

BETONARME YAPILARDA SÜNME VE BÜZÜLME ETKİLERİNİN HESABI

İnş.Yük.Müh. Bülent DEVECİ

Betonda sünme ve rötrenin ilk farkedilişin üzerinden 100 yıl geçmesine rağmen, bu fiziksel olayların tam olarak açıklanabilmesinden henüz çok uzaktayız. Malzeme mühendisliğı biliminde bir çok araştırmacının bu konu üzerinde yoğunlaşmış olmasına rağmen, betondaki sünme ve rötrenin tahminine dair teoriler sadece kabaca sonuç vermektedir.

Söz konusu fiziksel büyüklükleri tahmin etmenin zorluğı, betonun malzeme olarak kendisidir. Zira, vizkoelastik bir malzeme olan beton, gerek çevre şartlarından, gerekse de kendisini oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerinden fazlasıyla etkilenmektedir.

Konuyla ilgili çalışması olan akademisyenler :

- *Glanville, Dischinger, Troxell et al.*
- *(1958), Pickett, McHenry, L'Hermite et al. (1965),*
- *Arutyunian, Aleksandrovskii (1959), Powers,*
- *Hansen and Mattock (1966), Rüşch, Neville et al.,*
- *(1983), Trost, Dilger, Wittman, Hilsdorf, Muller,*
- *Huet, Carol, Bazant*

Rötre ve sünmeye ait doğru matematiksel bağıntıların kurulabilmesi için fiziksel mekanizmanın anlaşılması gerekmektedir.

- Kuruma rötresinin genel kabul görmüş izahı ; kapiler çekme (capillary tension), katı yüzey çekmesi (solid surface tension) ve çimento jelinin içindeki absorbe suyun çekilmesi şeklindedir.

Sünme ise, bir çok mekanizmayla açıklanmaya çalışılmıştır. Bunlar :

- 1. plastik akım (Plastic flow).
- 2. Konsolidasyon teorisi (Consolidation theory).
- 3. Yük taşıyan absorbe edilmiş su (Load-bearing hindered adsorbed water)
- 4. İçsel kırılma ve kayma mekanizması (Bond breakage in slip and its reformation)
- 5. Non liner deformasyon ve çatlama (Nonlinear deformations and cracking)

RÖTRE VE SÜNMENİN ÖNEM ARZ ETTİĞİ YAPI SINIFLARI

(Bazant tarafından listelenmiştir)

1. Sınıf Yapılar

Açıklıkları 20m'nin, yükseklikleri ise 30m'nin altında olan betonarme karkas yapılar, bunlara ait temeller ve istinat duvarları

2. Sınıf Yapılar :

20m açıklığa kadar olan öngermeli giriş ve döşemeler, 100m yüksekliğe kadar olan betonarme binalar

3. Sınıf Yapılar

80m açıklığa kadar olan kutu kesitli girişler, askılı ve kemer köprüler, tanklar, silolar

4. Sınıf Yapılar :

Büyük açıklıklı askılı ve kemer köprüler, kademeli inşa tekniği ile inşa edilen büyük açıklıklı köprüler, betonarme kemer barajlar, soğutma kuleleri, büyük açıklıklı kabuk yapılar, aşırı yüksek yapılar.

5. Sınıf Yapılar :

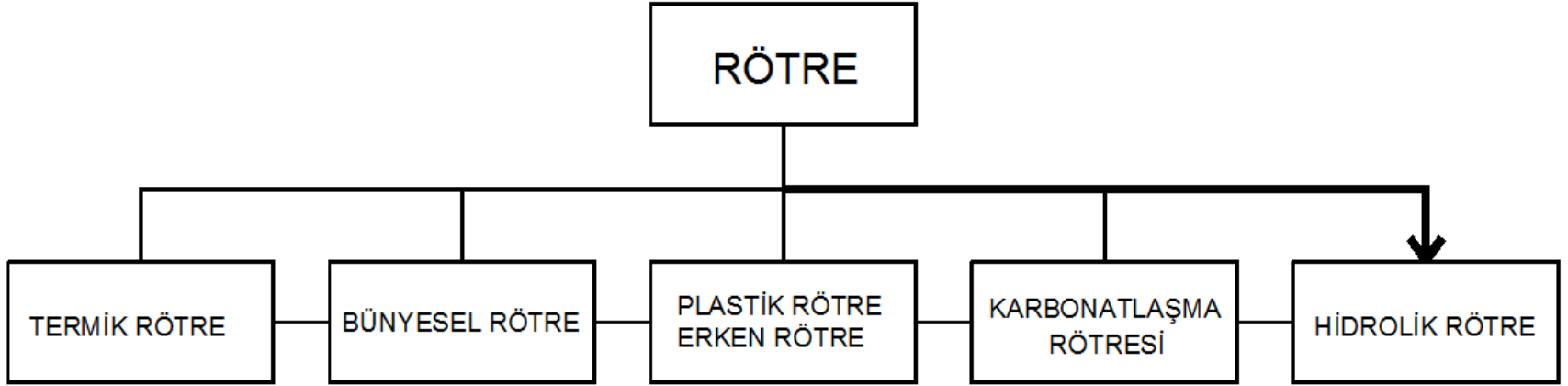
Kendi alanlarında rekor açıklıklara sahip olan kutu kesitli, askılı ve kemer köprüler, nükleer atık depoları, büyük deniz yapıları (platformlar), büyük açıklıklı narin kabuk yapıları.

CEB ve ACI-209'da verilen model 1. ve 2. sınıf yapılar için yeterlidir.

ACI 209 bölüm-2'de verilen ve betonun yaşını hesaba dahil eden yöntem (age- adjusted effective modulus), 3. ve 4. sınıf yapılarda göz önünde bulundurulmalıdır.

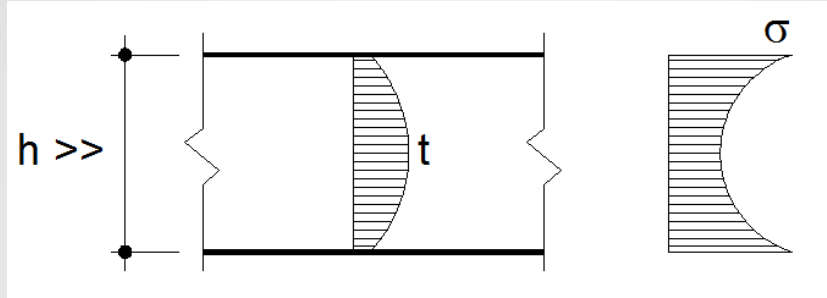
5. Sınıf yapılar ise, deneysel verilerle elde edilen birim şekil değıştirmeler kullanılarak irdelenmeli, ayrıca betonun ısı geçirimliliği de hesaplara dahil edilmelidir.

BÜZÜLME - RÖTRE



■ Termik Rötire

Hidratasyon ısısının neden olduğu rötredir. Prizi sona eren ve sertleşmeye başlayan betonda, hidratasyon ısısının tüm kütleyi ısıtmaya yetecek oranda artamaması sonucu kütle soğur ve termik rötire oluşur. Çatlaklar geniş ve derin olur ve zamanla artar.



Termik Rötreyi Artıran Nedenler :

- Hidratasyon ısısı yüksek çimento kullanmak (özgül yüzeyi yüksek çimento)
- Hızlı beton dökümü
- Kalınlığı fazla kütle dökümü
- Baraj türü yapılarda hayati önemde olup, buz katkısı, borulama vs ile ISI KONTROLÜ sağlanarak termik rötire etkisi azaltılır.



■ Bünyesel Rötne – Otojen Rötne

Otojen rötne, hidrasyon reaksiyonları sırasında betonun içsel su tüketimi ile oluşur. Hidrasyon reaksiyonları sonucunda oluşan ürünlerin hacmi, hidrate olmamış ürünlerin hacminden daha fazladır. Bunun sonucunda çekme gerilmeleri ve rötne oluşur. Otojen rötrenin hesaplanması için henüz bir standart bulunmamaktadır. Ancak baraj yapıları gibi çatlamaya hassas yapılarda dikkate alınmaktadır.

■ Plastik Rötne

Taze betonun içerisindeki suyun bir miktarı, betonun yerleştirilmiş olduğu kalıplar veya zemin tarafından emilerek kaybolabilmektedir. Ama, asıl su kaybı, betondaki suyun buharlaşmasıyla gerçekleşmektedir. Taze betondaki terleme nedeniyle beton yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlara çıkan suyun hızla buharlaşması sonucunda, beton yüzeyi kuruyarak büzülme göstermektedir. Genellikle taze betonun yerine yerleştirilmesinden sonraki 2-4 saat içerisinde meydana gelir. Betondaki plastiklik henüz tamamen kaybolmamış durumdayken betonun yüzeyinde yer alan bu büzülmeye plastik büzülme denilmektedir.

özellikle geniş buharlaşma alanlarına sahip yüzeylere ortaya çıkar. Plastik rötreyi azaltmak için :

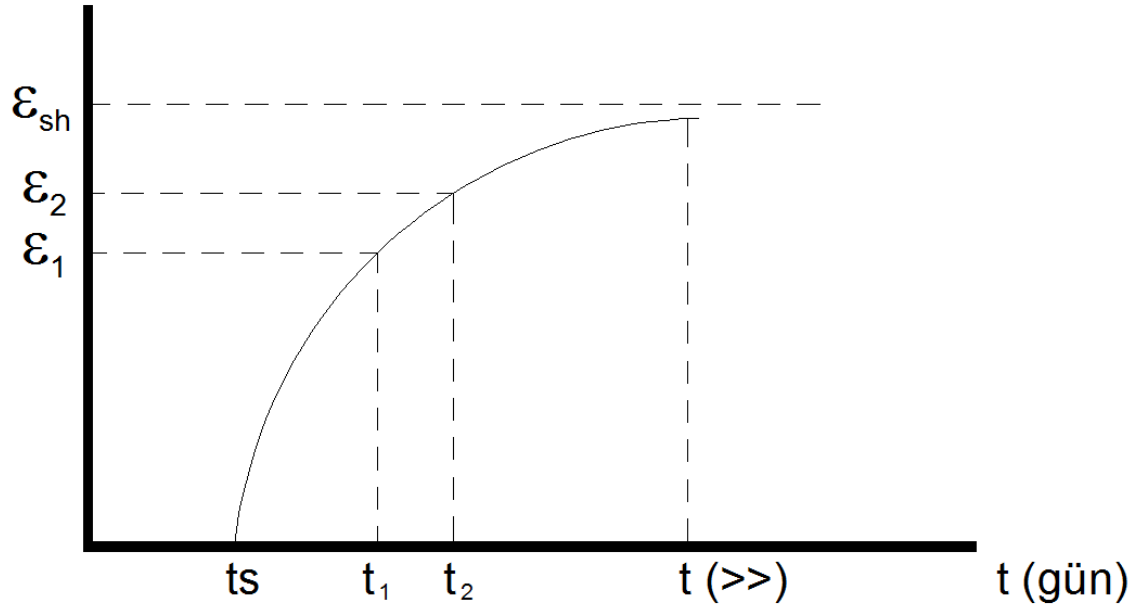
- betonun terlemesini kontrol altına almak
- ortam rutubetini artırmak
- rüzgarı kesmek
- gece döküm yapmak
- Sentetik fiber katkısı (polipropilen)



Karbonatlaşma Rötresi

Kalsiyum hidroksitin havadaki karbon di oksit ile temas etmesi sonucunda kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşmakta ve ayrıca bir miktar su açığa çıkmaktadır. Bünyesindeki suyun bir bölümünü bu şekilde kaybetmiş olan çimento hamuru bir miktar büzülme göstermektedir. Karbonatlaşma olayıyla meydana gelen büzülmeye "karbonatlaşma büzülmesi" denir.

* HİDROLİK RÖTRE (sertleşmiş beton rötresi, kuruma rötresi – drying shrinkage)



$$\text{Rötre birim şekildeğiştirmesi } \epsilon_{sh}(t, t_s) = \epsilon_{sho} \beta_s(t - t_s)$$

CEB (Comite Euro-International De Beton 1993)

Rötre birim şekildeğiştirmesi $\varepsilon_{sh}(t,ts) = \varepsilon_{sho} \beta_s(t-ts)$

$$\varepsilon_{sho} = \varepsilon_s(f_{cm}) \beta_{RH}$$

$$\varepsilon_s(f_{cm}) = [160+10\beta_{SC}(9-f_{cm}/f_{cmo})] \times 10^{-6}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 [1-(R_H/R_{H0})^3] \quad (\text{bağı nem \%40-\%99 arasında ise})$$

$$\beta_{RH} = 1.25 \quad (\text{bađı nem \%100'e eřit veya büyük ise})$$

$$\beta_s(t-ts) = \sqrt{\frac{(t-ts)}{350(h/h_0)^2 + (t-ts)}}$$

β_{SC} : Çimento türüne bağlı katsayı

f_{cm} : $f_{ck} + 8$ MPa ($f_{ck} = f_{28}$)

f_{cmo} : 10 MPa

RH : Bağıl nem (% cinsinden)

RH₀ : %100

h : 2Ac/u

h_0 : 100mm

ts : rötre başlangıcı

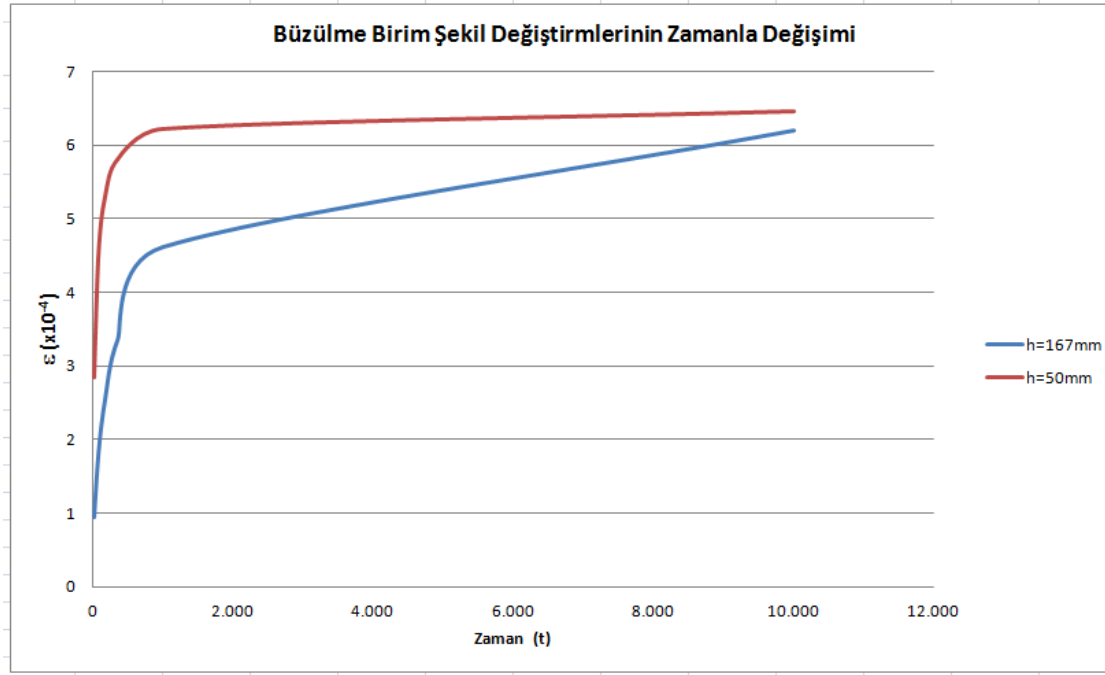
Rötre birim şekil değiştirmesi için eşdeğer ısı değişimi:

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_T = \alpha \Delta T$$

$$\Delta T = \varepsilon_{sh} / \alpha$$

Büzülme Birim Şekil Değişirnesi $\epsilon_{sh} \times 10^{-3}$ (5000 gün)					
	Bağıl Nem %50		Bağıl Nem %80		Açıklama
	Eşdeğer Kalınlık (mm) $h=2Ac/u$				
	150	600	150	600	
TS-500	0,6	0,5	0,4	0,3	Yetersiz bakım
	0,4	0,4	0,25	0,25	Yeterli bakım
CEB	0,58	0,4	0,32	0,22	C25 beton
	0,54	0,38	0,31	0,21	C30 beton
	0,48	0,33	0,27	0,19	C40 beton
	0,42	0,29	0,23	0,16	C50 beton

	h=167mm		h=50mm	
	$\epsilon(t,ts) (x10^{-4})$	%	$\epsilon(t,ts) (x10^{-4})$	%
$\epsilon(28,7)$	0,942	15%	2,856	44%
$\epsilon(90,7)$	1,817	29%	4,529	70%
$\epsilon(180,7)$	2,519	41%	5,29	82%
$\epsilon(365,7)$	3,362	54%	5,818	90%
$\epsilon(1000,7)$	4,61	74%	6,224	96%
$\epsilon(\infty,7)$	6,196	100%	6,463	100%



Kesitte ilk çatlak oluştuğundan sonra, elemanın sınır koşulları ve rijitliği değişmekte, devam eden rötre, yeni çatlakların oluşturması için daha fazla birim şekil değiştirmeye ihtiyaç duymaktadır. Çatlama olayı, rötre birim şekil değiştirmesinin daha fazla çatlak üretemeyecek noktaya gelmesiyle tamamlanır.

