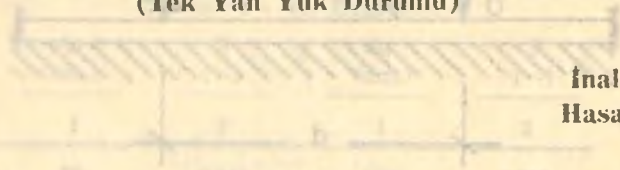


# Demiryol Üstyapısında Uzun Kiriş ve Jaehn Hesaplamalarının Karşılaştırılması (Tek Yan Yük Durumu)



İnal SEÇKİN<sup>1)</sup>  
Hasan TANIŞ<sup>2)</sup>

## 1 — Giriş :

Düşey tekil tekerlek yükünün rayda meydana getirdiği eğilme momenti için Klâsik Uzun Kiriş ve Jaehn hesaplama esaslarının karşılaştırılması daha önceki bir çalışmanın konusunu teşkil ediyordu [1].

Orada da belirlenmiş olduğu gibi, bir demiryol taşıtının dingil konumunu meydana getiren tekerlek gurubu için, bir tanesinin düşeyindeki ray eğilme momentinin tesbitinde ona komşu bulunan yan yüklerin katkısını da gözönünde tutmak çoğunlukla gerekli olmaktadır [2].

Bu çalışmada tek bir yan yükün mevcudiyeti karşılığında, adı geçen iki hesaplamanın, orada beliren parametrelerin değişme aralıkları gözönünde tutularak karşılaştırılması amaç güdülmektedir.

Hesaplamalarda esas alınan yükün iki yanında birer yan yükün katkısının tesbiti ile beliren durum için karşılaştırma ise bir başka çalışmanın konusunu teşkil edecektir.

Yükler, yukarıda belirtilen daha önceki çalışmada da olduğu gibi, hareketsiz, yani statik konumda ele alınmaktadırlar.

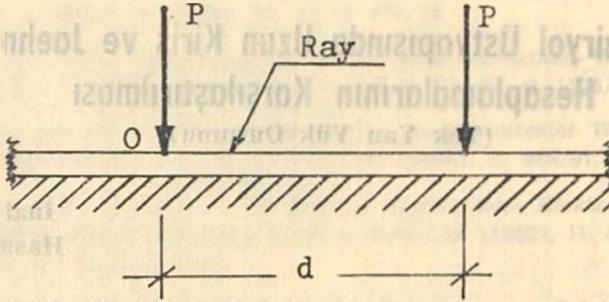
## 2 — Bir Tekil Yükün Etkime Noktasındaki Ray Eğilme Momentinin Tesbitinde Bir Yan Tekil Yükün Katkısının da Göz Önüne Alınması :

Jaehn hesaplama formülünün çıkartılmasında esas alınan yük ile yan yük değerinin, uygulamada çoğunlukla demiryol taşıtları tekerlek yük-

1) Doç. Dr., İ.T.Ü. Müh. Mfm. Fakültesi Ulaştırma ve Trafik Kürsüsü.

2) Asist., S.D.M.M. Akademisi Ulaştırma ve Trafik Kürsüsü.

lerinin yaklaşık bu durumda bulunmalarına dayalı olarak eşit değerde alınmış oldukları bilinmektedir [3]. Bu duruma bağlı kalınarak, (Şekil: 1) de görüldüğü gibi, (d) aralıklı iki P yükünden öncekinin esas yük ola-



(Şekil: 1)

arak alındığını ve ray eğilme momentinin bunun etkime noktası olan 0 da hesaplanmak istendiğini düşünelim. Jaehn'e göre ray eğilme momenti,

$$M_j = \beta \cdot P \cdot a \quad (1)$$

olarak yazılabilir. Burada,

$\beta$ = Dingil aralığı katsayısı .....	(-)
P = Tekil yükler .....	(ton)
a = Travers aralığı .....	(cm.)
$M_j = 0$ noktasındaki ray eğilme momenti .....	(tcm)

olarak verilmektedir.

$\beta$  dingil aralığı katsayısı için, Jaehn formülü gereği esas alınan P yükünden önce 280 cm. uzaklıkta bir başka aynı değerde yük varmış gibi düşünerek, yani,

$$d_m = \frac{280 + d}{2} = 140 + \frac{d}{2} \quad (2)$$

olarak ortalama dingil aralığının tesbiti gerekli olmaktadır [4].

( $\beta$ ) nın tarifi olarak,

$$80 \leq d_m \leq 112 \text{ cm. için} \quad \beta = 0,434 \frac{d_m}{430} \quad (3)$$

$$112 \leq d_m \leq 140 \text{ cm. için} \quad \beta = 0,174 \quad (4)$$

$$140 \leq d_m \leq 280 \text{ cm. için } \beta = 0,057 + \frac{d_m}{1200} \quad (5)$$

$$d_m \leq 280 \text{ cm. için } \beta = 0,29 \quad (6)$$

verilebilir. Bu tariflemeye göre  $d_m$  değerlerine bağlı olarak hesaplanan ( $\beta$ ) değerleri (Tablo: 1) de verilmektedir.

