(دنباله از شمارهٔ گذشته)

محاسبه مشخصات لازم برای حل قابها با تیرهای اینرسی متغیر

نوشتهٔ :

ابراهیم چینی فروش

فارغ التحصیل پلی‌تکنیک تهران

مهندس محاسب

۸ـ گسترش M_{AB} و M_{BA} :

همانطور که درشماره گذشته درمورد محاسبه M_{AB} و M_{BA} روابط زیر بدست آمد :

$$M_{AB}=\frac{be-dc}{a^2-b^2}$$

$$M_{AB}=\frac{b}{a^2-b^2}e-\frac{c}{a^2-b^2}d$$

خواهیم داشت :

$$\boxed{M_{AB}=-R_{AB}(k_{AB}e+d)}$$

$$M_{BA}=\frac{bd-ae}{a^2-b^2}=\frac{b}{a^2-b^2}d-\frac{a}{a^2-b^2}e$$

$$\boxed{M_{BA}=-R_{BA}(k_{BA}d+e)}$$

با درنظرگرفتن تقارن تیر :

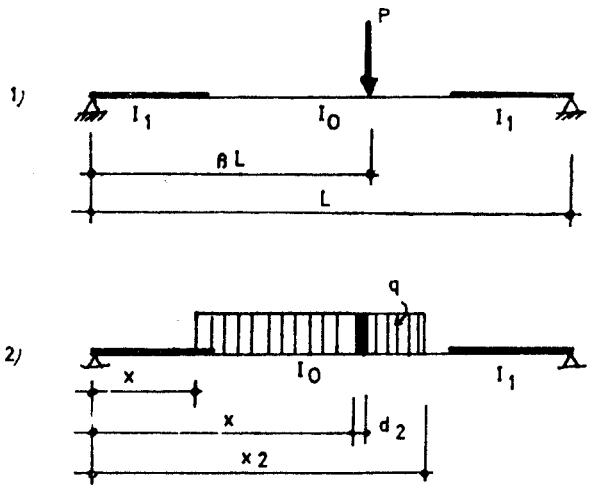
$$\begin{cases}R_{BA}=R_{AB}=R\\ k_{BA}=k_{AB}=k\end{cases}$$

$$\begin{cases}M_{AB}=-R(ke+d)\\ M_{BA}=-R(kd+e)\end{cases}$$

که مقدار R و k درجداول برحسب مقادیر مختلف n و α داده شده است .

دراینصورت برای محاسبه لنگر کافیست مقادیر e و d را برحسب α و n و β حساب کنیم .

۹ـ محاسبه زاویه e و d برای بارگسترده یکنواخت ویا مثلثی وغیرمشخص با استفاده ازمعادلات حاصله برای بارمنفرد :



با استفاده از روابط موجود درصفحه ۱۴۳ شماره گذشته:

$$e = \frac{PL^2}{6EI_\circ}\left\{(n-1)\,[2\alpha^3(1-2\beta)+3\beta\alpha^2]+(1-\beta^2)\right\}$$

$$d = \frac{PL^2}{6EI_\circ}\left\{(n-1)\alpha^2[\beta(1-\beta)-2\alpha(1-2\beta)]+\beta(1-\beta)(2-\beta)\right\}$$

درتیر شکل (2) بار بی‌نهایت کوچک $dp=qdx$ را درنظر گرفته زاویه‌حاصله ازاین بارکه عبارت خواهد بود d(e) ویا d(d) از فرمولهای بالاحساب می کنیم :

$$d(e) = \frac{L^2}{6EI_\circ}\left\{(n-1)[2\alpha^3(1-2\beta)+3\beta\alpha^2]+\beta(1-\beta^2)\right\}qdx$$

3) $$e = \frac{qL^2}{6EI_\circ}\int_{x_1}^{x_2}\left\{(n-1)[2\alpha^3(1-2\beta)+3\beta\alpha^2]+\beta(1-\beta^2)\right\}dx$$

بهمین ترتیب درموردمحاسبه d خواهیم داشت:

4) $$d = \frac{qL^2}{6EI_\circ}\int_{x_1}^{x_2}\left\{(n-1)\alpha^2[\beta(1-\beta)-2\alpha(1-2\beta)]+\beta(1-\beta)(2-\beta)\right\}dx$$

در روابط بالا (3 و 4) بجای $\beta = \frac{x}{L}$ گذاشته و با درنظرگرفتن اینکه مقادیر n و α ثابت می‌باشند انتگرالها را حساب می‌کنیم :

$$\int dx = (x)_{x_1}^{x_2}$$

$$\int \beta dx = \left(\frac{x^2}{2L}\right)_{x_1}^{x_2}$$

$$\int \beta^2 dx = \left(\frac{x^3}{3L^2}\right)_{x_1}^{x_2}$$

$$\int \beta^3 dx = \left(\frac{x^4}{4L^3}\right)_{x_1}^{x_2}$$

که پس از اختصار خواهیم داشت :

$$\boxed{\frac{24EI_\circ}{qL^3}\, e = 1 + 4\alpha^3(4-3n) + 6\alpha^2(n-2)}$$

$$d = \frac{qL^2}{6EI_\circ}\int_{\alpha L}^{L(1-\alpha)} \left\{ (n-1)\alpha^2[\beta(1-\beta) - 2\alpha(1-2\beta)] + \beta(1-\beta)(2-\beta) \right\} dx$$

