

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

GEOPLAST S.p.A TARAFINDAN ÜRETİLEN

İKİ DOĞRULTUDA ÇALIŞAN BOŞLUKLU DÖŞEME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN

YENİ NAUTILUS®
KÖR KALIP SİSTEMLERİNİN
DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE
YAPISAL ANALİZİ

Hakkında

TEKNİK RAPOR

Bu rapor A.Ü. Döner Srmaye İşletmeleri Yönetmeliği uyarınca hazırlanmıştır.

Hazırlayanlar:

PROF. DR. MUSTAFA TUNCAN DR.KIVANÇ TAŞKIN
Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri

HAZİRAN 2014

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SAYI : 13444830- 260-1212-7360
KONU : Teknik Rapor

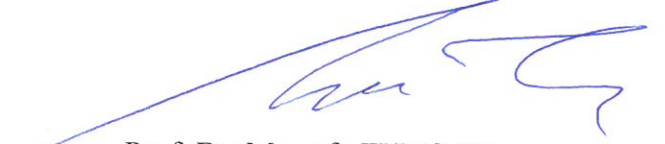
TARİH: 23.06.2014

Dekanlık Makamına,

İLGİ: 25.02.2013 tarihli ve 659 sayılı ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. dilekçesi.

ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. tarafından istenilen, “Yeni Nautilus Kör Kalıp Sistemlerinin ts500’e Göre Farklı Bilgisayar Programlarında Modellenmesi, Deprem Yönetmeliğine Göre Yapısal Analizi ve Maliyet Analizi” ile ilgili deneylere ait üç adet Akademik Değerlendirme Raporu (Teknik Rapor) Ek’de verilmiştir.

Gereğini arz ederim.



Prof. Dr. Mustafa TUNCAN
Bölüm Başkanı

EK:
-Dilekçe
-3 Adet Teknik Rapor



T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi


Sayı : 49221131-000-10278-7367
Konu : Teknik Rapor

23.06.2014

ABS YAPI ELEMANLARI SAN. TİC. LTD. ŞTİ.

Fakültemiz İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr.Mustafa TUNCAN ve Araş.Gör.Dr.Kıvanç TAŞKIN tarafından hazırlanan “Yeni Nautilus Kör Kalıp Sistemlerinin ts500’e Göre Farklı Bilgisayar Programlarında Modellenmesi, Deprem Yönetmeliğine Göre Yapısal Analizi ve Maliyet Analizi” ile ilgili Akademik Değerlendirme Raporları yazımız ekinde sunulmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.


Prof. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU
Dekan

EK:

1-Yazı


2-Teknik Rapor (3 Adet)

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜM BAŞKANLIĞI'NA

ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. 25.02.2013 tarihli dilekçesine istinaden, “YENİ NAUTILUS KÖR KALIP SİSTEMLERİNİN TS500'E GÖRE FARKLI BİLGİSAYAR PROGRAMLARINDA MODELLENMESİ, DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE YAPISAL ANALİZİ VE MALİYET ANALİZİ” ile ilgili üç adet Akademik Değerlendirme Raporu'nun(Teknik Rapor) yazılması tamamlanmıştır.

Bilgilerinize arz ederim.


23/06/2014
Araş. Gör. Dr. Kıvanç TAŞKIN

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

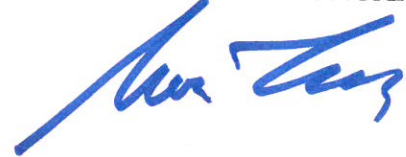
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜM BAŞKANLIĞI'NA

ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. 25.02.2013 tarihli dilekçesine istinaden, "YENİ NAUTILUS KÖR KALIP SİSTEMLERİNİN TS500'E GÖRE FARKLI BİLGİSAYAR PROGRAMLARINDA MODELLENMESİ, DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE YAPISAL ANALİZİ VE MALİYET ANALİZİ" ile ilgili üç adet Akademik Değerlendirme Raporu'nun(Teknik Rapor) yazılması tamamlanmıştır.

Bilgilerinize arz ederim.

23/06/ 2014

Prof.Dr. Mustafa TUNCAN

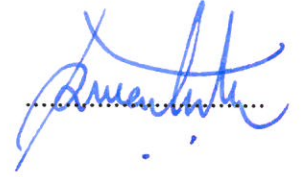


Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri olarak ABS Yapı Elemanları firması için, “İki Doğrultuda Çalışan Boşluklu Döşeme Sistemlerinde Kullanılan Kör Kalıp Sistemleri” nde kullanılmak üzere, Geoplast SpA tarafından geliştirilen YENİ NAUTILUS® kör kalıp sistemlerinin ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında değerlendirilerek, bulgu ve görüşlerimizin olduğu teknik raporu görüşlerinize sunarız.

Danışman: **Prof. Dr. Mustafa TUNCAN**
Anadolu Üniversitesi



Danışman : **Dr. Kıvanç TAŞKIN**
Anadolu Üniversitesi



Sayın **Okan CÜNTAY**'ın Bilgilerine;

*Genel Müdür,
ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti.*

Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na yapmış olduğunuz başvurunuz ile ABS Yapı Elemanları firması olarak, "İki Doğrultuda Çalışan Boşluklu Döşeme Sistemlerinde Kullanılan Kör Kalıp Sistemleri" nde kullanılmak üzere, Geoplast SpA tarafından geliştirilen YENİ NAUTİLUS® kör kalıp sistemlerinin ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında değerlendirilerek, bulgu ve görüşlerinizin teknik bir raporla tarafınıza bildirilmesini talep etmiş bulunmaktasınız.

Aşağıdaki teknik raporda, YENİ NAUTİLUS® sisteminin genel değerlendirilmesi ve Türkiye'de yürürlükte bulunan yönetmelikler ve imalat kuralları kapsamında yapılan değerlendirmemizi saygılarımızla bilgilerinize sunarız.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana ve üniversiteme güvenen ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. Genel Müdür Okan CÜNTAY Bey'e, ABS Yapı Elemanları San. Tic. Ltd. Şti. İnşaat Mühendisi Mustafa KAYA Bey'e şükranlarımı sunarım. Çalışmanın analiz kısmında değerli bilgi ve birikimlerini çekinmeden paylaştan Erdemli Proje Ve Müşavirlik San.Tic.Ltd.Şti. Proje Müdürleri Dr.Kerem PEKER ve İnşaat Yüksek Mühendisi Sinem KOLGU'ya verdikleri destek ve yapıcı katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2014

Dr.Kıvanç TAŞKIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1.1 Kır Kalıp Sisteminin Kurulumu	3
1.2 Yeni Nautilus® Kır Kalıplarının Avantajları	7
1.2.1 Tasarım Avantajları.....	8
1.2.2 Uygulama Avantajları	9
1.2.3 Mimari ve Yapı Servisleri Avantajları	9
1.3 Teknik Raporun Amacı	10
2. DEPREM YÖNETMELİKLERİNE BAKIŞ	11
2.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(DBYBHY-2007).....	11
3. BİR ÖRNEK YAIPININ YENİ NAUTILUS DÖŞEME SİSTEMİ KULLANILARAK BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜMÜ	15
3.1 Tasarım Adımları.....	15
3.1.1 Düşey yük analizi ve boyutlandırılması	15
3.1.2 Yatay (Deprem) yük analizi ve boyutlandırılması	16
4. ÖRNEK BİR YAPININ DEPREM SONRASI YATAY YÜK TASARIM ADIMLARI	19
4.1 Geometrinin Tespiti.....	19
4.2 Yüklerin Tespiti.....	22
4.3 Düşey Yük Tasarım Parametrelerinin Tespiti	22
4.4 Seçilen Döşemenin Düşey Yük Davranışı Konrollerinin Yapılması	23
4.5 Seçilen Döşemenin Yatay Yük Davranışı Konrollerinin Yapılması.....	27
KAYNAKLAR	33

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tek parça Yeni Nautilus® 'un aksonometrik görünümü	1
Şekil 1.2 : Çift parça Yeni Nautilus® 'un aksonometrik görünümü	2
Şekil 1.3 : Tek parça Yeni Nautilus® ile oluşturulan döşeme enkesiti	2
Şekil 1.4 : Çift parça Yeni Nautilus® ile oluşturulan döşeme enkesiti	2
Şekil 1.5 : Döşeme kalıbının hazırlanması ve hasır çelik serilmesi.....	3
Şekil 1.6 : Yeni Nautilus® kör kalıplarının yerleştirilmesi.	4
Şekil 1.7 : Üst hasır donatısı yerleşimi ve beton dökümü için hazır hale getirilmesi..	5
Şekil 1.8 : Birinci aşama beton dökümü.	6
Şekil 1.9 : Beton dökülmüş Yeni Nautilus® kör kalıpları ile oluşturulmuş döşeme	7
Şekil 4.1 : Bina 3D modeli.....	20
Şekil 4.2 : Tipik kat planı.....	21
Şekil 4.3 : Seçilen boşluklu döşeme geometrisi	21
Şekil 4.4 : Seçilen boşluklu döşeme parametreleri	23
Şekil 4.5 : Döşeme uzun süreli yer değiştirme kontrolü.....	24
Şekil 4.6 : Döşeme M11 moment dağılımı	25
Şekil 4.7 : Döşeme M22 moment dağılımı	25
Şekil 4.8 : Döşeme V13 kesme kuvveti dağılımı.....	26
Şekil 4.9 : Döşeme V23 kesme kuvveti dağılımı.....	26
Şekil 4.10 : Farklı iki ana doğrultuda döşemenin sistem etkileşimli yatay deformasyonu	27
Şekil 4.11 : Döşeme Ex yüklemesi F11 normal kuvvet dağılımı	28
Şekil 4.12 : Döşeme Ey yüklemesi F22 normal kuvvet dağılımı	29
Şekil 4.13 : Döşeme Ex yüklemesi M11 moment dağılımı	29
Şekil 4.14 : Döşeme Ey yüklemesi M22 moment dağılımı	30

BOŞLUKLU DÖŞEME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KÖR KALIP SİSTEMLERİNİN TÜRKİYE’DEKİ YÖNETMELİKLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ, MODELLENMESİ VE MALİYET ANALİZLERİ

ÖZET

Uygulamada döşeme plaklarının içerisinde boşluklar oluşturularak hafifletilmesi yolu ile daha kalın plaklar oluşturulabilmekte hem ağırlık azaltılması sağlanırken hem de döşeme rijitliği arttırılabilmektedir. Bu tip döşeme sistemlerine boşluklu döşeme sistemleri denilmektedir. Bu sistemlerin oluşturulmasında geri dönüştürülebilir polipropilenden üretilmiş kübik kör kalıp sistemlerinin kullanılması son on yılda artmıştır. **Yeni Nautilus® Geoplast SpA** tarafında geliştirilen kör kalıpları konutlarda, ticari ve endüstriyel binalarda, çok katlı otoparklarda ve kamu binaları(okullar, üniversiteler, hastaneler vb) döşeme sistemlerinde boşluk oluşturarak yapının ağırlığının azaltılmasını sağlamaktadır.

Bu sistemin avantajları Tasarım, Uygulama ve Mimari ve Yapı Servisleri olarak üç başlıkta toplanabilir. Tasarım avantajları olarak, yapı ağırlığı azalması ve bu sebeple taşıyıcı sistemin rahatlaması, daha az yüklü kiriş-kolon-temel tasarımı yapılabilmesi, genel düşey yük taşıyıcı sistem maliyeti ekonomisi oluşturması, yapı deprem aktif kütlelerinin azalması sebebi ile yatay tesirlerin azalması ve yapı yatay yük taşıyıcı sisteminin rahatlaması, genel yatay yük taşıyıcı sistem maliyeti ekonomisi sağlaması söylenebilir. İskele ve kalıp sistemlerinin, basit, hızlı kurulup kaldırılabilir olması ve benzeri açıklıklarda kullanılan sistemlere göre (kaset, dişli döşeme vb.)demir işçiliğinin ciddi biçimde kolaylaşması ve azalması, süre tasarrufu sağlaması uygulama avantajlarındandır.