Tablo : 1- ( $\beta$ ) Değerleri

$d_m$ (cm.)	$\beta$ (-)	$d_m$ (cm.)	$\beta$ (-)
1	2	1	2
80	0,248	190	0,215
90	0,225	200	0,224
100	0,201	210	0,232
110	0,178	220	0,232
120	0,174	230	0,249
130	0,174	240	0,257
140	0,174	250	0,265
150	0,182	260	0,274
160	0,190	270	0,282
170	0,199	280	0,290
180	0,207	300	0,290

(2) bağıntısında ( $d$ ) dingil aralığı için en küçük değer  $d=100$  cm. den başladığı düşünülürse, ( $d_m$ ) için en küçük değer,

$$d_m = 140 + \frac{100}{2} = 190 \text{ cm.}$$

olacaktır.

( $\beta$ ) nın en büyük değeri  $d_m=280$  cm. karşılığı 0,29 olarak belirdiğine ve ondan sonra da bu değer sabit kaldığına göre, buna karşılık gelen ( $d$ ) değeri,

$$d_m = 280 = 140 + \frac{d}{2}$$

bağıntısından  $d=280$  cm. bulunur.

Klâsik uzun kiriş hesaplamasına göre (Şekil: 1) deki 0 tatbik noktasında beliren ray eğilme momenti, yan yük ( $P$ ) nin de katkısı ile,

$$M_k = \frac{P \cdot L}{4} (1 + \mu) \quad (7)$$

olarak yazılabilir [2]. Burada,

- P : Tekil yükler ..... (ton)  
 L : Elâstik boy ..... (cm.)  
 M<sub>2</sub> : 0 noktasındaki ray eğilme momenti ..... (tcm)

olarak verilmektedir.

(μ) ise boyutsuz olarak karakteristik değeri belirlemektedir. Bu değer,

$$\frac{X}{L} = \xi \quad (8)$$

alındığında,

$$\mu = e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) \quad (9)$$

bağıntısı ile tanımlanır.

(ξ) değişimine bağlı olarak hesaplanmış (μ) değerleri (Tablo: 2) de tertiplenmiştir.

Tablo: 2— (μ) Değerleri

ξ (—)	μ (—)	ξ (—)	μ (—)	ξ (—)	μ (—)
1	2	1	2	1	2
0,0	1,00	1,2	-0,17	2,4	-0,13
0,1	0,81	1,3	-0,19	2,5	-0,11
0,2	0,64	1,4	-0,20	2,6	-0,10
0,3	0,49	1,5	-0,21	2,7	-0,09
0,4	0,36	1,6	-0,21	2,8	-0,08
0,5	0,24	1,7	-0,20	2,9	-0,07
0,6	0,14	1,8	-0,20	3,0	-0,06
0,7	0,06	1,9	-0,19	3,1	-0,05
0,8	-0,01	2,0	-0,18	3,2	-0,04
0,9	-0,07	2,1	-0,17	3,3	-0,03
1,0	-0,11	2,2	-0,15	3,4	-0,02
1,1	-0,15	2,3	-0,14	3,5	-0,02

(1) ve (7) bağıntılarından oranlamak yolu ile,

$$q = \frac{M_j}{M_k} = \frac{4\beta a}{L(1+\mu)} \quad (10)$$

elde edilir. Elâstik boy ise,

$$L = \sqrt{\frac{4EI}{b \cdot C}} \quad (11)$$

olarak belirlidir. Burada,

- E : Kiriş malzemesi elästiklik modülü ..... (kg/cm<sup>2</sup>)  
 I : Ray enkesitinin ağırlık merkezinden geçen yatay  
 eksene göre atalet momenti ..... (cm<sup>4</sup>)  
 b : Kiriş hesap genişliği ..... (cm.)  
 C : Yatak katsayısı ..... (kg/cm<sup>3</sup>)

olmaktadır. Kiriş hesap genişliği,

$$b = \frac{2 \cdot b_1 \cdot t}{a} \quad (12)$$

olarak hesaplanır. Bu son bağıntıda da,

- b<sub>1</sub> : Travers enkesiti taban genişliđi ..... (cm.)  
 t : Traversin ray altında yük nakletme yarı uzunluğu .. (cm.)  
 a : Travers aralığı ..... (cm.)

yazılır.

(12) bağıntısı gözönünde tutulursa (11) bağıntısı,

$$L = \sqrt[4]{\frac{2E \cdot I \cdot a}{b_1 \cdot t \cdot C}} \quad (13)$$

biçimini alır. Bu durumda (10) bağıntısından,

$$q = \frac{4\beta a}{1 + \mu} \sqrt[4]{\frac{b_1 \cdot t \cdot C}{2E \cdot I \cdot a}} \quad \text{devamla}$$

$$q = \frac{4\beta}{1 + \mu} \sqrt[4]{\frac{b_1 \cdot t \cdot C \cdot a^3}{2E \cdot I}} \quad (14)$$

yazılabilir. Bu bağıntıda fazla değişmiyen faktörler olarak, ray çeliğine ait  $E = 2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>,  $b_1 \cong 25$  cm.,  $t \cong 50$  cm.,  $a \cong 62$  cm. alınıp yerlerine yerleştirilir ve düzenlenirse

$$q = 11,608 \frac{\beta}{1 + \mu} \sqrt[4]{C/I} \quad (15)$$

elde edilir.

Bu noktadan itibaren çalışma önce ray atalet momentleri (1) yönünden dallandırılmaktadır.

