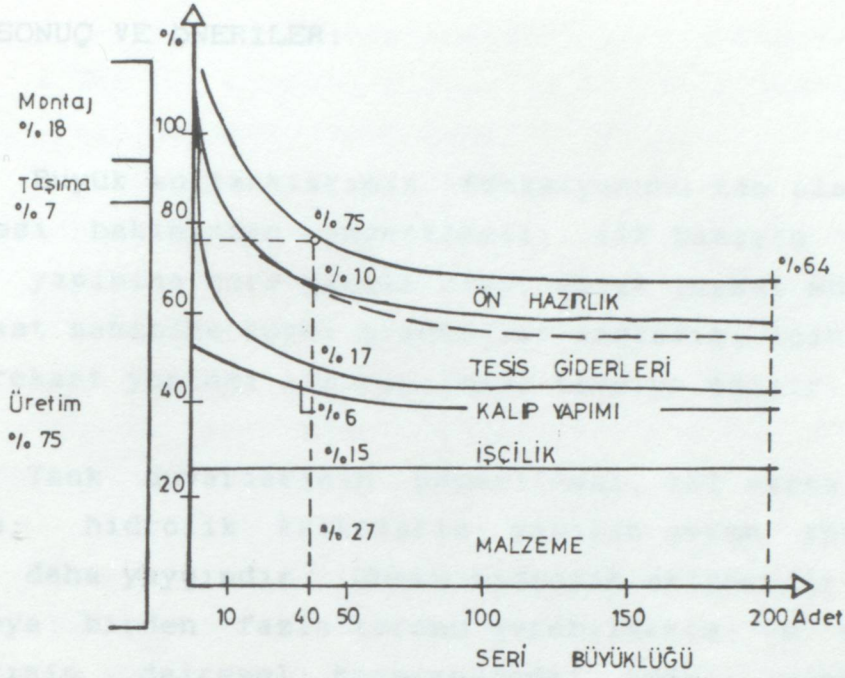
Şekil 36 Seri büyüklüğü - üretim giderleri ilişkisi.

- * Tasarımcı, farklı eleman tiplerinin aynı kalıpta, küçük değişikliklerle üretilmesi olanaklarını aramalıdır.
- * Elemanların normal donatılı veya öngermeli olması da, malzeme ve üretim biçimi açısından farklılıklar getirecektir.



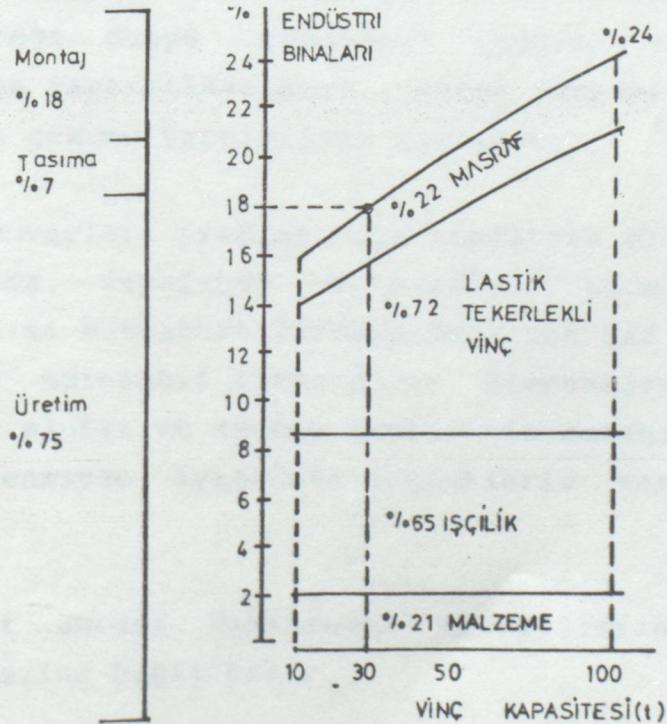
Şekil 37 Lastik tekerlekli bir araçlı vinç kullanıldığında vinç kapasitesinin eleman maliyetine etkisi.

IX. SONUÇ VE GÖRÜŞLERİ



Şekil 36 Seri büyüklüğü - üretim giderleri ilişkisi.

- * Tasarımcı, farklı eleman tiplerinin aynı kalıpta, küçük değişikliklerle üretilmesi olanaklarını aramalıdır.
- * Elemanların normal donatılı veya öngermeli olması da, malzeme ve üretim biçimi açısından farklılıklar getirecektir.