Bu çalışma, “İki Doğrultuda Çalışan Boşluklu Döşeme Sistemlerinde Kullanılan Kör Kalıp Sistemleri” nde kullanılmak üzere, Geoplast SpA tarafında geliştirilen YENİ NAUTILUS® kör kalıp sistemlerinin ülkemizde yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında (TS-500 BETONARME YAPILARIN TASARIM VE YAPIM KURALLARI) nasıl değerlendirileceğini anlatılmıştır. Bu değerlendirmenin yapılabilmesi için takip edilmesi gereken hesap adımları bir örnek teşkil etmek üzere örnek modeller hazırlanmıştır. Örnekler hazırlanırken ülkemizde inşaat tasarım pazarında sık kullanılan yazılımlar (İDE-STATİK, STA4-CAD, PROBİNA, SAP2000, SAFE ve ETABS) hedef olarak alınmış ve tüm alternatiflerde modellemenin, kirişsiz döşeme ile modelleme esas alınarak, ne şekilde yapılabileceği örnekler ile gösterilmiştir. Ana amaç bu yazılımlar yardımı ile tasarım yapan uygulamacı mühendislerin, kendi kullandıkları parametreleri ne şekilde değiştirerek, boşluklu döşeme plaklarını, kendi yazılımlarında tanımlayabileceklerine yol göstermektir.

Dişli döşeme veya kirişsiz plak olarak çözüm alternatiflerinin her biri için (hangisi seçildi ise) verilen ayrık tasarım minimum koşulları dikkatle takip edilmiştir. Bu minimum koşullar her iki durumda da plak kalınlığının detaylı sehim hesabı

yapılarak kabul edilebilir alt sınırı, minimum eğilme donatısı oranı ve kesme-kayma tesirleri de dikkate alınacak şekilde boyutlandırılmışlardır.

Bu çalışma kapsamında, taşıyıcı sistem tipi, hareketli yük, Geometri(X ve Y doğrultularındaki açıklık boyutları-m(metre)) ve döşeme sürekliliği(Çoklu ve Tek Açıklık) parametreleri kullanılarak toplam 720 adet sayısal analiz modeli oluşturulmuş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Oluşturulan 720 adet sayısal analiz modelinde dokuz farklı döşeme sistem tipi kullanılmıştır. Tüm tiplerde döşeme kaplaması için *ölü yük* olarak 0.200 t/m^2 yük kabul edilmiş olup; hareketli yükler 0.200 t/m^2 , 0.350 t/m^2 , 0.500 t/m^2 , 0.750 t/m^2 ve 1.000 t/m^2 alınmıştır.

Geometri tipleri seçiminde, uygulamada yaygın olarak kullanılan boyutlar ile yapılarda mimaride alternatif çözümler oluşturmaya yarayacak büyük açıklıklar kullanılmıştır.

6mx6m	14mx14m	8mx12m	12mx18m
8mx8m	16mx16m	8mx16m	12mx24m
10mx10m	6mx9m	10mx15m	14mx21m
12mx12m	6mx12m	10mx20m	16mx24m

Mevcut yönetmeliklerimize göre, birbiriyle entegre gelişmiş hesap, donatı detaylandırma ve pozlu metraj yapabilen bir sayısal analiz programı kullanılarak farklı döşeme sistemlerinin çeşitli parametreler için çözümler m^2 bazında maliyetleri, beton, kalıp ve donatı oranları ile karşılaştırılmıştır. Bu analizler yapılırken inşaat süresi bir parametre olarak alınmamış sadece malzeme metrajları üzerinden gidilerek karşılaştırma yapılmıştır.

Bu çalışmada yapılan tüm bu maliyet karşılaştırma grafikleri sonuçları, sahada iş programlarıyla birlikte inşaat hızı ve uygulama kolaylığı açısından proje bazında ayrıca değerlendirilmelidir. M2 maliyeti biraz daha fazla olan herhangi bir taşıyıcı sistemin süre açısından değerlendirilmesi durumunda daha ekonomik sonuçlar yaratabileceği unutulmamalıdır.

DESIGN ADJUSTMENT FACTORS AND THE ECONOMICAL APPLICATION OF CONCRETE FLAT-SLABS WITH INTERNAL CUBIC VOIDS(NAUTILUS®) IN TURKEY

SUMMARY

Long span flat slab systems with internal cubic void formers have been used in Europe for a decade now. Nautilus® is the brand name of a successful system, recently introduced in Turkey. It is a bi-axial reinforced concrete flat slab system, with a grid of internal cubic void formers. The main advantage is the possibility of long spans due to the significant reduction in own weight, as well as the fast construction sequence with the use of flat slab formwork systems. Design requirements of TS 500 are affected. Also stiffness and own weight are reduced due to the voids, Nautilus slabs had smaller absolute deflections than solid slabs with the same thickness. Nautilus research factors are safe to apply to TS 500. The economy of Nautilus slabs was tested against that of different type of slabs. Different span lengths and loads were considered. Based on 2013 material costs in Turkey, Nautilus slabs subject to the same loads and span lengths will be slightly more expensive than that of different type of slabs when considering only direct slab construction costs. Nautilus will be most appropriate where a flat soffit is required for high multi-storey buildings, requiring large spans with a light load application.

Various attempts have been made in the past to do reduce the weight of concrete slabs, without reducing the flexural strength of the slab. Reducing the own weight in this way would reduce deflections and make larger span lengths achievable. The economy of such a product will depend on the cost of the material that replaces the concrete with itself and air. Not all the internal concrete can be replaced though, since aggregate interlock of the concrete is important for shear resistance, concrete in the top region of the slab is necessary to form the compression block for flexural resistance, and concrete in the tension zone of the slab needs to bond with reinforcement to make the reinforcement effective for flexural resistance. Also the top and bottom faces of the slab need to be connected to work as a unit and to insure the transfer of stresses. The idea of removing ineffective concrete in slabs is old, and coffers, troughs and core barrels were and are still used to reduce the self weight of structures with long spans.

Disadvantages of these methods are:

- Coffers and troughs need to be placed accurately and this is time-consuming.
- Coffer and trough formwork are expensive.
- Extensive and specialised propping is required for coffers and troughs.
- Stripping of coffer and trough formwork is time-consuming.
- The slab soffits of coffers and troughs are not flat which could be a disadvantage when fixing services and installing the electrical lights.

- The coffer and trough systems are effective in regions of sagging bending but require the slab to be solid in regions of hogging bending.
- Coffered and trough slabs are very thick slabs, increasing the total building height, resulting in more vertical construction material like brickwork, services and finishes. This will increase cost.

Nautilus® was recently introduced to the Turkey market, after being used for a decade in the European market. This system consists of hollow plastic spheres cast into the concrete to create a grid of void formers inside the slab. The result is a flat slab soffit with the benefit of using flat slab formwork. With the reduction in concrete self weight, large spans can be achieved without the use of prestressed cables, providing the imposed loads are low.

The primary objective of this study is to establish the economical range of spans in which Nautilus flat slabs can be used for a certain load criteria, as well as addressing the safety of critical design criteria of Nautilus slabs in terms of TS 500. The economy of Nautilus slabs will also be investigated to establish graphs comparing Nautilus slabs and coffer slabs for different spans and load intensities. The aim of these graphs are to simplify the consulting engineer's choice when having to decide on the most economical slab system for a specific span length and load application.

The layouts consisted of the following span lengths, based on the highest minimum span and lowest maximum span generally used in practice for the types of slab systems considered:

6mx6m	14mx14m	8mx12m	12mx18m
8mx8m	16mx16m	8mx16m	12mx24m
10mx10m	6mx9m	10mx15m	14mx21m
12mx12m	6mx12m	10mx20m	16mx24m

The above span lengths were then all combined with 5 sets of load combinations, derived from suggestions made by TS 500: 1. Dead Load (DL) = 0.200 t/m² and LiveLoad1(LL1)=0.200 t/m², LiveLoad2(LL2)=0.350 t/m², LiveLoad3(LL3)=0.500 t/m², LiveLoad4(LL4)=0.750 t/m² and LiveLoad5(LL5)=1.000 t/m². The only way in which construction time is accounted for is via the cost of formwork. For large slab areas, repetition of formwork usage usually results in 5 day cycle periods for both flat-slab and coffer formwork. The assumption is based on the presence of an experienced contractor on site and no delays on the supply of the formwork. Although the above cycle lengths may differ from project to project, as well as delivery costs of materials, site labour, construction equipment like cranes, and the location of the site, average cost rates for construction materials were assumed, based on contractors' and quantity surveyors' experience. The outcome for all the different slab types and loading scenarios were then combined in easy to read graphs, which

contractors, engineers and quantity surveyors can use to determine the most economical slab option for a specific application.

Finite element (FE) models were generated with different software for different span lengths and load intensities. These FE models consisted of single span or multiple spans by five span layouts, and were generated for Nautilus and coffer slabs. For a specific layout, all spans were equal in length. Obtaining a fair comparison between these systems, loading of the slabs needed to be approached in a similar manner. Live loads and additional or super-imposed dead loads were applied to all slabs in the normal manner. No lateral, wind or earthquake loads were considered. The self-weight of the different systems was the main concern.

1. YENİ NAUTILUS® SİSTEMİ GENEL BİLGİLERİ

İki doğrultuda çalışan boşluklu döşemeler için geliştirilen **Yeni Nautilus®** kör kalıp sistemi, hafif bir polimer olan geri dönüşümlü polipropilen (PP*) malzemesi ile üretilmiştir. Taşıyıcı sistemin gerekli olabilecek farklı tasarım boyutlarına ve döşemenin geometrik özelliklerine göre değişik ölçülerde teşkil edilmiştir. 52x52 cm taban ebatlarına sahip olan bu kör kalıplar tek olarak kullanılmak istendiğinde proje ihtiyacına göre 10cm-28cm arasında değişen yüksekliklerde üretilmektedir, Şekil 1.1. Daha büyük boşluklar yaratmak istenildiğinde tek kalıplar çift konfigürasyona dönüştürülebilmektedir, Şekil 1.2. Hem tek hem de çift konfigürasyonlu kullanmalarda alt plağın kalınlığını belirleyen entegre ayaklar 0-100 mm'ye kadar değişen yüksekliklerde üretilebilmektedir.

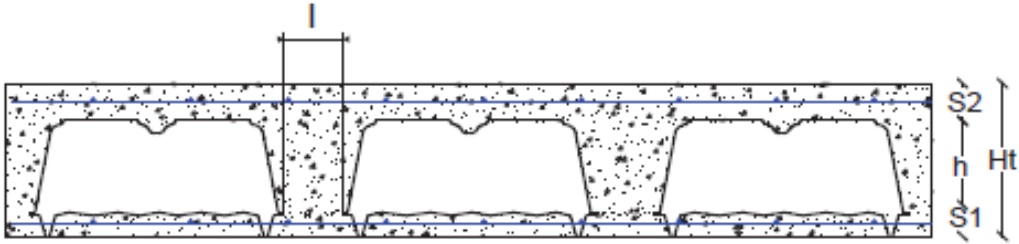


Şekil 1.1 : Tek parça **Yeni Nautilus®**'un aksonometrik görünümü

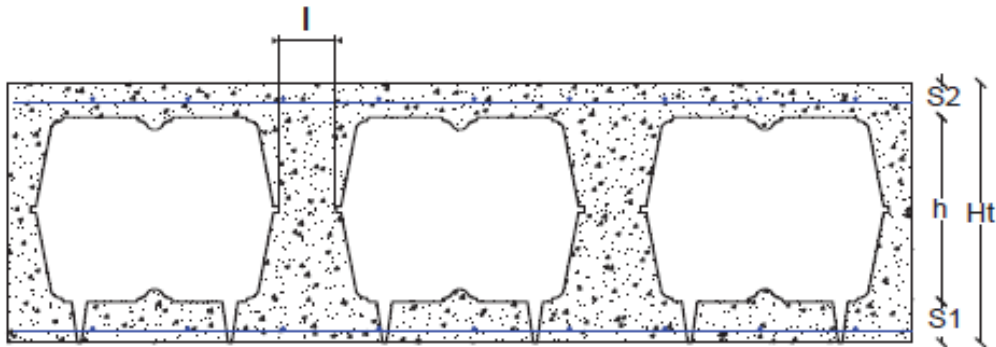


Şekil 1.2 : Çift parça **Yeni Nautilus®**'un aksonometrik görünümü

Yeni Nautilus® kör kalıpları, iki plak arasında dikey kırışlardan oluşan düzenli bir ızgara içinde tek bir sefer beton dökümü ile boşluklar oluşturularak sisteme dâhil edilir, Şekil 1.3-1.4. Bu kör kalıp sistemleri yüksekliklerine göre adlandırılmaktadırlar. Tek kalıp sistemleri H13-H16-H20-H24-H28ve çift kalıp sistemleri H32-H36-H40-H44- H48-H52 ve H56 dir.