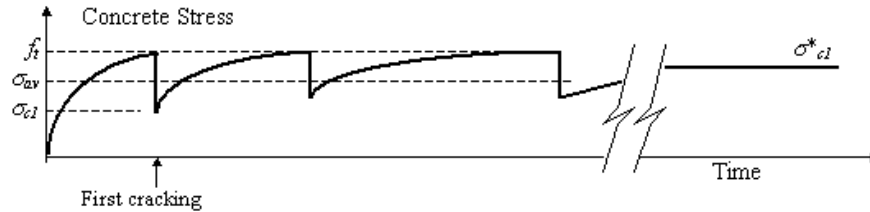


Fig. 4 - Concrete stress history in uncracked Region 1 (Gilbert, 1992) [8]

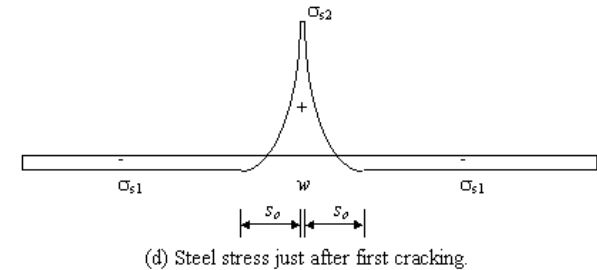
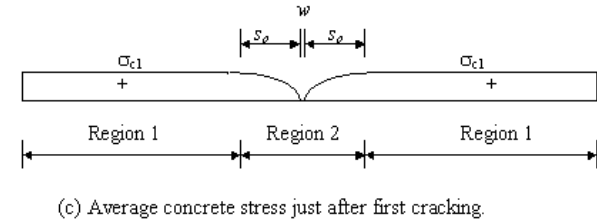
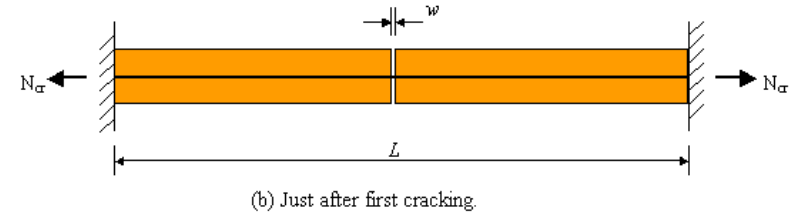
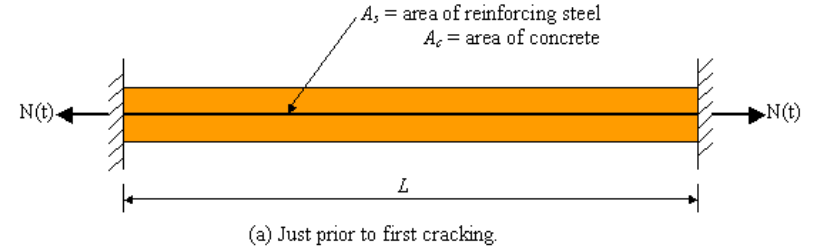


Fig. 3 - First cracking in a restrained direct tension member.

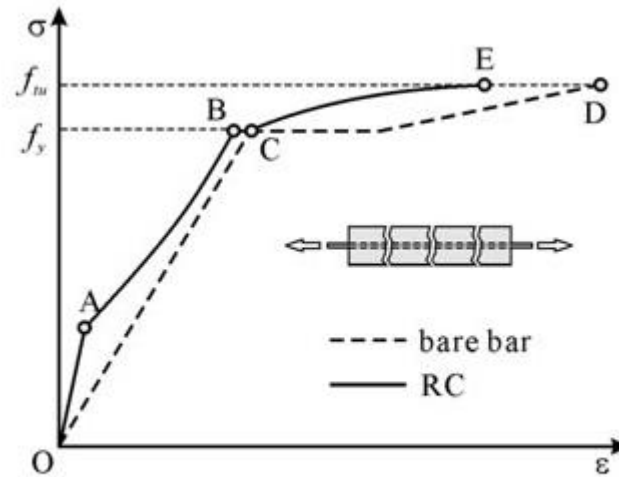


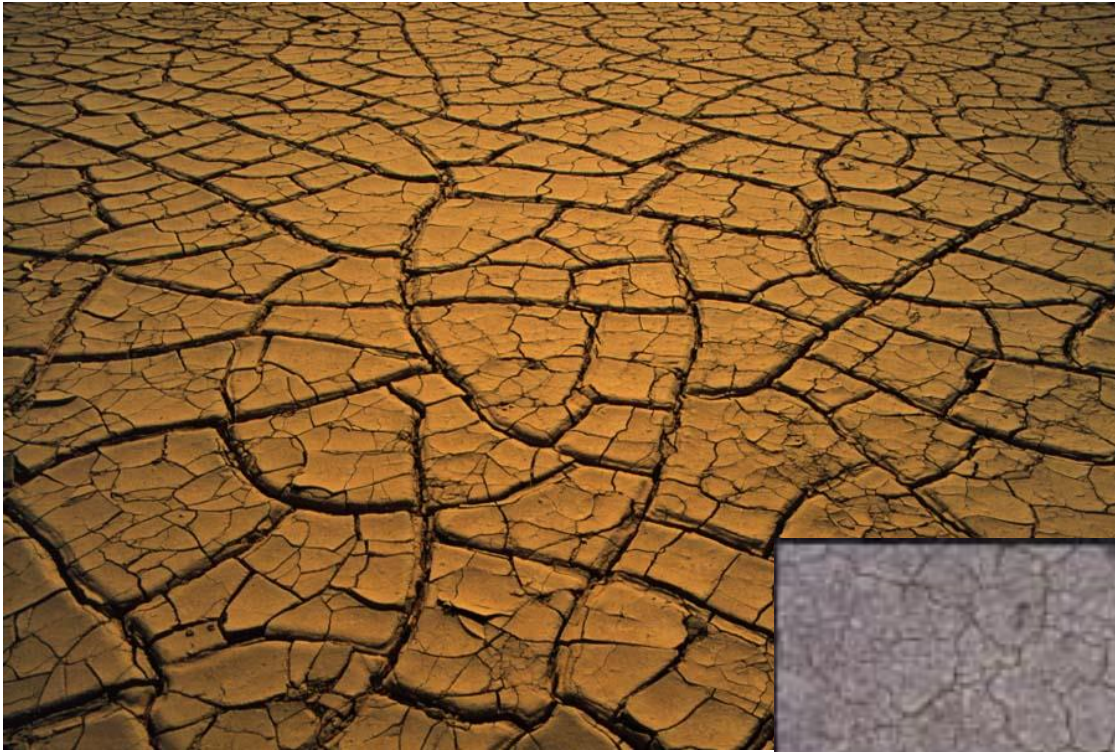
Figure: Behaviour of RC members subject to uniaxial tension

27x100cm'lik beton kesit için $E_b A_b / L = 810.000 \text{ t/m}$

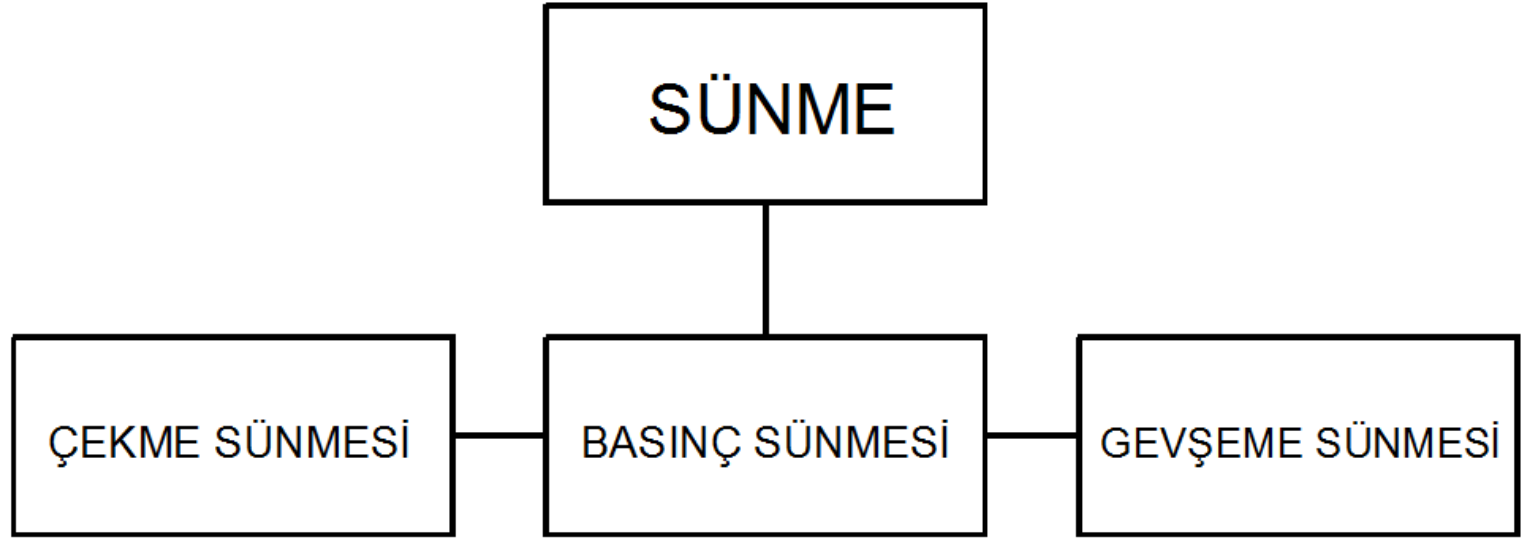
$\phi 12 / 200$ donatı için $E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} / L = 23.730 \text{ t/m} \dots\dots\dots E_b A_b / E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} = 34$

$\phi 14 / 200$ donatı için $E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} / L = 32.340 \text{ t/m} \dots\dots\dots E_b A_b / E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} = 25$

$\phi 16 / 200$ donatı için $E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} / L = 42.210 \text{ t/m} \dots\dots\dots E_b A_b / E_{\text{ç}} A_{\text{ç}} = 19$



1. Plastic Shrinkage Cracking



CEB (Comite Euro-International De Beton 1993)

Sünme Katsayısı : $\phi_{CEB}(t, t') = \phi_o \beta_c(t-t')$

$$\phi_o = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t')$$

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/RH_o}{0.46 \left(\frac{h}{h_o}\right)^{1/3}}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{5.3}{(f_{cm}/f_{cmo})^{0.5}}$$

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}}$$

$$\beta_c(t-t') = \left[\frac{(t-t')}{\beta_H + (t-t')} \right]^{0.3}$$

$$\beta_H = 150 * \left[1 + \left(1.2 \frac{RH}{RH_o}\right)^{18} \right] * \frac{h}{h_o} + 250 \leq 1500$$

t = Beton dökümünden sonra göz önüne alınacak zaman (∞)

t' = Beton dökümünden yükleme anına kadar geçen zaman (7 gün)

Sünmeden kaynaklanan gevşeme (creep relaxation) etkisini hesaba katmak için,

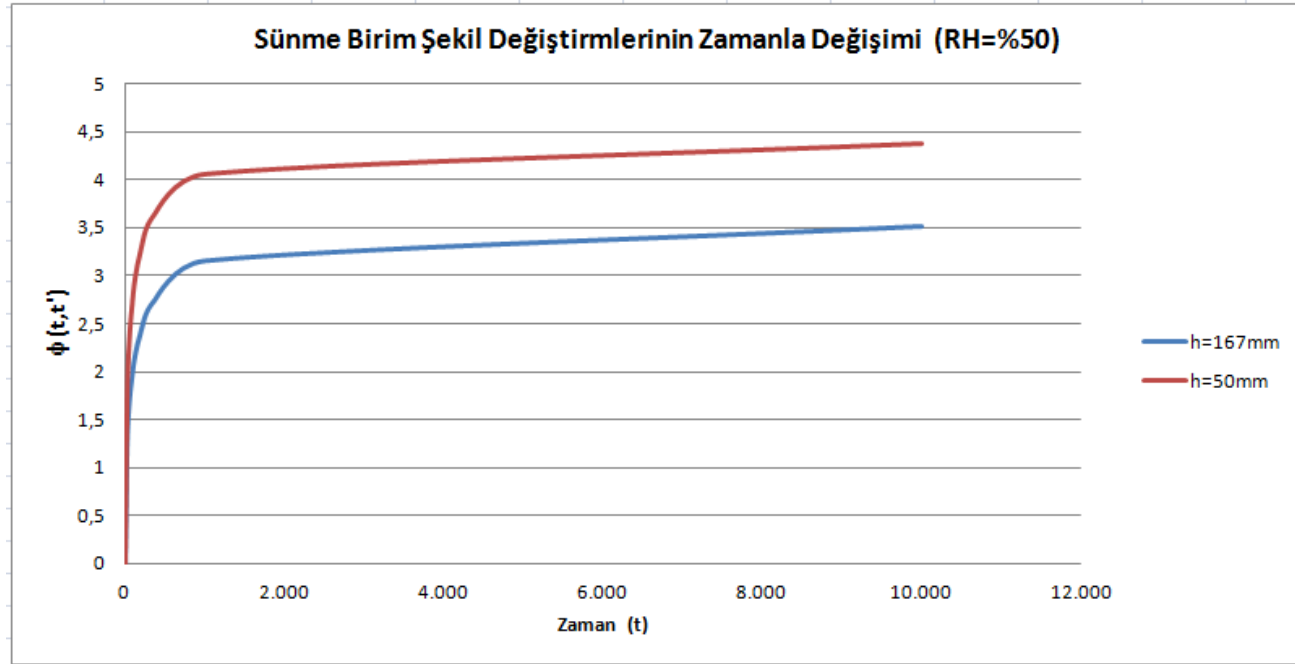
modifiye edilmiş sünme katsayısı katsayısı : $\phi(t-t') = \phi_{CEB}(t-t') \frac{E(t')}{E(28)}$

Büzülme Gerilmesi için Gevşeme Katsayısı : $Rs(t-t') = \sigma(t-t') / \sigma_{el}(t-t')$

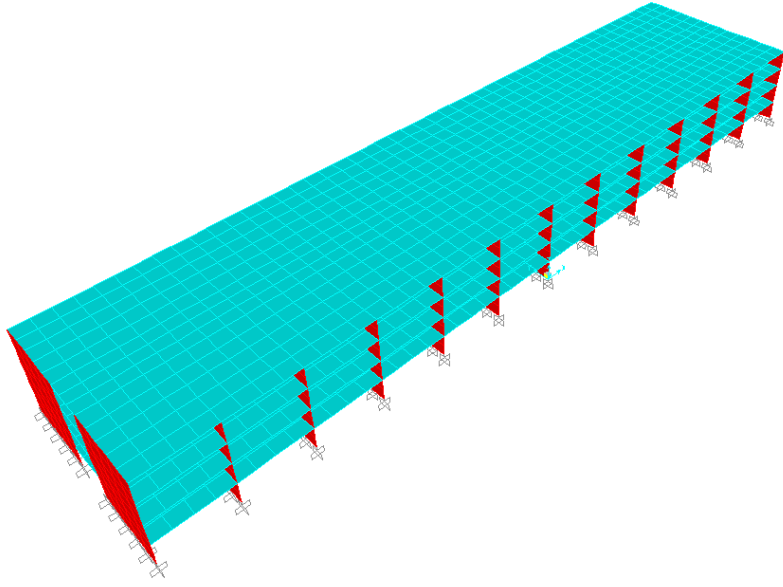
$$Rs(t-t') = \frac{1}{(1 + \phi(t, t'))} \quad (\text{effective modulus method})$$

Sünme Katsayısı ϕ_{ce} (5000 gün)						
Yükleme Anında Betonun Yaşı		Bağıl Nem %50		Bağıl Nem %80		Açıklama
		Eşdeğer Kalınlık (mm) $h=2Ac/u$				
		150	600	150	600	
TS-500	7 gün	3,2	2,5	2,1	1,9	C25 için
	28 gün	2,5	2	1,7	1,5	
	365 gün	1,6	1,2	1	1	
CEB	7 gün	3,5	2,8	2,5	2,1	
	28 gün	2,7	2,1	1,9	1,7	
	365 gün	1,7	1,3	1,2	1	

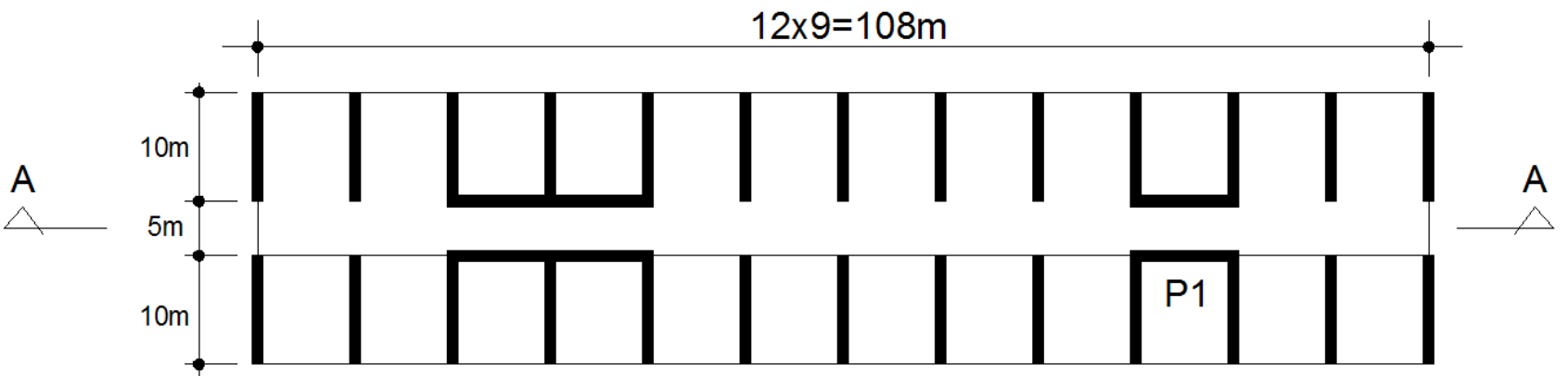
RH = %50	h=167mm		h=50mm	
	$\phi(t,t')$	%	$\phi(t,t')$	%
$\phi(7,7)$	0	0%	0	0%
$\phi(28,7)$	1,3635	39%	1,9069	44%
$\phi(90,7)$	1,991	57%	2,741	63%
$\phi(180,7)$	2,3772	67%	3,2183	74%
$\phi(365,7)$	2,7488	78%	3,6405	83%
$\phi(1000,7)$	3,1622	90%	4,0597	93%
$\phi(\infty,7)$	3,522	100%	4,3774	100%