### 2.1 — Hafif raylar için ( $I=1500 \text{ cm}^4$ ):

Bu atalet momenti değeri (15) bağıntısında yerleştirilir ve düzenlenirse,

$$q = 1,865 \frac{\beta}{1 + \mu} \sqrt[4]{C} \quad (16)$$

yazılabilir. Buradan sonra (C) yatak katsayısı yönünden bir dallanma yapabilmek için klâsik anlamda enine traversli, balastlı, demiryol üstyapısı için, genellikle geçerli,

$$2 \leq C \leq 10 \text{ kg/cm}^3$$

eşitsizliğinin gözönünde tutulması gerekli olacaktır.

#### 2.1.1 — $C=2 \text{ kg/cm}^3$ değeri için :

(16) bağıntısında bu değer yerine yerleştirilirse,

$$q = 2,218 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (17)$$

bağıntısı belirlenir.

Elâstik boy değeri olarak (13) bağıntısından,

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 10^6 \times 1500 \times 62}{25 \times 50 \times C}} = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 15 \times 62}{25 \times 50}} \times 10^2 \times \sqrt[4]{1/C}$$

$$L = 132,96 \times \sqrt[4]{1/2} = 132,96 \times 0,841 = 111,74 \approx 112 \text{ cm.}$$

bulunur.

#### 2.1.2 — $C=5 \text{ kg/cm}^3$ değeri için :

Gene (16) bağıntısında bu değer yerleştirilmesiyle,

$$q = 2,789 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (18)$$

bağıntısı elde edilir. (13) bağıntısından,

$$L = 132,96 \times \sqrt[4]{1/5} = 132,96 \times \sqrt[4]{1/5} = 132,96 \times 0,669 = 88,950 \approx 89 \text{ cm.}$$

bulunur.

### 2.1.3 — C=7 kg/cm<sup>3</sup> değeri için :

Benzer yolla (16) bağıntısından,

$$q = 3,034 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (19)$$

elde edilir. (13) bağıntısından ise,

$$L = 132,96 \times \sqrt[4]{1/C} = 132,96 \times \sqrt[4]{1/7} = 132,96 \times 0,615 = 81,77 \approx 82 \text{ cm}$$

bulunur.

### 2.1.4 — C=10 kg/cm<sup>3</sup> değeri için :

Benzer biçimde (16) ve (13) bağıntılarından,

$$q = 3,316 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (20)$$

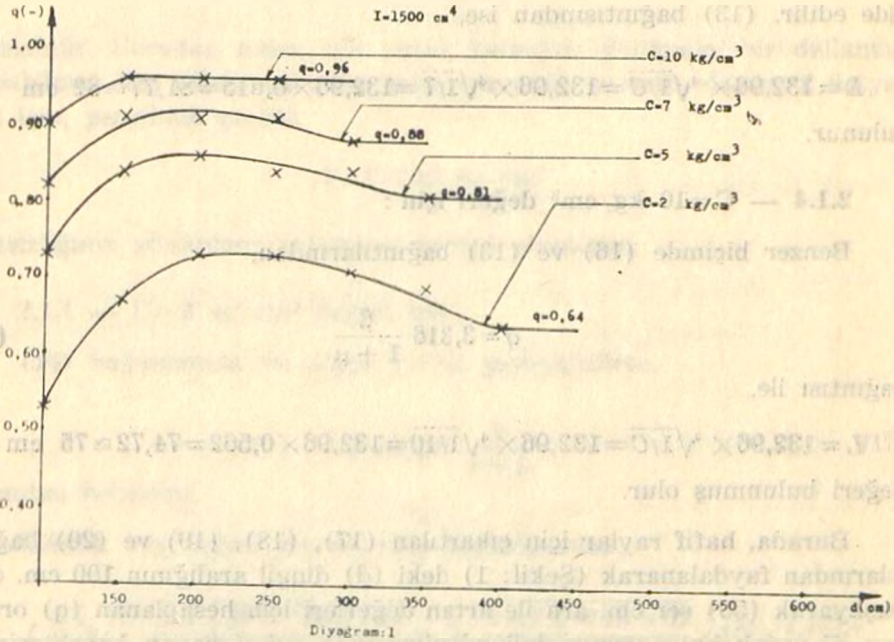
bağıntısı ile,

$$L = 132,96 \times \sqrt[4]{1/C} = 132,96 \times \sqrt[4]{1/10} = 132,96 \times 0,562 = 74,72 \approx 75 \text{ cm}$$

değeri bulunmuş olur.

