

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جدول شناسنامه اثر	
کد آموزش	۳۱۳-۰۰۲-۰۰۱
عنوان اثر	آموزش اکسل (excel) برای مهندسين عمران - رسم نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی در اکسل
تالیف	گروه مهندسی سیویل ژئوتک (civilgeotech)
نویسنده	مهندس سید محمد صادق آل محمد
آدرس سایت	https://civilgeotech.ir/
ایمیل	info@civilgeotech.ir
نوع	فایل pdf به همراه دو فایل excel در قالب یک فایل فشرده
تعداد کل صفحات	۹ صفحه
<p>فرهیخته گرامی:</p> <p>بازنشر این فایل باعث تضییع حقوق مادی و معنوی سایت سیویل ژئوتک خواهد شد و کپی بخش یا تمام این اثر شرعا و قانونا حرام و ممنوع است.</p> <p>لطفا فایل این آموزش را از سایت اصلی ما دریافت کنید.</p>	

فهرست مطالب

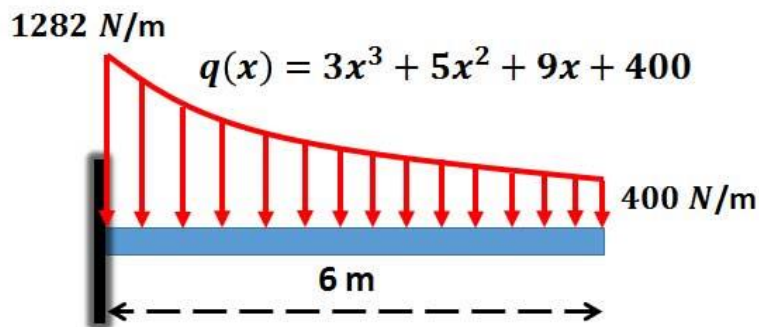
- رسم نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی در اکسل ۲
- ۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند... ۲
- ۲- رسم نمودار برش و خمش به روش دستی و به کمک معادلات تعادل ۲
- ۳- رسم نمودار برش و خمش با استفاده از اکسل و به کمک معادلات تعادل ۴
- ۴- رسم نمودار برش و خمش با استفاده از اکسل ۶
- ۵- مراجع ۸



رسم نمودار نیروی برشی و لنگر خمشی در اکسل

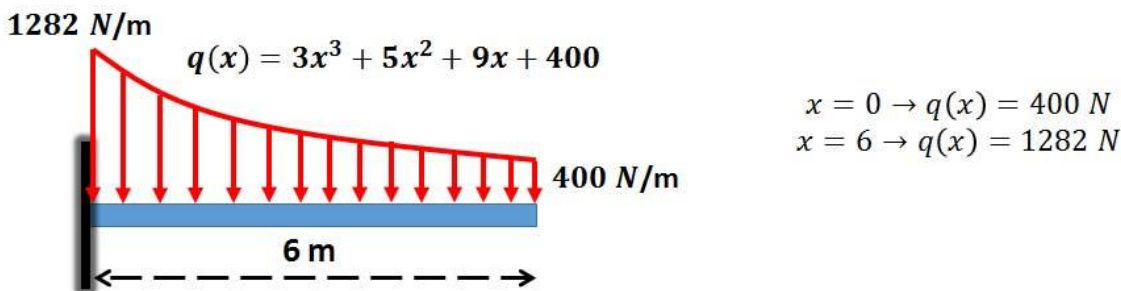
۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

پروژه‌ای که قصد داریم در این آموزش به آن بپردازیم، رسم نمودار برش و خمشی یک تیر کنسول در نرم‌افزار اکسل است. برای این پروژه تیر کنسول شکل زیر با معادله بار مشخص شده در آن را داریم. لازم به ذکر است که این روش قابل تعمیم برای یک تیر با انواع شرایط تکیه‌گاهی و انواع حالات بار می‌باشد. حال برای بررسی کامل پروژه به سه روش نمودارها را رسم می‌کنیم. روش اول، به روش دستی و به کمک معادلات تعادل، روش دوم، با اکسل و به کمک معادلات تعادل و روش سوم با استفاده از اکسل.