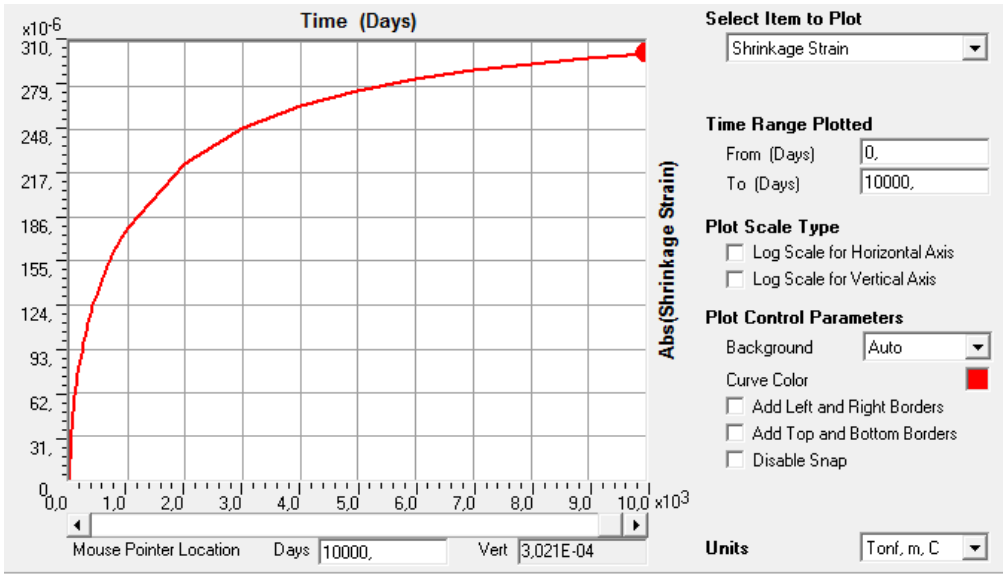


4 KATLI ÖRNEK BİR YAPIDA RÖTRE + SÜNME HESABI



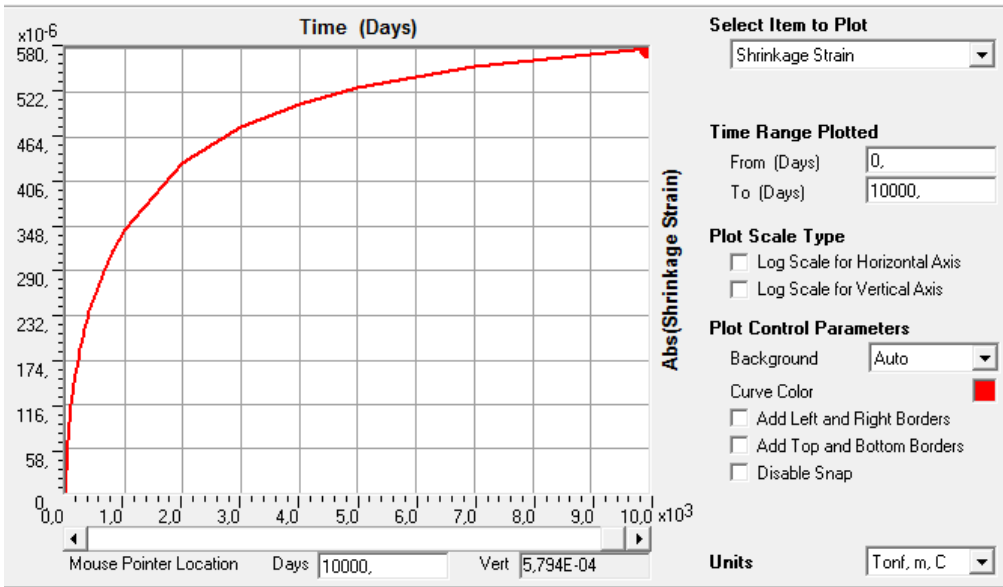
4 Katlı, h=3.00m
Perdeler : 300mm
Döşeme : 270mm
Malzeme C25 / S420





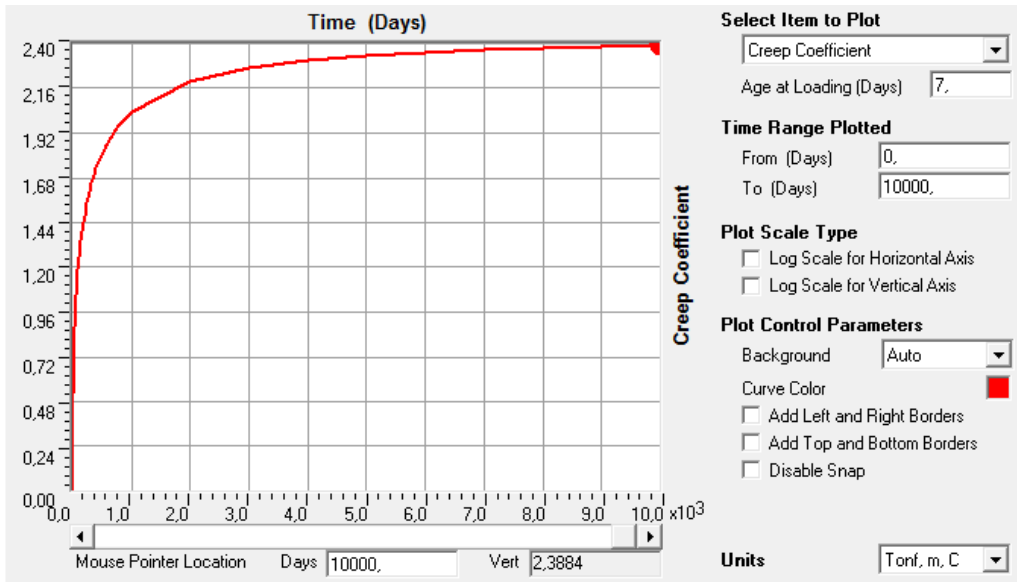
$h = 270\text{mm}$, $RH = \%80$, $f_{ck} = 25\text{ Mpa}$ için
 Büzülme birim şekil değıştirmesi = 0.31×10^{-3}
 $\Delta T = 0.30 \times 10^{-3} / 0.00001 = 30\text{ }^\circ\text{C}$

$$h = 2 * A_c / u = 2 * (1 * 0.27) / (1 + 1) = 0.27\text{m}$$



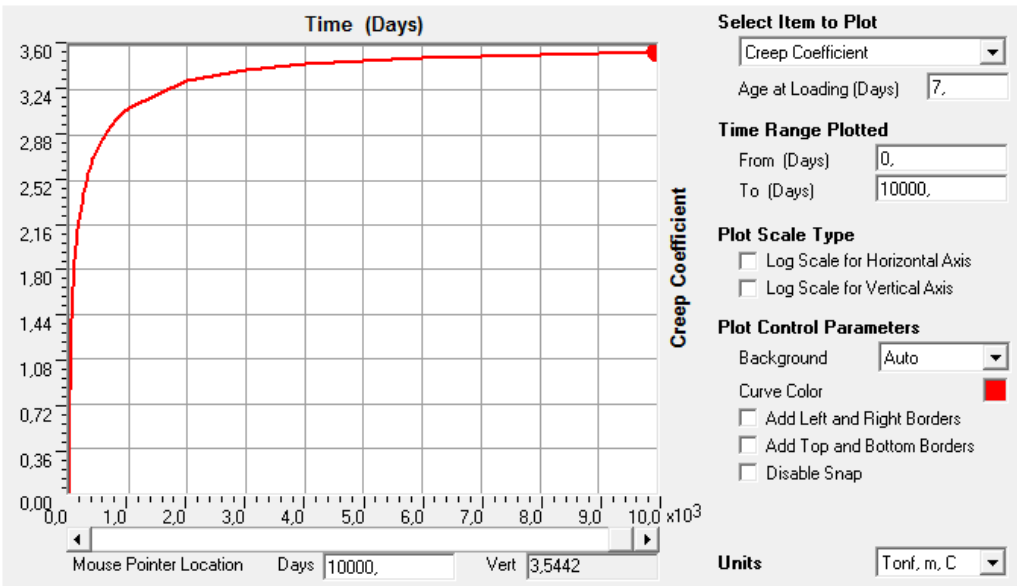
$h = 270\text{mm}$, $RH = \%40$, $f_{ck} = 25\text{ Mpa}$ için
 Büzülme birim şekil değıştirmesi = 0.59×10^{-3}
 $\Delta T = 0.58 \times 10^{-3} / 0.00001 = 58\text{ }^\circ\text{C}$

Büzülme Birim Şekil Değıştirmeleri



RH=%80, fck = 25 Mpa için

$$\phi(10.000,7) = 2.39$$

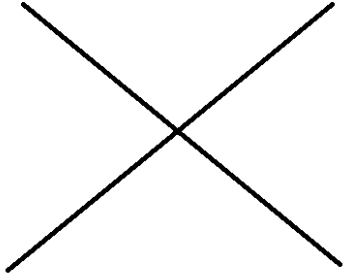


RH=%40, fck = 25 Mpa için

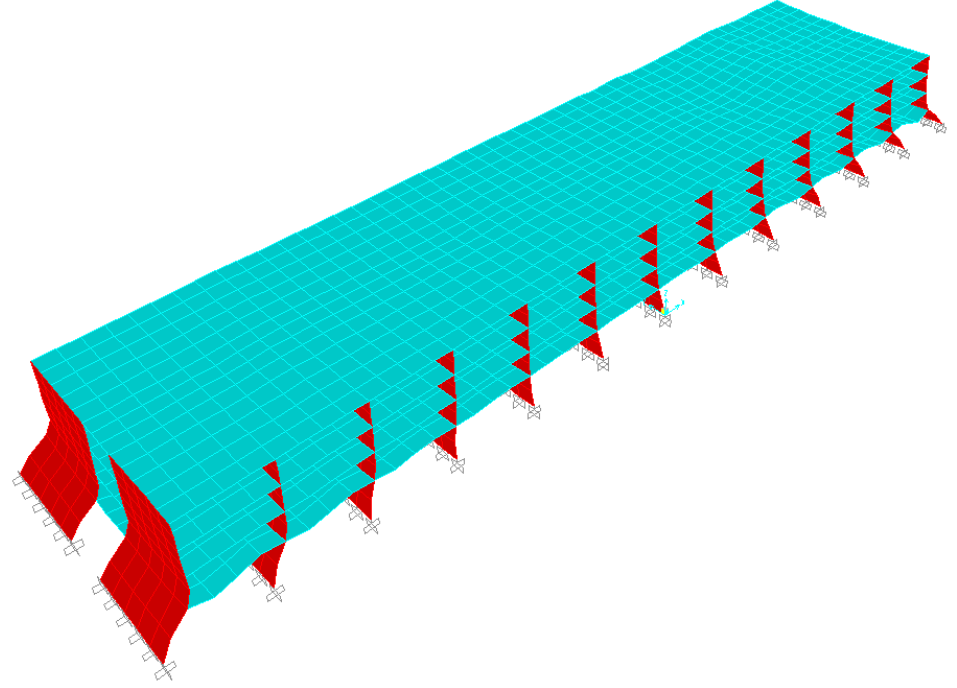
$$\phi(10.000,7) = 3.54$$

Sünme Birim Şekil Değişimleri

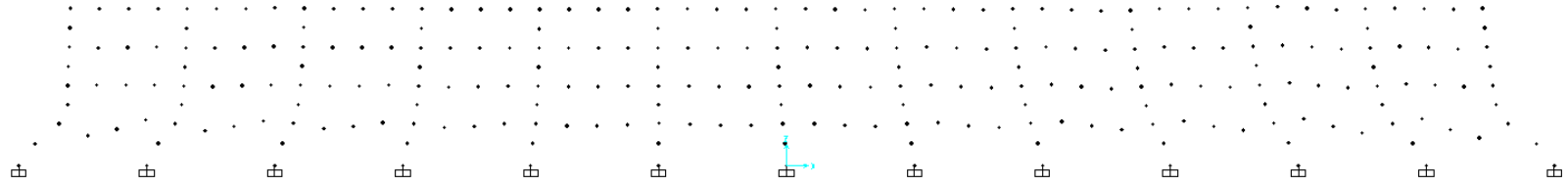
ΔT ISI YÜKLEMESİNE GÖRE HESAP



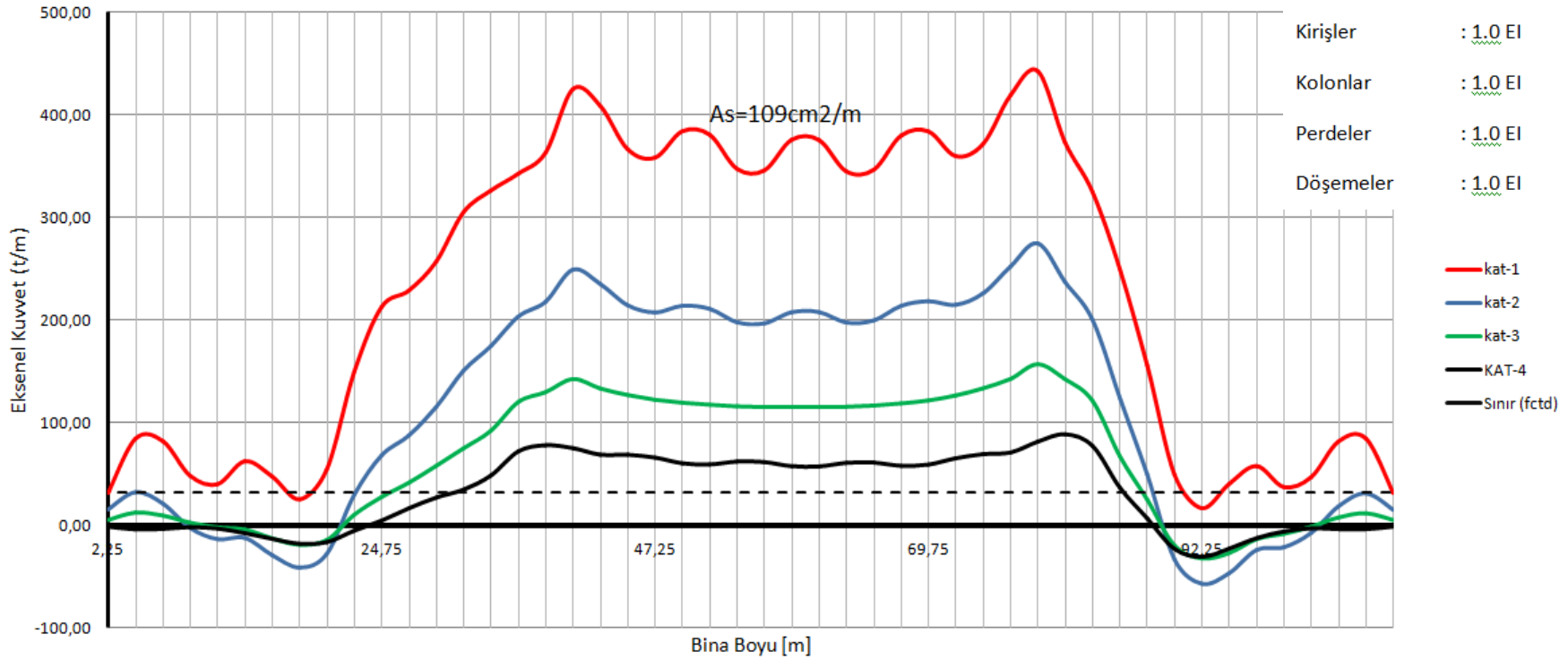
t=0 anı



t = t1 anı



$\Delta T = 58^{\circ}\text{C}$ Yüklemesi RH=%40

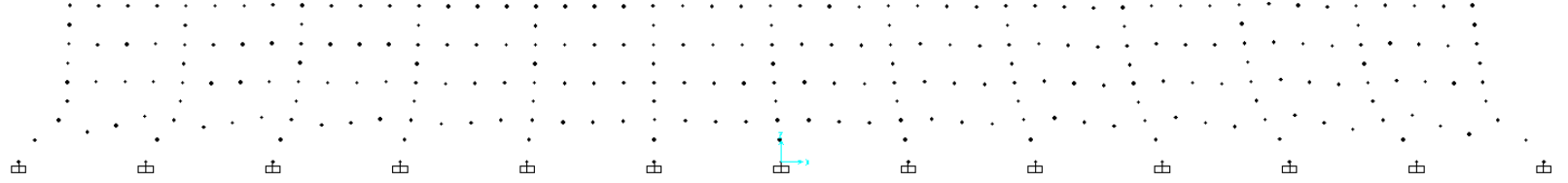


Çatlamamış Kesit Rijitlikleri

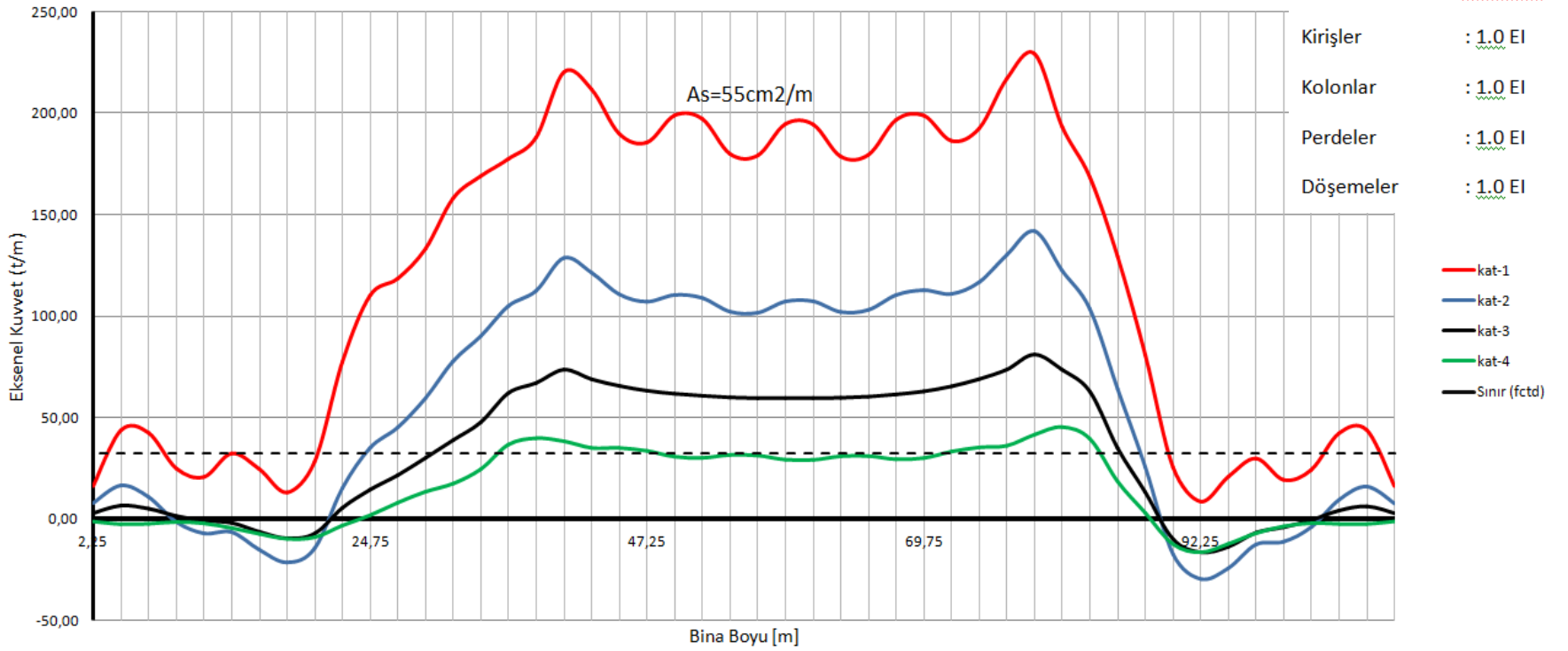
- Kirişler : 1.0 EI
- Kolonlar : 1.0 EI
- Perdeler : 1.0 EI
- Döşemeler : 1.0 EI

- kat-1
- kat-2
- kat-3
- KAT-4
- Sınır (fctd)

Sünme etkileri ihmal edilmiştir.