Şekil 37 Lastik tekerlekli bir araçlı vinç kullanıldığında vinç kapasitesinin eleman maliyetine etkisi.

IX. SONUÇ VE ÖNERİLER:

Büyük su tanklarının fonksiyonunu tam olarak yerine getirmesi bakımından önerilmeli; ilk bakışta geleneksel inşaat yapımına göre pahalı olan, ancak inşaat müteahhidine ve inşaat sahibine büyük avantajlar sağladığı için prefabrik veya prekast yöntemi ile yapılması tavsiye edilir.

Tank duvarlarının önerilmesi, tel sarma yöntemine nazaran; hidrolik krikolarla yapılan germe yöntemi ile yapımı daha yaygındır. Çünkü hidrolik ekipmanlar aynı anda bir veya birden fazla toronu gerebilmekte ve sadece su tanklarının dairesel öngermesinde değil, aynı zamanda önerilmeli köprü, bina, ofis, depo, havaalanı vb. döşemelerinin; zemin ankrajları; baraj inşaatları; tersane havuzlarının yapımında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Önerilmeli beton tankların getirdiği avantajlar iyice gözden geçirilmelidir. Tank duvarlarının artık basınç gerilmeleri + iç sıvı basınçlarına göre mi dizayn edileceği, yoksa sadece kabuk dairesel çekme kuvvetlerine göre mi dizayn edileceği dünya çapındaki inşaat mühendisleri tarafından halen tartışılmaktadır. Ancak tankların gelişmiş bilgisayarlarla çözümü tartışılmaz olmuştur.

Tank duvarları prekast veya prefabrik elemanlarının üretim, taşınma, depolanma ve montajı incelendiğinde; şantiyede üretimi müteahhit firmaya daha çok kar bırakacağı görülür. Eğer müteahhit firma duvar elemanlarını üreten kuruluştan ayrı olursa ve sadece üreticinin malını şantiyede montajını üstlenmişse aşağıdaki güçlüklerle karşılaşacağı açıktır :

- * İnşaat süresi bakımından üreticilerin teslim sürelerine bağlı kalır.

- * Saniye işlerinin koordinasyonu güçleşir.
- * Tek bir üretici firma ile iş yapmıyorsa, boyutsal

1- Öneri: koordinasyon veya bağlantı detayları yönünden problemlerle karşılaşabilir.

* Karının büyük bir kısmını prefabrik eleman üreten firmalara verecektir ve müteahhit firmanın şekilde büyüyerek piyasaya hakim olması güçleşecektir.

2- Öneri: İşte bu nedenlerle üretici ve müteahhit firma aynı olmalıdır.

Sonuç olarak çok sayıda su tankı kısa bir sürede kaliteli bir şekilde en ekonomik "prekast veya prefabrik önerilmeli beton silindirik su tankı" yapılmalıdır.

3- Önerme telli :

Önerme teli, yukarıdaki TS 3233, madde 2.2.2 de belirtilen özelliklere sahip çelik tel olarak imal edilen, düz veya kıvrımlı çelik teldir.

4- Önerme toronu :

Önerme toronu, bir telin etrafında bir veya birden fazla telin veya şerh ile telin birbiriyle sarılarak elde edilen, TS 3233, madde 2.2.3 de belirtilen özelliklere sahip ürünlerdir.

5- Önerme çubuğu :

Önerme çubuğu, yukarıdaki TS 3233, madde 2.2.4 de belirtilen özelliklere sahip, çelik çaplarında imal edilen özel alaşımlı çelik çubuktur.

5- Öngerme Tendonları ve TANIMLAR

1- Öngerilmeli beton : Öngerme teli, toron, veya çubukların bir grup olarak kullanılması halidir. Tendonlar ard-germe metodu Öngerilmeli beton, elemana gelecek yüklerin etkilerinin, çeliğin gerilmesi ile istenilen şekilde dengelendiği betondur.

7- Öngerme :

2- Öngerme donatısı :

Öngerme donatısı, öngerilmeli elemanlardan donatı olarak kullanılan, TS 3233, madde 2.2.2, 2.2.3 ve 2.2.4 te belirtilen özelliklere sahip tel, toron, çubuk veya bunlardan oluşan kablodur (tendon).

3- Öngerme teli :

Öngerme teli, yüksek dayanımlı TS 3233, madde 2.2.2 de belirtilen özelliklere sahip çeşitli çaplarda imal edilen, düz veya kıvrımlı çelik teldir.

