

TABLO — 1

	θ_B	θ_D	θ_E	θ_G	θ_H	θ_L	θ_M	θ_P	θ_R	θ_T	θ_U	θ_Z	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	sabit
ΣM_B^0	3,5330	1,5000											0,1065						14,38
ΣM_D^0	1,5000	5,4000	0,8000										-0,1125	0,9600					-19,25
ΣM_E^0		0,8000	4,6000	1,5000									-0,9600	0,9600					19,25
ΣM_G^0			1,5000	5,4000	0,8000									-0,1125	0,9600				-19,25
ΣM_H^0				0,8000	4,6000	1,5000								-0,9600	0,9600				19,25
ΣM_L^0					1,5000	5,4000	0,8000							-0,1125	0,9600				-19,25
ΣM_M^0						0,8000	4,6000	1,5000						-0,9600	0,9600				19,25
ΣM_P^0							1,5000	5,4000	0,8000						-0,1125	0,9600			-19,25
ΣM_R^0								0,8000	4,6000	1,5000					-0,9600	0,9600			19,25
ΣM_T^0									1,5000	5,4000	0,8000					-0,1125	0,9600		-19,25
ΣM_U^0										0,8000	4,6000	1,5000				-0,9600	0,9600		19,25
ΣM_Z^0											1,5000	5,4000	0,8000				-0,1125	0,9600	-19,25
ΣT_B^0	0,1065	-0,1125	-0,9600										1,1565	-0,1125					-2,90
ΣT_D^0		0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600								-0,1125	2,4960	-0,1125				-1,40
ΣT_E^0				0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600							-0,1125	2,4960	-0,1125			-1,40
ΣT_G^0					0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600							-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_H^0						0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600						-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_L^0							0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600					-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_M^0								0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600				-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_P^0									0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600			-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_R^0										0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600		-0,1125	2,4960	-0,1125		-1,40
ΣT_T^0											0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600		-0,1125	2,4960	-0,1125	-0,912
ΣT_U^0												0,9600	0,9600	-0,1125	-0,9600		-0,1125	2,4960	-0,912
ΣT_Z^0																			-0,912

δ translasyonları için işaret meselesine gelince : Çubukta bir ucun diğerine nazaran translasyonu soldan sağa doğru ise pozitif kabul edilmektedir. Böyle olduğu zaman çubuğun her iki ucunun kendilerinin bitiştiği düğüm noktasına tatbik ettikleri momentler o düğüm noktasını saat ibresi yönünde çevirmek isterler. Yani pozitif momentler doğar.

Prizmatik ve doğru eksenli çubuklar göz önüne alınırsa herhangi bir (i) düğüm noktasında birleşen (p) adet çubuk için moment denge denklemi şu şekildedir.

$$\sum_1^p \frac{4EI_p}{\ell_p} \theta_i + \sum_1^p \frac{2EI_p}{\ell_p} \theta_p + \sum_1^p \frac{6EI_p}{\ell_p^2} \delta_p + \sum_1^p M_p^o = 0$$

Burada M_p^o momenti ile yükten dolayı çubuk ucunun (i) düğüm noktasına tatbik ettiği tedahül momentini anlaşılar.

Aynı (i) düğüm noktasında yatay izdüşüm denklemi de şu şekildedir.

$$\sum_1^p \left[N_p^o \cos \alpha_p + T_p^o \sin \alpha_p \right] + \sum_1^p \frac{6EI_p}{\ell_p^2} \left[\theta_p + \theta_i \right] \sin \alpha_p + \sum_1^p \frac{12EI_p}{\ell_p^3} \delta_p \sin \alpha_p = 0$$

Burada N_p^o ve T_p^o tedahüllü sistemde çubuğun (i) düğüm noktasına tatbik ettiği normal kuvvet ve kesme kuvvetidir. α açısı da aynı çubuğun yatayla teşkil ettiği açıdır. Yönü trigonometride kabul edilen yöndür. Düşey izdüşüm denklemi de yukardaki gibidir. Açı, çubuğun düşeyle teşkil ettiği açıdır, ve yönü trigonometrideki yöndür.