$\Delta T = 30^{\circ}C$ Yüklemesi RH=%80



Sünme etkileri ihmal edilmiştir.

Shell Section Data

Section Name

PL27

Section Notes

Modify/Show...

Display Color

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	0,25
Membrane f22 Modifier	0,25
Membrane f12 Modifier	0,25
Bending m11 Modifier	0,25
Bending m22 Modifier	0,25
Bending m12 Modifier	0,25
Shear v13 Modifier	1
Shear v23 Modifier	1
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK

Cancel

Stiffness Modifiers

Set Modifiers...

Temp Dependent Properties

Thermal Properties...

OK

Cancel

Shell Section Data

Section Name

w30

Section Notes

Modify/Show...

Display Color

Property/Stiffness Modification Factors

Property/Stiffness Modifiers for Analysis

Membrane f11 Modifier	1
Membrane f22 Modifier	0,7
Membrane f12 Modifier	1
Bending m11 Modifier	0,7
Bending m22 Modifier	0,7
Bending m12 Modifier	0,7
Shear v13 Modifier	1
Shear v23 Modifier	1
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

OK

Cancel

Stiffness Modifiers

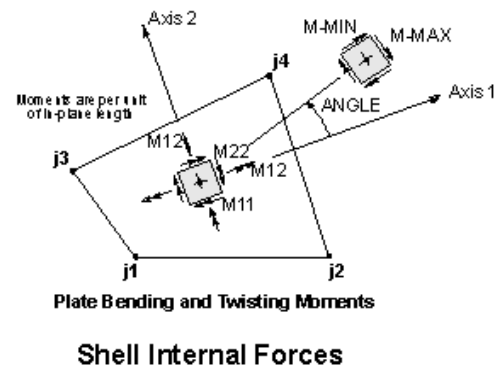
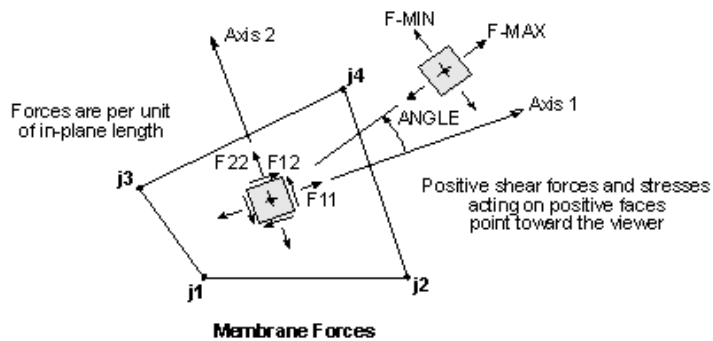
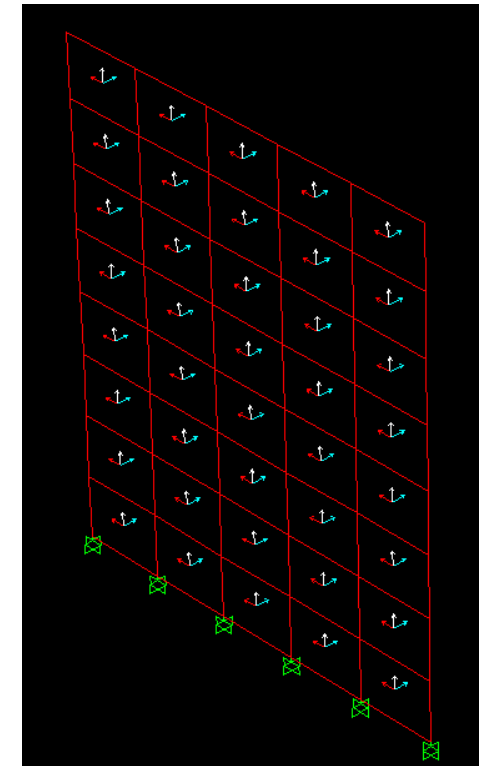
Set Modifiers...

Temp Dependent Properties

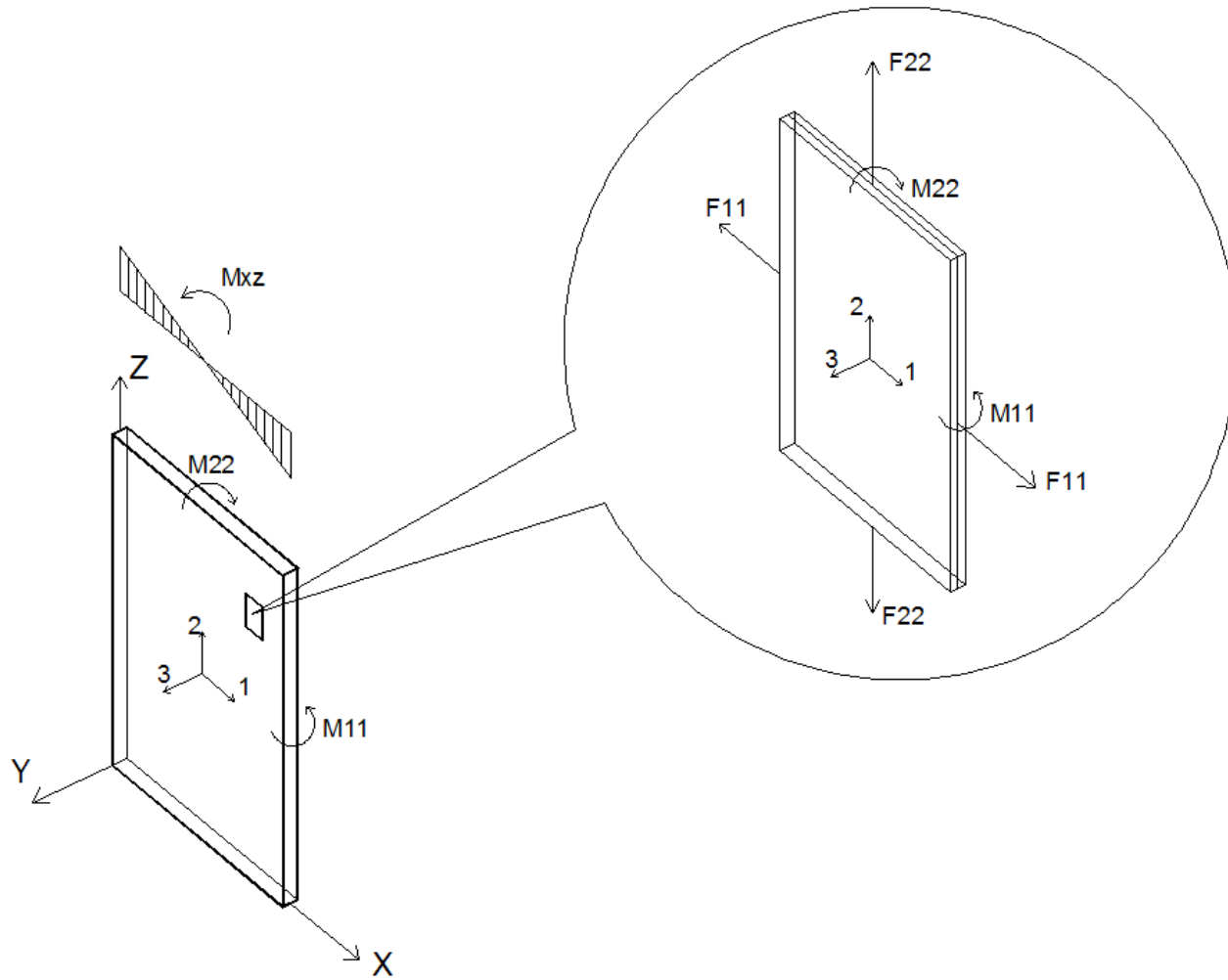
Thermal Properties...

OK

Cancel



Lokal Aks Sistemi



ÇATLAMIŞ KESİT RİJİTLİKLERİ KULLANILARAK ELDE EDİLEN SONUÇLAR

$\Delta T = 58^{\circ}\text{C}$ Yüklemesi RH=%40

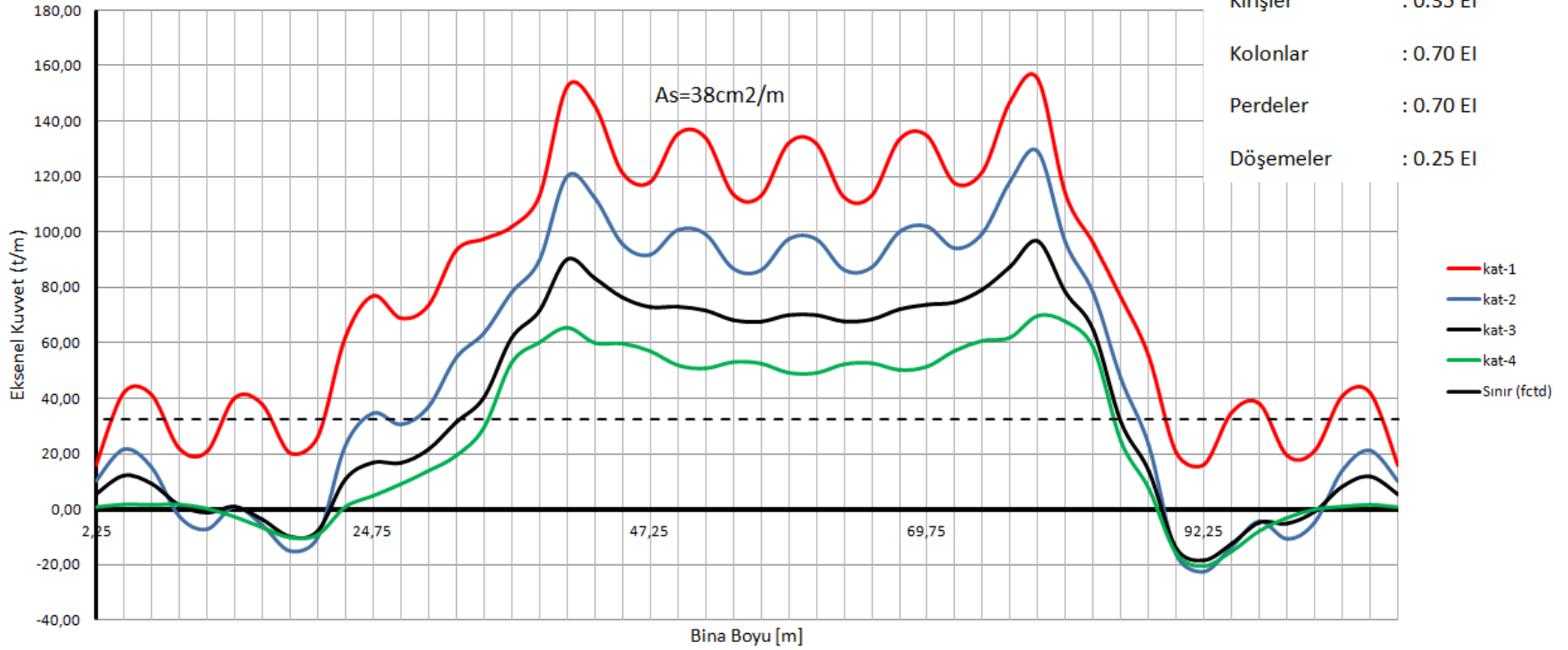
Çatlamış Kesit Rijitlikleri (UBC'97)

Kirişler : 0.35 EI

Kolonlar : 0.70 EI

Perdeler : 0.70 EI

Döşemeler : 0.25 EI



As = 109 cm²/m 38 cm²/m

$38 / 109 = 0.35$

ÇATLAMIŞ KESİT RİJİTLİKLERİ KULLANILARAK ELDE EDİLEN SONUÇLAR

$\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$ Yüklemesi RH=%80

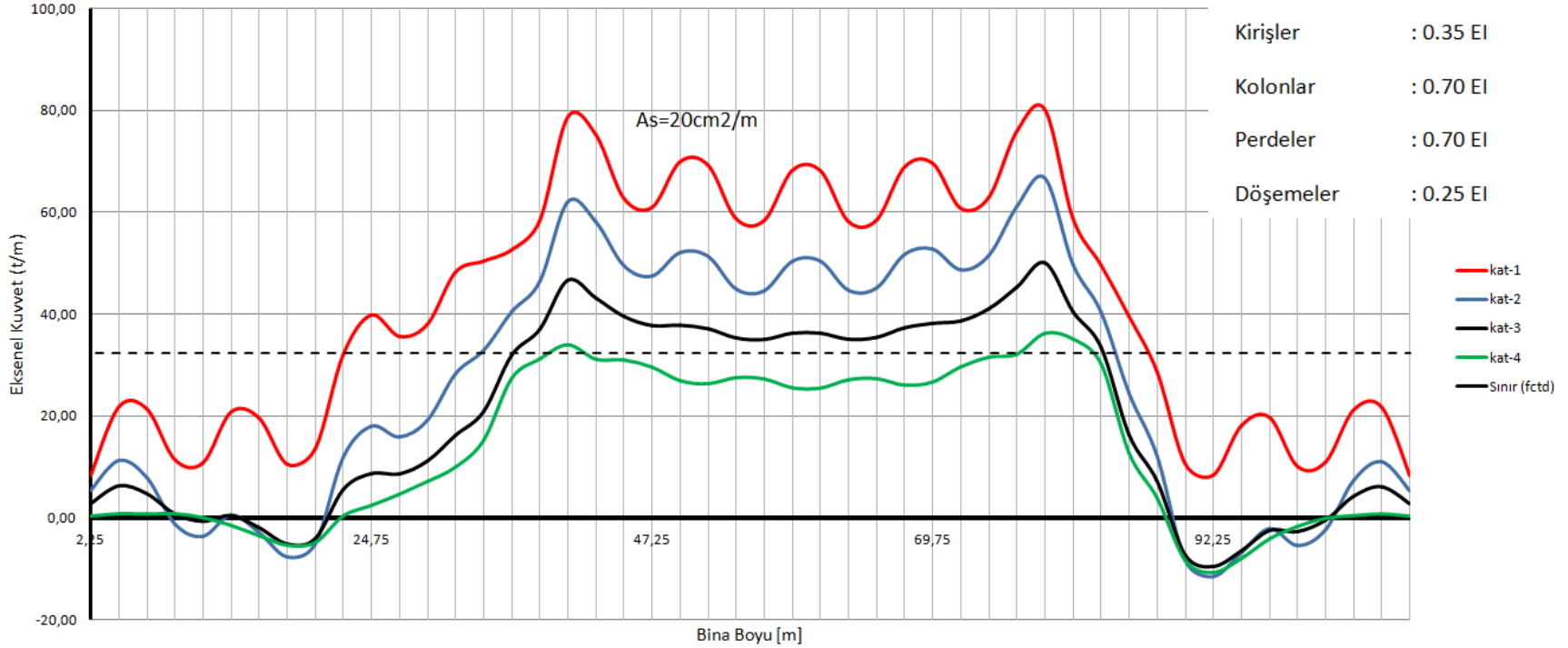
Çatlama Kesit Rijitlikleri (UBC'97)

Kirişler : 0.35 EI

Kolonlar : 0.70 EI

Perdeler : 0.70 EI

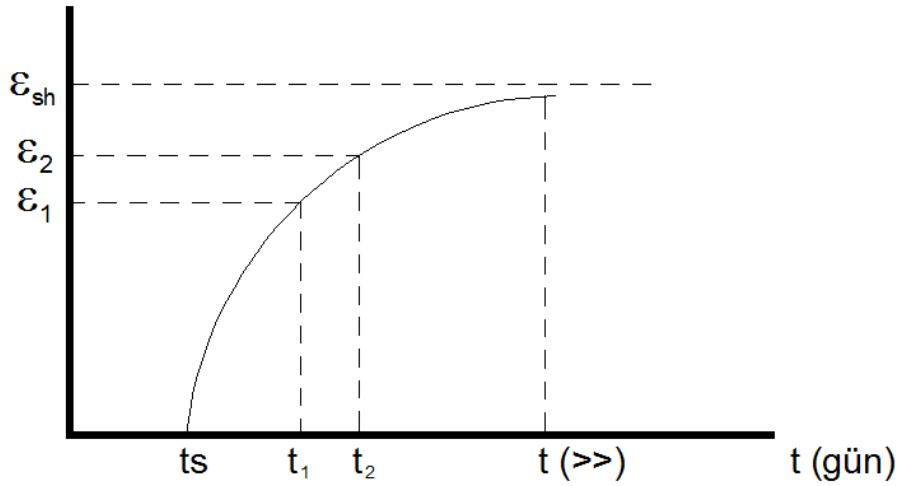
Döşemeler : 0.25 EI



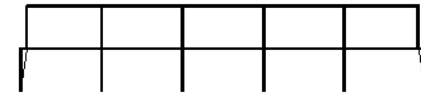
As = 55cm²/m 20cm²/m

20 / 55 = 0.36

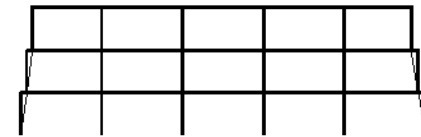
KADEMELİ İNŞAAT HESABI



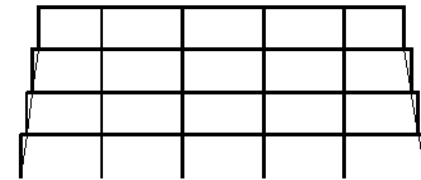
20 gün



20 gün
40 gün

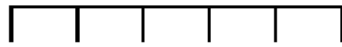


20 gün
40 gün
60 gün



20 gün
40 gün
60 gün
80 gün

RH=40 için eşdeğer ısı farkı



20 gün

$$\epsilon_{sh}(20,7) = 5.725 \times 10^{-5}$$

$$\Delta T = 5.725 \text{ } ^\circ\text{C}$$

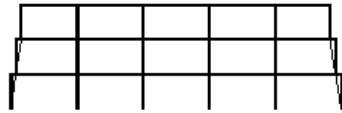


20 gün
40 gün

$$\epsilon_{sh}(40,7) = 8.064 \times 10^{-5}$$

$$\Delta T = 5.725 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 8.064 - 5.725 = 2.339 \text{ } ^\circ\text{C}$$