4- Öngerme toronu :

Öngerme toronu, bir telin etrafında bir veya birden fazla telin veya enaz iki telin birbirine sarılmasıyla elde edilmiş, TS 3233, madde 2.2.3 de belirtien özelliklere sahip örüktür.

5- Öngerme çubuğu :

Öngerme çubuğu, yüksek dayanımlı, TS 3233, madde 2.2.4 de belirtilen özelliklere sahip, çeşitli çaplarda imal edilen özel alaşımlı çelik çubuktur.

6- Öngerme tendonları veya kabloları :

Tendonlar, öngerme tel, toron, veya çubukların bir grup olarak kullanılması halidir. Tendonlar ard-germe metodunda kullanılırlar.

7- Öngerme :

Öngerme, öngerme donatısının beton dökülmeden önce gerilmesi işlemidir.

8- Ard-germe :

Ard-germe, öngerme donatısının beton döküldükten ve yeterli dayanıma ulaşmasından sonra gerilmesi işlemidir.

9- Kılıf :

Kılıf, ard-germeli elemanlarda, betonun içinden öngerme donatısının geçeceği hatta delik bırakmak için kullanılan metal veya plastikten yapılmış bir borudur.

10- Kullanım yükleri :

Kullanım yükleri, projede yapı elemanını etkileyeceği kabul edilen tüm yükler ve deformasyon etkileridir. Bunlar; öngerme kuvveti, ölü ve hareketli yükler, sünme, rötre ve çökme etkileridir.

NOTASYONLAR

a	=	Birim genişliğin kesit alanı mm ² /mm.
a_{ϕ}	=	ϕ doğrultusundaki birim genişliğin kesit alanı mm ² /mm.
A_r	=	Kubbe kenarı dairesel kirişin kesit alanı mm ² .
B_i	=	Geometrik kusurlar için burkulma azaltma faktörü.
B_c	=	Sünme, nolineerite ve beton çatlakları için burkulma azaltma faktörü.
B_0	=	Sabit kalınlıklı prekast kubbe paneli için burkulma düzeltme faktörü.
E_c	=	Beton elastisite modülü MPa.
f_c'	=	J günlük belirlenmiş betonun karakteristik silindirik basınç mukavemeti MPa.
f_r	=	Mambran kenar kuvvetleri ve öngermeden, dairesel kubbe kenar kirişindeki gerilme MPa.
f_t, f_c	=	Kabuğun iç veya dış yüzeyindeki, çekme veya basınç gerilmeleri MPa.
h_d	=	Kubbe kalınlığı mm.
$\overline{H_{\phi K}}$	=	Kubbe yatay kenar kuvveti N/mm.
i	=	Birim genişlikteki atalet momenti mm ⁴ /mm.
i_{ϕ}	=	Meridyenel doğrultuda birim genişlik için atalet momenti mm ⁴ /mm.

$k =$	Burkulma katsayısı.
$L =$	Hareketli yük Pa.
$M =$	Birim genişlik için eğilme momenti mm-N/mm.
$\overline{M}_\theta =$	Ø Dairesel doğrultuda, birim genişlik için eğilme momenti mm-N/mm.
$\overline{M}_\phi =$	Ø Meridyenel doğrultuda, birim genişlik için eğilme momenti mm-N/mm.
$N_p =$	Kubbe kenarı dairesel kirişin efektif öngermeden oluşacak eksenel kuvvet N.
$N_r =$	Kubbe kenarı dairesel kiriş eksenel kuvveti N.
$N_Q =$	Ø Dairesel doğrultuda, birim genişlik için eksenel gerilme değeri N/mm.
$N_\phi =$	Ø Meridyenel doğrultuda birim genişlik için eksenel gerilme değeri N/mm.
$\overline{N}_Q =$	Kabuk ve dairesel kirişlerin mambran olmayan kenar deformasyonları etkisinden oluşan düzlem eksenel gerilmeler N/mm.
$N_{Qk}, N_{\phi k} =$	Kubbe kenarındaki Ø dairesel ve Ø meridyenel doğrultudaki mambran eksenel gerilmeler N/mm.
$p =$	İç basınç MPa.
$P_e =$	Birim alanı sabit ölü yükler MPa.
$P_s =$	Planda birim alana gelen kar yükü MPa.
$P_u =$	Ölü ve hareketli yüklerin, yük faktörü ile çarpıldıktan sonraki dizayn yükü MPa.

$P_{cr} =$ Kritik burkulma yükü MPa.

$r_d =$ Kubbenin ortalama yarıçapı mm.