۲- رسم نمودار برش و خمشی به روش دستی و به کمک معادلات تعادل

این روش را قبلاً در سه آموزش، نیروهای گسترده بخش اول، نیروهای گسترده بخش دوم و نیروهای گسترده بخش سوم به طور کامل شرح دادیم. ابتدا دیاگرام آزاد کل تیر برای محاسبه عکس العمل تکیه‌گاهی را رسم می‌کنیم.



$$R = \int_0^6 q(x) dx = \int_0^6 (3x^3 + 5x^2 + 9x + 400) dx = \left(\frac{3x^4}{4} + \frac{5x^3}{3} + \frac{9x^2}{2} + 400x \right) \bigg|_0^6 = 3894 \text{ N}$$

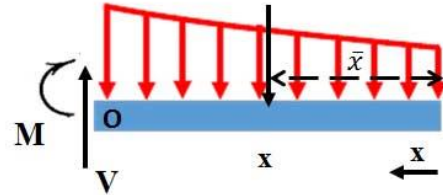
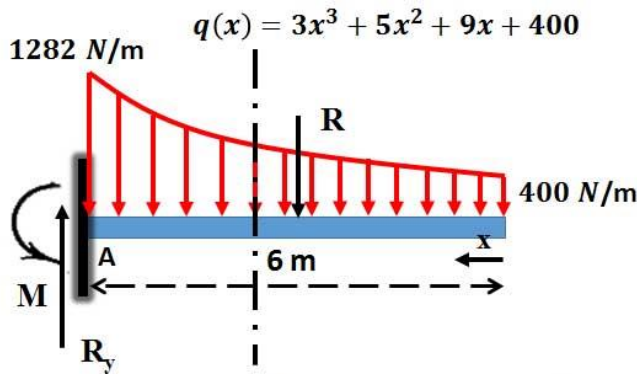
$$\bar{x} = \frac{\int_0^6 x q(x) dx}{R} = \frac{\int_0^6 x(3x^3 + 5x^2 + 9x + 400) dx}{3894} = \frac{14133.6}{3894} = 3.62958 \text{ m}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow M - 3894 \times (6 - 3.63) = 0 \rightarrow M = 9230.4 \text{ N.m}$$

پادساعتگرد

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_y - 3894 = 0 \rightarrow R_y = 3894 \text{ N}$$

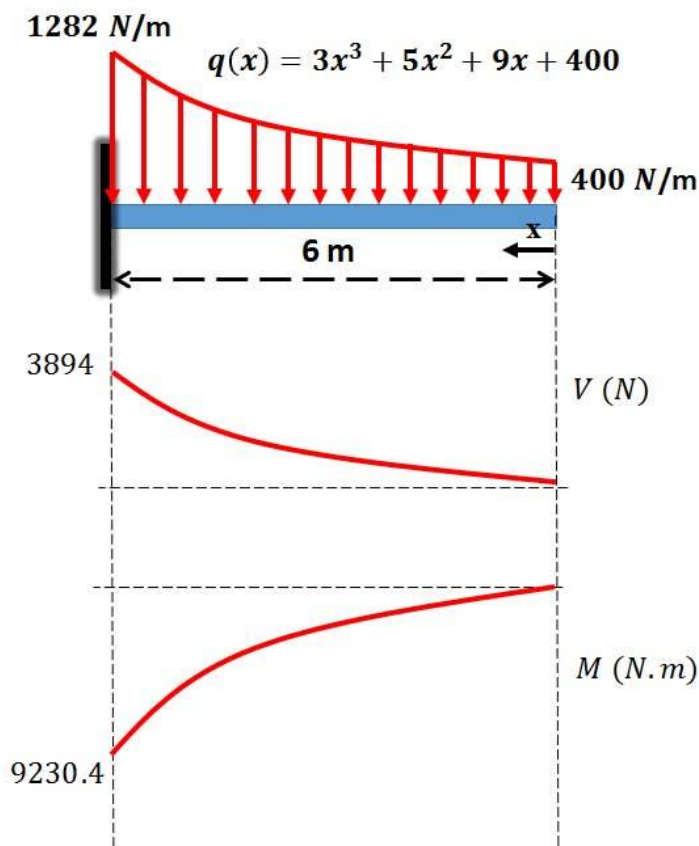
حال برای مقطع سمت راست تیر داریم:



$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow V - \int_0^x q(x) dx = 0 \rightarrow V = \int_0^x 3x^3 + 5x^2 + 9x + 400 dx = \frac{3x^4}{4} + \frac{5x^3}{3} + \frac{9x^2}{2} + 400x$$

$$\Sigma M_O = 0 \rightarrow M + \int_0^x (3\bar{x}^3 + 5\bar{x}^2 + 9\bar{x} + 400)(x - \bar{x}) d\bar{x} = 0 \rightarrow M = -\left(\frac{3x^5}{20} + \frac{5x^4}{12} + \frac{3x^3}{2} + 200x^2\right)$$