Burada, hafif raylar için çıkartılan (17), (18), (19) ve (20) bağıntılarından faydalanarak (Şekil: 1) deki (d) dingil aralığının 100 cm. den başlayarak (50) şer cm. ara ile artan değerleri için hesaplanan (q) oranları, C yatak katsayısının dallandırılmasında rol oynayan karakteristik 4 değer için toplu biçimde (Tablo: 5) de verilmektedir. Yukarıda adı geçen bağıntılardaki ( $\beta$ ) değişkeninin tesbiti için, seçilen (d) dingil aralığı değerlerine bağlı olarak (2) bağıntısı ile belirlenen ( $d_m$ ) ortalama dingil aralığı ara değerlerinin hesaplanması yolu ile (3), (4), (5) ve (6) bağıntılarından ve bunlara bağlı olarak verilmiş (Tablo: 1) den faydalanılmıştır (Tablo: 3). Gene bu husustaki hafif ray gurubu için belirlenen (4) adet (q) bağıntısındaki diğer değişken ( $\mu$ ) nün tesbiti için, (C) ye bağlı her gurupta, (d) ve (L) değerlerinden (8) bağıntısına göre hesaplanan ( $\xi$ ) değerlerine bağlı olarak (9) bağıntısından ve bu bağıntıya dayalı olarak tertip edilmiş (Tablo: 2) den faydalanılmıştır. (d) dingil aralığı değerlerine bağlı olarak karakteristik (q) bağıntılarındaki ( $\mu$ ) değişkenlerinin aldığı değerler (Tablo: 4) de verilmektedir. (Tablo: 5) de (d) dingil aralıklarına bağlı olarak ve yukarıda anlatılan biçimde belirlenen (q) değerlerine ait, C=2-5-7-10 kg/cm<sup>3</sup> için değişim eğrileri (Diyağram: 1) de verilmektedir.

Burada incelenen hafif raylar gurubundaki ilerleyiş biçimine tamamen benzer olarak, orta ağır, ağır ve aşırı ağır ray gurupları için, (C) ni yukarıda olduğu gibi dallandırılmasına bağlı biçimde, (16) bağıntısından faydalanarak belirlenen ( $q$ ) bağıntıları ile (13) bağıntısından hareketle bulunan ( $L$ ) değerleri aşağıda verilmektedir.



## 2.2 — Orta ağır raylar için ( $I \approx 2500 \text{ cm}^4$ ):

Buradaki atalet momenti değeri (15) bağıntısında yerine yerleştirilip düzenlenerek,

$$q = 1,642 \frac{\beta}{1 + \mu} \sqrt[4]{C} \quad (21)$$

bağıntısı elde edilir.

### 2.2.1 — $C=2 \text{ kg/cm}^3$ değeri için :

$$q = 1,953 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (22)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 10^6 \times 2500 \times 62}{25 \times 50 \times C}} = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 25 \times 62}{25 \times 50} \times 10^2 \times \sqrt[4]{1/C}}$$

$$L = 151,066 \times \sqrt[4]{1/2} = 151,066 \times 0,841 = 127,05 = 127 \text{ cm};$$



2.2.2 —  $C=5 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,455 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (23)$$

$$L = 151,066 \times \sqrt[4]{1/C} = 151,066 \times \sqrt[4]{1/5} = 151,066 \times 0,669 = 101,06 = 101 \text{ cm};$$

$$L = 101,06 = 101 \text{ cm};$$

2.2.3 —  $C=7 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,671 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (24)$$

$$L = 151,066 \times \sqrt[4]{1/C} = 151,066 \times \sqrt[4]{1/7} = 151,066 \times 0,615 = 92,91 \approx 93 \text{ cm}.$$

2.2.4 —  $C=10 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,920 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (25)$$

$$L = 151,066 \times \sqrt[4]{1/C} = 151,066 \times \sqrt[4]{1/10} = 151,066 \times 0,562 = 84,90 \approx 85 \text{ cm}.$$

Hafif ray gurubunda belirtilmiş olduğu gibi, bu grupta da ( $\mu$ ) değişkeni ile ( $q$ ) sonuç değerlerini ( $d$ ) ye bağlı olarak belirleyen (Tablo:

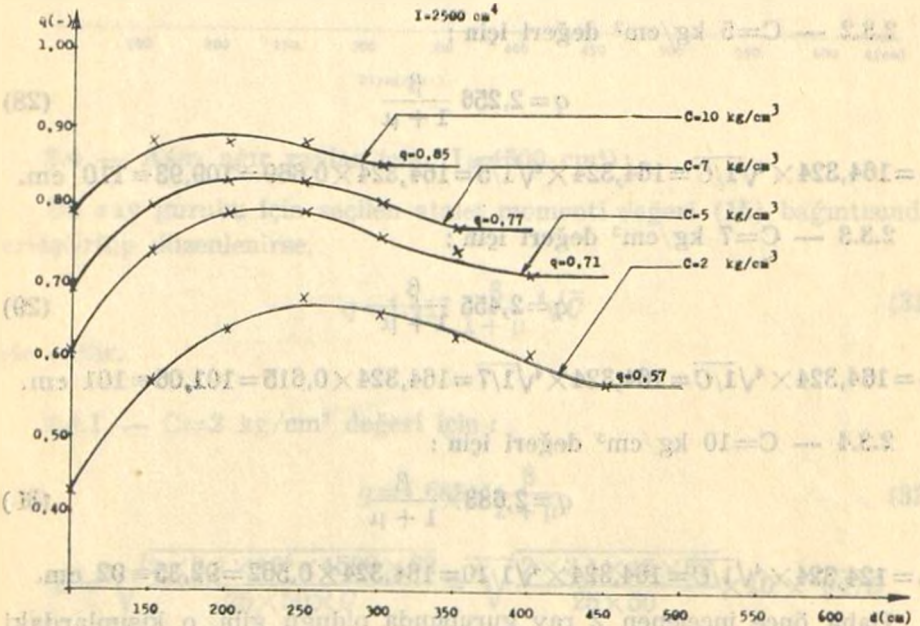


Diagram 2

6 - 7) tanzim edilerek verilmektedir. (Tablo: 7) değerlerine dayalı olarak bu kısım için (diyağram. 2) çizilmiştir. (3) değişkeni için önce belirlenen (Tablo: 3) den faydalanılacaktır.

