

ТРАНСПОРТ И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 624.073.02

ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОБ ИЗГИБЕ ВОДООТВОДНЫХ ЛОТКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С УЧЕТОМ НЕПОЛНОГО КОНТАКТА С ГРУНТОМ

Маруфий Адилжан Таджимухамедович, д.т.н., профессор, ОшТУ им. М.М. Адышева, Кыргызстан, 723500, г. Ош, ул. Исанова 81, e-mail: oshtu-marufi@rambler.ru

Жалалдинов Муса Мубаракевич, старший преподаватель, ОшТУ им. М.М. Адышева, Кыргызстан, 723500, г. Ош, ул. Исанова 81, e-mail: m.jalaldinov@mail.ru

Капаров Чубак Абдылдаевич, ведущий специалист компании «China Road», Кыргызстан, 723500, г. Ош, e-mail: che1974@mail.ru

В данной статье рассматривается задача численной реализации расчета средней части водоотводных лотков автомобильных дорог с учетом их реальной работы. Расчетная схема, которой сводится к расчету бесконечной полосы подкрепленной ребрами на упругом основании с учетом неполного контакта с основанием.

Ключевые слова: бесконечная полоса, изгиб, неполный контакт, упругое основание, преобразование Фурье.

NUMERICAL IMPLEMENTATION OF THE PROBLEM OF BENDING GUTTERS, ROAD TAKING INTO ACCOUNT THE INCOMPLETE CONTACT WITH THE SOIL

Marufiy A.T., doctor of Technical Sciences, professor, Kyrgyzstan, 723500, Osh, Osh Technological University, e-mail: oshtu-marufi@rambler.ru

Jalaldinov M.M., senior Lecturer, Kyrgyzstan, 723500, Osh, Osh Technological University, e-mail: m.jalaldinov@mail.ru

Kaparov Ch. A., leading specialist «China Road», Kyrgyzstan, 723500, Osh, e-mail: che1974@mail.ru

In this article we consider the problem of numerical realization of the calculation of the middle part of the drainage gutters of roads based on their real work. Design scheme, which is reduced to the calculation of the endless band supported by the ribs on elastic Foundation taking into account the incomplete contact with the ground.

Keywords: infinite runway, bending, incomplete contact, elastic base, Fourier transform.

Цель исследования. Численная реализация ранее полученного авторами аналитического решения задачи расчета средней части водоотводных лотков автомобильных дорог с учетом их реальной работы и анализ полученных результатов.

Метод исследования. Составление программы расчета в среде Delphi и вывод графиков с помощью системы AutoCAD.

Расчетная схема рассматриваемой задачи приводится к изгибу бесконечной полосы, подкрепленной ребрами, лежащей на упругом основании [3]. Приняты следующие безразмерные величины: полуширина бесконечной полосы $b = 1$, высота ребра соответственно $h = 0,5$ и толщина $\delta = 0,1$. В этом случае [3] в выражениях [1,2,3,4,5].

$$A_1^P(\lambda) = \pi^2 \left[\bar{L}_1 \bar{W}_\infty(\lambda, b) \psi_{04}^P(\lambda, b, b) - \bar{L}_2 \bar{W}_\infty(\lambda, b) \psi_{02}^P(\lambda, b) \right] / O^P(\lambda, b) \quad (1)$$

$$A_2^P(\lambda) = \pi^2 \left[\bar{L}_2 \bar{W}_\infty(\lambda, b) \psi_{01}^P(\lambda, b, b) - \bar{L}_1 \bar{W}_\infty(\lambda, b) \psi_{03}^P(\lambda, b) \right] / O^P(\lambda, b)$$