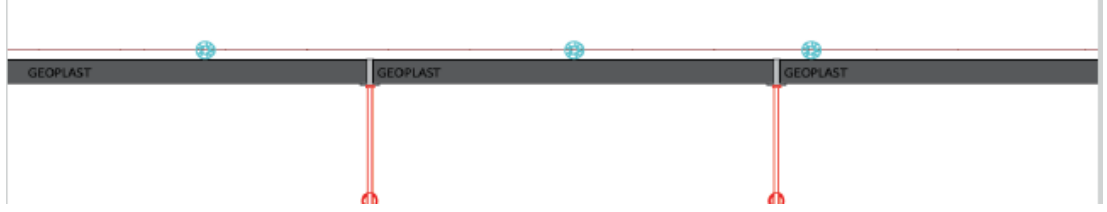
Şekil 1.3 : Tek parça **Yeni Nautilus®** ile oluşturulan döşeme enkesiti



Şekil 1.4 : Çift parça **Yeni Nautilus®** ile oluşturulan döşeme enkesiti

1.1 Kör Kalıp Sisteminin Kurulumu

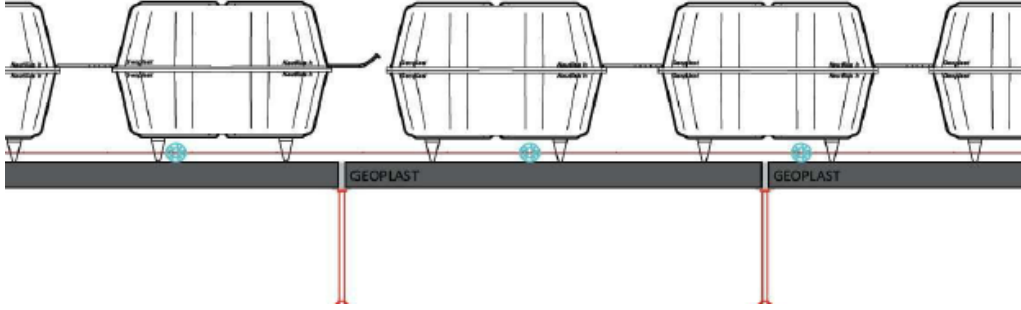
- i. Normal inşaat aşamasında döşeme kalıbı hazırlanır ve pas payı bırakılmış hasır çelik serilir (alt donatının iki yönde de dağıtılması), Şekil 1.5.



Şekil 1.5 : Döşeme kalıbının hazırlanması ve hasır çelik serilmesi

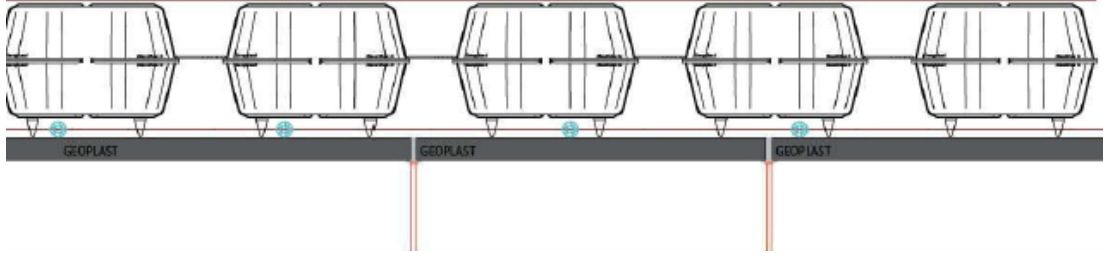
- ii. Kör kalıplar, basit bir şekilde döşeme kalıbı yüzeyine yerleştirilir. **Yeni Nautilus®** kör kalıpları evrensel geometrisi nedeni ile herhangi bir döşeme yönü gerektirmediğinden montaj basit ve hızlı yapılmaktadır, Şekil 1.6.. Doğru kalıp hizası ve beton örtüsü, kör kalıplara entegre haldeki konik ayaklarla sağlanırken kalıplar arasındaki doğru boşluk, ayarlanabilen kılavuzlarla sağlanır. Kalıpların alt kenarındaki hızlı bağlantı özelliği, 24 cm'den daha uzun kör kalıpların (h32, h36, h40, h44, h48; h52, h56) montajını oldukça kolay ve güvenilir bir hale getirir. Parçaların bağlanması için yan konnektörler, hasır çelik pas payları, ayarlanabilir kılavuzlar ve entegre konik ayaklarla birlikte, düz boyutu 52 x 52 cm olan, kesik piramit şeklindeki, geri dönüşümlü plastikten yapılmış **YENİ NAUTILUS®** kör kalıpları döşendiğinde, ürün tek parça betonarme döşeme içinde boşluklar oluşturur. Parçalar, hazırlanmış bir iskele kalıp yüzeyine döşenir ve kalıba

entegre 12, 14, 16, 18, 20 cm uzunluklarda ayarlanabilir kılavuzlarla birbirine bağlanır. Kalıp yükseklikleri, 0, 5, 6, 7, 8, 9, 10 cm yüksekliğindeki ayaklarla birlikte 16, 20, 24, 32, 36, 40, 44, 48, 52 ve 56 cm'dir.



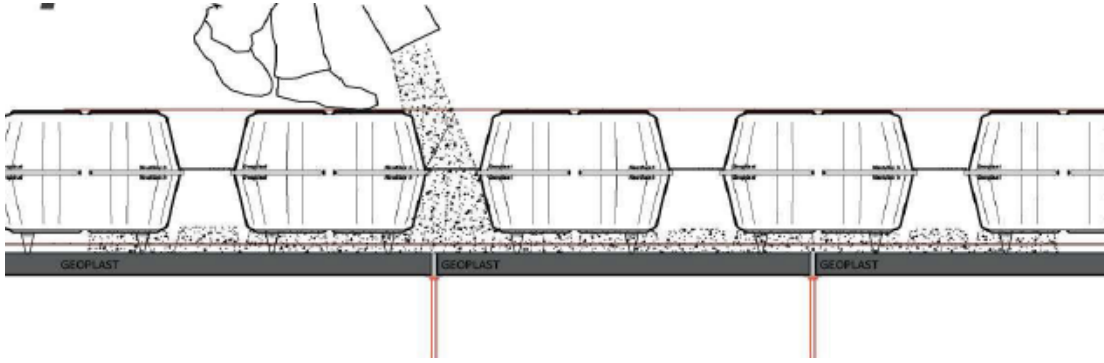
Şekil 1.6 : Yeni Nautilus® kör kalıplarının yerleştirilmesi.

- iii. K r kalıp sistemi kurulumu tamamlandıktan sonra kesme ve eğilme donatısı da dahil olmak üzere tüm gerekli donatı yerleşimi tamamlanır, Şekil 1.7.



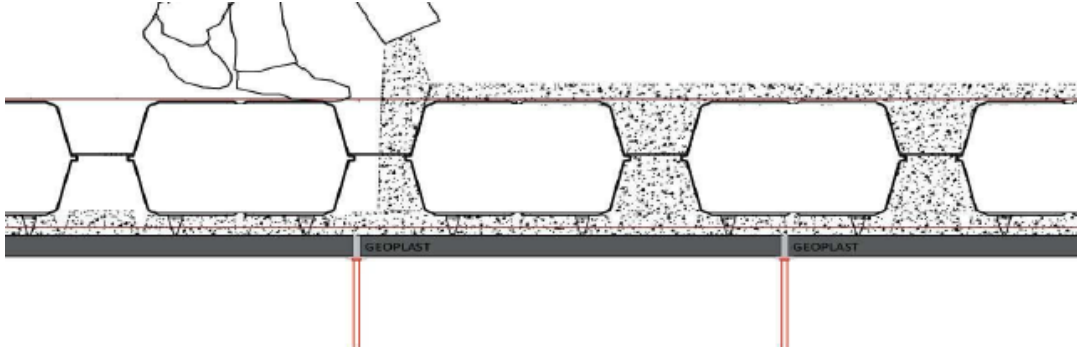
Şekil 1.7 : Üst hasır donatısı yerleşimi ve beton dökümü için hazır hale getirilmesi

- iv. Yeni Nautilus® alt kenarlarını kapatacak şekilde alt plakadan beton dökümüne başlanır. Bu beton katmanı, konik ayakları ve kalıpların dış kenarını örtmelidir, Şekil 1.8.



Şekil 1.8 : Birinci aşama beton dökümü.

- v. Geri kalan boşluk beton ile doldurularak plağın dökülmesi tamamlanır. Birinci döküm aşaması tamamlanıp beton kısmen dayanım kazandıktan sonra, projeye uygun şekilde hem nervürleri hem de üst plak betonu dökülerek işlem tamamlanır, Şekil 1.9.



Şekil 1.9 : Betonu dökülmüş Yeni Nautilus® kör kalıpları ile oluşturulmuş döşeme

1.2 Yeni Nautilus® Kör Kalıplarının Avantajları

Yapı ağırlığının büyük kısmı döşeme plaklarının ağırlıklarından oluşmaktadır. Yapı ağırlığının artması hem düşey yükler açısından daha büyük kirişlerin, kolonların ve temellerin gerek duyulmasına hem de deprem gibi yatay yüklerin yapı üzerinde oluşturdukları tesirlerin büyümesine sebep olmaktadır.

Betonarme döşemelerde, plak taşıma gücü ve sehim-titreşim gibi servis koşullarının sağlanmasında plak kalınlığı en etkin parametredir. Kalınlığın arttırılmasına paralel ortaya çıkan yük artışı tesiri ise, döşeme içinde çeşitli metotlar ile boşluklar oluşturularak bu ağırlığın azaltılması yolu ile giderilebilir.

Uygulamada döşeme plaklarının içerisinde boşluklar oluşturularak hafifletilmesi yolu ile daha kalın plaklar oluşturulabilmekte hem ağırlık azaltılması sağlanırken hem de döşeme rijitliği arttırılabilmektedir. Bu tip döşeme sistemlerine boşluklu döşeme sistemleri denilmektedir.

Yeni Nautilus® kör kalıpları yerinde döküm yapılarak oluşturulan betonarme döşemeleri *hafifletmek* için tasarlanmış geri dönüştürülebilir polipropilenden üretilmiş bir sistemdir. **Yeni Nautilus®** kör kalıpları konutlarda, ticari ve endüstriyel binalarda, çok katlı otoparklarda ve kamu binaları(okullar, üniversiteler, hastaneler vb) döşeme sistemlerinde boşluk oluşturarak yapının ağırlığının azaltılmasını sağlamaktadır.

Bu sistemin avantajları *Tasarım, Uygulama ve Mimari ve Yapı Servisleri* olarak üç başlıkta toplanabilir.