2.3 — Ağır raylar için ( $I \cong 3500 \text{ cm}^4$ ):

(15) bağıntısında bu grup için seçilen atalet momenti yerleştirilip düzenlenerek,

$$q = 1,509 \times \frac{\beta}{1 + \mu} \times \sqrt[4]{C} \quad (26)$$

bağıntısı elde edilmiş olur.

2.3.1 —  $C=2 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 1,795 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (27)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 10^6 \times 3500 \times 62}{25 \times 50 \times C}} = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 35 \times 62}{25 \times 50}} \times 10^2 \times \sqrt[4]{1/C}$$

$$L = 164,324 \times \sqrt[4]{1/2} = 164,324 \times 0,841 = 138,20 \cong 138 \text{ cm.}$$

2.3.2 —  $C=5 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,256 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (28)$$

$$L = 164,324 \times \sqrt[4]{1/C} = 164,324 \times \sqrt[4]{1/5} = 164,324 \times 0,669 = 109,93 \cong 110 \text{ cm.}$$

2.3.3 —  $C=7 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,455 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (29)$$

$$L = 164,324 \times \sqrt[4]{1/C} = 164,324 \times \sqrt[4]{1/7} = 164,324 \times 0,615 = 101,06 \cong 101 \text{ cm.}$$

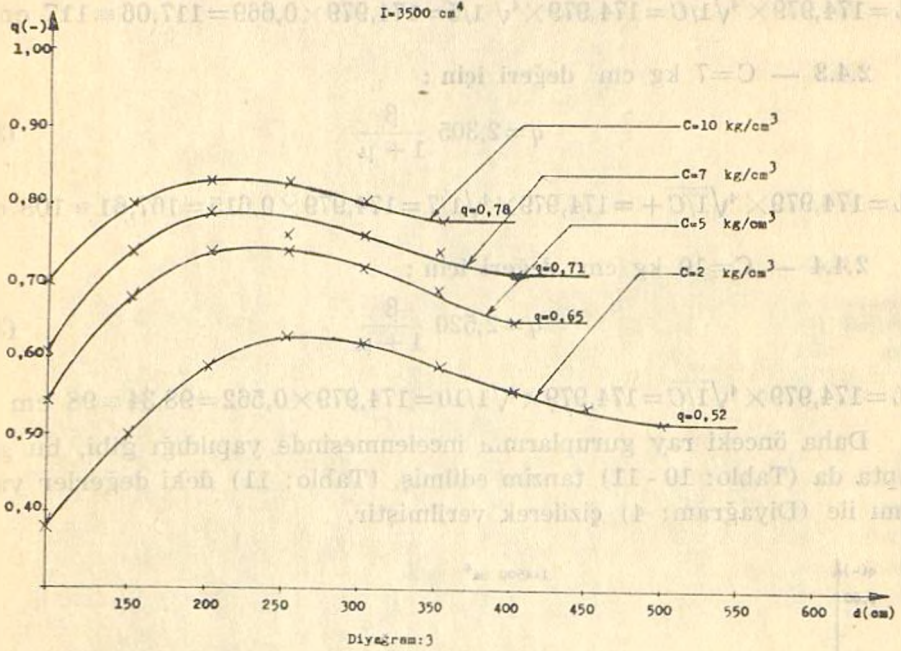
2.3.4 —  $C=10 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,683 \times \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (30)$$

$$L = 164,324 \times \sqrt[4]{1/C} = 164,324 \times \sqrt[4]{1/10} = 164,324 \times 0,562 = 92,35 \cong 92 \text{ cm.}$$

Daha önce incelenen 2 ray gurubunda olduğu gibi, o kısımlardaki belirlemeye paralel olarak, bu grupta da (Tablo: 3) ün gözönünde tu-

tulmasının yanısıra (Tablo: 8-9) tanzim edilmiş, (Tablo: 9) daki değerler yardımı ile (Diyagram: 3) çizilmiştir.



#### 2.4 — Aşırı ağır raylar için ( $I \cong 4500 \text{ cm}^4$ ):

Bu ray gurubu için seçilen atalet momenti değeri (15) bağıntısında yerleştirilip düzenlenirse,

$$q = 1,417 \frac{\beta}{1 + \mu} \sqrt[4]{C} \quad (31)$$

elde edilir.

##### 2.4.1 — $C=2 \text{ kg/cm}^3$ değeri için :

$$q = 1,685 \times \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (32)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 10^6 \times 4500 \times 62}{25 \times 50 \times C}} = \sqrt[4]{\frac{2 \times 2,1 \times 45 \times 62}{25 \times 50}} \times 10^2 \times \sqrt[4]{1/C}$$

$$L = 174,979 \times \sqrt[4]{1/2} = 174,979 \times 0,841 = 147,16 \cong 147 \text{ cm.}$$

2.4.2 —  $C=5 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,119 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (33)$$

$$L = 174,979 \times \sqrt[4]{1/C} = 174,979 \times \sqrt[4]{1/5} = 174,979 \times 0,669 = 117,06 \approx 117 \text{ cm.}$$

2.4.3 —  $C=7 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,305 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (34)$$