با توجه باینکه $\beta = \frac{x}{L}$ می‌باشد و پس از قراردادن $\beta = \frac{x}{L}$ در رابطه بالا ومحاسبه آن خواهیم‌داشت:

$$\boxed{\frac{24EI_\circ}{qL^3}\, d = 1 + 4\alpha^3(4-3n) + 6\alpha^2(n-2)}$$

درحالت خاص $\alpha = \circ$ و $n = 1$ خواهیم داشت :

$$d = \frac{qL^3}{24EI_\circ}$$

و بازاء $n = 1$ و $\alpha = 0.1$ خواهیم داشت :

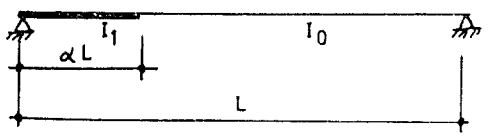
$$d=e=\frac{0.944\,qL^3}{24EI_\circ}$$

و همچنین بازاء $n=1$ و $\alpha=0.2$ خواهیم داشت :

$$d=e=\frac{0.792\,qL^3}{24EI_\circ}$$

ب ـ تیر غیرمتقارن :

۱ـ محاسبه ضرائب ثابت c و a و b برای تیری مطابق شکل (اینرسی متغیر وغیرمتقارن)



درصفحات قبل ثابت کردیم مقادیر a و b و c مطابق فرمولهای زیر می‌باشند .

$$a=\int\left(1-\frac{x}{L}\right)^2\frac{dx}{EI_x}$$

$$b=\int\frac{x}{L}\left(1-\frac{x}{L}\right)\frac{dx}{EI_x}$$

$$c=\int\left(\frac{x}{L}\right)^2\frac{dx}{EI_x}$$

بنابراین خواهیم داشت :

$$a=\int_\circ^{\alpha L}\left(1-\frac{x}{L}\right)^2\frac{dx}{EI_1}+\int_{\alpha L}^{L}\left(1-\frac{x}{L}\right)^2\frac{dx}{EI_\circ}$$

که پس از انجام عملیات و خلاصه نمودن نتیجه خواهد شد :

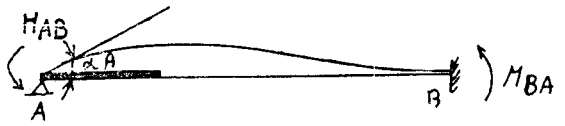
$$a=\frac{L}{3EI_\circ}\left[n+(1-n)(1-\alpha)^3\right]$$

به‌طریق مشابه مقادیر b و c نیز بدست میآیند :

$$b=\frac{L}{6EI_\circ}\left[1+(n-1)(3\alpha^2-2\alpha^3)\right]$$

$$c=\frac{L}{3EI_\circ}\left[1+(n-1)\alpha^3\right]$$

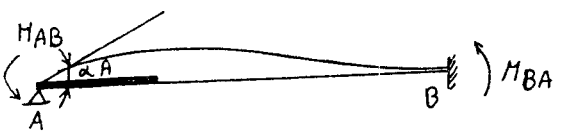
۲ـ محاسبه ضریب انتقال :



$$\alpha_B = 0$$

$$M_{BA} \cdot C + M_{AB} \cdot b = 0$$

$$M_{BA} = -\frac{b}{c} M_{AB} = k_{AB} M_{AB}$$



$$\alpha_A = 0$$

$$aM_{AB} + bM_{BA} = 0$$

$$M_{AB} = -\frac{b}{a} M_{BA} = k_{BA} M_{BA}$$

$$\underline{k_{AB} = -\frac{b}{c}} \qquad \underline{k_{BA} = -\frac{b}{a}}$$

که پس از قراردادن مقادیر c و b و a در روابط فوق خواهیم داشت :

$$k_{AB} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{1+(n-1)(3\alpha^2-2\alpha^3)}{1+(n-1)\alpha^3}$$

$$k_{BA} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{1+(n-1)(3\alpha^2-2\alpha^3)}{1+(1-n)(-\alpha^3+3\alpha^2-3\alpha)}$$

حالت خاص :

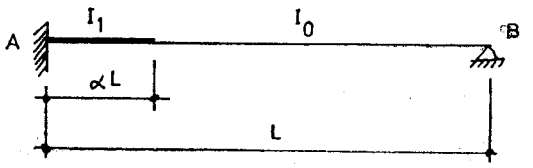
$$n=1 \Longrightarrow k_{AB} = k_{BA} = -\frac{1}{2}$$

$$\begin{cases} n=0 \quad , \quad \alpha=0.1 \\ k_{BA}=0.667 \quad , \quad k_{AB}=0.486 \end{cases}$$

$$\begin{cases} n=0 \quad , \quad \alpha=0.2 \\ k_{AB}=0.875 \quad , \quad k_{AB}=0.452 \end{cases}$$

۳ـ محاسبهٔ ضرایب سختی :

I)— برای تیر دوطرف گیردار



$$\alpha_B=cM_{BA}+bM_{AB}$$

$$\alpha_A=aM_{AB}+bM_{BA}$$

ضریب سختی (AB)

$$\alpha_B=0 \qquad M_{BA}=-\frac{b}{c}M_{AB}$$

$$\alpha_A=M_{AB}\left(a-\frac{b}{c}\right)=\frac{ac-b^2}{c}M_{AB}$$

$$\begin{cases} \alpha_A=1 \\ M_{AB}=R_{AB} \end{cases} \Longrightarrow \underline{R_{AB}=\frac{c}{ae-b^2}}$$