1.2.1 Tasarım Avantajları

- Yapı ağırlığı azalması ve bu sebeple taşıyıcı sistemin rahatlaması, daha az yüklü kiriş-kolon-temel tasarımı yapılabilmesi, genel düşey yük taşıyıcı sistem maliyeti ekonomisi
- Düşük zemin emniyet gerilemesi olan bölgelerde daha büyük alanlı yapılar imal edilebilmesi ve zemin iyileştirilmesi maliyetinin azalması
- Yapı deprem aktif kütlelerinin azalması sebebi ile yatay tesirlerin azalması ve yapı yatay yük taşıyıcı sisteminin rahatlaması, genel yatay yük taşıyıcı sistem maliyeti ekonomisi
- Faydalı yük/Ölü yük oranının artması ve bu sebeple daha verimli taşıyıcı sistem elde edilmesi
- Aynı ağırlık karşılığında daha rijit plaklar dolayısı ile daha az sehim ve titreşim problemleri

- Büyük açıklıklı kiriş ve plaklarda, uzun ve narin konsollarda, ön-gerilemeli veya ard-gerilemeli kiriş ve plaklarda, düşey yük gerilmeleri ile zorlanan narin kolonlarda, azalan ölü yük sebebiyle betonun zamana bağlı şekil değiştirmelerinde (sünme) azalma
- Azalan toplam kat taşıyıcı sistem kalınlığı sebebiyle yapı yüksekliği azalması, aynı yüksekliğe daha fazla satılabilir-kiralanabilir alan

1.2.2 Uygulama Avantajları

- İskele ve kalıp sistemlerinin, basit, hızlı kurulup kaldırılabilir hale gelmesi
- Benzeri açıklıklarda kullanılan sistemlere göre (kaset, dişli döşeme vb.) demir işçiliğinin ciddi biçimde kolaylaşması ve azalması, süre tasarrufu
- Sade tasarım sebebiyle montajda uygulama kolaylığı ve hız elde edilebilmesi
- Az işçi ile büyük alanlarda uygulama yapılabilmesi, demir işçiliğinde kolay kalite kontrolü
- Daha az yapı malzemesi kullanımı

1.2.3 Mimari ve Yapı Servisleri Avantajları

- Sade bitiş ve düzgün alt-üst yüzey sebebiyle düşük yapı bitiş maliyeti
- Daha az kat yüksekliği ve daha verimli toplam yükseklik ve inşaat alanı kullanımı
- Azalan toplam yapı yüksekliği sebebiyle azalan cephe maliyeti
- Tesisat sistemleri için daha az karmaşık çözümlerin oluşmasını sağlayan düz tavan
- Rezervasyonların planlanmasını kolaylaştıran modüler sistem
- Bina ısıtma-soğutmasında daha verimli enerji kullanımı
- Geri dönüşümlü malzeme kullanımı ve yapı malzemesi tasarrufu (beton-demir) sağladığı, daha az karbon izi bıraktığı için çevre bilincine katkı sağlayan bina

1.3 Teknik Raporun Amacı

ABS Yapı Elemanları firması için, “İki Doğrultuda Çalışan Boşluklu Döşeme Sistemlerinde Kullanılan Kör Kalıp Sistemleri” nde kullanılmak üzere, Geoplast SpA tarafından geliştirilen YENİ NAUTİLUS® kör kalıp sistemlerinin ülkemizde yürürlükte olan deprem yönetmeliğine göre nasıl modellenmesi gerektiği ile ilgili bir teknik rapor oluşturmak.

2. DEPREM YÖNETMELİKLERİNE BAKIŞ

Yapı tasarımı amaçlı yönetmeliklerin gelişimi boyunca kat döşemesinin davranışının önemi vurgulanmış ancak tasarımı üzerinde detaylı yönlendirme yapılmamıştır. Kat döşeme sistemi ya tamamen esnek ya da tamamen rijit kabul edilmiştir. Bunun ana nedeni, analiz ve tasarımda kullanılan sayısal analiz programlarının yaptıkları işlemlerin sayısını azaltmak ve analiz süresini kısa tutabilmek, problemlerin daha kolay analiz edilebilir boyutta kalmalarını sağlamak olmuştur.

Gerçekte döşemelerin davranışı yarı-rijit olarak tanımlanabilir ve günümüz sayısal analiz programları bu davranışın analizi için oldukça ilerleme göstermişlerdir. Önemli olan yönetmeliklerin tanımları dâhilinde, yapıdan beklenen davranışın gerçeğe en yakın biçimde sayısal analiz verisi haline dönüştürülmesidir.

Boşluklu döşeme sistemlerinin aynı diğer tüm döşeme sistemleri gibi, kirişli veya kirişsiz sistemler olarak analiz ve tasarımının yapılabilmesi için özellikle deprem bölgelerinde kat döşemelerinin sağlaması gerekli olan tüm koşulları sağlamaları gereklidir.

Aşağıda ülkemizde geçerli olan deprem yönetmeliği esas alınarak döşeme davranışı ve analiz ve detaylandırılması konusundaki yaklaşımı verilmiştir.

2.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(DBYBHY-2007)

- Madde-2.3.2.2 “A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır”
- Madde-2.7.2.4.c “Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir..”

- Madde-2.7.3.1 ” Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yer değiştirme bileşenleri olarak göz önüne alınacaktır. Her katta 2.7.2’ye göre belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır.”
- Madde-2.7.3.2 “Tablo 2.1’de tanımlanan A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekil değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yer değiştirme bileşeni hesapta göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılacaktır.”
- Madde-2.7.3.3 “Binanın herhangi bir i’inci katında Tablo 2.1’de tanımlanan A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, 2.7.3.1 ve/veya 2.7.3.2’ye göre bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(2.10)’da verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.”
- Madde-2.8.2.1 “Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5’i ve -%5’i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır.”
- Madde-2.8.2.2 “Tablo 2.1’de A2 başlığı altında tanımlanan döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil

değiştirmelerinin göz önüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkileyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacaktır. Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri 2.7'ye göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi göz önüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak 2.8.4'e göre birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir. “

- Madde-3.11.1 “Döşemeler, katlardaki kütlelere etkileyen deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle dağıtılmasını sağlayacak rijitlik ve dayanıma sahip olacaklardır.0“
- Madde-3.11.2 “Bütün deprem bölgelerinde, dolgulu ya da dolgusuz yerinde dökme veya prefabrike dişli döşemeli sistemlerde plak kalınlığı 50 mm'den az olmayacaktır. Ancak, düşey yüklerden oluşan kesme kuvvetleri ile birlikte plak düzlemindeki deprem kuvvetlerinin güvenle aktarılmasını sağlamak üzere, dişlerle plak arasında kesme kuvveti bağlantılarının yapılması ve bu bağlantıların yeterli olduğunun hesapla gösterilmesi zorunludur. Diğer döşeme plaklarının kalınlıkları için TS-500'de verilen koşullar geçerlidir. “
- Madde-3.11.3 “Bütün döşeme sistemlerinin kesme dayanımlarına ilişkin olarak, 3.6.7'de süneklik düzeyi yüksek perdelerin kesme dayanımları için verilen koşullara, 3.6.7.1 hariç olmak üzere, aynen uyulacaktır.”

3. BİR ÖRNEK YAIPININ YENİ NAUTILUS DÖŞEME SİSTEMİ KULLANILARAK BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE ÇÖZÜMÜ

3.1 Tasarım Adımları

3.1.1 Düşey yük analizi ve boyutlandırılması

Tasarımda ilk adım döşemelerin düşey yükler için ön analizlerinin yapılması, boyutların tespiti ve tasarımlarının yapılarak içlerinde yer alacak donatıların tespitidir.

- Döşeme sisteminin kenar ve orta açıklıklar için açıklıkları tespit edilir.
- TS500 koşullarını sağlayacak biçimde seçilen döşeme tanımına bağlı (iki yönde dişli veya kirişsiz) minimum plak kalınlıkları hesaplanır.
- Öncelikle döşeme sisteminin plak kalınlığı ve içindeki boşlukları ile tanımlı, ölü yükü tespit edilir, bu işlem yapılırken döşemelerin içinde bırakılan boşlukların gerçeğe en yakın biçimde tahmin edilmesi ve bir katalog yardımı ile bırakılacak boşluğun projeye de yansıtılması istenir. Bu boşluk sisteminin değişmesi tasarımı tamamen değiştireceğinden seçilecek tipin baştan tespiti önemlidir.
- Plak üzerine gelecek kaplama ve benzeri tabakaların yük analizi yapılır.
- Plak altına asılması muhtemel asma tavan-tesisat vb. sabit diğer yüklerin analizi yapılır.
- Kullanım amacına bağlı olarak kullanım hareketli yükleri tespit edilir.
- Hangi analiz metodu seçilirse seçilsin döşeme plak sisteminin bırakılan boşluk sebebi ile oluşan değiştirilmiş davranışın, efektif tasarım parametreleri kullanılarak tarif edilmesi gereklidir. Buna göre boşluklu döşeme sisteminin bir modül için efektif normal kuvvet ve kesme kuvveti alanı ve efektif atalet momenti hesaplanır, birim boy dönüşümü yapılır ve analize esas hesap büyüklükleri bu şekilde tespit edilir. Tespit edilen düzeltme katsayıları rijitlikleri ve kütleleri hesap programları içinde uygun biçimde ve parametrelerin azaltılması için kullanılır. Döşeme birim kütlesi ve ağırlığı

boşluklu döşemeyi yansıtabak biçimde mutlaka azaltılmalıdır. Doğruya en yakın düşey deformasyonların elde edilebilmesi için döşeme düzlem dışı rijitliği ($E \cdot I$) uygun şekilde (elastisite modülünün veya düzlem dışı eğilme atalet momentinin azaltılması ile düzenlenmelidir.

- Seçilen analiz yöntemi kullanılarak plak iç kuvvetleri ve düşey şekil değiştirmeleri hesaplanır ve bu değerlerin yönetmelik sınırları içinde değerlendirilmesi ve detaylandırılması yapılır.
- Dişli döşeme analizi yapılıyor ise takip edilecek adımlar yukarıda TS500 ile ilgili özet bölüm 2.1 de verilmiştir. Gerek minimum diş eğilme donatıları gerekse minimum diş kesme donatıları dikkatle kontrol edilmeli eğer minimum sınırlarının üzerinde durumlar var ise yeterli donatı yerleştirildiği doğrulanmalıdır.
- Özellikle kirişsiz plak tipi analiz yapılacaksa, plak kesme davranışı incelenmeli, yüksek gerilme alan bölgelerde, beton kesme dayanımının aşıldığı bölgeler tespit edilerek gerekli kesme donatısının kullanımı öngörölmelidir. Her ne koşul ile olursa olsun döşeme plaklarının özellikle zımbalama davranışının ve plak içi kayma kuvvetlerinin kontrolü yapılmalı ve zımbalama bölgelerinde ve kayma gerilmelerinin belirli sınırları aştığı alanlara döşeme içinde boşluk bırakılmadan dolu döşeme sistemine geri dönölmesi sağlanmalıdır ve gerekli ilave kesme donatısının yerleştirildiği kesinlikle doğrulanmalıdır.

3.1.2 Yatay (Deprem) yük analizi ve boyutlandırılması

Döşemelerin deprem yükleri etkisindeki davranışının incelenebilmesi için öncelikle, deprem sırasındaki davranışın anlaşılmasını sağlayacak bir analiz modeli oluşturulmalıdır. Bu modelden elde edilen veriler düşey yük verileri ile birleştirilerek döşemelerin tasarımında mevcut zayıflıklar varsa tespit edilir ve düzeltilir.

- Bunun için döşeme elemanları önceki adımda yapılan düşey yük analizi ve detaylandırması sonucu elde edilen boyutlar ve donatılar dikkate alınarak 3 boyutlu analiz modeli içinde tanımlanırlar.