حال که معادلات برش و لنگر را داریم مقادیر x را در آن گذاشته و نمودار را رسم می‌کنیم. با توجه به اینکه نمودار بار نزولی است تقعر نمودار برش رو به بالا خواهد بود. نمودار بار مثبت است بنابراین نمودار برش نزولی خواهد بود. نمودار بار درجه ۳ است پس نمودار برش درجه ۴ می‌باشد. نمودار برش درجه ۴ است پس نمودار خمشی درجه ۵ خواهد بود. نمودار برش کاهشی است پس تقعر نمودار خمشی رو به پایین می‌باشد.



$$V = \frac{3x^4}{4} + \frac{5x^3}{3} + \frac{9x^2}{2} + 400x$$

$$M = -\left(\frac{3x^5}{20} + \frac{5x^4}{12} + \frac{3x^3}{2} + 200x^2\right)$$

$$R_y = 3894 \text{ N}$$

$$M = 9230.4 \text{ N.m}$$

M	v	x
0	0	0
9230.4	3894	6

۳- رسم نمودار برش و خمشی با استفاده از اکسل و به کمک معادلات تعادل

با توجه به محاسبات قبل سه معادله بار، برش و خمشی تیر به شرح زیر محاسبه شد.

$$q(x) = 3x^3 + 5x^2 + 9x + 400 \quad V = \frac{3x^4}{4} + \frac{5x^3}{3} + \frac{9x^2}{2} + 400x \quad M = -\left(\frac{3x^5}{20} + \frac{5x^4}{12} + \frac{3x^3}{2} + 200x^2\right)$$

در نرم افزار اکسل چهار ستون را تشکیل می دهیم. ستون اول مقادیر مختلف X را وارد می کنیم. در ستون دوم معادله بار، ستون سوم معادله برش و در ستون چهارم معادله خمشی را به شرح زیر وارد می کنیم:

معادله بار:

AND : X ✓ fx =3*A3^3+5*A3^2+9*A3+400						
	A	B	C	D	E	F
1						
2	x	q	V	M		
3	0	=3*A3^3+5	0	0		
4	1	417	406.9167	-202.067		
5	2	462	843.3333	-823.467		
6	3	553	1346.25	-1910.7		
7	4	708	1970.667	-3556.27		
8	5	945	2789.583	-5916.67		
9	6	1282	3894	-9230.4		
10						

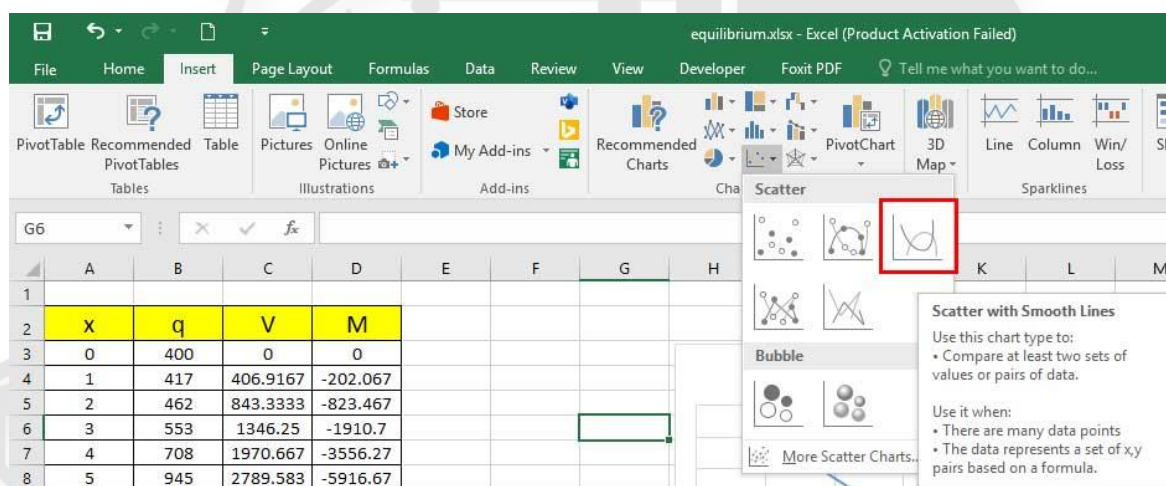
معادله برش:

AND : X ✓ fx =(3*A3^4)/4+(5*A3^3)/3+(9*A3^2)/2+400*A3							
	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	x	q	V	M			
3	0	400	=(3*A3^4)/4	0			
4	1	417	406.9167	-202.067			
5	2	462	843.3333	-823.467			
6	3	553	1346.25	-1910.7			
7	4	708	1970.667	-3556.27			
8	5	945	2789.583	-5916.67			
9	6	1282	3894	-9230.4			
10							

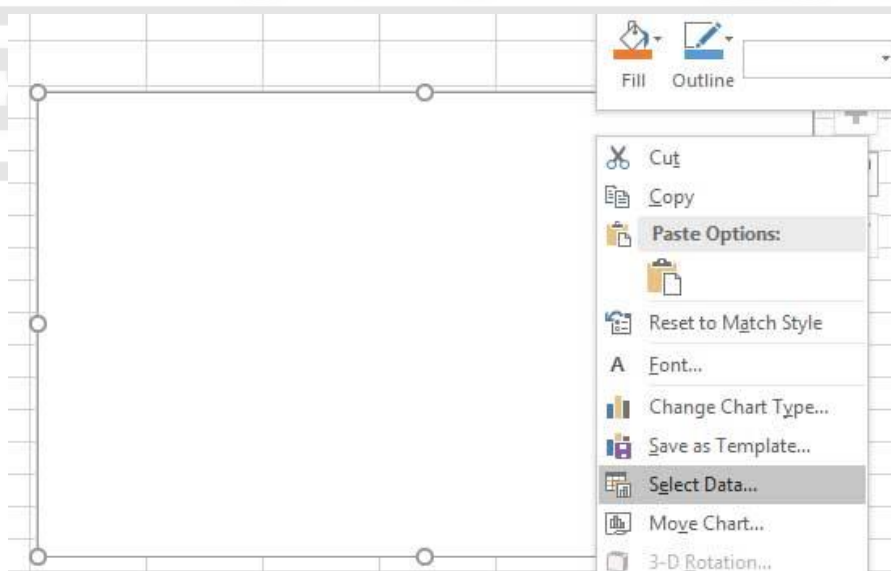
معادله خمشی:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	x	q	V	M				
3	0	400	0	$=-(3*A3^5)/20+(5*A3^4)/12+(3*A3^3)/2+200*A3^2$				
4	1	417	406.9167	-202.067				
5	2	462	843.3333	-823.467				
6	3	553	1346.25	-1910.7				
7	4	708	1970.667	-3556.27				
8	5	945	2789.583	-5916.67				
9	6	1282	3894	-9230.4				
10								

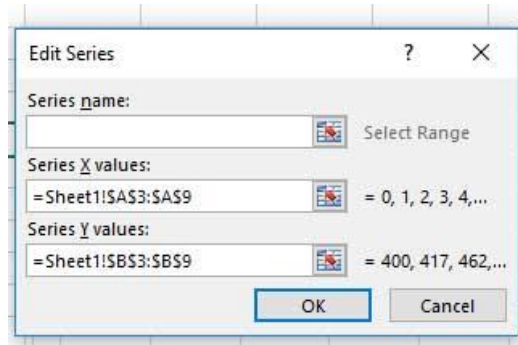
حال از منوی Insert برای رسم نمودار اقدام می‌کنیم.



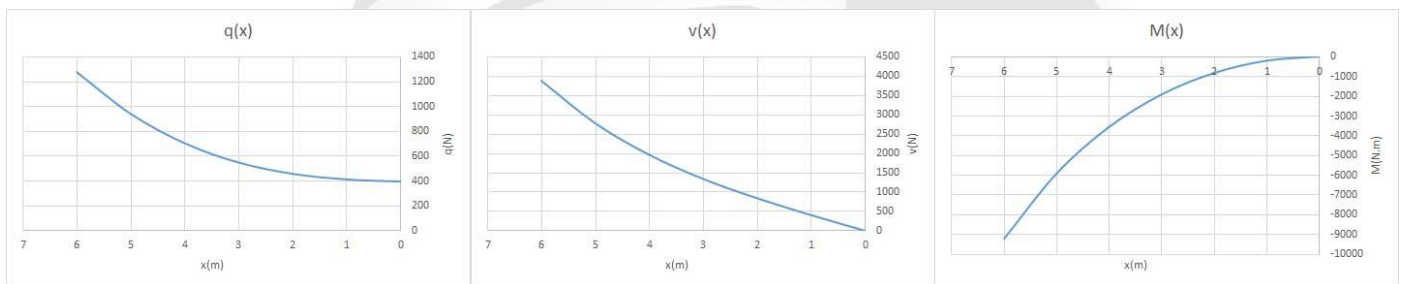
حال در نمودار خالی ایجاد شده راست کلیک کرده و گزینه Select Data را انتخاب می‌کنیم.