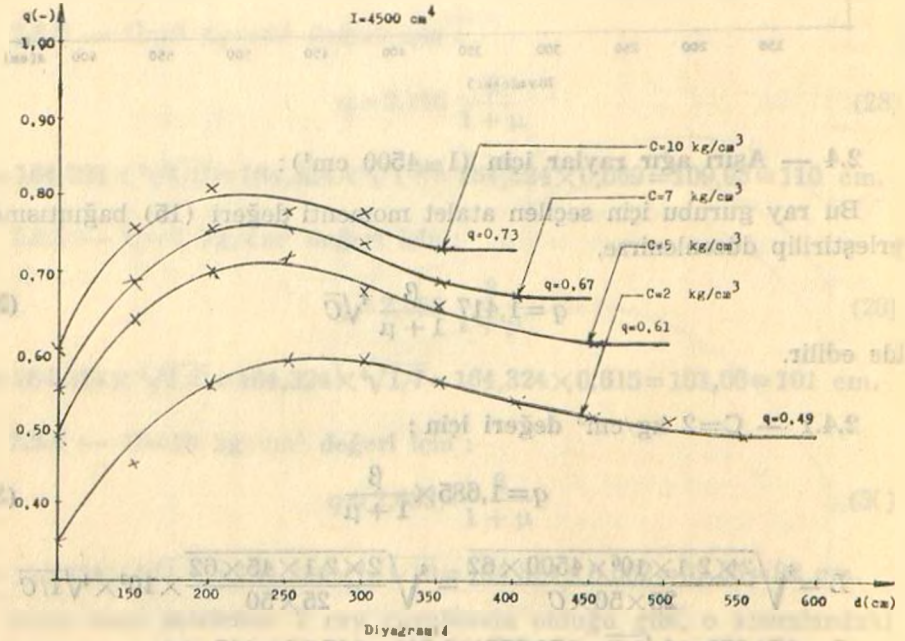
$$L = 174,979 \times \sqrt[4]{1/C} = 174,979 \times \sqrt[4]{1/7} = 174,979 \times 0,615 = 107,61 \approx 108 \text{ cm}$$

2.4.4 —  $C=10 \text{ kg/cm}^3$  değeri için :

$$q = 2,520 \frac{\beta}{1 + \mu} \quad (35)$$

$$L = 174,979 \times \sqrt[4]{1/C} = 174,979 \times \sqrt[4]{1/10} = 174,979 \times 0,562 = 98,34 \approx 98 \text{ cm}$$

Daha önceki ray guruplarının incelenmesinde yapıldığı gibi, bu grupta da (Tablo: 10 - 11) tanzim edilmiş, (Tablo: 11) deki değerler yardımı ile (Diyagram: 4) çizilerek verilmiştir.



Tablo : 3  
(d) dingil aralıklarına tekabül eden ( $\beta$ ) değerleri

d	$d_m$	$\beta$
cm	cm	—
1	2	3
100	190	0,22
150	215	0,24
200	240	0,26
250	265	0,28
300	290	0,29
Devamı	...	0,29

Tablo : 4  
Hafif Raylar için ( $\mu$ ) Değerleri ( $I \cong 1500 \text{ cm}^4$ )

d cm	C=2 kg/cm <sup>3</sup> L=112 cm		C=5 kg/cm <sup>3</sup> L=89 cm		C=7 kg/cm <sup>3</sup> L=82 cm		C=10 kg/cm <sup>3</sup> L=75 cm	
	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,89	-0,07	1,12	-0,15	1,22	-0,17	1,33	-0,19
150	1,34	-0,19	1,69	-0,20	1,83	-0,20	2,00	-0,18
200	1,79	-0,20	2,25	-0,15	2,44	-0,13	2,67	-0,09
250	2,23	-0,15	2,81	-0,08	3,05	-0,06	3,33	-0,03
300	2,68	-0,09	3,37	-0,02				
350	3,13	-0,05						
400	...	...						

Tablo : 5 ( $q = A \cdot \frac{\beta}{1 + \mu}$ )  
Hafif Raylar için (q) Değerleri ( $I \cong 1500 \text{ cm}^4$ )

d cm	A=2,218 (C=2 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,789 (C=5 kg/cm <sup>3</sup> )		A=3,034 (C=7 kg/cm <sup>3</sup> )		A=3,316 (C=10 kg/cm <sup>3</sup> )	
	$\beta/1 + \mu$	q	$\beta/1 + \mu$	q	$\beta/1 + \mu$	q	$\beta/1 + \mu$	q
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,24	0,53	0,26	0,73	0,27	0,82	0,27	0,90
150	0,30	0,87	0,30	0,84	0,30	0,91	0,29	0,96
200	0,33	0,73	0,31	0,86	0,30	0,91	0,29	0,96
250	0,33	0,73	0,30	0,84	0,30	0,91	0,29	0,96
300	0,32	0,71	0,30	0,84	0,29	0,88		
350	0,31	0,69	0,29	0,81				
400	0,29	0,64						