- Sayısal analiz yazılımının döşemenin yarı rijit olarak analiz edilmesine izin vermesi gereklidir. Bu amaçla uygun analiz yazılımı seçilerek döşemenin analizde rijitlikleri ile modellenmesi ve sistem davranışında etkilerinin incelenmesi uygun olacaktır.
- Deprem sırasında oluşacak davranışın döşemelerin lineer olmayan şekilde davranmasına sebep olacağı ve dolayısı ile gerek düzlem içi gerekse düzlem dışı rijitliklerinin azalmasını dikkate almak gereklidir. Konu ile ilgili olarak deprem yönetmeliğimizde bir yol gösterilmemiştir. Uluslar arası yönetmeliklerin yaklaşımı döşeme eğilme rijitliklerinin, çatlama durumu %5-%25 aralığına azaltılmasıdır. (ACI-318-11 Bölüm 10.10.4.1)
- Analizlerde lineer elastik sistem çözümü yapılması durumunda, sistem lineer ötesi davranışı dikkate alınarak, çeşitli katsayılar ile elastik deprem iç kuvvetleri azaltılmaktadır. Seçilen sistem için uygun azaltma katsayısı seçilerek analiz yapılmalı ve sistem iç kuvvetleri belirlenmelidir. Döşeme rijitliği de dikkate alınarak yapılan bu analizden sonra, yarı rijit döşeme davranışı tesirleri elaman iç kuvvetlerine yansıtılmış olur. Tüm yapı elemanları, elde edilen bu yeni iç kuvvetler ile yönetmelik gereği uygun biçimde kontrol edilmelidir.
- Döşemenin kendi tasarımı da düşey yükler ile birlikte deprem etkilerini içerir hale geleceği için benzer kontrollerin döşemeler için de yapılması doğru olacaktır. Kapasite tasarımı ilkeleri gereği sistem göçme mekanizmalarının düktil olması istendiği için özellikle kesme göçmesi, zımbalama ve benzeri göçme mekanizmalarının engellenmesi için, sistem iç kuvvetleri çeşitli büyütme katsayıları ile arttırılmaktadır. Deprem yönetmeliğimiz bu konuda doğrudan bir yönlendirme yapmamakla birlikte perdeler benzer şekilde bu büyütme katsayısı üst sınırı düktil olmayan göçme modları için yapılan kontrollerde (3,50) olarak tanımlanabilir.
- Döşeme düzlem dışı olduğu kadar düzlem içi kuvvetleri de incelenmeli, döşeme içinde özellikle perdeler yük akış mekanizmalarının dikkatle kontrolü yapılmalı, büyük kat rijitliği değişimi olan katlarda döşemenin yükü uygun biçimde dağıtabildiği benzer şekilde doğrulanmalıdır. Gereken yerlerde toplayıcı ve yoğun biçimde donatılmış elemanlar yardımı ile döşemelerde bölgesel olarak zorlanma yaratan yüklerin, daha az zorlanan alanlara doğru dağıtılması planlanabilir.

- Genel olarak uygun bir duktıl davranışın sağlanması adına, döşeme içinde düzlem içi kayma gerilmelerinin $1,50 \cdot f_{ctd}$ değerini geçmesi olabildiğince engellenmelidir. (TS-EN-1998-1 Bölüm 4.4.2.5)

4. ÖRNEK BİR YAPININ DEPREM SONRASI YATAY YÜK TASARIM ADIMLARI

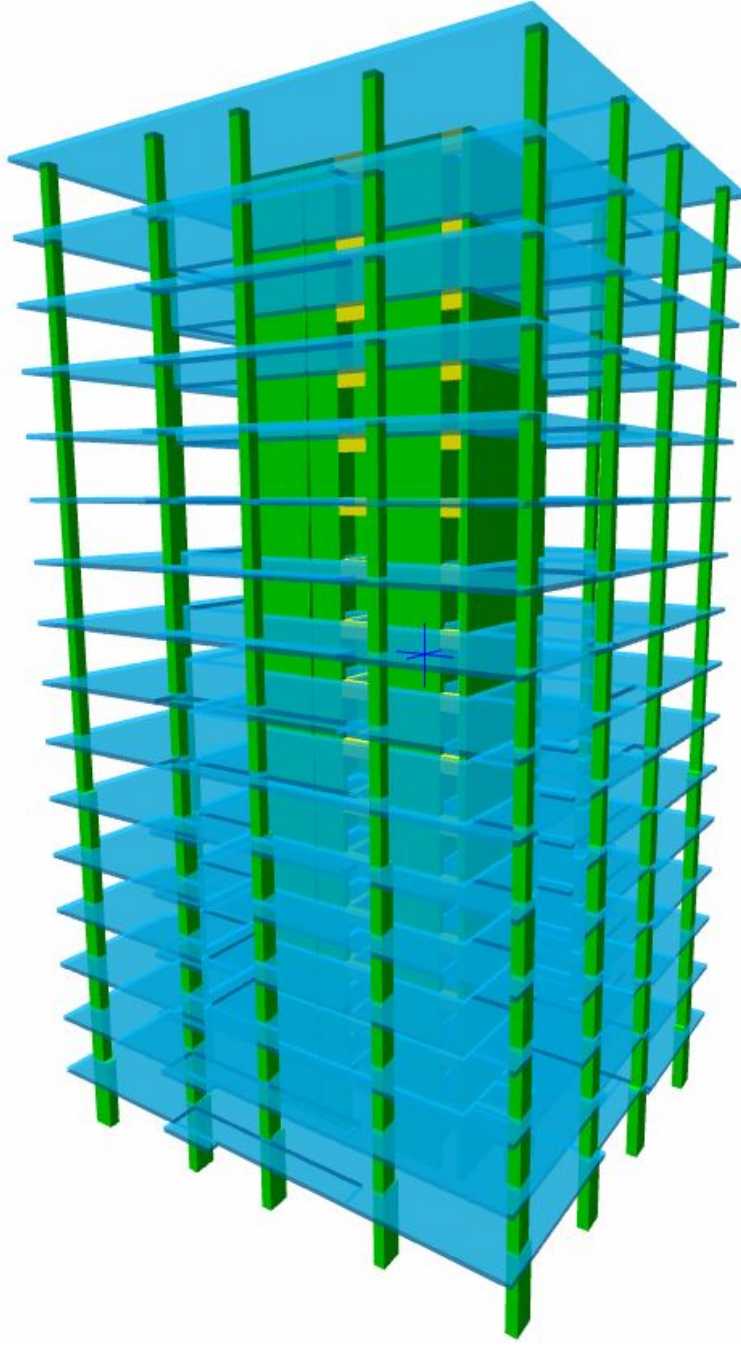
Takip edilmesi gereken hesap adımları bir örnek teşkil etmek üzere aşağıda verilmiştir.

4.1 Geometrinin Tespiti

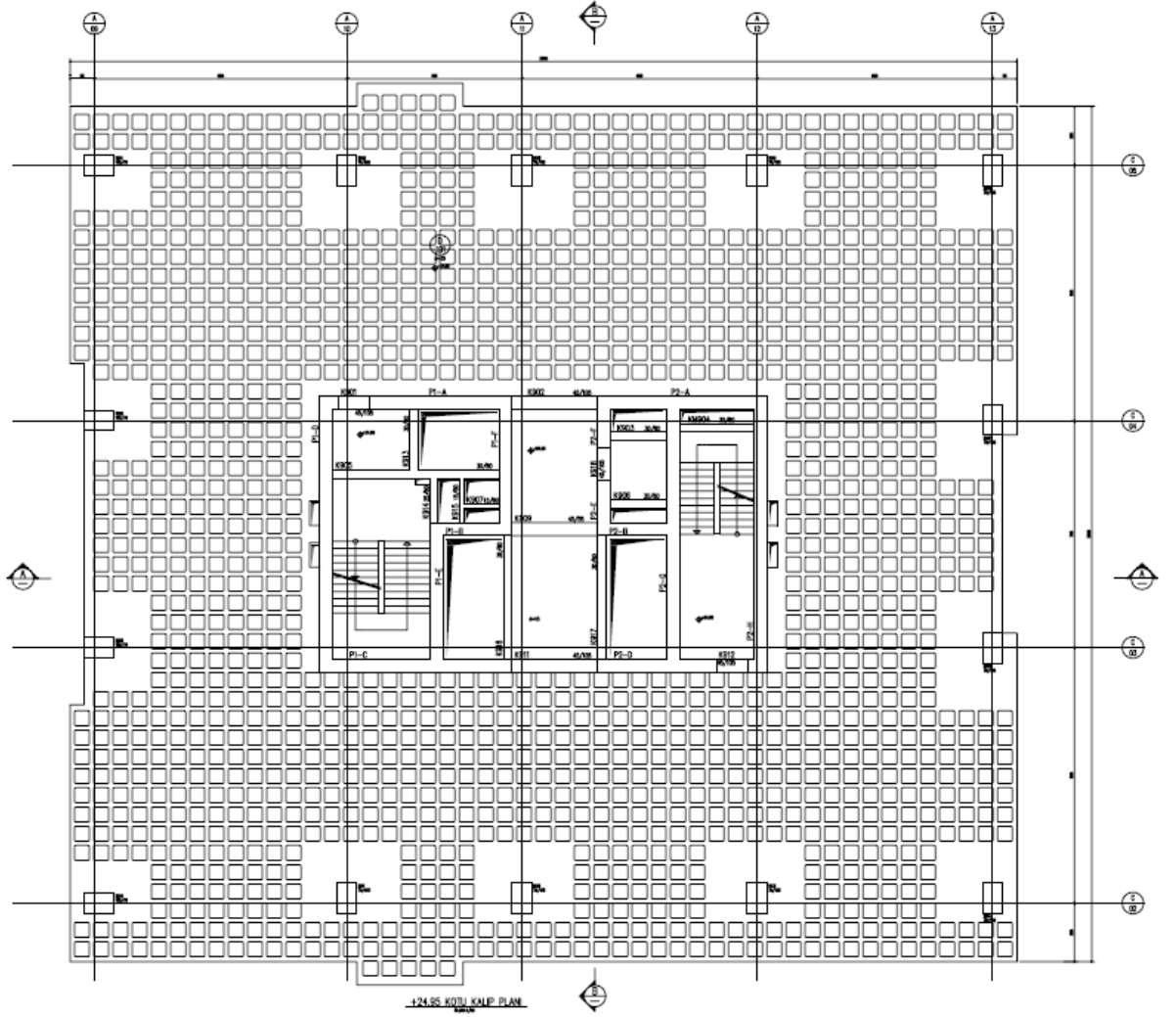
Örnek olarak analizi yapılacak yapı 16katlı ve 3,70m kat yüksekliğine sahip ve yaklaşık 1000m² kat alınan sahip bir ofis binasıdır.

Kirişli döşeme yerine kirişsiz plak döşeme seçimi yapılarak yükseklik sebebi ile 2 kat ilave kat alanı kazanılmıştır.

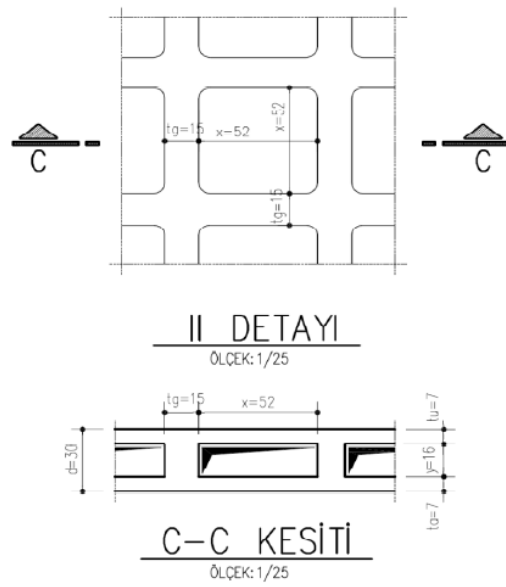
Kirişsiz plağın boşluklu hale getirilmesi yapı toplam ağırlığında yaklaşık %15 bir azalma sağlamış, bu sebeple hem yatay yükler hem de kazık maliyetinde buna paralel bir ilave maliyet tasarrufu ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.1 : Bina 3D modeli



Şekil 4.2 : Tipik kat planı



Şekil 4.3 : Seçilen boşluklu döşeme geometrisi

4.2 Yüklerin Tespiti

Yapı tipik kat planı için öngörülen yk Őeması ıkartılmıŐtır. Koridorlarda kaplama ofis alanlarında ise yükseltilmiŐ döşeme olarak l yük tanımlanmıŐtır. Tüm katta yaklaşık 50kg/m² asma tavan ve tesisat sistemi olacağı varsayılmıŐtır. Buna göre yapının bir ofis yapısı olması sebebi ile koridorlarında 500kg/m² ofis alanlarında 200kg/m² yük öngörülmüŐtür. Kat içinde ofislerin hafif ayırıcı duvarlar ile bölüneceği düŐünülerek ilaveten 150kg/m² bir yayılı duvar yükü alınmıştır. Cephe sistemi 120kg/m² olarak ngrlmŐ ve cephe boyunca çizgisel yüke çevrilerek tasarımda dikkate alınmıştır.