$r_i =$ Kubbe üzerindeki 2.50 ($r_d \cdot h_d$) mm.
çaplı kusurlu eğriliklerin maksimum ortalama yarıçapı.

$S =$ Emniyet katsayısı.

$X_m, X_{0,15m} =$ Kubbe kenarından maksimum moment noktasına meridyenel doğrultuda yay uzunluğu ve momentin % 15'ine olan yay uzunluğu mm.

$X_r =$ Prekast kubbe eleman kirişlerinin meridyenel doğrultudaki yay genişlikleri mm.

$\alpha =$ Genleşme katsayısı mm/C

$\Delta =$ Sferik yarıçapın değişimi mm.

$\Delta T =$ Kabuk kalınlığınca ısı değişimi.

$\lambda =$ Sferik kabuk sabiti.

$\nu =$ Poisson oranı.

$\theta =$ Meridyenel açı, mukavemet azaltma faktörü.

$\theta_k =$ Meridyenel açı tepe noktasından kenara doğru.

$\psi =$ Sferik kubbenin kubbe kenarındaki açı radyan.

VIII

K A Y N A K L A R

- (1) CELASUN, H. : Betonarme Yapılar
İ.D.M.M.A. Yayınları - Sayı 156
İstanbul 1980
- (2) CELASUN, H. - POLAT, Z. : Öngerilmeli Beton
İ.D.M.M.A. Yayınları - Sayı 123
İstanbul 1974
- (3) AYAYDIN, Y. : Büyük Açıklıklı Prefabrike Betonarme
Yapılar.
Birsen Kitabevi Yayınları 1981
- (4) ÖZDEN, K. - EREN, İ. - TRUPYA, A. - ÖZTÜRK, T. :
Öngerilmeli Beton
İ.T.Ü İnş. Fak. Yayını 1988
- (5) YÜCEL, M. - AKSOĞAN, S. : Su Getirme Kanalizasyon
ve Suların Arıtılması
Pimaş Plast. Malz. A.Ş. Yayınları - 8.
- (6) T.S. 3233 Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve
Yapım Kuralları
- (7) TEZCAN, S. : Prefabrik Birliği - Ocak 1988
Sayı 5. - Makale.
- (8) KREISHNA, R.R. Prestressed Concrete 1988
- (9) HEGER, J.F. : Concrete Domes For Water and Wastewater
Tanks. A.C.I. Structural Journal
Technical Paper July, Aout 1990.
- (10) P.C.I. Journal Volume 28, No.4. July, August 1983

IX

- (11) P.C.I. Journal Volume 30. No.4. July, August 1985
- (12) P.C.I. Journal Volume 32. No.4. July, August 1987.
- (13) P.C.I. Journal March, April 1985.
- (14) STEVEN, R.C. - Ib Falk, J. : Tendon Prestressed Concrete Tanks.
Concrete International Magazine _ Feb 1988
- (15) A.C.I. Committee - A.C.I. 344 R-T.
Design and Constructional of Circular Prestressed Concrete Structures With Circumferential Tendons.
- (16) A.C.I. Committee - A.C.I. 344 R-W.
Design and Constructional of Circular Wire Strand Wrapped Prestressed Concrete Structures.
- (17) The Preload Company, Inc. Advertasing Magazine.
- (18) Losinger Ltd. VSL International : Concrete Storage Structures Use of the VSL Special Construction Method. May 1983.

ÖZGEÇMİŞ

Murat İNAL, 2 Ocak 1967 Yılında Diyarbakır'da doğmuştur. İlköğrenimini Diyarbakır - Yenisehir ilkokulunda, ortaöğrenimini Ankara - Yükseliş Kolejinde, lise öğrenimini ise Diyarbakır - Ziya Gökalp Lisesinde tamamlamıştır. 1985-1986 Öğretim Yılında kaydolduğu Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1989 Yılında mezun olmuştur. Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün açmış olduğu Yüksek Lisans sınavını kazanarak, yapı programına da 1989 Yılında başlamıştır. Bu arada 1989'da Ahmet Nihat Özsan İnş. Firmasında, 1989 - 1991 Yılları arasında bir buçuk yıl süre ile Evre Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şirketinde çalıştı. Stajlarını 1987 Seferoğlu İnş. Türkiye Büyük Millet Meclisi Hazine ve Saraylar Lojmanları inşaatı, 1988 STFA Galata Köprüsü Şantiyesinde yapmıştır. Evli ve bir çocuk babasıdır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