ضریب سختی (BA)

$$\alpha_A=0 \Longrightarrow aM_{AB}+bM_{BA}=0 \Longrightarrow M_{AB}=-\frac{b}{a}M_{BA}$$

$$\alpha_B=M_{BA}\left(c-\frac{b^2}{a}\right)=M_{BA}\left(\frac{ac-b^2}{a}\right)$$

$$\begin{cases} \alpha_B=1 \\ M_{BA}=R_{BA} \end{cases} \Longrightarrow \underline{R_{BA}=\frac{a}{ac-b^2}}$$

پس از انجام محاسبات نتیجه میشود :

$$R_{AB}=\frac{EI_\circ}{3L}\times \frac{1+(n-1)\alpha^3}{\left[\frac{1}{3}+\frac{1}{3}\alpha^3(n-1)\right]\left[\frac{1}{3}(1-\alpha)^3+n\alpha\left(\frac{1}{3}\alpha^2-\alpha+1\right)\right]-\left[\frac{1}{3}\alpha^3-\frac{1}{2}\alpha^2+\frac{1}{6}+n\alpha^2\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\alpha\right)\right]^2}$$

حالات خاص :

$$\begin{cases} n=1 & \alpha=0 \\ R_{AB}=\dfrac{EI_\circ \times 1}{3L\left[\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{3}-\left(\frac{1}{6}\right)^2\right]}=\dfrac{4EI_\circ}{L} \end{cases}$$

$$\begin{cases} n=0 & \alpha=0.1 \\ R_{AB}=6.09\dfrac{EI_\circ}{L} \end{cases} \qquad \begin{cases} n=0 & \alpha=0.2 \\ R_{AB}=9.69\dfrac{EI_\circ}{L} \end{cases}$$

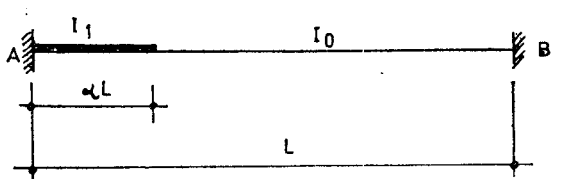
و به همین ترتیب درمورد محاسبه R_{BA} خواهیم داشت :

$$R_{BA}=\frac{(1-\alpha)^3+n\alpha\left(\frac{1}{3}\alpha^3-\alpha+1\right)}{\left[\frac{1}{3}+\frac{1}{3}\alpha^3(n-1)\right]\left[\frac{1}{3}(1-\alpha)^3+n\alpha\left(\frac{1}{3}\alpha^2-\alpha+1\right)\right]-\left[\frac{1}{3}\alpha^3-\frac{1}{2}\alpha^2+\frac{1}{6}+n\alpha^2\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\alpha\right)\right]^2}\times\frac{EI_\circ}{3L}$$

حالات خاص :

$$\begin{cases} n=1 & \alpha=0 \\ R_{BA}=\dfrac{4EI_\circ}{L} \end{cases} \qquad \begin{cases} n=0 & \alpha=0.1 \\ R_{BA}=4.44\dfrac{EI_\circ}{L} \end{cases} \qquad \begin{cases} n=0 & \alpha=0.2 \\ R_{BA}=\dfrac{5EI_\circ}{L} \end{cases}$$

II) — درحالت تیر یک طرف گیردار ویک طرف لولا :

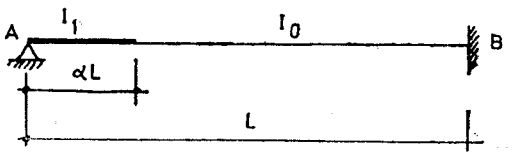


$$M_{BA}=0$$

$$\alpha_A - aM_{AB}$$

$$\begin{cases} \alpha_A=1 \\ M_{AB}=R_{AB} \end{cases} \Longrightarrow 1=a\times R_{AB} \longrightarrow \underline{R_{AB}=\frac{1}{a}}$$

$$R_{AB}=\frac{3EI_\circ}{L}[1+(1-n)(3\alpha^2-\alpha^3-3\alpha)[$$



$$M_{AB}=0 \quad \alpha_B=cM_{BA} \Longrightarrow \begin{cases} \alpha_B=1 \\ M_{BA}=R_{BA} \end{cases} \Longrightarrow R_{BA}=\frac{1}{c}=\frac{3EI_\circ}{L}\,[1+(n-1)\alpha^3]$$

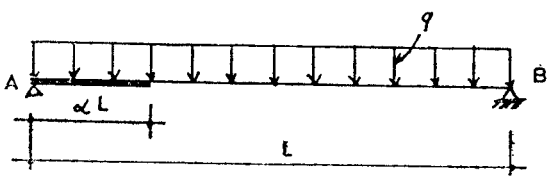
درحالت خاص :

$n=1$

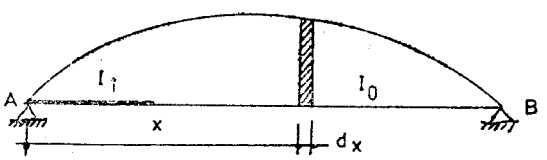
$$R_{AB}=R_{BA}=\frac{3EI_\circ}{L}$$

٤ـ محاسبه زوایای دوران :

I – برای بارگسترده :