Tablo 6  
Orta Ağır Raylar için ( $\mu$ ) Değerleri ( $I \cong 2500 \text{ cm}^4$ )

d cm.	C=2 kg/cm <sup>3</sup> L=127 cm.		C=5 kg/cm <sup>3</sup> L=101 cm.		C=7 kg/cm <sup>4</sup> L=93 cm.		C=10 kg/cm <sup>3</sup> L=85 cm	
	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$
100	0,78	-0,01	0,98	-0,11	1,08	-0,15	1,18	-0,17
150	1,17	-0,17	1,47	-0,21	1,61	-0,21	1,78	-0,20
200	1,56	-0,21	1,96	-0,18	2,15	-0,16	2,35	-0,14
250	1,95	-0,19	2,45	-0,12	2,69	-0,09	2,94	-0,07
300	2,34	-0,14	2,94	-0,07	3,23	-0,04		
350	2,73	-0,09	3,43	-0,02				
400	3,13	-0,05						
450								

Tablo 7  $\left( q = A \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \right)$   
Orta Ağır Raylar için ( $q$ ) Değerleri ( $I \cong 2500 \text{ cm}^4$ )

d cm	A=1,953 (C=2 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,455 (C=5 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,671 (C=7 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,920 (C=10 kg/cm <sup>3</sup> )	
	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$
	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,22	0,43	0,25	0,61	0,26	0,69	0,27	0,79
150	0,29	0,57	0,30	0,74	0,30	0,80	0,30	0,88
200	0,33	0,64	0,32	0,79	0,31	0,83	0,30	0,88
250	0,35	0,68	0,32	0,79	0,31	0,83	0,30	0,88
300	0,34	0,66	0,31	0,78	0,30	0,80	0,29	0,85
350	0,32	0,63	0,30	0,74	0,29	0,77		
400	0,31	0,61	0,29	0,71				
450	0,29	0,57						

( $\mu$ ) değerlerini veren tablo: 4 - 6 - 8 - 10 un düzenlenmesinde  $\xi = \frac{d}{L}$  değerlerine göre beliren ( $\mu$ ) ler için, (Tablo: 2) deki değerlerden yaklaşık olanlar alınmıştır.

Tablo : 8  
Ağır Raylar için ( $\mu$ ) Değerleri ( $I \cong 3500 \text{ cm}^4$ )

d cm	C=2 kg/cm <sup>3</sup> L=138 cm.		C=5 kg/cm <sup>3</sup> L=110 cm.		C=7 kg/cm <sup>3</sup> L=101 cm.		C=10 kg/cm <sup>3</sup> L=92 cm.	
	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,72	+0,06	0,91	-0,07	0,99	-0,11	1,09	-0,15
150	1,09	-0,15	1,36	-0,20	1,49	-0,21	1,63	-0,21
200	1,45	-0,21	1,82	-0,20	1,98	-0,18	2,17	-0,15
250	1,81	-0,20	2,27	-0,14	2,48	-0,11	2,72	-0,09
300	2,17	-0,15	2,73	-0,09	2,97	-0,06	3,26	-0,03
350	2,54	-0,11	3,18	-0,04	3,47	-0,02		
400	2,90	-0,07						
450	3,26	-0,03						
500	...	...						

Tablo : 9  $\left( q=A \cdot \frac{\beta}{1+\mu} \right)$   
Ağır Raylar için ( $q$ ) Değerleri ( $I \cong 3500 \text{ cm}^4$ )

d cm	A=1,795 (C=2 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,256 (C=5 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,455 (C=7 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,683 (C=10 kg/cm <sup>3</sup> )	
	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,21	0,38	0,24	0,54	0,25	0,61	0,26	0,70
150	0,28	0,50	0,30	0,68	0,30	0,74	0,30	0,80
200	0,33	0,59	0,33	0,74	0,32	0,79	0,31	0,83
250	0,35	0,63	0,33	0,74	0,31	0,76	0,31	0,83
300	0,34	0,61	0,32	0,72	0,31	0,76	0,30	0,80
350	0,33	0,59	0,30	0,68	0,30	0,74	0,29	0,78
400	0,31	0,56	0,29	0,65	0,29	0,71		
450	0,30	0,54	0,29	0,65				
500	0,29	0,52						

Tablo : 10

Aşırı Ağır Raylar için ( $\mu$ ) Değerleri ( $I \cong 4500 \text{ cm}^4$ )

d cm	C=2 kg/cm <sup>2</sup> L=147 cm.		C=5 kg/cm <sup>3</sup> L=117 cm.		C=7 kg/cm <sup>3</sup> L=108 cm.		C=10 kg/cm <sup>3</sup> L=98 cm.	
	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$	$\xi$	$\mu$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,68	+0,06	0,85	-0,04	0,93	-0,07	1,02	-0,11
150	1,02	-0,11	1,28	-0,19	1,39	-0,20	1,53	-0,21
200	1,36	-0,20	1,71	-0,20	1,85	-0,20	2,04	-0,18
250	1,70	-0,20	2,14	-0,17	2,31	-0,14	2,55	-0,11
300	2,04	-0,18	2,56	-0,10	2,77	-0,08	3,06	-0,05
350	2,38	-0,13	2,99	-0,06	3,24	-0,04		
400	2,72	-0,09	3,42	-0,02				
450	3,06	-0,05						
500	3,40	-0,02						
550	...	...						