در پنجره باز شده روی Add کلیک کرده و در پنجره جدیدی که باز می‌شود مقادیر X و در سه مرحله مقادیر بار، برش و خمش را به عنوان Y برای سه نمودار انتخاب می‌کنیم.

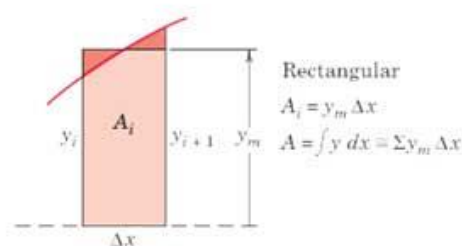
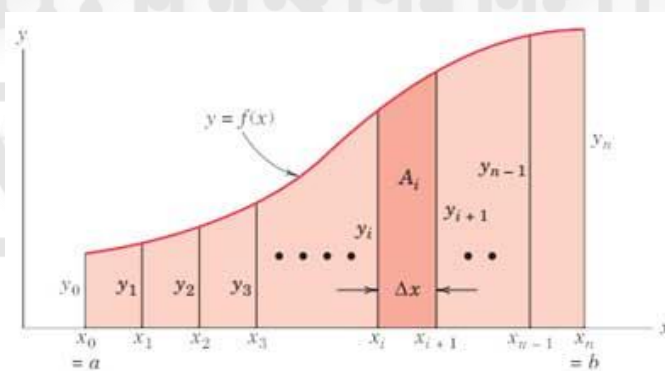


و سه نمودار ما به شکل زیر خواهد شد.



۴- رسم نمودار برش و خمش با استفاده از اکسل

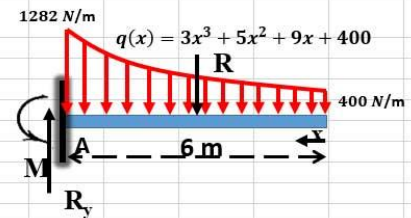
مساحت زیر نمودار بار برابر با مقدار برش می‌باشد. همچنین مساحت زیر نمودار برش برابر با مقدار خمش می‌باشد. بنابراین ابتدا با استفاده از معادله بار نمودار آن را رسم می‌کنیم. سپس با محاسبه مساحت زیر نمودار بار با روش المان بندی منحنی بار، نمودار برش را رسم می‌کنیم. و در نهایت با محاسبه مساحت زیر نمودار برش با روش المان بندی منحنی برش، نمودار خمش رسم می‌شود.





در اکسل جدولی مطابق با جدول زیر رسم می‌کنیم. ستون اول dx نام گذاری می‌کنیم و بازه ۶ متری x را به المان‌های کوچک dx تقسیم بندی می‌کنیم. در ستون دوم رابطه بار را وارد می‌کنیم. در ستون سوم مساحت المان را وارد می‌کنیم. در این رابطه از تابع قدر مطلق ABS استفاده می‌شود و مساحت یک المان مستطیلی محاسبه می‌شود. در ستون چهارم مجموع مساحت‌ها را با SUM حساب می‌کنیم. در ستون پنجم یک جمع تجمعی را تشکیل می‌دهیم. در ستون ششم مقدار برش در هر المان محاسبه می‌شود. در ستون هفتم مساحت المان‌های زیر نمودار برش را حساب می‌کنیم. ستون هشتم مجموع مساحت المان‌های زیر نمودار برش خواهد بود. ستون نهم جمع تجمعی مساحت المان‌های زیر نمودار برش خواهد بود. در ستون دهم نیز میزان خمش محاسبه می‌شود. برای فهم دقیق این موارد به ویدیو مراجعه کنید.