برای محاسبه زاویه دوران از روش تیر تبدیلی MOHR استفاده می کنیم . بنابراین



$$m_x=\frac{qx}{2}(L-x)$$

$$\overline{dR_A}=\frac{qx}{2}(L-x)\left(\frac{L-x}{2}\right)\frac{dx}{EI_x}$$

$$\overline{dR_B}=\frac{qx}{2}(L-x)\,\frac{x}{L}\cdot\frac{dx}{EI_x}$$

$$\overline{R_A}=\int_0^{\alpha L} q(L-x)^2\,\frac{x}{2L}\times\frac{dx}{EI_1}+\int_{\alpha L}^{L} q(L-x)^2\,\frac{x}{2L}\,dx$$

بعداز انجام محاسبات نتیجه میشود :

$$\begin{cases} \overline{R_A} = \dfrac{\delta q L^3}{24EI_\circ} = \omega_A \\ \delta = 1-(1-n)(3\alpha^4-8\alpha^3+6\alpha^2) \end{cases}$$

که درآن

و بهمین ترتیب :

$$\overline{R_B} = \int_0^{\alpha L} \frac{q}{2L}(L-x)x^2\frac{dx}{EI_1} + \int_{\alpha L}^{L} \frac{q}{2L}(L-2)x^2\frac{dx}{EI_\circ}$$

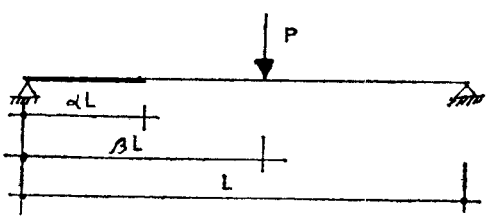
$$\begin{cases} \overline{R_B} = \dfrac{\gamma q L^3}{24EI_\circ} = \omega_B \\ \gamma = 1-(1-n)(4\alpha^3-3\alpha^4) \end{cases}$$

که درآن γ برابر خواهد بود با

درحالت خاص داریم

$$\begin{cases} n=1 \qquad \alpha=0 \\ \delta=\gamma=1 \implies \overline{R_A}=\overline{R_B}=\dfrac{qL^3}{24EI_\circ} \end{cases}$$

II – محاسبه زوایای دوران برای بار متمرکز منفرد :



طبق محاسبات قبل داریم :

$$d = \omega_A = \int_0^{\beta L} m\left(1-\frac{x}{L}\right)\frac{dx}{EI_x} + \int_{\beta L}^{L} m\left(1-\frac{x}{L}\right)\frac{dx}{EI_x}$$

$$\omega_A = \int_0^{\beta L} Px(1-\beta)\left(1-\frac{x}{L}\right)\frac{dx}{EI_x} + \int_{\beta L}^{L} P\beta(L-x)\left(1-\frac{x}{L}\right)\frac{dx}{EI_x}$$

$$\omega_A = \frac{P(1-\beta)}{EI_1}\int_0^{\alpha L} x\left(1-\frac{x}{L}\right)dx + \frac{P(1-\beta)}{EI_\circ}\int_{\alpha L}^{\beta L} x\left(1-\frac{x}{L}\right)dx +$$

$$\frac{P\beta}{EI_\circ}\int_{\beta L}^{L}(L-x)^2 dx$$

که پس از انجام عملیات خواهیم داشت :

$$\omega_A = \frac{PL^2}{6EI_\circ}(1-\beta)[(2\beta-\beta^2)+(1-n)(2\alpha^3-3\alpha^2)]$$

و بهمین ترتیب داریم:

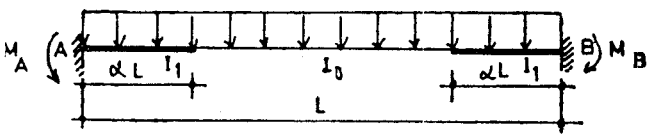
$$\omega_B = e = \int_0^{\beta L}\frac{Px^2}{L}(1-\beta)\frac{dx}{EI_x} + \int_{\beta L}^{L} P\beta(L-x)\frac{x}{L}\cdot\frac{dx}{EI_x}$$

$$\omega_B = \int_0^{\alpha L}\frac{P(1-\beta)}{L}x^2\frac{dx}{EI_1} + \int_{\alpha L}^{\beta L}\frac{P(1-\beta)}{L}x^2\frac{dx}{EI_\circ} + \int_{\beta L}^{L} P\beta(L-x)x\frac{dx}{EI_\circ}$$

$$\omega_B = \frac{PL^2}{3EI_\circ}(1-\beta)\left[\frac{1}{2}\beta + \frac{1}{2}\beta^2 - (1-n)\alpha^3\right]$$

ضمیمه

جدول شماره ۱

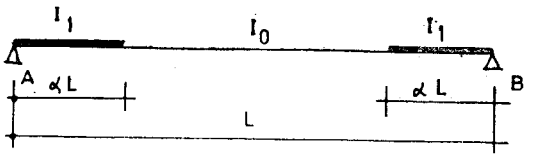


$$\mu = \frac{1+2\alpha^2(1-n)(2\alpha-3)}{1+2(n-1)} \qquad M_{AB}=M_{BA}=-\mu\frac{qL^2}{12}$$