20 gün
40 gün
60 gün

$$\epsilon_{sh}(60,7) = 9.839 \times 10^{-5}$$

$$\Delta T = 5.725 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 8.064 - 5.725 = 2.339 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 9.839 - 8.064 = 1.775 \text{ } ^\circ\text{C}$$



20 gün
40 gün
60 gün
80 gün

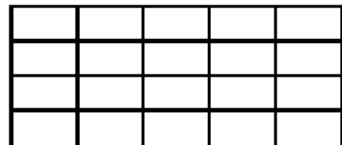
$$\epsilon_{sh}(80,7) = 1.132 \times 10^{-4}$$

$$\Delta T = 5.725$$

$$\Delta T = 8.064 - 5.725 = 2.339 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 9.839 - 8.064 = 1.775 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 11.32 - 9.839 = 1.481 \text{ } ^\circ\text{C}$$

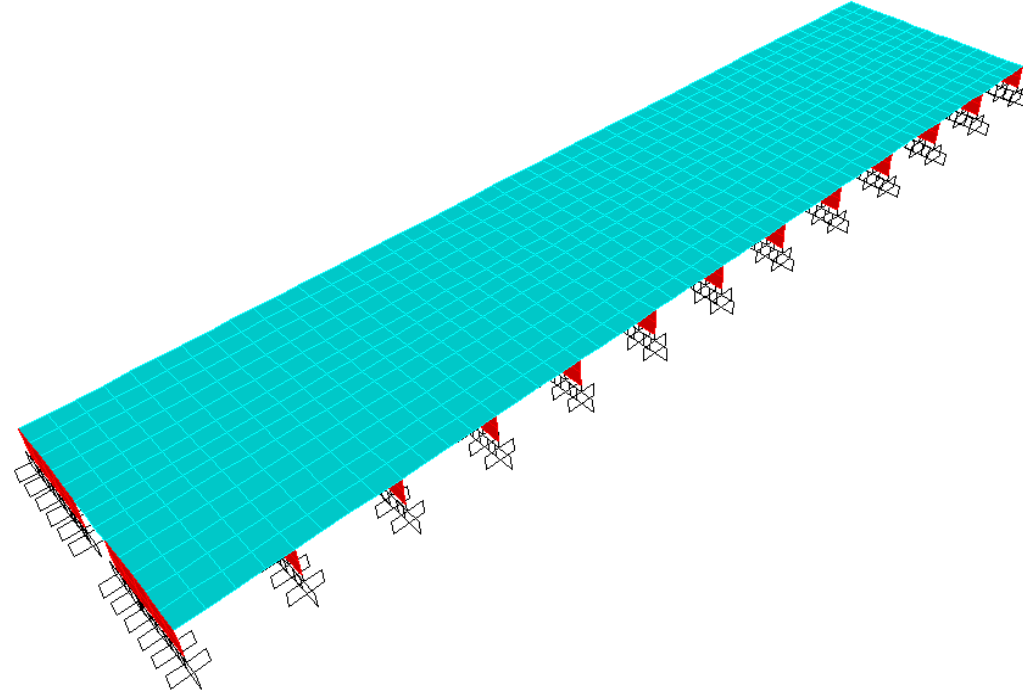


$$\epsilon_{sh}(10.000,7) = 5.794 \times 10^{-4}$$

$$\Delta T = 57.94 - 11.32 = 46.62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

KADEMELİ İNŞAAT YÖNTEMİNE GÖRE HESAP

SAP2000 Filename: M1-catlamis.sdb Deformed Shape Case: RH40-KADEME



1. kat : 20 gün
2. kat : 20 gün
3. kat : 20 gün
4. kat : 9940 gün

2755

3452

1895

2592

61

802

53

1618

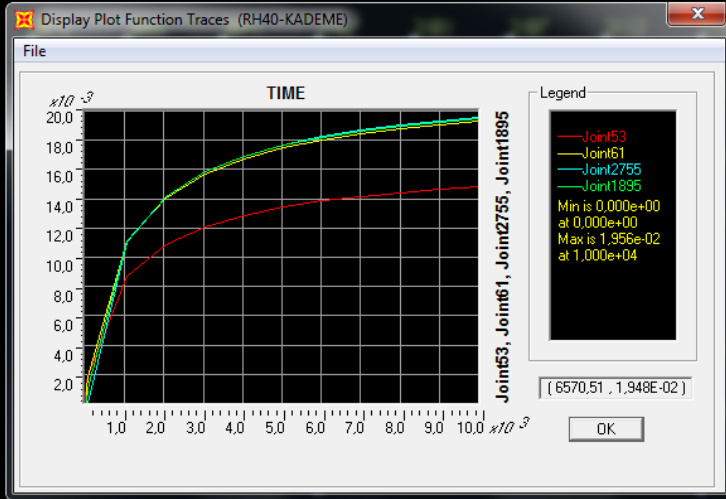
1



2



3



2755

3452

1895

2592

61

802

53

1618

1



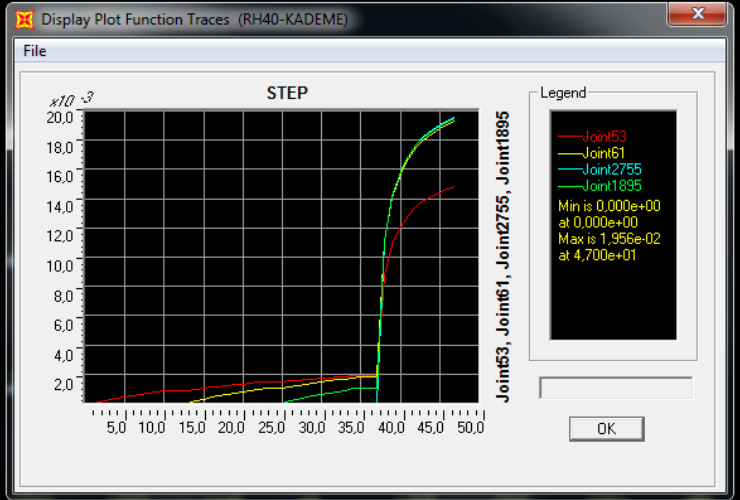
1638

2

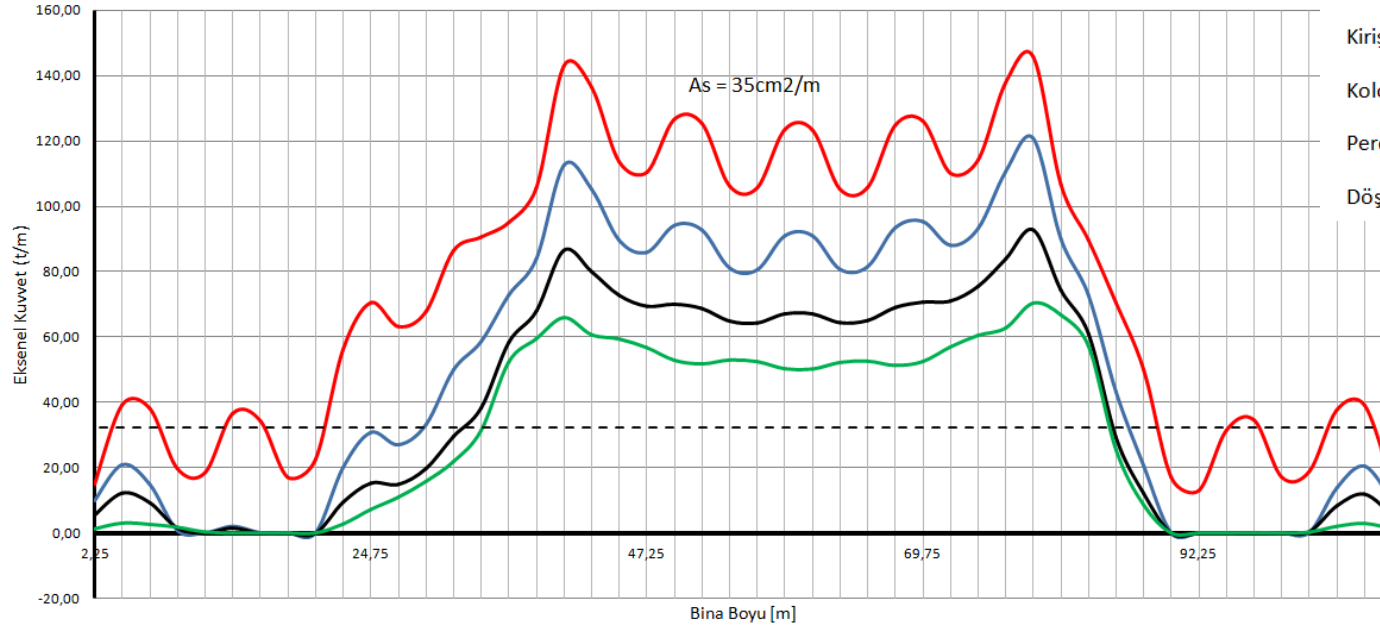


1658

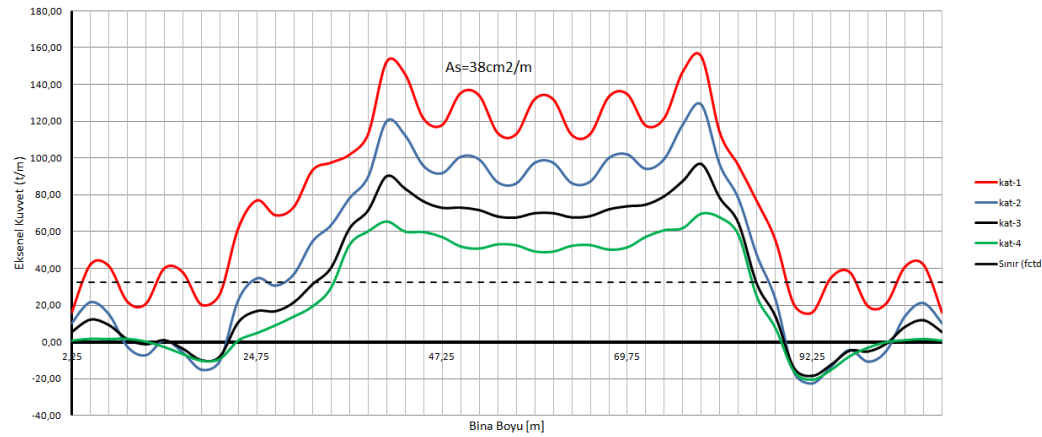
3



RH=%40 , KADEMELI İNŞAAT YÖNTEMİ



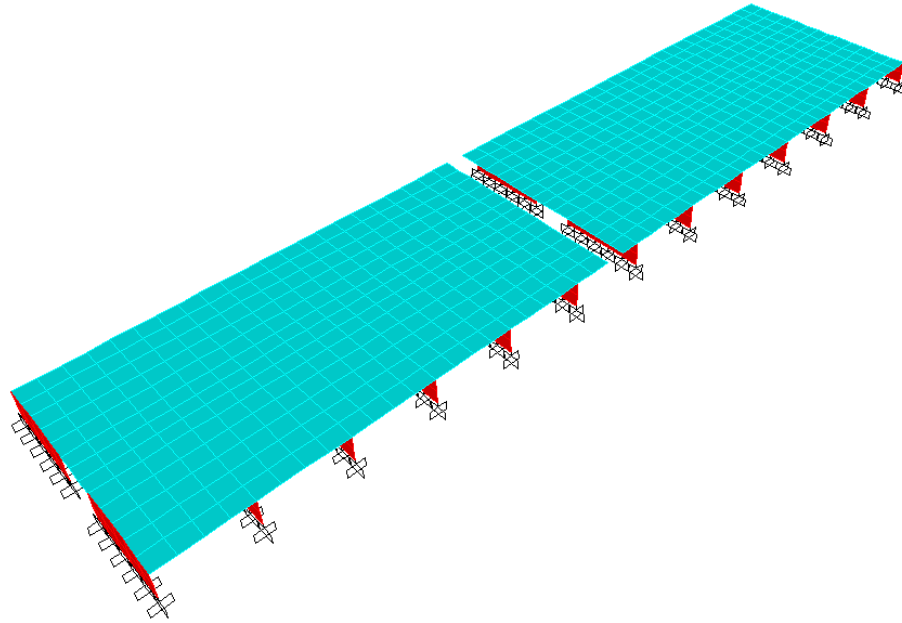
$\Delta T = 58^{\circ}\text{C}$ Yüklemesi RH=%40



ΔT ısı farkına göre elde edilmiş sonuçlar

ÇOK KADEMELİ İNŞAATA GÖRE HESAP

SAP2000 Filename: M1-cattamis-COK KADEMELI.sdb Deformed Shape Case: RH40-COK KADEME



1. kat : 20 gün
2. kat : 20 gün
3. kat : 20 gün
4. kat : 9940 gün

RH=%40 , COK KADEMELI İNŞAAT YÖNTEMİ

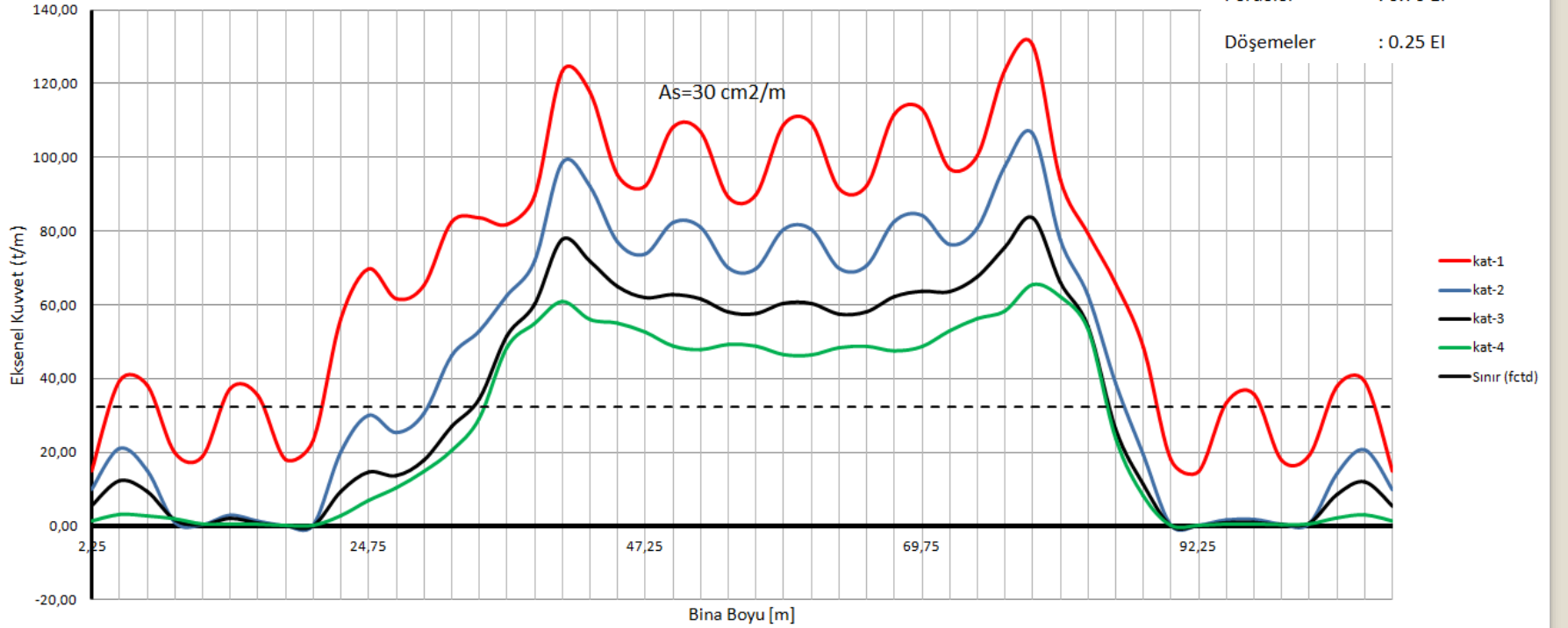
Çatlamış Kesit Rijitlikleri (UBC'97)