4.3 Düşey Yük Tasarım Parametrelerinin Tespiti

Yapının tasarımının yapılması için döşeme düzlem içi ve düzlem dışı rijitliğini sistem sayısal analiz modeli içinde etkileşimli olarak kullanabilen uygun bir yazılım seçilmiŐtir.

Öncelikle kirişsiz döşeme n boyutu TS500 koşulları düŐünülerek kat içindeki maksimum açıklıklar dikkate alınarak seçilmiŐ ve yaklaşık 900cm açıklık düŐünülerek 30cm olarak tespit edilmiştir. Seçilen plak kalınlığı için katalog tiplerinden 16cm yüksekliğinde olan bir tipik kalıp elemanı belirlenerek 7cmlik alt ve 7cmlik üst plak arasında kalacak biçimde yerleştirilmesi tasarlanmıŐtır. Seçilen tipik döşeme boŐluĐu ve iliŐkili olarak hesaplanan tasarım parametreleri aşağıdaki Şekilde verilmiştir.

Boşluksuz Sistem		Boşluklu Sistem		
		x=	52 cm	
		y=	16 cm	
		t _g =	15 cm	
		t _a =	7 cm	
		t _u =	7 cm	
b=	67 cm	b=	67 cm	
d=	30 cm	d=	30 cm	d*= 28,77 cm
v=	134670 cm ³	v=	91406 cm ³	
l=	150750 cm ⁴	l=	133000,7 cm ⁴	
A=	2010 cm ²	A=	1178 cm ²	
I ₁ /m=	225000 cm ⁴	I ₁ /m=	198508 cm ⁴	k _{l1} /m= 0,8823
A ₁ /m=	3000 cm ²	A ₁ /m=	1758 cm ²	kA ₁ /m= 0,5861
v ₁ /m=	30 cm	v ₁ /m=	20,36222 cm	kv ₁ /m= 0,6787

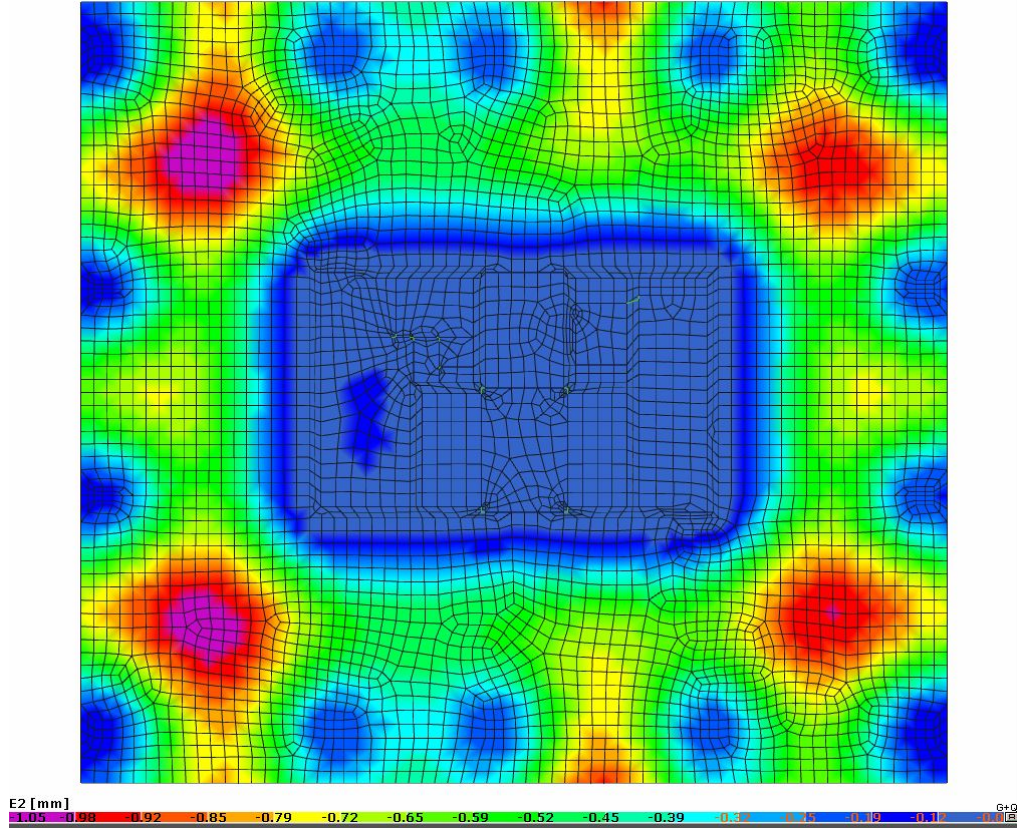
x: kör kalıp modülü genişliği
 y: kör kalıp modülü yüksekliği
 t_g: dış gövde kalınlığı
 t_a: alt tabla derinliği
 t_u: üst tabla derinliği
 b: modül genişliği
 d: modül yüksekliği
 d*: atalet momentini açısından eşdeğer boşluksuz döşeme yüksekliği
 v: modül tam dolu beton hacmi
 l: modül atalet momenti
 I₁/m: birim boyda atalet momenti
 k_{l1}/m: birim boyda atalet momenti için düzeltme katsayısı
 A: modül beton kesit alanı
 A₁/m: birim boyda beton kesit alanı
 kA₁/m: birim boyda efektif beton kesit alanı için düzeltme katsayısı
 v₁/m: birim boyda beton hacmi
 kv₁/m: birim boyda hacim için düzeltme katsayısı

Şekil 4.4 : Seçilen boşluklu döşeme parametreleri

Analiz parametreleri uygun biçimde revize edilir. Döşeme düzlem içi ve dışı rijitliğinin boşlukları da dikkate alacak biçimde revize edilmesi sonrası, sistemin döşeme plakları ile birlikte göstereceği düşey yük davranışı tespit edilir.

4.4 Seçilen Döşemenin Düşey Yük Davranışı Konrollerinin Yapılması

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde birinci adım, sistem düşey rijitliğinin kontrolüdür. Bu amaçla döşemenin uzun dönem düşey yer değiştirmeleri ilgili TS500 sınırları ile karşılaştırması yapılır. Aşağıda örnek olarak verilen sistemin uzun süreli G+Q düşey yer değiştirmeleri grafik olarak gösterilmiştir.

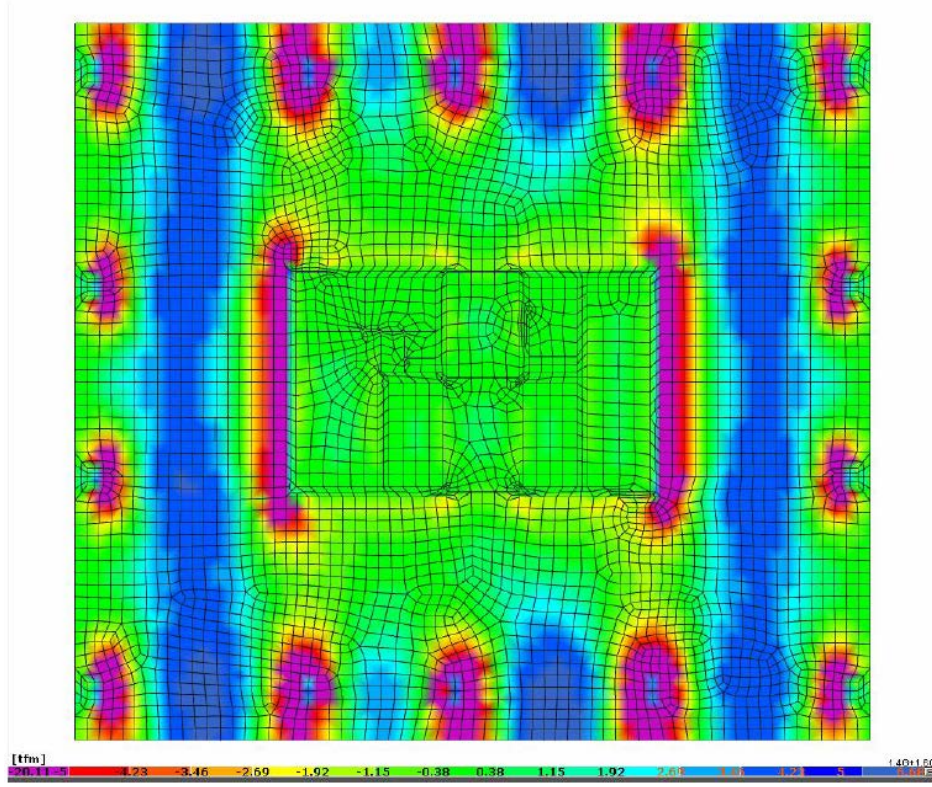


Şekil 4.5 : Döşeme uzun süreli yer değiştirme kontrolü

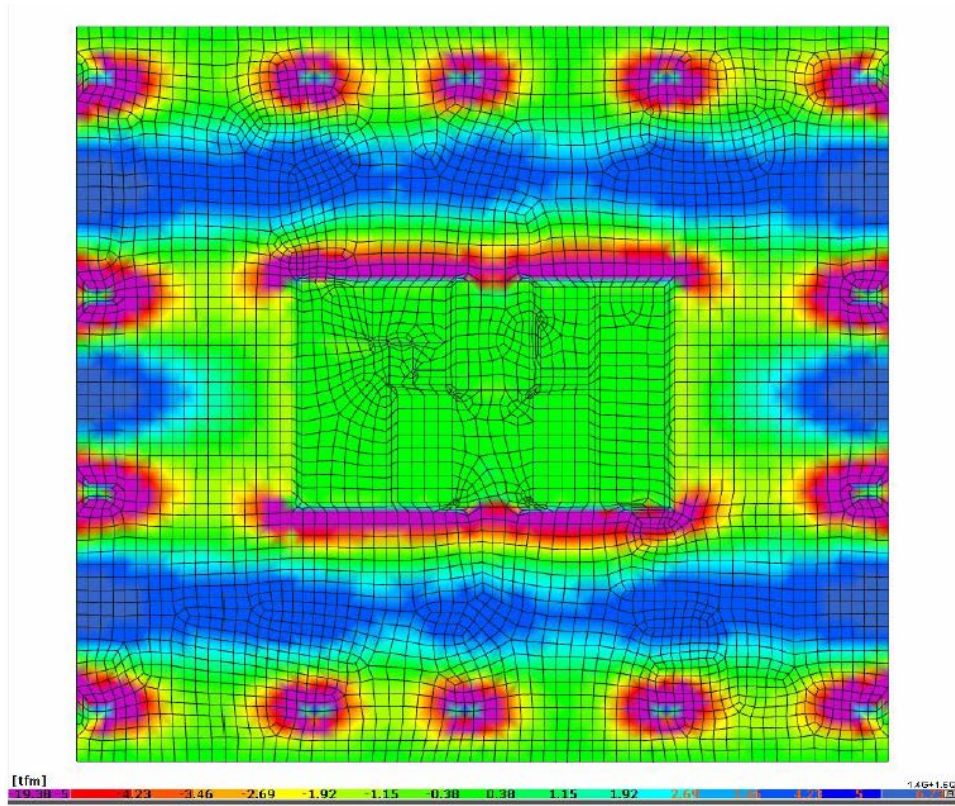
İkinci adımda asal eksenlerde oluşan düşey yük moment ve kesme kuvveti dağılımı kontrol edilir.

Oluşan moment değerleri kullanılarak gerekli donatı alanları hesaplanır. Donatı alanları karşılığı döşemede olabildiğince eşit yayılı (uygulama kolaylığı bakımından) alt ve üst demir (pilye kullanımı tavsiye edilmez) seçimi yapılarak yerine konacak biçimde detaylandırılır.