$$n=\frac{I_\circ}{I_1} \qquad \mu\times 10^4$$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
0.00	11800	12550	13200	13750	14200	14550	14700	14950
0.05	11688	12371	12942	13393	13711	13870	13800	13243
0.10	11580	12236	12259	12250	12027	11627	11107	10538
0.15	11475	12040	12400	12800	12914	12864	12563	11790
0.20	11371	11879	12258	12500	12585	12482	12133	11414
0.25	11271	11727	12057	12425	12291	12155	11800	11142
0.30	11172	11582	11867	12019	12028	11874	11527	10937
0.35	11075	11441	11686	11800	11790	11620	11300	10770
0.40	10981	11300	11500	11607	11570	11410	11170	10863
0.45	10880	11170	11350	11420	11379	11220	10940	10530
0.50	10800	11050	11200	11250	11200	11050	10800	10450
0.55	10778	10928	11053	11088	11035	10896	10675	10374
0.60	10626	10812	10914	10937	10884	10758	10564	10309
0.65	10542	10698	10781	10795	10744	10633	10466	10390
0.70	10459	10588	10654	10659	10615	10518	10379	10203
0.75	10378	10482	10533	10535	10494	10413	10300	10160
0.80	10300	10390	10417	10416	10382	10316	10228	10120
0.85	10222	10280	10306	10304	10276	10228	10163	10086
0.90	10147	10184	10200	10197	10179	10147	10104	10054

جدول شماره ۲ ـ مربوط به ضرائب a و c

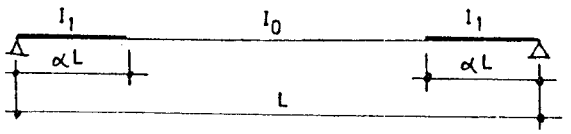


$$a=c=\mu_1 \frac{L}{3EI_\circ} \qquad \mu_1=1+(1-n)(3\alpha^2-3\alpha-2\alpha^3)$$

$$\frac{I_\circ}{I_1}=n \qquad \mu_1 \times 10^3$$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
0.00	728	611	504	406	316	232	152	75
0.05	742	631	529	496	350	270	194	121
0.10	755	650	554	522	384	309	237	168
0.15	769	670	578	549	419	347	279	214
0.20	782	689	603	575	453	386	322	260
0.25	796	708	628	602	487	424	364	306
0.30	810	728	653	628	521	462	406	353
0.35	823	748	678	655	555	501	449	399
0.40	837	767	702	681	590	539	491	445
0.45	850	787	727	708	624	578	534	491
0.50	864	806	752	735	658	616	576	538
0.55	878	826	777	761	692	654	618	584
0.60	891	844	802	788	726	693	661	630
0.65	905	865	826	814	761	731	703	676
0.70	918	883	852	841	795	770	746	723
0.75	932	904	876	867	829	808	788	769
0.80	946	922	901	894	863	846	830	815
0.85	959	943	926	920	897	885	873	861
0.90	973	961	950	947	932	923	915	908
0.95	986	981	975	973	966	962	958	954

جدول شماره ۳ ـ مربوط به ضریب b

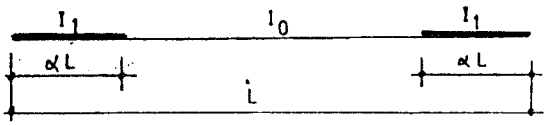


$$n=\frac{I_\circ}{I_1} \qquad b=\mu_2\frac{L}{6EI_\circ} \qquad \mu_2=\frac{6EI_\circ b}{L}=1+(1-n)(4\alpha^3-6\alpha^2)$$

$$b=\frac{L}{6EI_\circ}+L\left(\frac{1}{EI_\circ}-\frac{1}{EI_1}\right)\left(\frac{2\alpha^3}{3}-\alpha^2\right) \qquad \mu_2\times 10^4$$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
0.00	9440	8785	7920	6875	5680	4365	2965	1495
0.05	9468	8846	8024	7031	5896	4647	3312	1920
0.1	9496	8906	8128	7187	6112	4928	3644	2345
0.15	9524	8967	8232	8344	6328	5210	4016	2771
0.20	9552	9023	8336	7500	6544	5492	4368	3196
0.25	9580	9088	8440	7656	6760	5774	4720	3621
0.30	9608	9149	8544	7812	6976	6055	5072	4046
0.35	9636	9210	8648	7968	7192	6337	5424	4471
0.40	9664	9271	8752	8125	7408	6619	5776	4897
0.45	6662	9231	8856	8281	7624	6900	6128	5322
0.50	9720	9392	8960	8437	7840	7182	6480	5747
0.55	9748	9453	9064	8593	8056	7464	6832	6172
0.60	9776	9513	9168	8749	8272	7745	7184	6597
0.65	9804	9574	9272	8906	8488	8027	7536	7023
0.70	9832	9635	9376	9062	8704	8309	7888	7448
0.75	9860	9696	9480	9218	8920	8591	8240	7873
0.80	9888	9756	9584	9374	9136	8872	8592	8298
0.85	9916	9817	9688	9530	9352	9154	8944	8723
0.90	9644	9878	9792	9687	9568	9436	9296	9149
0.95	9972	9938	9890	9743	9784	9717	9648	9574
1.00	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

جدول شماره ٤ ـ مربوط به ضریب انتقال

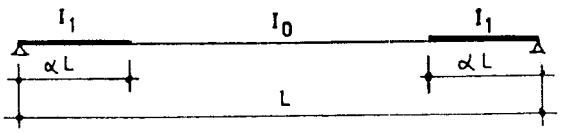


$$k_{AB}=k_{BA}=\frac{\mu_2}{2\mu_1} \qquad n=\frac{I_o}{I_1}$$

$k \times 10^3$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
0.00	648	719	785	846	898	940	984	997
0.05	638	700	758	708	842	860	854	793
0.10	629	685	734	688	795	797	773	698
0.15	619	669	712	668	755	750	720	647
0.20	610	655	691	652	722	711	673	615
0.25	601	642	672	635	694	680	648	662
0.30	593	628	664	621	669	655	625	573
0.35	585	616	638	608	647	632	604	560
0.40	577	604	623	596	627	614	588	550
0.45	570	593	609	584	610	596	574	542
0.50	562	582	596	573	595	582	563	536
0.55	555	572	583	564	582	570	353	528
0.60	548	564	571	555	569	558	543	524
0.65	542	553	561	647	557	549	536	519
0.70	535	546	550	538	547	540	529	515
5.75	529	636	541	531	537	532	523	512
0.80	523	629	532	524	529	524	518	509
0.85	517	521	523	519	521	517	512	507
0.90	511	514	515	511	513	511	508	504
0.95	506	507	507	505	606	505	504	502