Трансформанты Фурье $\bar{L}_1\bar{W}_\infty(\lambda, b)$, $\bar{L}_2\bar{W}_\infty(\lambda, b)$ имеют вид:

$$\begin{aligned} \bar{L}_1\bar{W}_\infty(\lambda, b) &= \frac{e^{-Ab}}{2\pi\sqrt{\lambda^4+1}} [(1-\nu)\lambda^2 B - A - k_2 B] \cos bB + \\ &+ [(1-\nu)\lambda^2 A + B - k_2 A] \sin bB + \frac{e^{-Ab}}{2\pi} F \lambda^2 \sin bB \\ \bar{L}_2\bar{W}_\infty(\lambda, b) &= \frac{e^{-Ab}}{2\pi} [\cos bB + (1-\nu)\lambda^2 \sin bB] - \\ &- \frac{e^{-AB}}{2\pi\sqrt{\lambda^4+1}} [\mu_x(2\lambda^2 S_1 + t^2 B) + k_1 B] \cos bB + \\ &+ [\mu_x(t^2 A - 2\lambda^2 S_2) + k_1 A] \sin bB \end{aligned} \quad (2)$$

где $F = (C_{кр} - \lambda^2 C_{изг})$, $t^2 = \lambda^4 + 1$, $S_1 = A - \lambda^2 B$, $S_2 = B - \lambda^2 A$

$$C_{кр} = GJ_d D^{-1}, C_{изг} = EJ_z h^2 (4D)^{-1}, k_2 = kb^2 / 12D, \mu_x = EJ D^{-1}, k_1 = kb D^{-1}$$

На основании изложенного алгоритма расчета в [3], составлена программа в среде Delphi, а вывод графиков осуществлён с помощью системы AutoCAD, результаты расчета приведены в табл. 1,2,3,4,5,6,7.

Таблица 1

Координаты точек по оси y	Бесконечная полоса без ребер при полном контакте			Бесконечная полоса, подкрепленная ребрами при полном контакте		
	$W(x, y)$	$M_y(x, y)$	$M_x(x, y)$	$W^P(x, y)$	$W_y^P(x, y)$	$W_x^P(x, y)$
0,0	0,2096	∞	∞	0,0812	∞	∞
0,2	0,2064	0,0813	0,1637	0,0768	0,1312	0,1681
0,4	0,2010	0,0244	0,1058	0,0679	0,0649	0,0977
0,6	0,1957	-0,0003	0,0787	0,0572	0,0245	0,0417
0,8	0,1913	-0,0076	0,0664	0,0460	0,0041	0,0233
1,0	0,1881	0,000	0,0634	0,0356	0,0190	0,0835

Таблица 2

Значения изгибающих моментов $M_y(x, y)$ в бесконечной полосе при $b = 1, l = 0 \div 0,6$ с учетом неполного контакта с основанием.

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	∞	-0,1984	-0,1455	-0,1131	-0,0901	-0,0729
0,1	∞	-0,2003	-0,1471	-0,1142	-0,0911	-0,0736
0,2	∞	-0,2019	-0,1485	-0,1154	-0,0919	-0,0742
0,3	∞	-0,2034	-0,1500	-0,1167	-0,0929	-0,0749

0,4	∞	-0,2048	-0,1514	-0,1181	-0,0941	-0,0758
0,5	∞	-,02061	-0,1527	-0,1194	-0,0955	-0,0770
0,6	∞	-0,2073	-0,1539	-0,1207	-0,0968	-0,0783
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	-0,0729	-0,0595	-0,0487	-0,0400	-0,0329	-0,0258
0,1	-0,0736	-0,0599	-0,0490	-0,0401	-0,0329	-0,0257
0,2	-0,0742	-0,0603	-0,0492	-0,0402	-0,0328	-0,0256
0,3	-0,0749	-0,0608	-0,0495	-0,0403	-0,0328	-0,0254
0,4	-0,0758	-0,0614	-0,0499	-0,0405	-0,0329	-0,0253
0,5	-0,0770	-0,0623	-0,0505	-0,0409	-0,0330	-0,0252
0,6	-0,0783	-0,0634	-0,0512	-0,0414	-0,333	-0,0252