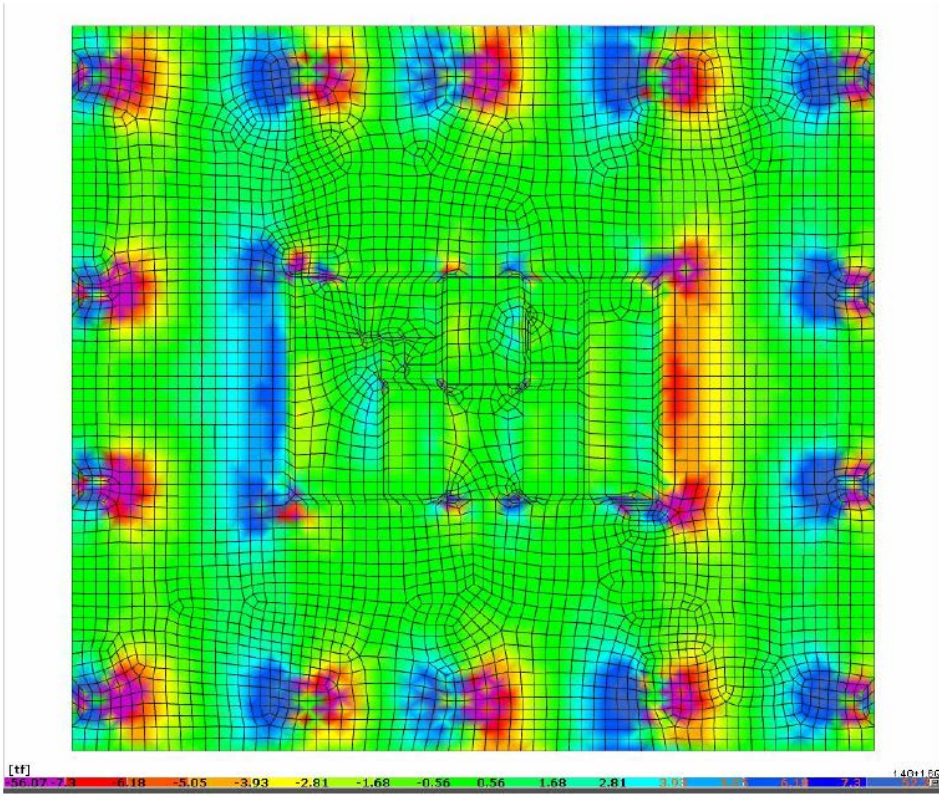
Kesme kuvveti dağılımı ise betonun tek başına TS500 de tanımlı eğik çatlama dayanımı sınırı ile karşılaştırılır. Bu dayanım sınırının aşılmadığı durumlarda ilave bir tedbir gerekli değildir. Dayanım aşılarda gerekli kesme donatısı hesaplanarak döşeme içinde gerekli bölgelere ve uygun aralıklar ile yerleştirilmelidir.



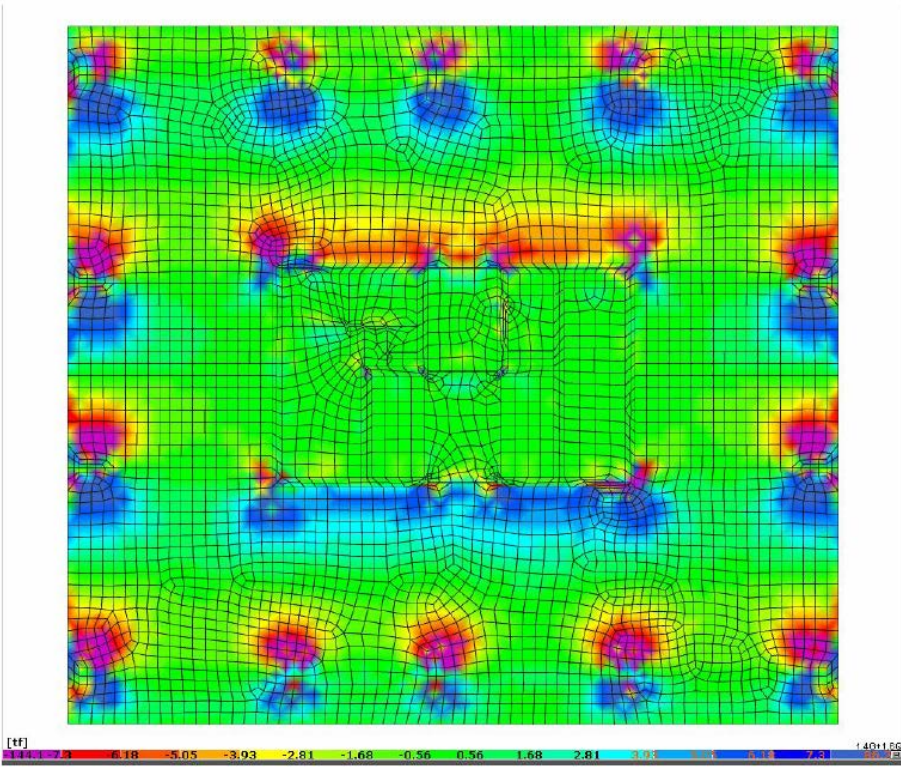
Şekil 4.6 : Döşeme M11 moment dağılımı



Şekil 4.7 : Döşeme M22 moment dağılımı



Şekil 4.8 : Döşeme V13 kesme kuvveti dağılımı

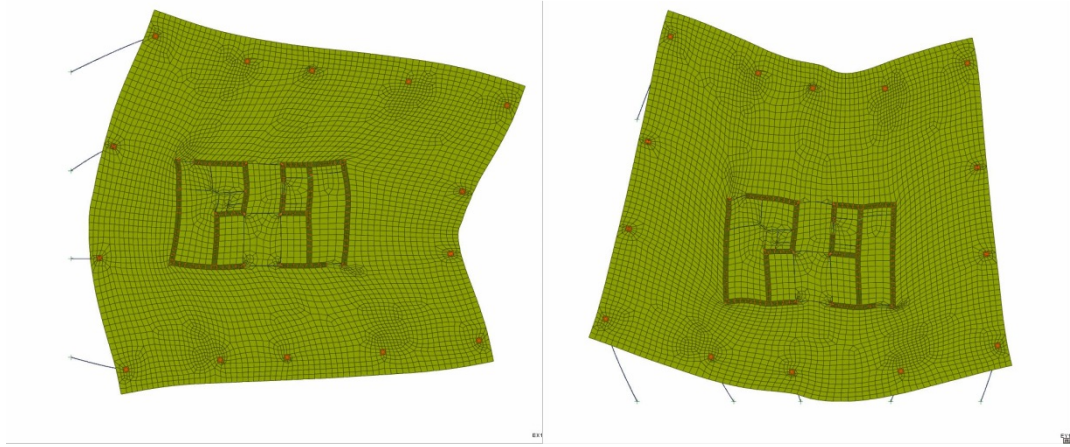


Şekil 4.9 : Döşeme V23 kesme kuvveti dağılımı

4.5 Seçilen Döşemenin Yatay Yük Davranışı Kontrollerinin Yapılması

Önceki adımlarda tasarımı yapılan döşeme için elde edilen geometri, malzeme ve donatı dikkate alınarak yeni bir analiz modeli oluşturulur. Bu modelde döşemelerin düşey yükler ile birlikte etki edecek olan yatay yükler etkisindeki kontrolleri yapılacaktır.

İç kuvvetlerin dağılımının irdelenebilmesi için rijit diyafram kabulü terk edilerek döşemenin yarı rijit bir plak olarak tanımlanması gerekir. Döşeme düzlem içi ve dışı rijitlikleri doğru biçimde değiştirilerek, deprem sırasında ortaya çıkacak çatlama ve plastik şekil değiştirmelerin etkisi analiz modeline yansıtılır.



Şekil 4.10 : Farklı iki ana doğrultuda döşemenin sistem etkileşimli yatay deformasyonu

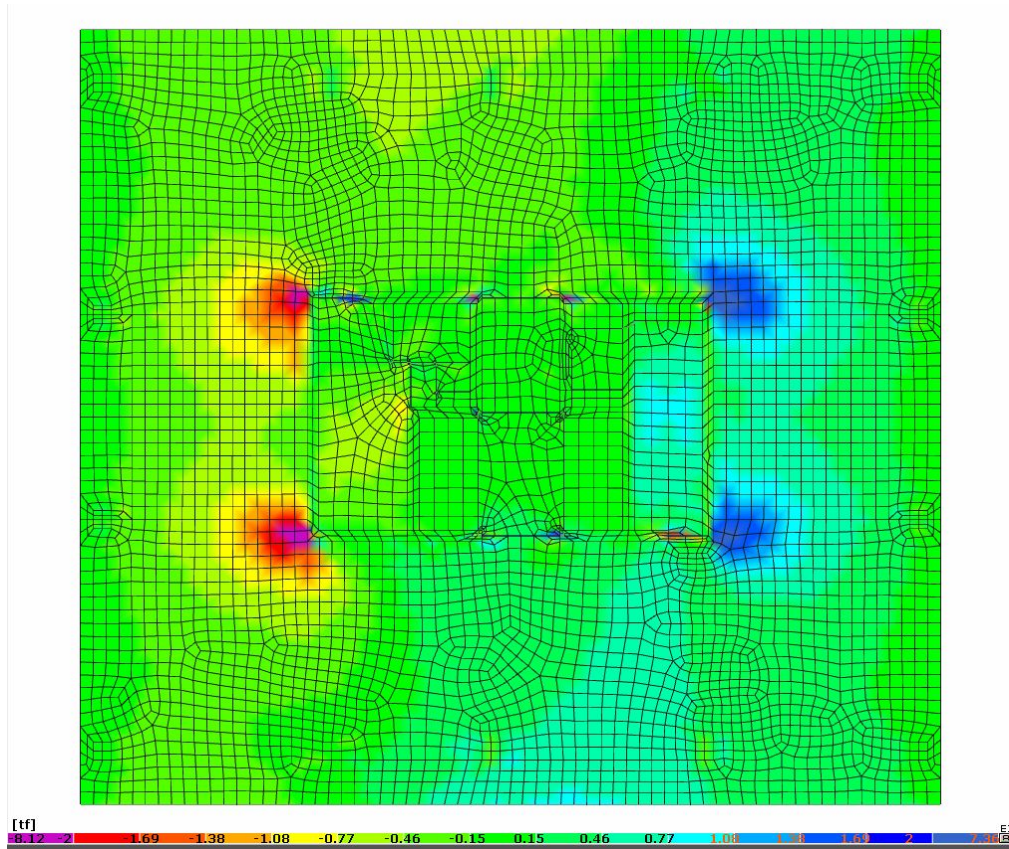
Sistem lineer elastik analizi yapıldıktan sonra elde edilen sistem iç kuvvetleri kullanılarak eleman tasarımları ve kontrolleri tamamlanır.

Döşeme için yapılan kontrollere gelindiğinde inceleme iki ana alt başlıkta devam edilmelidir.