جدول شماره ۵ ـ مربوط به‌ضریب سختی

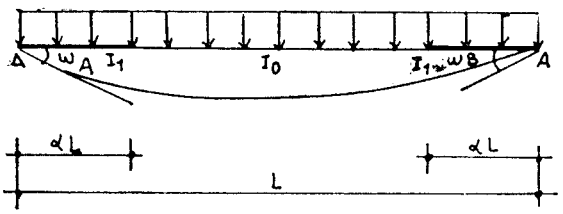


$$R_{AB}=R_{BA}=\mu_3\frac{EI_\circ}{L} \qquad R_{AB}=R_{BA}=\frac{a}{a^2-b^2}=\frac{3EI_\circ}{L}\times\frac{1}{(1-k_{AB})\left(\mu_1+\frac{\mu_2}{2}\right)}$$

$$k_{AB}=-\frac{b}{a} \quad , \quad k_{BA}=-\frac{b}{c} \quad , \quad n=\frac{I_\circ}{I_1} \qquad \mu_3$$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.35
0.00	7.102	10.18	15.55	26.14	49.38	111.111	625	6666.66
0.05	6.818	9.320	13.333	12.106	29.411	42.680	57.078	66.815
0.10	6.578	8.695	11.750	10.905	21.201	26.628	31.466	34.843
0.15	6.329	8.100	10.526	9.875	16.666	19.736	22.321	24.077
0.20	6.105	7.628	9.524	9.064	13.325	15.706	17.253	18.553
0.25	5.882	7.218	8.711	8.354	11.905	13.158	14.204	15.098
0.30	5.714	6.805	8.027	7.782	10.416	11.363	12.121	12.658
0.35	5.540	6.462	7.468	7.267	9.288	9.966	10.522	10.949
0.40	5.373	6.159	6.978	6.833	8.380	8.928	9.334	9.662
0.45	5.226	5.882	6.557	6.428	7.653	8.045	8.380	8.653
0.50	5.074	5.630	6.188	6.072	7.059	7.462	7.628	7.837
0.55	4.938	5.396	5.848	5.780	6.555	6.793	6.993	7.117
0.60	4.810	5.213	5.549	5.504	6.110	6.285	6.438	6.564
0.65	4.695	5.005	5.296	5.263	5.714	5.882	5.988	6.073
0.70	4.574	4.840	5.050	5.016	5.386	5.477	5.586	5.649
0.75	4.470	4.655	4.841	4.815	5.085	5.181	5.245	5.282
0.80	4.366	4.517	4.645	4.622	4.823	4.885	4.942	4.967
0.85	4.268	4.366	4.460	4.464	4.587	4.622	4.658	4.695
0.90	4.173	4.243	4.295	4.285	4.367	4.398	4.418	4.431
0.95	4.090	4.115	4.139	4.183	4.172	4.184	4.201	4.201

جدول شماره ٦

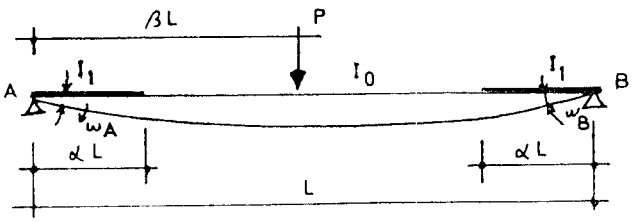


$$\omega_A = -\omega_B = \mu_4 \cdot \frac{qL^3}{24EI_\circ} \qquad \mu_4 = 1-\alpha^2(1-n)(6-4\alpha)$$

$$n = \frac{I_\circ}{I_1} \qquad \mu_4 \times 10^3$$

n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
0.00	944	879	792	688	568	437	296	150
0.05	947	845	802	704	590	464	331	193
0.10	950	891	813	719	611	492	366	235
0.15	953	897	823	735	633	521	402	278
0.20	956	903	834	750	654	549	437	320
0.25	958	909	844	766	676	577	472	363
0.30	961	915	854	782	698	605	507	905
0.35	964	921	865	797	719	634	542	448
0.40	966	927	865	813	741	662	578	490
0.45	969	933	886	828	762	690	613	533
0.50	972	939	896	844	784	718	648	575
0.55	975	943	906	860	806	746	683	618
0.60	978	951	917	875	827	774	718	660
0.65	980	957	927	891	849	803	754	703
0.70	983	964	938	906	870	831	789	745
0.75	986	970	948	922	892	859	824	788
0.80	989	976	958	938	914	887	859	830
0.85	992	981	969	953	935	915	894	873
0.90	994	988	979	969	957	944	930	915