Tatbikatta tesadüf edilen sistemlerde ekseriya kendi bünyesinde translasyona mâruz kalmayıp sulp cisim olarak intikali hareket yapan çubuklara veya çubuk sistemlerine tesadüf edilir. Bu gibi çubuk veya çubuk sistemleri için uçlarındaki düğüm noktalarının ayrı ayrı izdüşüm denge denklemlerini yazmağa lüzum yoktur. Sulp cisim olarak intikali hareket yapan kısmın heyeti umumiyesinin birden izdüşüm denge denklemlerini yazmak yeter. Normal binalarda aynı kattaki kolonların translasyonları eşit olduğundan kat kirişleri bu durumdadırlar. Bu halde düşey doğrultuda hareket olmadıgından düşey izdüşüm denklemi yazmağa lüzum yoktur.

Şimdi Relaxation metodunu pratikte büyük değeri olan bir probleme tatbik edeceğiz. Tekstil fabrikalarında suhnet ve rutubetin sabit tutulması için içeriye güneş ışığının doğrudan doğruya girmesi istenmez. Bu sebepten şed pencereleri kuzey yarım küresinde kuzeye yönlü olarak tertiplenir. Ortaya testere dişi şekli mütemadi bir çerçeve çıkar. Bu çerçevenin ilk iki kolunu hariç, diğerlerinin translasyon miktarları birbi-

rinden farklıdır. Bu sebepten problemin diğer iterasyon metotları ile çözümü büyük güçlük gösterir.

Relaxation metodu ile problemin çözümü için B, D, E, G, H, L, M, P, R, T, U, Z, düğüm noktalarında 12 adet moment denge denklemi, sulp cisim olarak intikali hareket yapan BD, EG, HL, MP, RT, UZ, çubuklarının iki uçlarına mücavir çubukların (kolonların) tatbik ettikleri kesme kuvvetlerinin tesiri altında bu mail çubukların dengesini ifade eden altı adet yatay izdüşüm denge denklemi yazılmıştır. Tablo 1, son kolon hariç, diğerlerindeki katsayılar konstrüksiyonun ebadına bağlıdır. Son kolon yük ile ilgilidir. Yük değiştiği zaman tabloda yalnız bu kolon değişir. Konstrüksiyonun ebadına bağlı olan katsayılar Maxwel teoremi dolayısıyla asal diyagonale nazaran simetrik-tir.

Tablodan θ ve δ ları hesaplamak için takip edilecek birkaç iterasyon yolu vardır. Bir tanesi şu şekildedir: Birinci satırdan θB yi bulmak isteyelim θD ve δ i

$$\text{sıfır kabul edelim. } \theta B = \frac{-17,38}{3,533} \text{ buluruz.}$$

θB nin bu değerini ikinci ve 13 üncü satırlarda yerlerine koyalım; ikinci satırda θE , δ_1 ve δ_2 yi sıfır kabul ederek θD için adedi bir değer buluruz. Bu ameliyeyi müteakip satırlarda tekrarlamak suretiyle ilk devirde θ ve δ lar için takribi bir değer bulunmuş olur. İkinci devirde θ ve δ lar için kullanılacak takribi değerler artık sıfır değildir. Birinci devirde bulduğumuz değerlerdir. Bunlardan istifade ederek ikinci devirde bulacağımız değerler hakikate daha yakın olurlar.

Bu ameliyenin kolaylıkla icrası için şu şekilde bir tablo tanzim edilir: (2 No. 1 Tablo). Bu tablonun satır ve sütun sayısı bir numaralı tablonun aynıdır. Asal diyagonal üzerindeki hanelere hiçbir sayı yazılmaz. (1 No. 1 tablonun) her hangi bir satırındaki bir haneyi düşünelim. Bu hanedeki θ yahut δ nın bir katsayısı vardır. Bu katsayı kendi sütunu üzerindeki asal diyagonalde mevcut θ veya δ nın katsayısına bölünür. Bulunan rakam, işareti değiştirilerek 2 No. 1 tabloda aynı hanenin üst köşesine yazılır. Bu sayılar 2 No. 1 tabloda kendi hanesinde kalın çizgili dikdörtgenler içinde gösterilmiştir. Bundan sonra 1 No. 1 tablonun birinci satırında (diyagonal üzerindeki hane hariç), diğer hanelerde θ ve δ lar sıfır kabul edilerek bulunacak rakamlar toplanır. Toplamda θ ve δ ların bulunacağı hanelerdeki rakamlar sıfır olacağı için yalnız yük sabitleri hanesindeki rakam toplamı teşkil etmiş olur. Bu rakam (2 No. 1 tablonun) birinci sütununda kalın dikdörtgenler içinde gösterilen rakamlarla çarpılarak hemen altlarına yazılır.