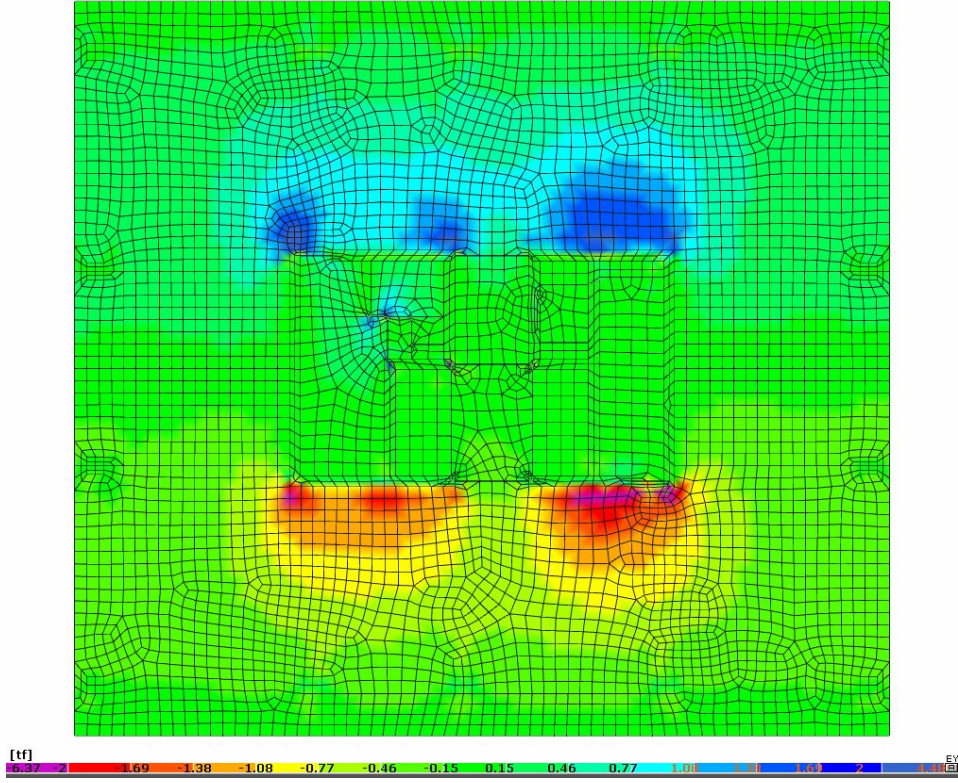
Bunların birincisi “düktil” yani enerji sönümü yüksek göçme modunu temsil eden eğilme kontrolleridir,. Bu amaçla öncelikle kullanılan elastik deprem azaltım katsayısı “R” esas alınarak bulunan iç kuvvetler kullanılarak ve düzlem içi normal kuvvetleri de bu eğilmeler ile birlikte değerlendirilerek bir boyuna donatı dağılımı

tespiti yapılır. Bu şekilde elde edilen donatı alanı dağılımının önceki aşamada seçilen ve sadece düşey yük tesirleri ile seçilen donatı ile kontrolü yapılır. Gerek görülen bölgelerde ilave donatılar eklenerek oluşan tesirlerin güvenle karşılanması sağlanır.

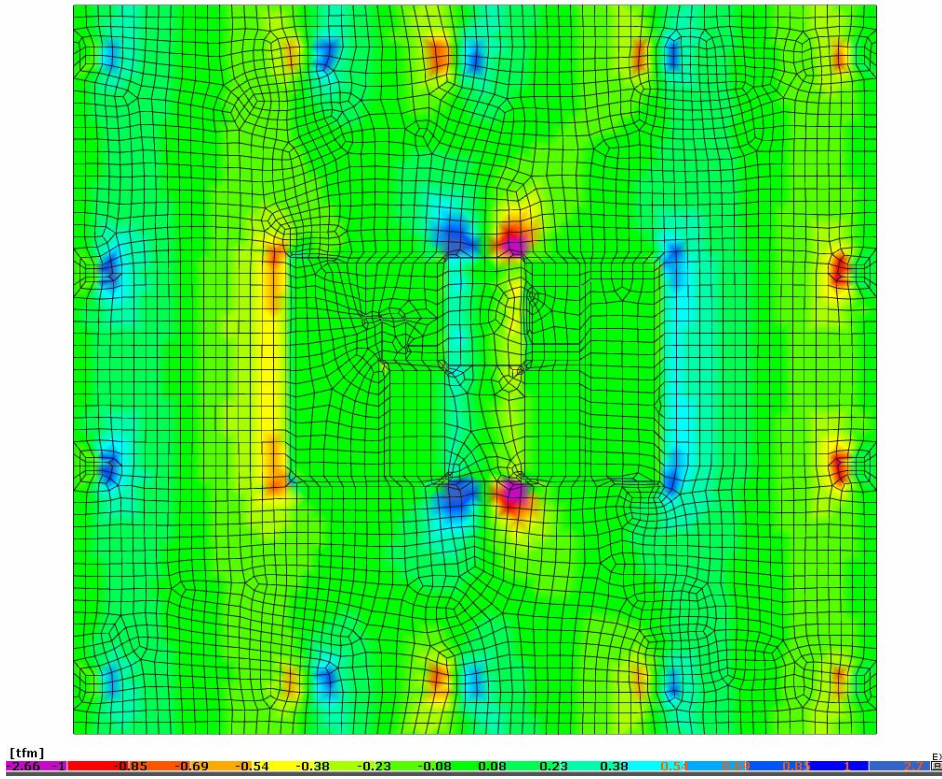
İkinci ana alt başlık ise düktil olmayan göçme modlarını temsil eden, kesme ve zımbalama benzeri kontrollerdir. Bu kontrollerden önce elastik deprem azltım katsayısının en büyük $R=2$ ile sınırlandırılması ile elde edilecek iç kuvvetlere ulaşılması için uygun büyütme katsayısı tespit edilir ve ilgili döşeme iç kuvvetleri gerekli biçimde arttırılır. Sadece düşey yüklerin etkisi ile elde edilen donatılar bu revize iç kuvvetleri karşılamak üzere kontrol edilirler. Gerek görülen yerlerde kesme ve zımbalama etkilerine karşı güvenliği sağlayacak ilave donatılar ya da sargılama bölgeleri oluşturulur.



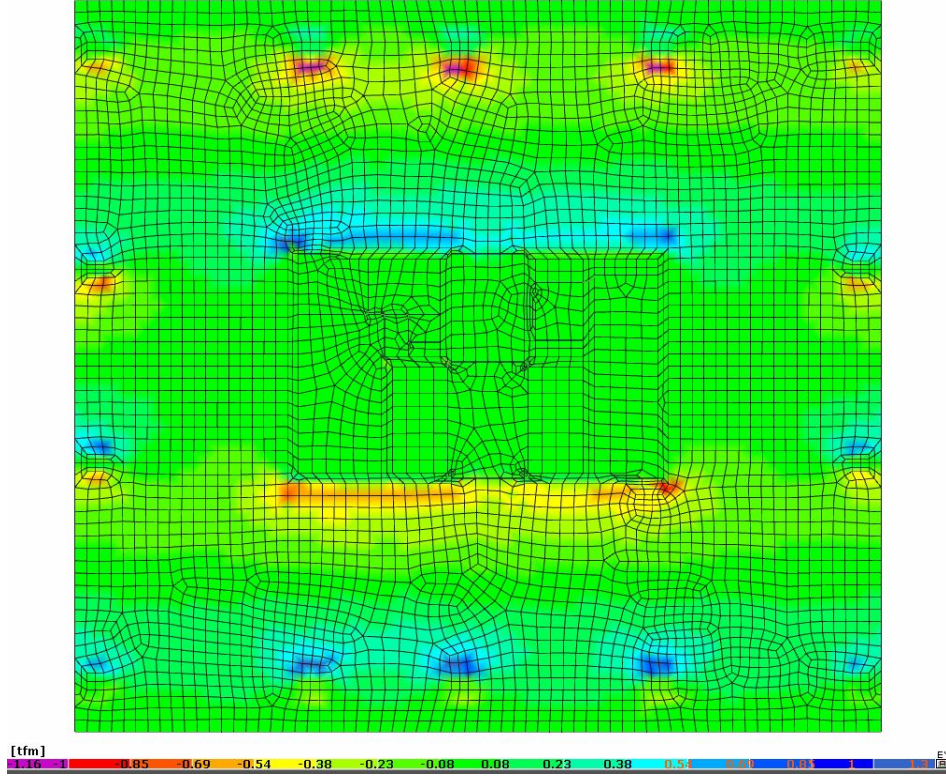
Şekil 4.11 : Döşeme Ex yüklemesi F11 normal kuvvet dağılımı



Şekil 4.12 : Döşeme Ey yüklemesi F22 normal kuvvet dağılımı



Şekil 4.13 : Döşeme Ex yüklemesi M11 moment dağılımı



Şekil 4.14 : Döşeme Ey yüklemesi M22 moment dağılımı

Döşeme içinde oluşan kayma kuvvetleri dağılımı ile ilgili olarak EN-1998-1 de verilen limitler kontrol edilerek perde ve kolon tepelerinde aşırı yüklü bölgeler olup olmadığı mutlaka kontrol edilmelidir.

Özellikle boşluklu bölgelerde yoğunlaşan iç kuvvetler için gerek görülürse kolon başlık bölgeleri ve/veya perde başlıklarında boşluklar doldurularak döşeme kapasitesi artırılır. Boşlukların doldurulması işlemi gerekli ise mutlaka analizler yeni ve dolu/boşluklu döşeme bölgelerinin mekanik özelliklerini bir arada ifade eden revize sayısal analizler ile desteklenmeli, aynı adımlar takip edilerek yeniden dağılım kontrol edilmelidir.

Yukarıdaki örnekte özellikle perdelerin çevresinde depremde oluşan ilave çekme ve basınç kuvvetlerinin yoğunlaştığı ve bu bölgelerde özel önlem gerekebileceği izlenebilmektedir.

Ayrıca özellikle kolon çevrelerinde ve perdelerin bağ kirişler ve karşılıklı tersinir yüklerin aktarıldığı bölgelerde ciddi kayma gerilmeleri olduğu dolayısı ile kirişsiz



döşeme sistemlerinin kesme donatıları ile güçlendirilmesi gerektiği görülebilmektedir.

Bu kesme donatıları kapalı etriyeler biçiminde yerleştirildiğinde aynı zamanda eğilme davranışının iyileştirilmesi de mümkündür.

ÖNEMLİ HATIRLATMA: Yapılan bu çalışmanın amacı, kullanılan hesap adımlarının genel olarak anlaşılmasını kolaylaştıracak bir örnek oluşturmaktır. Verilen hesap adımları verilen şekilde takip edilmesi sadece kolaylık sağlayacaktır ancak bu rapor içinde tarifi yapılan ana başlıklar yapılacak işlemlerin tümünü ifade etmek zorunda değildir. Kullanılan yazılımın özelliklerine ve tasarımı yapan mühendisin tecrübe ve yeteneklerine bağlı olarak, işin gereklilikleri de değişeceğinden, yapılacak gerçek analiz ve detaylandırmalarda mutlaka ilgili yönetmeliklerin tüm koşullarının sağlandığı garanti edilecek biçimde denetlenmelidir.

KAYNAKLAR

- ACI-318** (2011) Building Code Requirements for Structural Concrete, *American Concrete Institute*, USA.
- CEB-FIP** (1990) Committee for Concrete/Federation for Prestressing Model Coe for Concrete Structures, *Comite Euro-International Du Beton*, Switzerland.
- Celep, Z.** (2011) Betonarme Yapılar. İstanbul
- Çılı, F., Keskinel, F., Aka, İ. Çelik, O.C.** (2000) Betonarme, İstanbul.
- EN-1992** (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, *European Standarts*, Brussels.
- Ersoy, U.**, (2007) Betonarme. İstanbul.
- Ersoy, U.**, (2007) Betonarme Cilt: 2Döşeme ve Temeller. İstanbul.
- ETABS**, Integrated Analysis, Design, and Drafing of Building Systems, *Computers and Structures Inc.(CSI)*.
- Evrem, T.** (2007) Betonarme-ABYYHY Uygulamaları STA4 CAD ile Karşılaştırmalı Çözümler. İstanbul.
- IDECAD STATİK 7**, Genel Amaçlı Analiz, Tasarım ve Çizim Programı. *İDE YAPI*, İstanbul.
- GUIDE TO LONG-SPAN CONCRETE FLOORS** (2003), *Cement and Concrete Association of Australia*, Sydney, Australa.
- PROBİNA ORION**, Bina Tasarım Sistemi (betonarme bina sistemlerinin analizini ve tasarımı), PROTA, Ankara.
- SAFE**, Integrated Design of Flat Slabs, Foundation Mats and Spread Footings, *Computers and Structures Inc.(CSI)*.
- SAP 2000**, Integrated Software for Structural Analysis and Design, *Computers and Structures Inc.(CSI)*.
- STA4 CAD**, Çok Katlı Betonarme Yapıların Statik, Deprem, Rüzgr Ve Betonarme Analiz Programı, STA Bilgisayar Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti. İstanbul.
- Topçu, A.** (2014) Betonarme 1-Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi.
http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme1.htm. 22.04.2014
- Topçu, A.** (2014) Betonarme 2-Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi.
http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Betonarme2.htm 22.04.2014
- TS-500** (1985). Betonarme YapılarınTasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