جدول شماره ۷



$$d=\omega_A=\frac{PL^2}{6EI_\circ}\mu_5 \qquad e=\omega_B=\frac{PL^2}{6EI_\circ}\mu_6$$

$$\mu_5=(1-\beta)\beta(2-\beta)+(n-1)a^2[3(1-\beta)-2\alpha(1-2\beta)]$$

$$\mu_6=(n-1)[2\alpha^3(1-2\beta)+3\beta a^2]+\beta(1-\beta^2)$$

درحالت $\beta \geqslant \alpha$ جدول زیر μ_5 و μ_6 را بدست میدهد

$n=\frac{I_\circ}{I_1}$ $\mu_6\times 10^4$ خط پائین $\mu_5\times 10^4$ خط بالا

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.3	0.00	3368 2632	3125 2501	2794 2306	2383 2043	1896 1704
	0.10	3388 2642	3169 2523	2872 2348	2501 2111	2063 1807
	0.20	3408 2652	3214 2546	2949 2391	2620 2180	2231 1909
	0.30	3429 2661	3258 2569	3027 2433	2739 2249	2398 2012
	0.40	3449 2671	3303 2692	3104 2476	2858 2318	2566 2114
	0.50	3469 2681	3347 2615	3182 2518	2976 2386	2735 2217
	0.60	3489 2691	3392 2638	3260 2560	3095 2455	2900 2320
	0.70	3509 2701	3436 2661	3337 2603	3214 2524	3068 2422
	0.80	3530 2710	2481 2684	3415 2645	3333 2593	3235 2525
	0.90	3550 2720	3526 2707	3492 2687	3451 2662	3403 2627

بقیه جدول شماره ۷

$$n = \frac{I_o}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.4	0.00	3664 3236	3448 3076	3152 2848	2777 2548	2328 2172
	0.10	3682 3248	3487 3104	3221 2899	2883 2629	2479 2291
	0.20	3700 3261	3526 3132	3290 2950	2989 2710	2630 2410
	0.30	3718 3237	3565 3160	3359 3001	3095 2791	2781 2529
	0.40	3736 3286	3604 3188	3428 3052	3201 2872	2932 2648
	0.50	3754 3298	3643 3216	3497 8103	3307 2953	3083 2767
	0.60	3772 3310	3682 3244	3566 3154	3413 3034	3234 2886
	0.70	3790 3323	3721 3272	3635 3205	3519 3115	3385 3005
	0.80	3808 3335	3760 3300	3704 3256	3625 3196	3536 3124
	0.90	3826 3348	3800 3328	3773 3307	3731 3277	3687 3243

بقیه جدول شماره ۷

$$n = \frac{I_o}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.5	0.00	3600 3600	3413 3413	3150 3150	2813 2813	2400 2400
	0.10	3615 3615	3446 3446	3210 3210	2906 2906	2535 2535
	0.20	3630 3630	3480 3480	3270 3270	3000 3000	2670 2670
	0.30	3645 3645	3514 3514	3330 3330	3094 3094	2805 2805
	0.40	3660 3660	3547 3547	3390 3390	3188 3188	2940 2940
	0.50	3675 3675	3581 3581	3450 3450	3281 3281	3075 3075
	0.60	3690 3690	3615 3615	3510 3510	3375 3375	3210 3210
	0.70	3705 3705	3649 3649	3570 3570	3469 3469	3345 3345
	0.80	3720 3720	3683 3683	3630 3630	3563 3563	3480 3480
	0.90	3735 3735	3716 3716	3690 3690	3656 3656	3615 3615

بقیه جدول شماره ۷

$$n = \frac{I_o}{I_1}$$

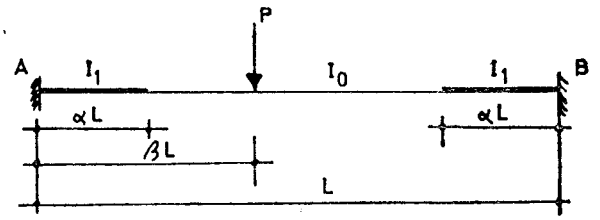
β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.6	0.00	3236 3664	3076 3448	2843 3152	2543 2777	2172 2328
	0.10	3248 3682	3104 3487	2899 3221	2629 2883	2291 2479
	0.20	3261 3700	3132 3526	2950 3290	2710 2989	2410 2630
	0.30	3273 3718	3160 3565	3001 3359	2791 3095	2529 2781
	0.40	3286 3736	3188 3604	3052 3428	2872 3201	2648 2932
	0.50	3298 3754	3216 3643	3103 3497	2953 3307	2767 3083
	0.60	3310 3772	3244 3682	3154 3566	3034 3413	2886 3234
	0.70	3323 3790	3272 3721	3205 3635	3115 3519	3005 3385
	0.80	3335 3808	3300 3760	3256 3704	3196 3625	3124 3536
	0.90	3348 3826	3328 3800	3307 3773	3277 3731	3243 3687

بقیه جدول شماره ۷

$$n = \frac{I_0}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.7	0.00	2632 3368	2501 3125	2306 2794	2043 2383	1704 1896
	0.10	2642 3388	2523 3169	2348 2872	2111 2501	1807 2063
	0.20	2652 3408	2546 3214	2391 2949	2180 2620	1909 2231
	0.30	2661 3429	2569 3258	2433 3027	2249 2739	2012 2398
	0.40	2671 3449	2592 3303	2476 3104	2318 2858	2114 2566
	0.50	2681 3469	2615 3347	2518 3182	2386 2976	2217 2733
	0.60	2691 3489	2638 3329	2560 3260	2455 3095	2320 2900
	0.70	2701 3509	2661 3436	2603 3337	2524 3214	2422 3068
	0.80	2710 3530	2684 3481	2645 3415	2593 3333	2525 3235
	0.90	2720 3550	2707 3526	2687 3492	2662 3451	2627 3403