1				$R_3 = V_3$						
2	dx	w	A_i	$\sum A_i$	$A_1 \dots + A_n$	V_i	A_{0i}	$\sum A_{0i}$	$A_{01} \dots + A_{0n}$	M_i
3	6.0	1282.000		3894		3894.3		8855.02		-8855.02
4	5.9	1243.287	126.264		248.7	3645.6	376.996		735.62	-8119.40
5	5.8	1205.736	122.451		367.5	3526.9	358.623		1082.55	-7772.47
6	5.7	1169.329	118.753		482.6	3411.7	346.927		1418.13	-7436.89
7	5.6	1134.048	115.169		594.3	3300.0	335.583		1742.71	-7112.31
8	5.5	1099.875	111.696		702.7	3191.7	324.582		2056.62	-6798.40
9	5.4	1066.792	108.333		807.7	3086.6	313.911		2360.18	-6494.84
10	5.3	1034.781	105.079		909.7	2984.6	303.561		2653.70	-6201.32
11	5.2	1003.824	101.930		1008.6	2885.8	293.520		2937.48	-5917.54
12	5.1	973.903	98.886		1104.5	2789.8	283.779		3211.81	-5643.21
13	5.0	945.000	95.945		1197.6	2696.7	274.326		3476.96	-5378.06
14	4.9	917.097	93.105		1288.0	2606.3	265.153		3733.21	-5121.81
15	4.8	890.176	90.364		1375.7	2518.6	256.248		3980.81	-4874.21
16	4.7	864.219	87.720		1460.9	2433.5	247.604		4220.02	-4635.00
17	4.6	839.208	85.171		1543.6	2350.7	239.209		4451.08	-4403.94
18	4.5	815.125	82.717		1623.9	2270.4	231.056		4674.21	-4180.81
19	4.4	791.952	80.354		1702.0	2192.3	223.134		4889.65	-3965.37
20	4.3	769.671	78.081		1777.9	2116.4	215.435		5097.60	-3757.42
21	4.2	748.264	75.897		1851.7	2042.6	207.951		5298.27	-3556.75
22	4.1	727.713	73.799		1923.5	1970.8	200.671		5491.86	-3363.16



حال با استفاده از ستون dx به عنوان مقادیر x ، ستون w به عنوان مقادیر بار، ستون V_i به عنوان مقادیر برش و ستون M_i به عنوان خمش می‌توان مانند قبل نمودارها رسم نمود.

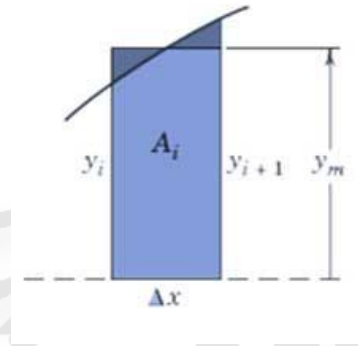
حال دقت کار ما کم هست با انتخاب dx های کوچکتر به طور مثال با فواصل 0/001 کار را تکرار می‌کنیم.

همانطور که در ابتدای این مقاله صحبت کردیم این روش قابل تعمیم برای انواع شرایط تکیه‌گاهی و بار می‌باشد که به طور مثال برای تیر کنسول با بار گسترده ثابت و با بار گسترده سینوسی نیز رسم شده است. که در فایل پیوست قابل مشاهده است.

در نهایت در جدول زیر هر سه روش بحث شده را مقایسه می‌کنیم و دقت هر روش نسبت به دیگری در جدول آمده است.

روش	ماکسیمم برش (N)	ماکسیمم خمش (N.m)	ماکسیمم خمش (KN.m)
(۱) به روش دستی و به کمک معادلات تعادل	3894	-9230.4	-9.23
(۲) با اکسل و به کمک معادلات تعادل	3894	-9230.4	-9.23
(۳) با اکسل	$\Delta x = 0.1$	-8855.02	-8.86
	$\Delta x = 0.001$	-9226.51	-9.23
	$\Delta x = 0.0001$	-9230.01	-9.23

بنابراین این روش عددی برای محاسبه انتگرال‌هایی که به روش تحلیلی قابل محاسبه نباشد کارآمد است. به این نکته توجه داشته باشید که معادله بار مورد استفاده نیز باید در بازه محاسبات مساحت پیوسته باشد. در این روش افزایش تعداد المان‌ها منجر به بهبود دقت نتایج می‌شود. و به عنوان یک قاعده کلی می‌توانیم فرآیند محاسبات را با تعداد کمی المان شروع کنیم و سپس تعداد المان‌ها را تا زمانی که در مقدار مساحت تغییری مشاهده نشود افزایش دهیم.



۵- مراجع

Meriam, J. L. and Kraige, L. G. (2011). Engineering Mechanics Volume 1: Statics. 7th Ed. John Wiley and Sons Inc.