Kirişler : 0.35 EI

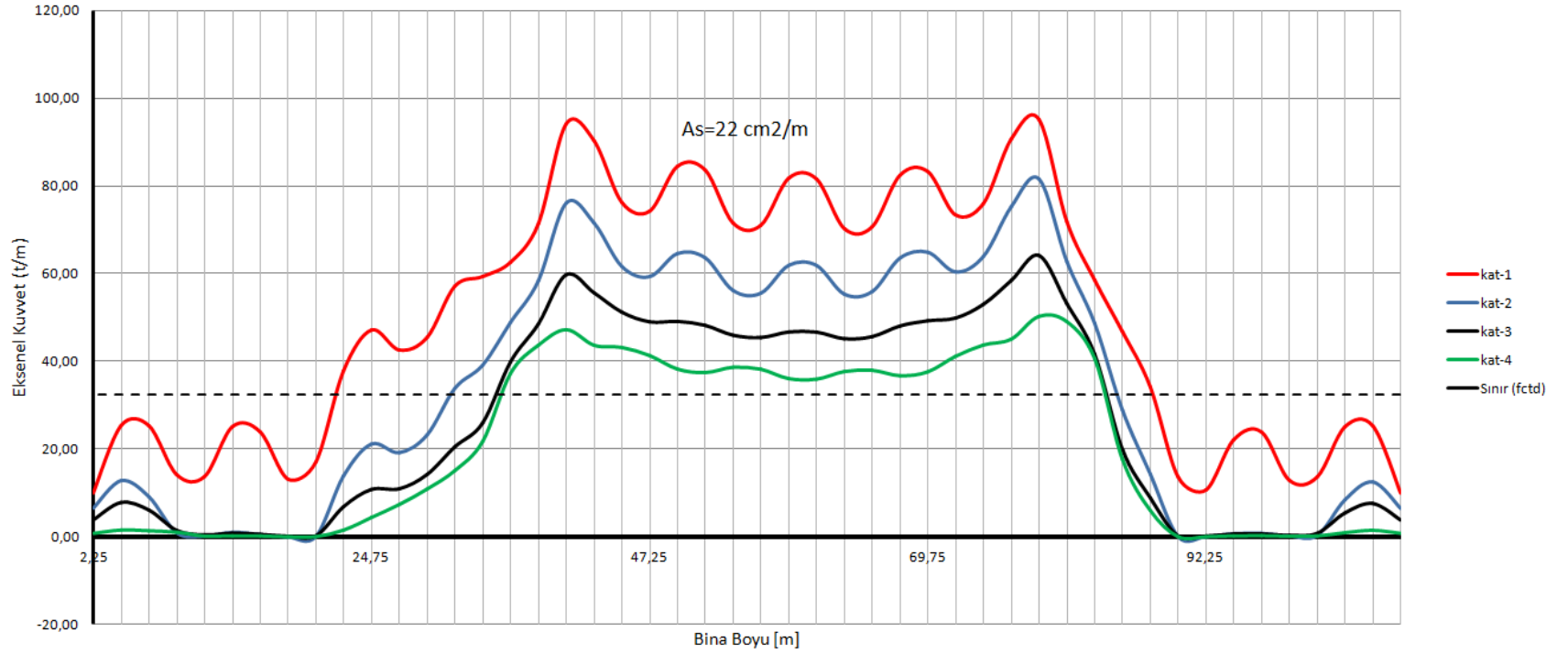
Kolonlar : 0.70 EI

Perdeler : 0.70 EI

Döşemeler : 0.25 EI

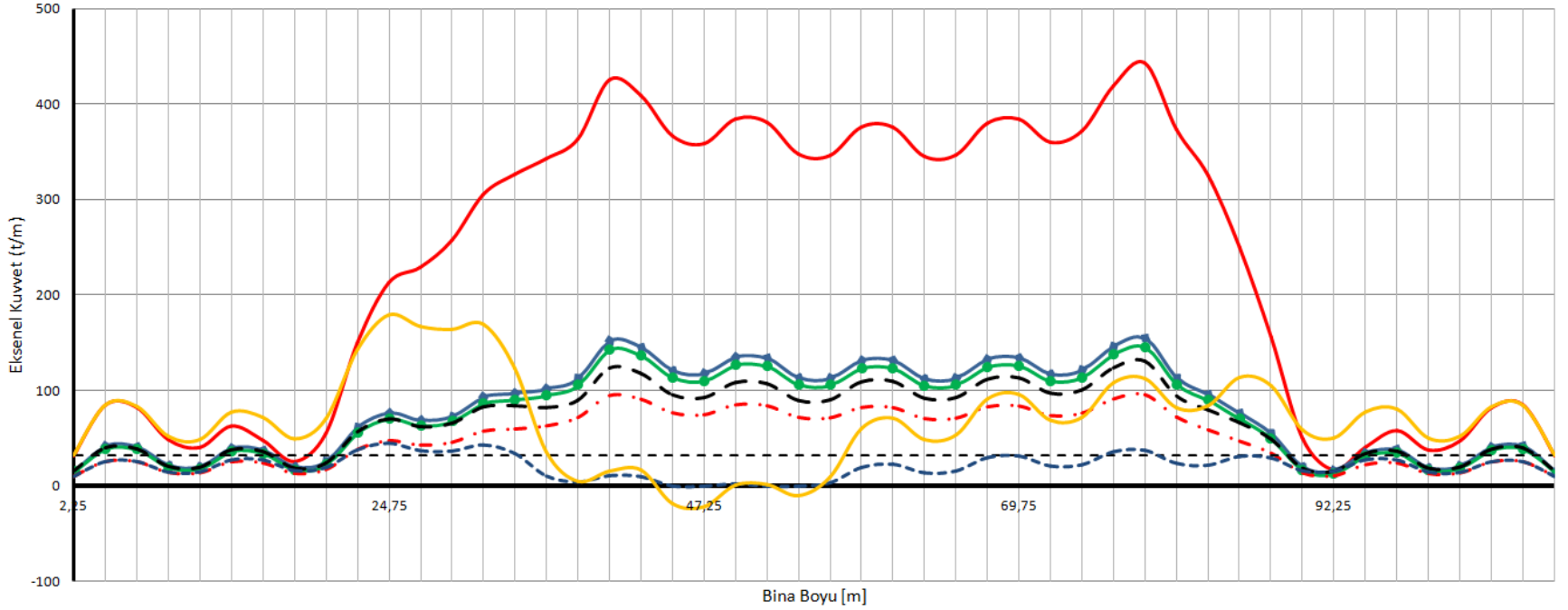


RH=%40, COK KADEMELI İNŞAAT YÖNTEMİ (sünme etkileri dahil)



RH= %40 için Karşılaştırma

1. KAT DÖŞEMESİ EKSENEL KUVVET KARŞILAŞTIRMASI



— çatlamamış kesit DT ısı farkı ◆ çatlamamış kesit DT ısı farkı ● çatlamamış kesit - Kademeli inşaat - - - çatlamamış kesit - çok kademeli inşaat
- . - çatlamamış kesit - çok kademeli inşaat + sünme — Sınır (fctd) - - - Derzli — Derzli-çatlamamış

Derzsiz durumda

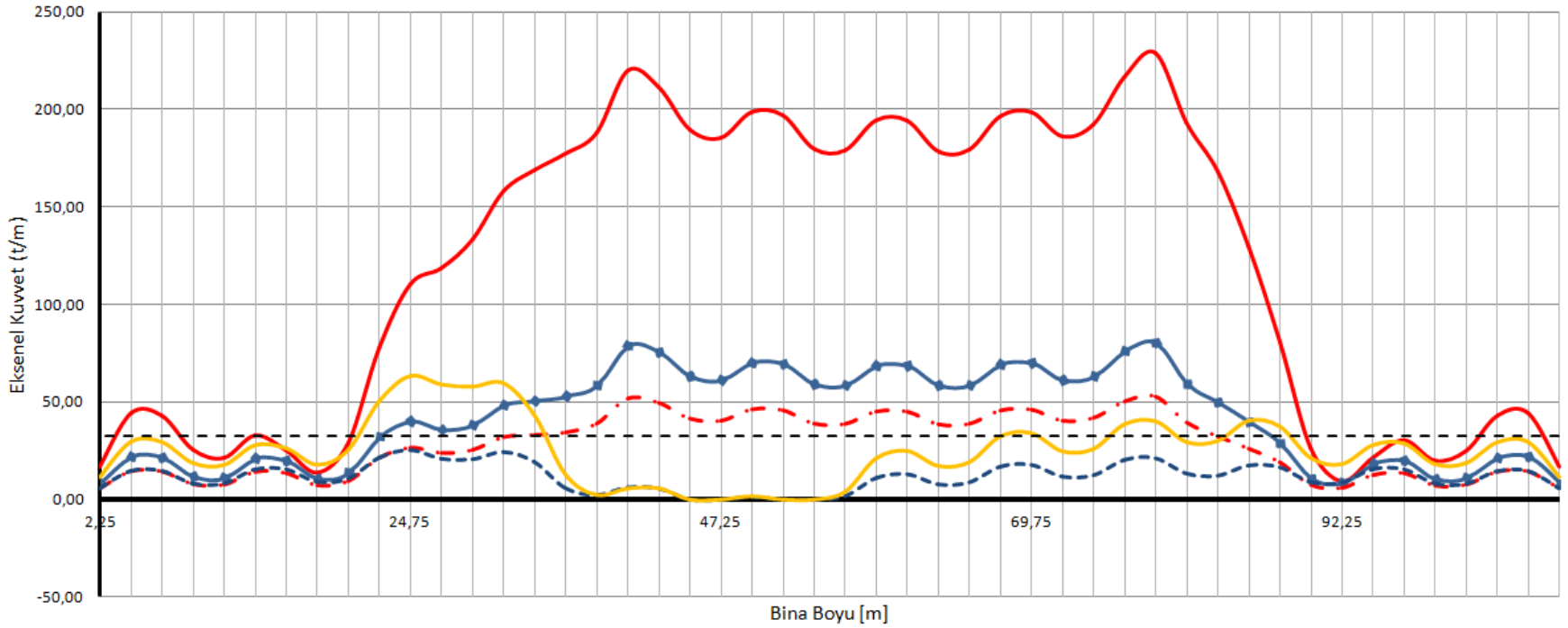
$$As(\min) = 1.2 \cdot (80 / 3.65) = 26 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \phi 16/150 \text{ alt-üst}$$

Derzli durumda

$$As(\min) = 1.2 \cdot (33 / 3.65) = 11 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \phi 12/200 \text{ alt-üst}$$

RH= %80 için Karşılaştırma

1. KAT DÖŞEMESİ EKSENEL KUVVET KARŞILAŞTIRMASI



— çatlamamış kesit DT ısı farkı —♦— çatlamış kesit DT ısı farkı - · - çatlamış kesit - çok kademeli inşaat + sünme - - - Derzli — Derzli-çatlamamış — Sınır (fctd)

Derzsiz durumda

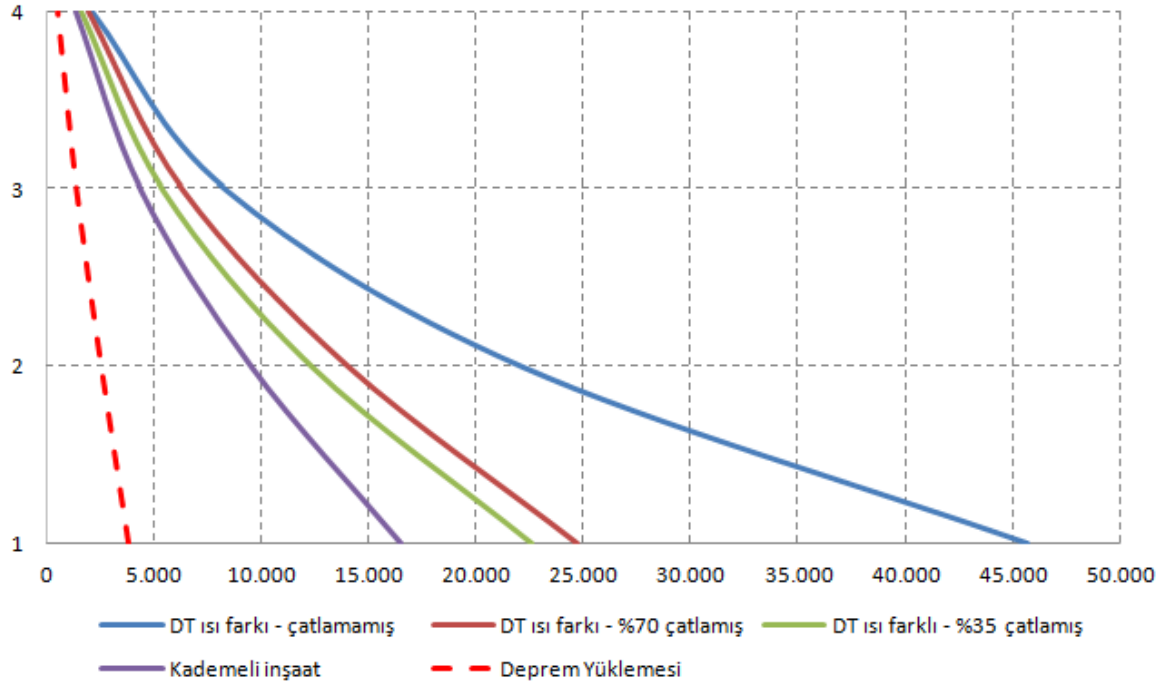
$$As(\min) = 1.2 \cdot (50 / 3.65) = 16.4 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \Phi 14 / 175 \text{ alt-üst}$$

Derzli durumda

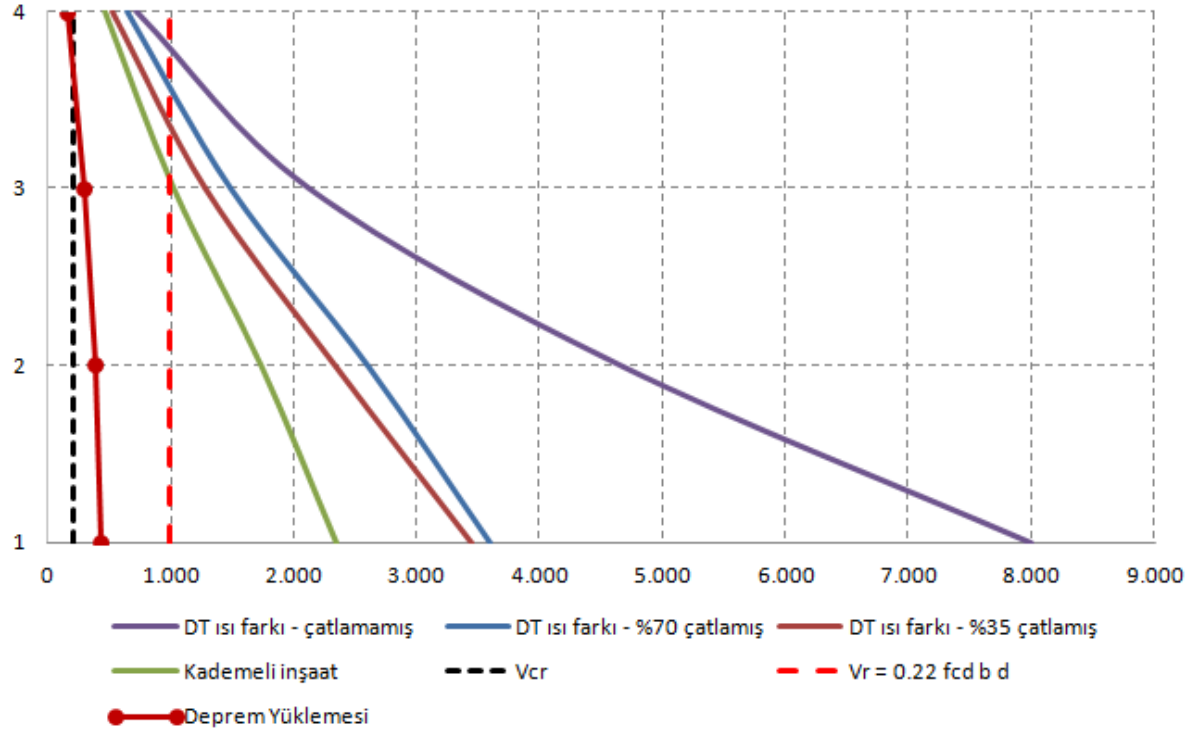
$$As(\min) = 1.2 \cdot (25 / 3.65) = 8.2 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \Phi 10 / 200 \text{ alt-üst}$$

RH= %40 için P1 Perdesi İç Kuvvetleri Karşılaştırma

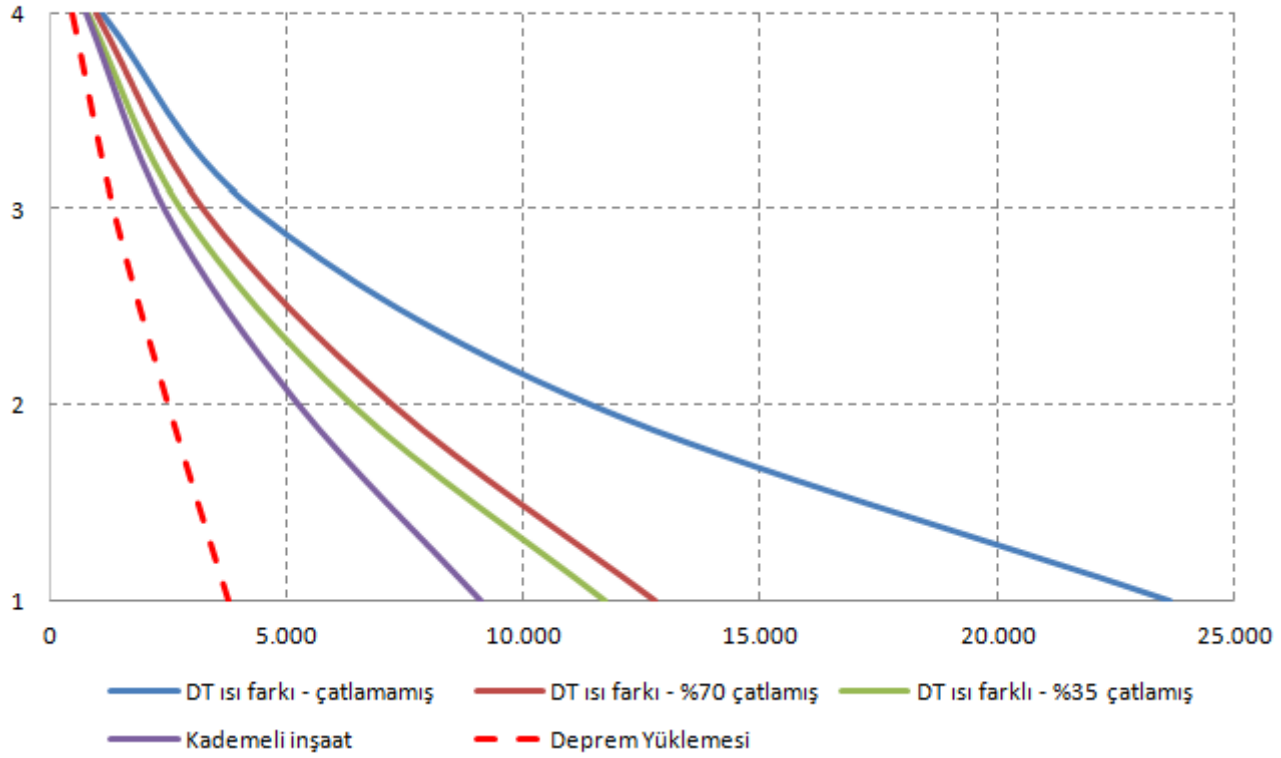
RH = %40 için Perde Eğilme Momentleri (tm)