جدول شماره ۸ ـ برای محاسبه لنگر گیرداری کامل درنقاط A و B



خط بالا $\mu_{AB} \times 10^4$ خط پائین $\mu_{BA} \times 10^4$

$M_{BA} = -\mu_{BA} PL$ $n = \frac{I_0}{I_1}$ $M_{AB} 2 - \mu_{AB} PL$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.3	0.00	1961 533	2252 424	2485 285	2844 109	3012 8
	0.10	1892 560	2087 510	2249 470	1906 709	2211 590
	0.20	1821 582	1945 560	2058 560	1812 713	1965 687
	0.30	1781 598	1865 593	1920 606	1740 712	1826 705
	0.40	1708 609	1783 613	1816 630	1681 700	1733 705
	0.50	1658 618	1712 626	1734 741	1628 689	1663 695
	0.60	1614 624	1654 630	1662 646	1588 676	1608 682
	0.70	1573 628	1599 633	1603 646	1551 664	1564 668
	0.80	1537 628	1550 634	1554 641	1520 652	1536 667
	0.90	1500 630	1509 633	1508 636	1493 642	1495 641

بقیه جدول شماره ۸

خط بالائی $\mu_{AB} \times 10^4$ خط پائینی $\mu_{BA} \times 10^4$

$$n = \frac{I_0}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.4	0.00	1855 1020	2097 1013	2374 969	2697 854	3111 667
	0.10	1796 1021	1971 1036	2140 1047	2144 1319	2857 1551
	0.20	1740 1021	1874 1046	1987 1074	1845 1149	2050 1177
	0.30	1712 982	1792 1044	1967 1075	1766 1127	1890 1161
	0.40	1647 1012	1722 1037	1775 1065	1695 1097	1776 1131
	0.50	1607 1004	1661 1028	1689 1050	1634 1070	1690 1097
	0.60	1569 996	1608 1014	1632 1033	1585 1045	1620 1065
	0.70	1533 977	1559 1000	1575 1014	1540 1021	1562 1035
	0.80	1501 977	1515 986	1526 994	1502 998	1513 1007
	0.90	1470 968	1477 972	1481 976	1468 978	1472 984

بقیه جدول شماره ۸

خط بالائی $\mu_{BA} \times 10^4$ خط پائینی $\mu_{AB} \times 10^4$

$$n = \frac{I_\circ}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.50	0.00	1500 1500	1627 1627	1755 1755	1873 1873	2016 2016
	0.10	1470 1470	1572 1572	1672 1672	1648 1648	1837 1837
	0.20	1440 1440	1540 1540	1603 1603	1576 1576	1709 1709
	0.30	1413 1413	1482 1482	1541 1541	1518 1518	1610 1610
	0.40	1386 1386	1442 1442	1486 1486	1466 1466	1532 1532
	0.50	1361 1361	1404 1404	1437 1437	1416 1416	1464 1464
	0.60	1337 1337	1369 1369	1392 1392	1377 1377	1409 1409
	0.70	1313 1313	1336 1336	1352 1352	1340 1340	1359 1359
	9.80	1290 1290	1305 1305	1315 1315	1306 1306	1317 1317
	0.90	1269 1269	1347 1347	1281 1281	1276 1276	1281 1281

بقیه جدول شماره ۸

خط بالائی $\mu_{BA} \times 10^4$ خط پائینی $\mu_{AB} \times 10^4$

$$n = \frac{I_\circ}{I_i}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.60	0.00	1020 1855	1013 2097	969 2374	854 2697	667 3111
	0.10	1021 1796	1036 1971	1047 2140	1319 2144	1551 2857
	0.20	1021 1740	1046 1874	1074 1987	1149 1845	1177 2050
	0.30	982 1712	1044 1792	1075 1867	1127 1766	1161 1890
	0.40	1012 1647	1073 1722	1065 1775	1197 1695	1131 1776
	0.50	1004 1607	1028 1661	1050 1689	1070 1634	1097 1690
	0.60	996 1569	1014 1608	1033 1632	1045 1585	1065 1620
	0.70	987 1533	1000 1559	1014 1575	1021 1540	1035 1562
	0.80	977 1501	986 1515	994 1526	998 1502	1007 1513
	0.90	968 1460	972 1477	976 1481	978 1468	984 1472

بقیه جدول شماره ۸

خط بالائی $\mu_{AA} \times 10^4$ خط پائینی $\mu_{AB} \times 10^4$

$$n = \frac{I_o}{I_1}$$

β	n \ α	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.7	0.00	533 1961	424 2252	285 2485	109 2844	8 3012
	0.10	560 1892	510 2087	470 2249	709 1906	590 2211
	0.20	582 1821	560 1954	560 2058	713 1812	687 1965
	0.30	598 1781	593 1865	606 1920	712 1740	705 1826
	0.40	609 1708	613 1783	630 1816	700 1681	705 1733
	0.50	618 1658	626 1712	641 1734	689 1628	695 1663
	0.60	624 1614	630 1654	646 1662	276 1588	682 1608
	0.70	622 1573	633 1599	646 1603	664 1551	668 1564
	0.80	628 1537	634 1550	641 1554	652 1520	667 1536
	0.90	630 1500	633 1509	636 1508	642 1493	641 1495

ناتمام ـ بقیه شماره بعد