Bu şekilde iterasyona devam edilir. Misâlimizde iterasyonun 4 üncü devrinde bulunan θ ve δ larla elde edilen momentler % 2 ye yakın hata ile doğrudurlar.

Bu problemde yük olarak sabit yüklerle, kolon başlarına soldan tesir eden zelzele kuvveti ve ilk kolo-

...İNCELEMELER

	θ_B	θ_D	θ_E	θ_G	θ_H	θ_L	θ_M	θ_P	θ_R	θ_T	θ_U	θ_Z	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	Yük sabitleri
$\sum M=0_B$		-0,278 +7,40 +9,50 +10,20 +10,40											-0,06 +0,13 +0,12 +0,11 +0,11						17,38
$\sum M=0_D$			-0,174 -4,04 -5,40 -5,75 -5,88										+0,410 -0,84 -0,85 -0,79 -0,72	-0,385 +0,44 +0,29 +0,15 +0,07					-19,25
$\sum M=0_E$				-0,148 +3,94 +5,07 +5,43 +5,53									+0,547 -1,15 -1,14 -1,05 -1,96	-0,385 +0,44 +0,29 +0,15 +0,07					+19,25
$\sum M=0_F$					-0,326 -7,56 -10,10 -10,80 -11,02	-0,174 -4,04 -5,46 -5,85 -5,98							+0,288 -0,32 -0,22 -0,11 -0,05	-0,385 +0,21 +0,08 +0,04 +0,12					-19,25
$\sum M=0_H$						-0,148 +3,96 +4,95 +5,30 +5,37	-0,278 +7,45 +9,30 +9,35 +10,15						+0,385 -0,44 -0,29 -0,15 -0,07	-0,385 +0,21 +0,08 +0,04 +0,15					+19,25
$\sum M=0_L$							-0,326 -7,56 -10,20 -10,95 -11,20	-0,174 -4,04 -5,50 -5,90 -6,02					+0,288 -0,16 -0,06 +0,03 +0,09	-0,385 +0,74 +0,03 +0,17 +0,25					-19,25
$\sum M=0_M$								-0,148 +3,96 +4,95 +5,30 +5,40	-0,278 +7,43 +9,33 +10,03 +10,20				+0,385 -0,21 -0,09 +0,04 +0,12	-0,385 +0,14 +0,03 +0,17 +0,21					+19,25
$\sum M=0_P$									-0,326 -7,56 -10,30 -11,03 -11,27	-0,174 -4,04 -5,50 -5,86 -5,99				+0,288 -0,11 -0,02 +0,12 +0,19	-0,385 +0,12 +0,34 -0,44 -0,43				-19,25
$\sum M=0_R$										-0,148 +3,96 +4,97 +5,35 +5,43	-0,278 +7,45 +9,45 +10,02 +10,19				+0,385 -0,14 -0,03 +0,17 +0,25	-0,385 +0,12 +0,34 -0,44 -0,43			+19,25
$\sum M=0_T$											-0,326 -7,56 -10,30 -10,98 -11,23	-0,174 -4,04 -6,00 -6,43 -6,51				+0,288 -0,09 +0,26 +0,33 +0,32	-0,556 -0,32 -0,08 -0,06 -0,07		-19,25
$\sum M=0_U$												-0,148 +3,96 +5,03 +5,33 +5,42	-0,395 +10,60 +12,10 +12,35 +12,43				+0,385 -0,12 +0,34 +0,44 +0,43	-0,556 -0,32 -0,08 -0,06 -0,07	+19,25
$\sum M=0_Z$														-0,326 -7,56 -11,20 -12,05 -12,20				-0,139 -0,08 -0,02 -0,01 -0,02	-19,25
$\sum T=0_{BD}$	-0,030 -0,52 -0,75 -0,81 -0,83	+0,133 -3,54 -4,56 -4,88 -4,97	+0,209 +4,85 +6,48 +6,90 +7,06											-0,308 -0,35 -0,23 -0,12 -0,06					-2,90
$\sum T=0_{EG}$		-0,178 +4,74 +6,10 +6,53 +6,65	-0,209 -4,85 -6,48 -6,90 -7,06	+0,133 -3,56 -4,45 -4,75 -4,83	+0,209 +4,85 +6,56 +7,03 +7,19								+0,437 -0,92 -0,91 -0,84 -0,77	+0,308 -0,17 -0,06 +0,03 +0,10					-1,40
$\sum T=0_{HL}$				-0,178 +4,76 +5,96 +6,35 +6,46	-0,209 -4,85 -6,56 -7,03 -7,19	+0,133 -3,56 -4,45 -4,76 -4,85	+0,209 +4,85 +6,60 +7,07 +7,23						+0,308 -0,35 -0,23 -0,12 -0,06	+0,308 -0,12 -0,02 -0,13 -0,20					-1,40
$\sum T=0_{MP}$						-0,178 +4,76 +5,96 +6,36 +6,50	-0,209 -4,85 -6,60 -7,07 -7,23	+0,133 -3,56 -4,46 -4,80 -4,88	+0,209 +4,85 +6,60 +7,04 +7,20				+0,308 -0,77 -0,06 +0,03 +0,10	+0,308 -0,10 +0,27 +0,35 +0,34					-1,40
$\sum T=0_{RT}$								-0,178 +4,76 +5,97 +6,43 +6,53	-0,209 -4,85 -6,60 -7,04 -7,20	+0,133 -3,56 -4,52 -4,78 -4,87	+0,209 +4,85 +7,20 +7,73 +7,81				+0,308 -0,12 -0,02 -0,13 -0,20	+0,308 -0,10 +0,26 +0,04 +0,05			-1,40
$\sum T=0_{UZ}$										-0,178 +4,76 +6,05 +6,42 +6,52	-0,209 -4,85 -7,20 -7,73 -7,81	-0,063 +1,68 +1,93 +1,97 +1,98				+0,308 -0,10 +0,27 +0,35 +0,34			-0,912