Tablo : 11  $\left(q = A \cdot \frac{\beta}{1+\mu}\right)$ Aşırı Ağır Raylar için ( $q$ ) Değerleri ( $I \cong 4500 \text{ cm}^4$ )

d cm	A=1,685 (C=2 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,119 (C=5 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,305 (C=7 kg/cm <sup>3</sup> )		A=2,520 (C=10 kg/cm <sup>3</sup> )	
	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$	$\beta/1+\mu$	$q$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	0,21	0,35	0,23	0,49	0,24	0,55	0,24	0,60
150	0,27	0,45	0,30	0,64	0,30	0,69	0,30	0,76
200	0,33	0,56	0,33	0,70	0,33	0,76	0,32	0,81
250	0,35	0,59	0,34	0,72	0,33	0,76	0,31	0,78
300	0,35	0,59	0,32	0,68	0,32	0,74	0,31	0,73
350	0,33	0,56	0,31	0,66	0,30	0,69	0,29	0,73
400	0,32	0,54	0,30	0,64	0,29	0,67		
450	0,31	0,52	0,29	0,61				
500	0,30	0,51						
550	0,29	0,49						



### 3 — Sonuç :

Çalışmada önce de belirtilmiş olduğu gibi (Şekil: 1) esas alınan (0) tatbik noktalı tekerlek yükünün, tek bir yan yükün katkısı ile, düşeyinde meydana gelen ray eğilme momenti değerleri, karşılaştırılması, amaçlanan iki hesaplama sonuçları olarak belirtilmekte ve bunların belli parametrelere bağlı olarak (q) oranlarının değişmesi verilmektedir.

Böylece (15) esas bağıntısı elde edilmiştir. Bu bağıntıda mevcut (1) ray atalet momenti değişkeni, ray büyüklükleri yönünden, hafif, orta ağır, ağır ve aşırı ağır raylar dallandırılması ile çalışmaya sokulmuştur.

Her bir ray gurubu içinde de (C) yatak katsayısının 4 değeri için, ayrı ayrı olmak üzere  $q=f(\beta, \mu)$  bağıntısı teşkil edilmiştir. Devamla ara ( $\mu$ ) tabloları düzenlenmiş ve son olarak da (q) tabloları düzenlenerek verilmiştir.

Bu tabloların düzenlenmesinde ( $\mu$ ) ve ( $\beta$ ) değerlerinin (d) dingil aralığı ile bağıntılarından faydalanılmıştır. Bu suretle adı geçen son tablolardaki (q) değerlerinin değişimleri diyagram: 1 - 2 - 3 - 4 de, apsis ekseninde (d) değerleri gösterilerek verilmektedir.

Bu diyagramların tetkiki ile,

- Tüm olarak karşılaştırma oranının  $q < 1$  kaldığı,
- C yatak katsayısı değerinin artması ile q oranının arttığı,
- I ray atalet momenti değerinin artması ile q oranının azaldığı görülmektedir.

Keza görülebilecek olan bir diğer husus, her bir ray gurubunda, her bir (C) değerine ait (q) değişimlerinin, belirli bir (d) değerinden sonra sabit kaldığıdır. Bı sabit (q) değerleri diyagramlarda ayrıca belirtilmiş bulunmaktadır.

Her ray gurubu için (C) yatak katsayısına bağlı (q), değişimlerinin bu sabit değerlerinin ortalamaları, bir fikir vermek üzere aşağıda hesaplanarak verilmektedir.

$$\text{Hafif raylar için : } q_{ort} = (0,64 + 0,81 + 0,88 + 0,96) / 4 = 0,82$$

$$\text{Orta ağırlıkta raylar için : } q_{ort} = (0,57 + 0,71 + 0,77 + 0,85) / 4 = 0,73$$

$$\text{Ağır raylar için : } q_{ort} = (0,52 + 0,65 + 0,71 + 0,78) / 4 = 0,67$$

$$\text{Aşırı ağır raylar için : } q_{ort} = (0,49 + 0,61 + 0,67 + 0,73) / 4 = 0,63$$

olmaktadır.

Bu arada belirtilmesi gereken çalışmada göz önüne alınan yüklerin statik konumda bulduklarıdır. Dinamik konuma geçmek yolunda bir katsayı ile değerlerin çarpılarak artımı burada böylece belirlenmemektedir.

Esas alınan, yani düzeyindeki değerlerin hesaplanması istenen yükler beraber buradaki durumdan farklı olarak, her iki yanındaki yüklerin katkısı ile adı geçen iki hesaplamanın karşılaştırılması durumu, mümkün olabilirse, başka bir çalışmanın konusunu teşkil edecektir.

#### FAYDALANILAN KAYNAKLAR :

- [1] SEÇKİN, İ. ve TANIŞ, H. — «Düşey tekil yüklerden beliren ray eğilme momentlerinin tesbitinde uzun kiriş ve jaehn hesaplamalarının karşılaştırılması» SDMMMA Dergisi, Sayı MMA - 4 Kasım 1977.
- [2] SEÇKİN, İ. — «Demiryol üstyapısında Zimmermann hesaplama yöntemi» SDMMMA Dergisi Sayı
- [3] SEÇKİN, İ. — «Düşey dinamik yüklerden ötürü rayda meydana gelen eğilme momentini veren Jaehn metodu ve bu metotla T.C.D.D. lokomotif tiplerinin tetkiki» İ.T.Ü. Dergisi, Sayı: 1, 1971.
- [4] SCHRAMM, G. — «Oberbautechnik - Oberbau-wirtschaft» 1973.