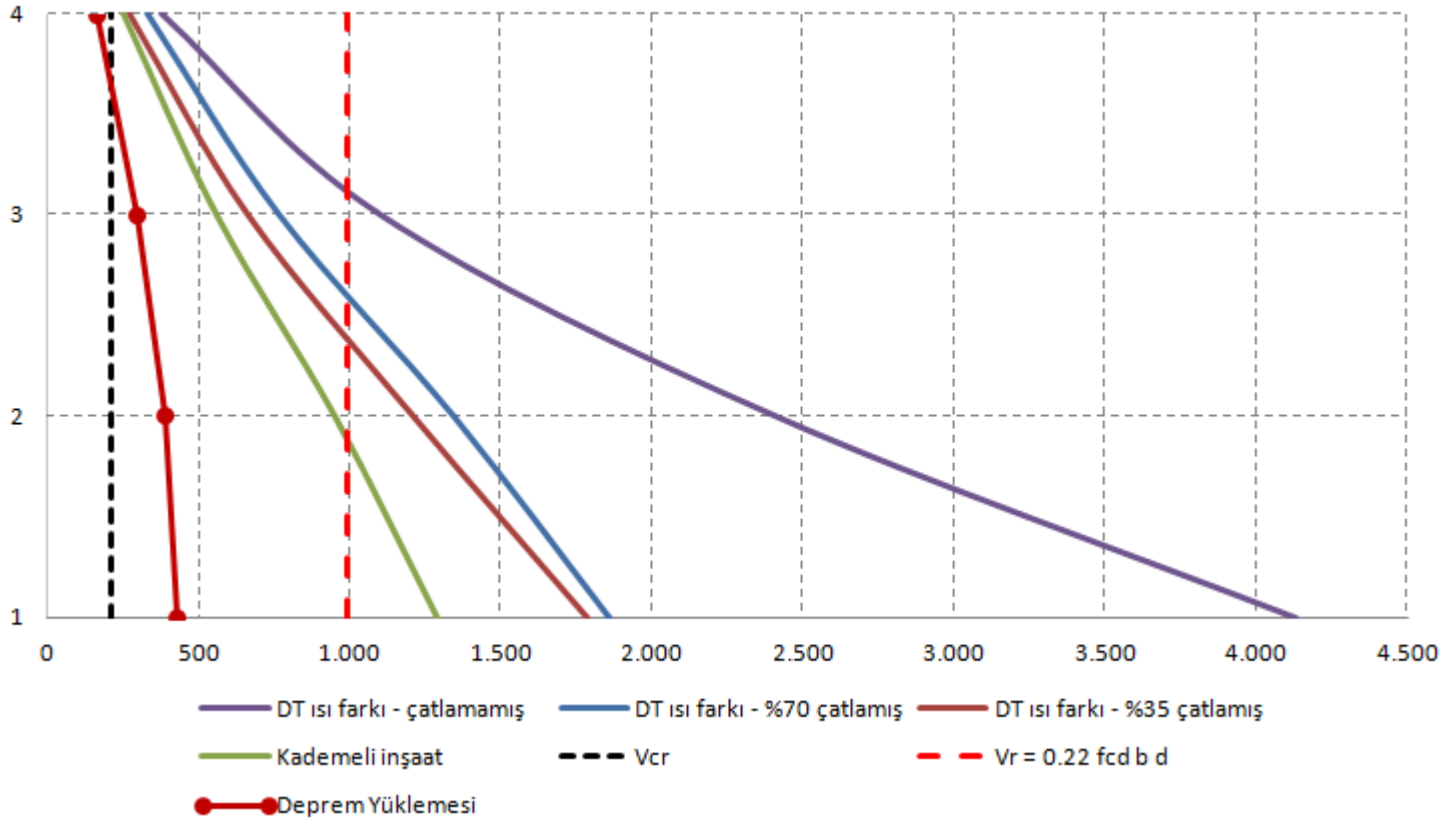
RH = %40 için Perde Kesme Kuvvetleri (ton)



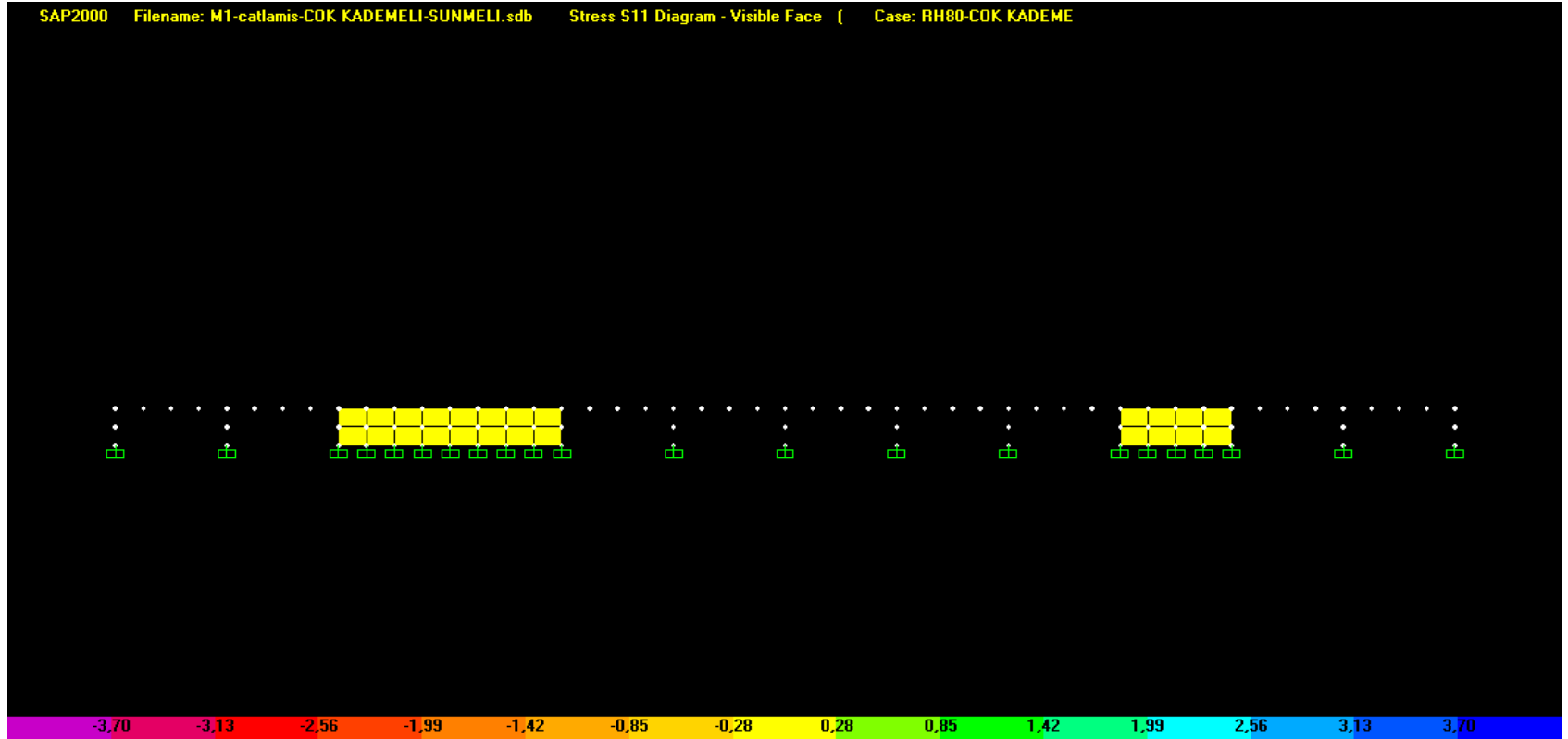
RH = %80 için Perde Eğilme Momentleri (tm)



RH = %80 için Perde Kesme Kuvvetleri (ton)

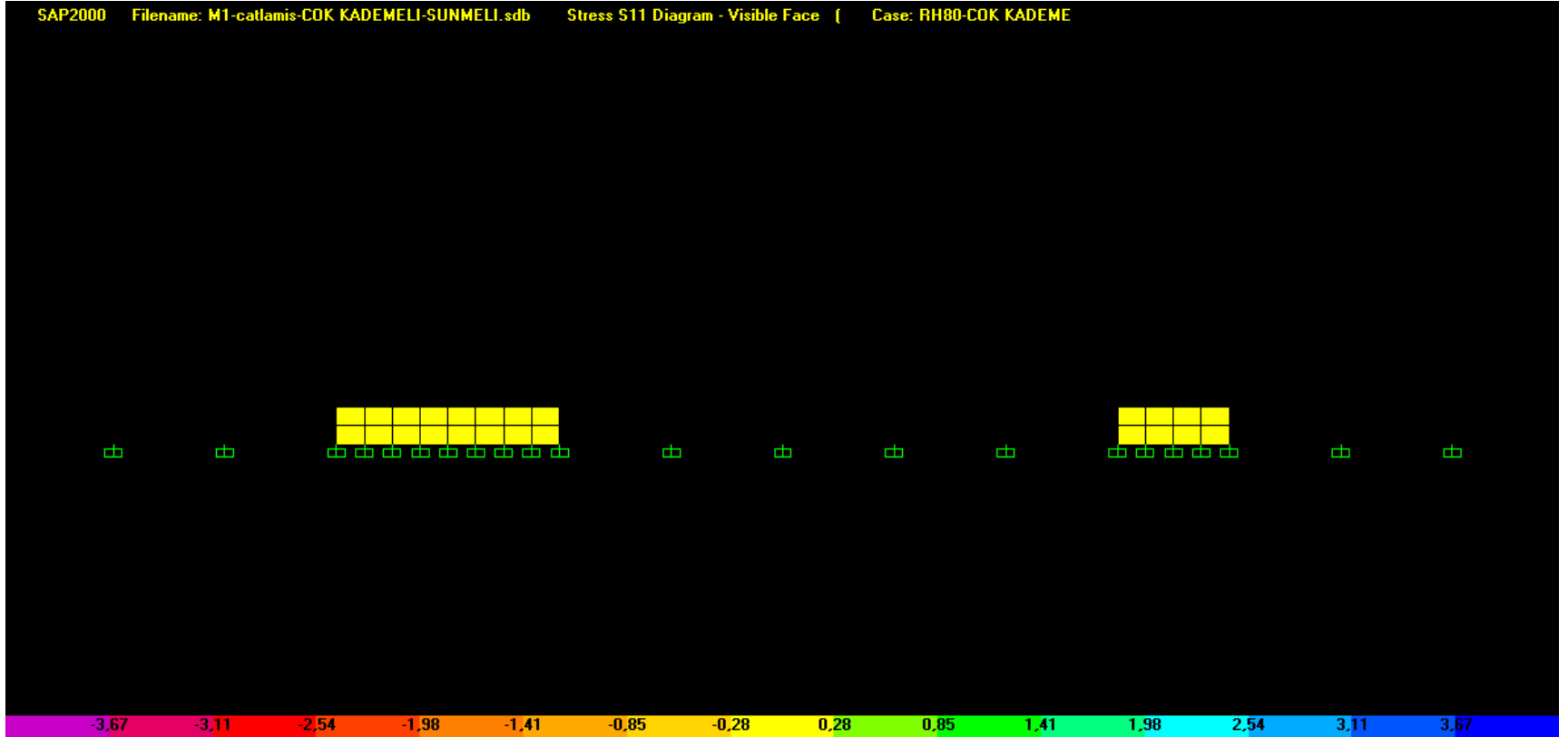


RH= %80 için Perde Kayma Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm²)



$$V_r = 0.22 f_{cd} = 3.67 \text{ Mpa}$$

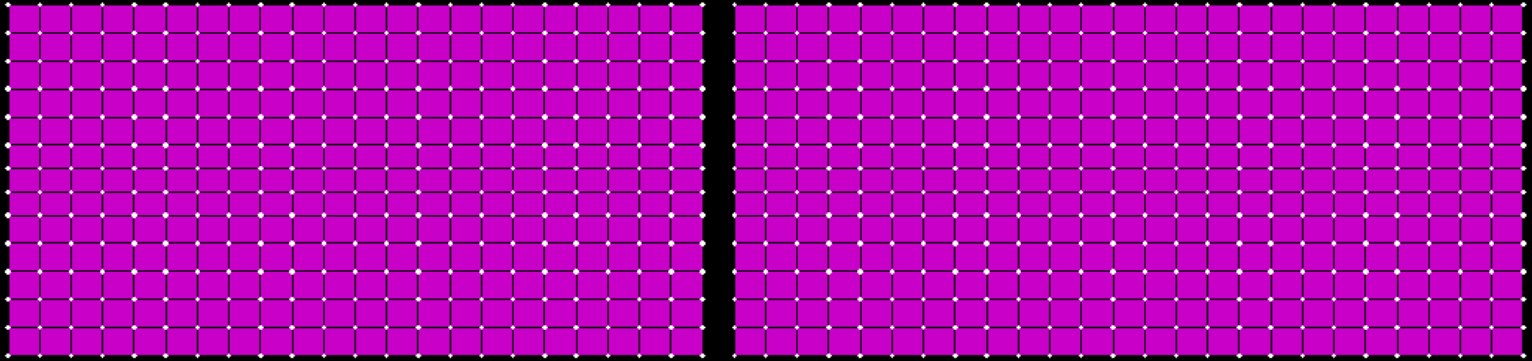
RH= %40 için Perde Kayma Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm2)



$$V_r = 0.22 f_{cd} = 3.67 \text{ Mpa}$$

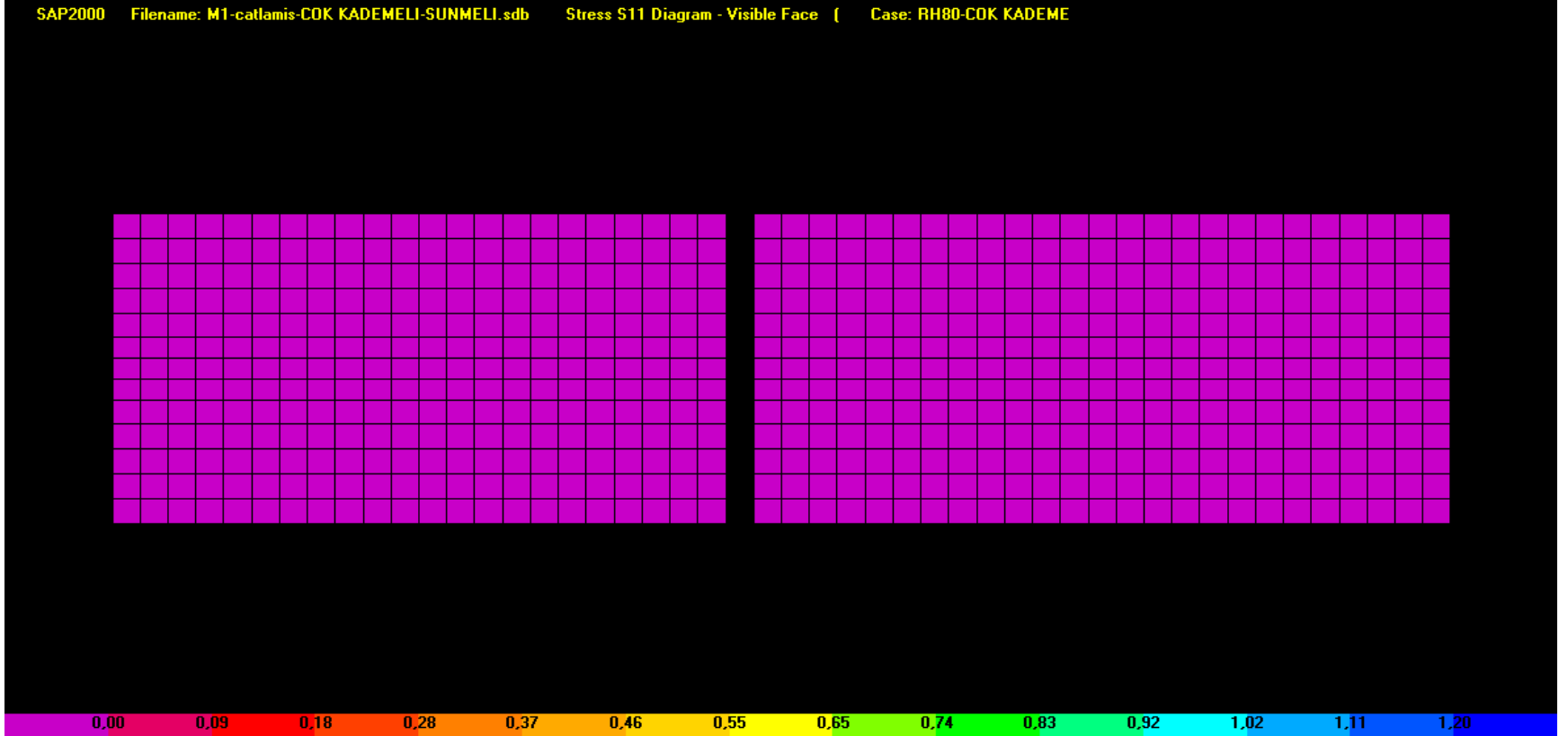
+3.00 Kotu Döşemesi Çekme Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm²)
RH=%80

SAP2000 Filename: M1-cattlamis-COK KADEMELI-SUNMELI.sdb Stress S11 Diagram - Visible Face [Case: RH80-COK KADEME



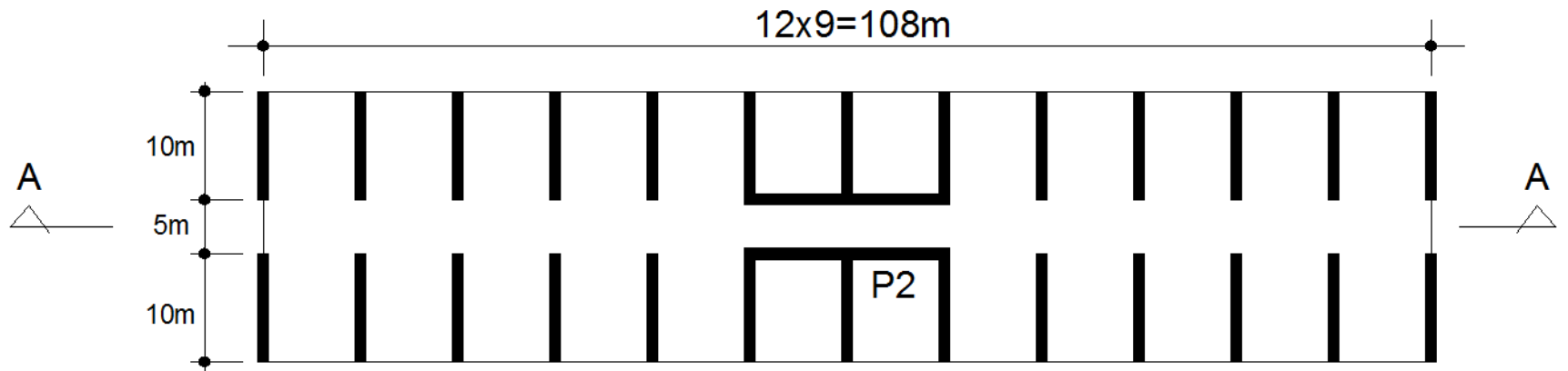
fctd = 1.20 Mpa

+3.00 Kotu Döşemesi Çekme Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm²)
RH=%40