TABLO : 2

na soldan tesir eden rüzgâr kuvveti alınmıştır. Normal binalarda (aynı katta 8 lar aynı) rüzgâr ve zele kuvvetlerinin soldan veya sağdan tesir etmeleri halinde kesitlerdeki tesirler mutlak değerde değişmez. İşaretçe değişir. Bu sistemde mutlak değerce de değişir. Onun için bu sistemin Kani metodu ile çözümü mümkün değildir.

Kleinlogel'in meşhur kitabında bu çeşit problemlerin çözümü için yüzlerce emsalin hesabı icabetmektedir. Bu kadar çok emsalin hesabında adedi hata yapılması kuvvetle muhtemeldir. Hesabın devamı sırasında yapılan hatânın kendi kendine kontroluna imkân yoktur. Halbuki Relaxation metodunda iterasyon sırasında yapılacak her hangi adedi bir hata iterasyonun müteakip devrinde kendiliğinden meydana çıkar; istenirse hatalı devir tashih edilerek hesap yeniden yapılır, yahut da tashih yapılmadan hesaba devam olunur.

İterasyonun müteakip devirlerinde bu hata erir gider. Ancak iterasyon birkaç devir uzamış olur. Diğer iterasyon metodlarından Kani metodu da bu hassayı hazırlar.

Eğri eksenli ve prizmatik olmayan çubuklardan müteşekkil sistemlerin denge denklemleri yukarıdakilere benzer lineer cebrik denklem takımı halinde olduğundan bunlara da Relaxation metodu ile çözülebilmektedir.

Relaxation metodu âdi ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerle ifade edilen bazı inşaat mühendisliği problemlerine de tatbik edilmiştir. Bunun için özel eserlere müracaat zaruridir. Misâl olarak : Silindirik kabukların bu metodla hesabı Doktor Mühendis Enver Çetmeli'nin «Silindirik kabukların Relaxation metodu ile çözümü» adındaki doktora kitabında incelenmiş ve şemalar halinde verilmiştir.