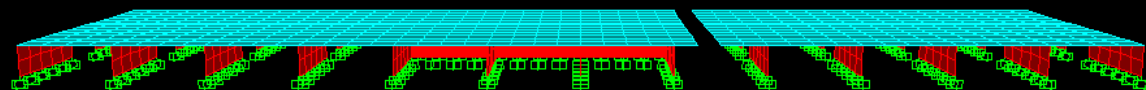


fctd = 1.20 Mpa

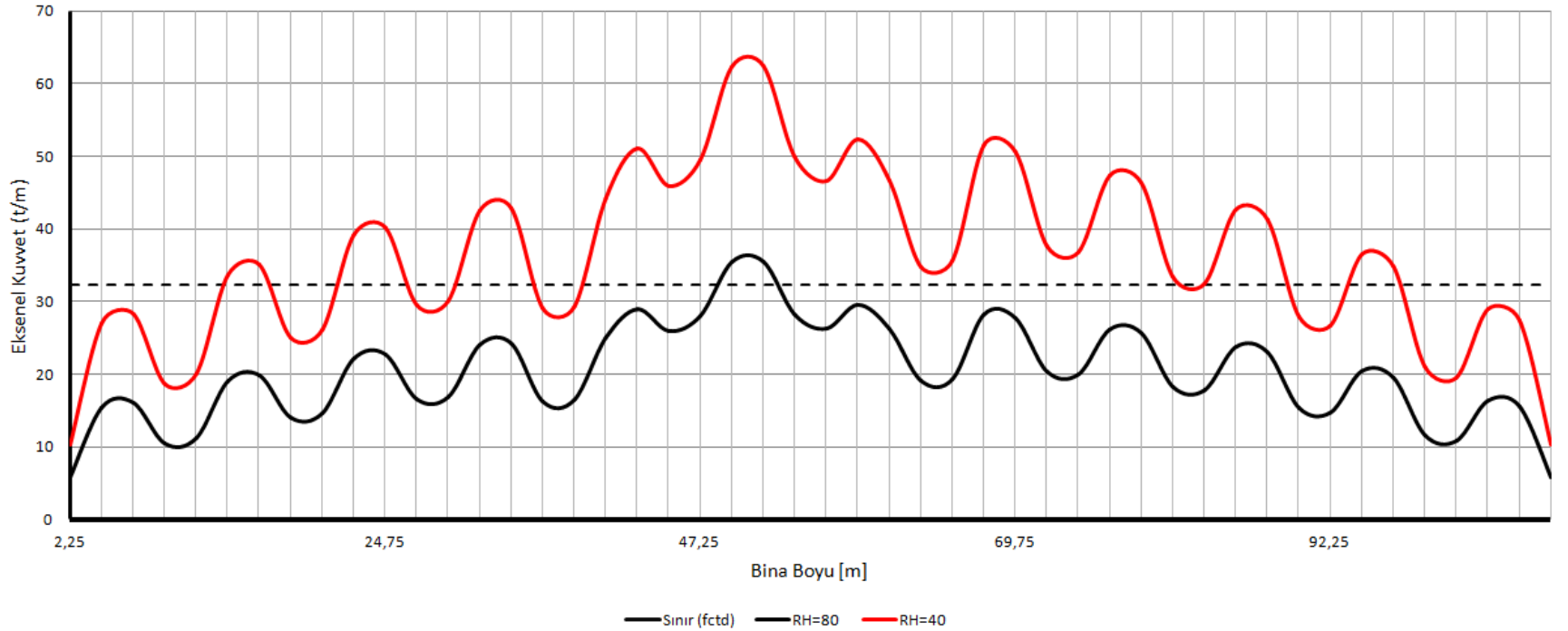
ALTERNATİF TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ



SAP2000 Filename: M2.sdb Deformed Shape Case: RH80-COK KADEME



1. KAT DÖŞEMESİ EKSENEL KUVVET KARŞILAŞTIRMASI (kademli inşaat + çatlamış kesit + sünme)



RH = %40 için

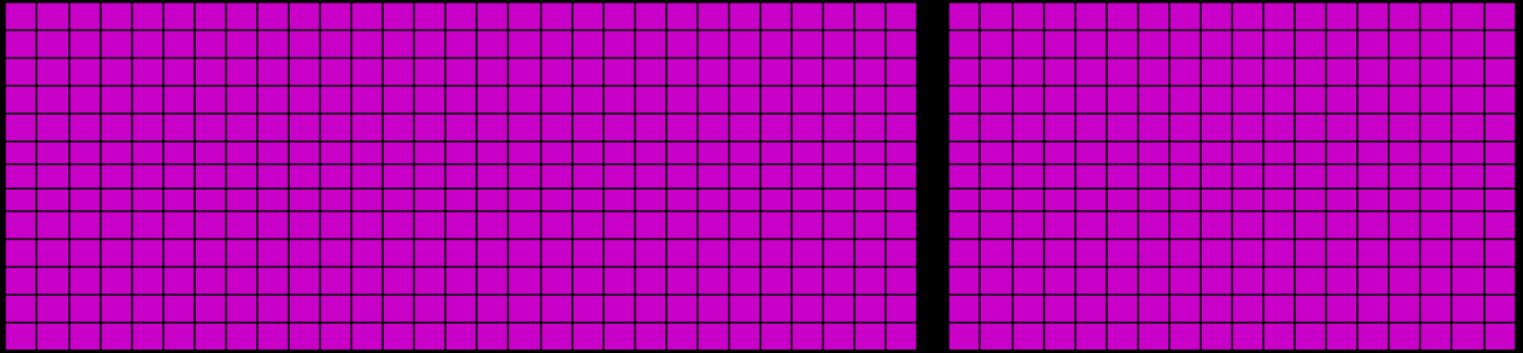
$As(\min) = 1.2 \cdot (60 / 3.65) = 16.4 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \Phi 16 / 200 \text{ alt-üst}$

RH = %80 için

$As(\min) = 1.2 \cdot (35 / 3.65) = 8.2 \text{ cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots \Phi 12 / 200 \text{ alt-üst}$

+3.00 Kotu Döşemesi Çekme Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm²)
RH=%80

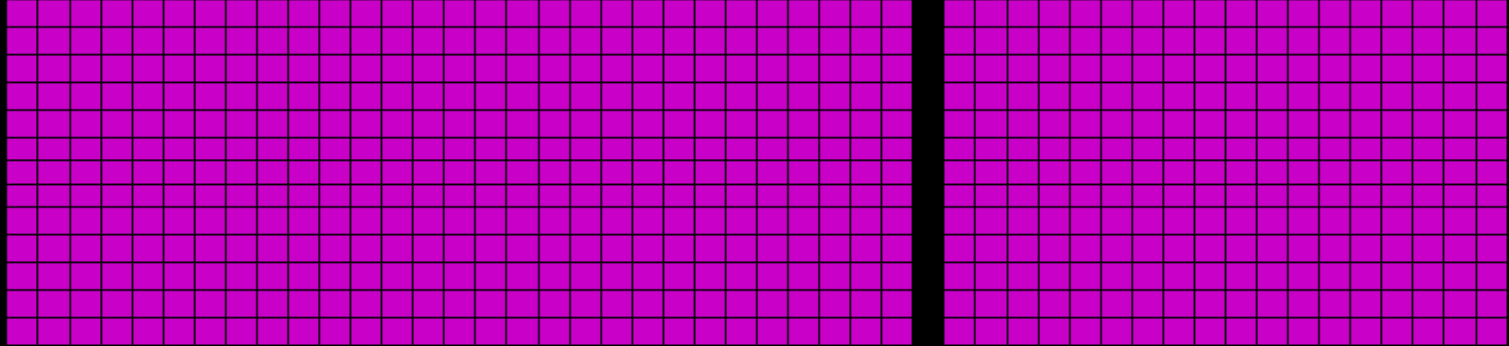
SAP2000 Filename: M2.sdb Stress S11 Diagram - Visible Face [Case: RH80-COK KADEME



fctd = 1.20 Mpa

+3.00 Kotu Döşemesi Çekme Gerilmelerinin Zamanla Değişimi (N/mm²)
RH=%40

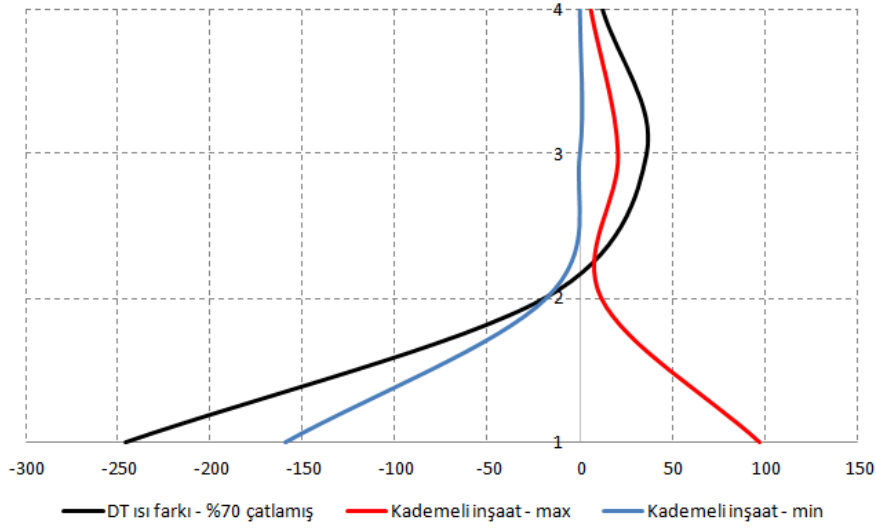
SAP2000 Filename: M2.sdb Stress S11 Diagram - Visible Face (Case: RH80-COK KADEME



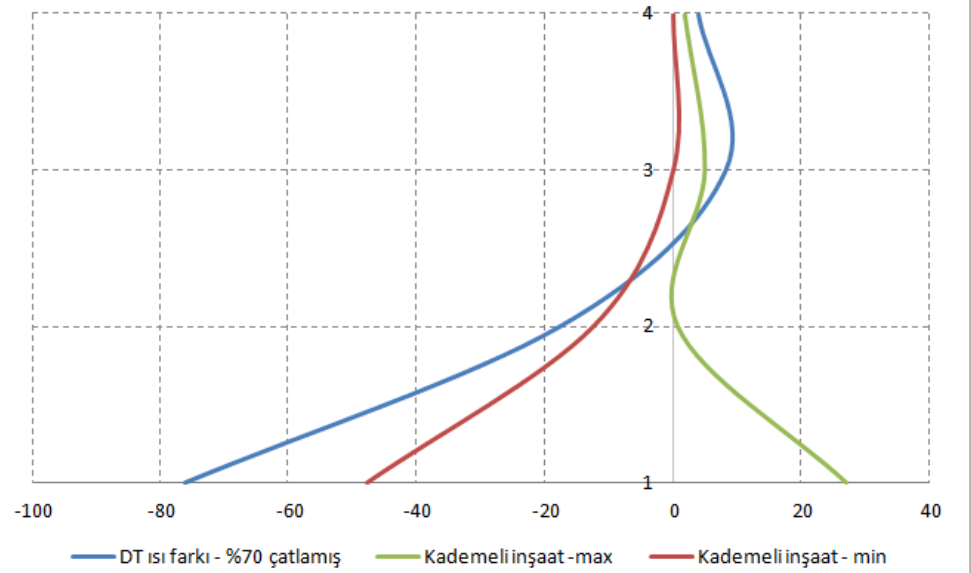
0,00 0,09 0,18 0,28 0,37 0,46 0,55 0,65 0,74 0,83 0,92 1,02 1,11 1,20

fctd = 1.20 Mpa

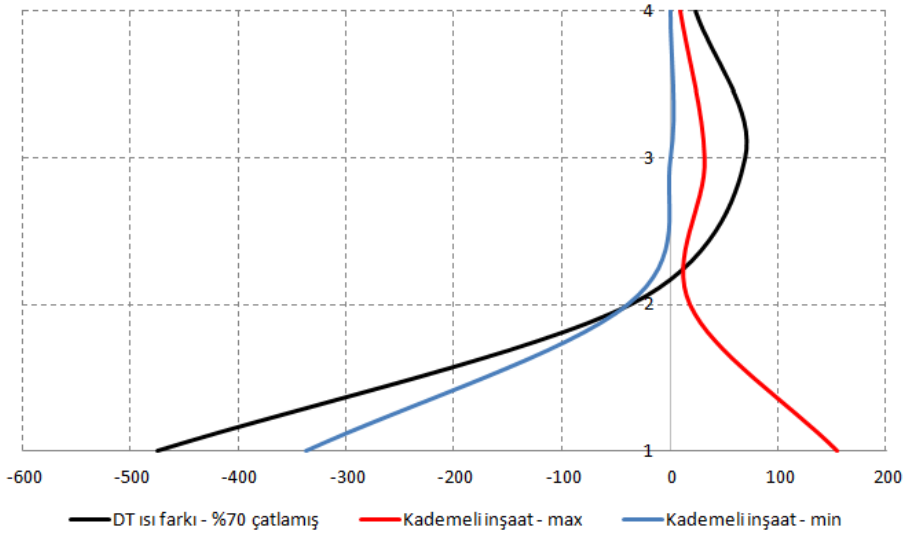
RH = %80 için Perde Eğilme Momentleri (tm)



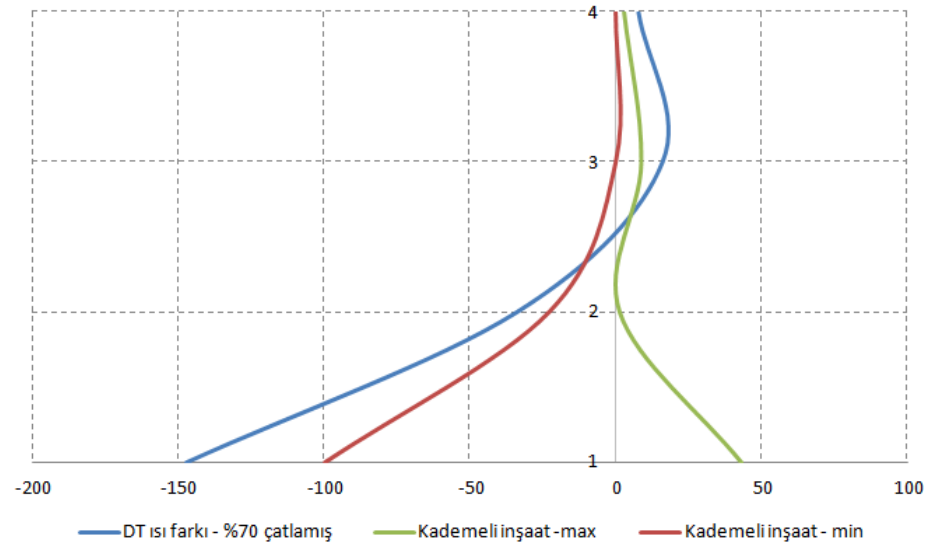
RH = %80 için Perde Kesme Kuvvetleti (ton)



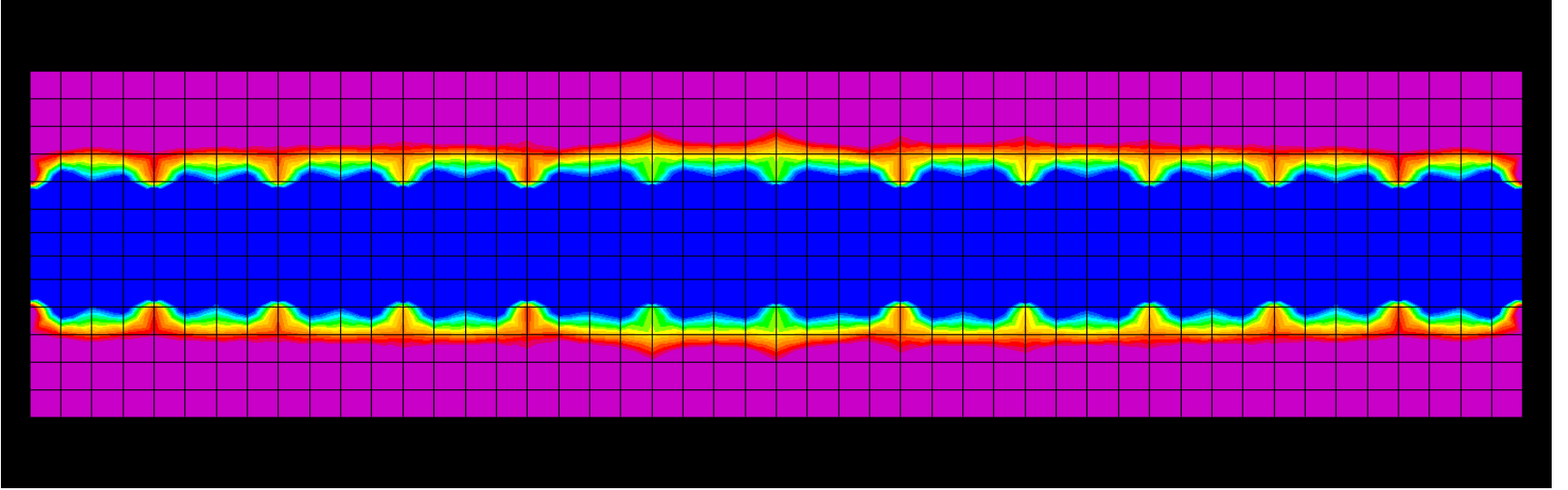
RH = %40 için Perde Eğilme Momentleri (tm)



RH = %40 için Perde Kesme Kuvvetleri (ton)



Kısa Doğrultuda İrdeleme



Alt-üst $\phi 12 / 200$ donatı ile karşılanabilecek çekme kuvveti : $P = 2 \times 5.65 \times 3.65 = 41$ ton