Таблица 3

Значение изгибающие моменты $M_y(x, y)$ в бесконечной плите, подкрепленной ребрами при $b = 1, l = 0 \div 0,6$ с учетом неполного контакта с основанием

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	∞	-0,1984	-0,1455	-0,1131	-0,0901	-0,0729
0,1	∞	-0,2003	-0,1471	-0,1142	-0,0911	-0,0736
0,2	∞	-0,2019	-0,1485	-0,1154	-0,0919	-0,0742
0,3	∞	-0,2034	-0,1500	-0,1167	-0,0929	-0,0749
0,4	∞	-0,2048	-0,1514	-0,1181	-0,0941	-0,0758
0,5	∞	-,02061	-0,1527	-0,1194	-0,0955	-0,0770
0,6	∞	-0,2073	-0,1539	-0,1207	-0,0968	-0,0783
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	-0,0729	-0,1488	-0,1391	-0,1250	-0,1028	-0,0860
0,1	-0,0736	-0,1498	-0,1400	-0,1253	-0,1028	-0,0857
0,2	-0,0742	-0,1508	-0,1406	-0,1256	-0,1025	-0,0850
0,3	-0,0749	-0,1520	-0,1414	-0,1259	-0,1025	-0,0847
0,4	-0,0758	-0,1535	-0,1426	-0,1266	-0,1028	-0,0843
0,5	-0,0770	-0,1558	-0,1443	-0,1278	-0,1031	-0,0840
0,6	-0,0783	-0,1585	-0,1463	-0,1294	-0,1041	-0,0840

Таблица 4.

Значение изгибающих моментов $M_x(x, y)$ в бесконечной полосе при $b = 1, l = 0 \div 0,6$ с учетом неполного контакта с основанием.

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	∞	-0,2013	-0,1463	-0,1117	-0,0864	-0,0664
0,1	∞	-0,2148	-0,1577	-0,1212	-0,0942	-0,0726
0,2	∞	-0,2271	-0,1687	-0,1304	-0,1071	-0,0786
0,3	∞	-0,2395	-0,1810	-0,1412	-0,1106	-0,0858
0,4	∞	-0,2518	-0,1933	-0,1535	-0,1214	-0,0946
0,5	∞	-0,2640	-0,2056	-0,1659	-0,1337	-0,1053
0,6	∞	-0,2763	-0,2179	-0,1782	-0,1460	-0,1176
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	-0,0664	-0,0499	-0,0359	-0,0238	-0,0134	-0,0024
0,1	-0,0726	-0,0546	-0,0394	-0,0262	-0,0148	-0,0027
0,2	-0,0786	-0,0593	-0,0428	-0,0286	-0,0162	-0,0031

0,3	-0,0858	-0,0649	-0,0471	-0,0316	-0,0181	-0,0038
0,4	-0,0946	-0,0719	-0,0524	-0,0354	-0,0206	-0,0049
0,5	-0,1053	-0,0805	-0,0591	-0,0404	-0,0241	-0,0067
0,6	-0,1176	-0,0911	-0,0675	-0,0468	-0,0287	-0,0094

Таблица 5

Значение изгибающих моментов $M_x(x, y)$ в бесконечной полосе при $b = 1, l = 0, 6$, подкрепленной ребрами с учетом неполного контакта с основанием

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	∞	-0,2516	-0,1502	-0,1086	-0,0797	-0,0447
0,1	∞	-0,2685	-0,1619	-0,1178	-0,0870	-0,0489
0,2	∞	-0,2839	-0,1732	-0,1267	-0,0939	-0,0529
0,3	∞	-0,2993	-0,1858	-0,1372	-0,1021	-0,0578
0,4	∞	-0,3148	-0,1985	-0,1492	-0,1121	-0,0637
0,5	∞	-0,3300	-0,2111	-0,1612	-0,1235	-0,0709
0,6	∞	-0,3454	-0,2237	-0,1732	-0,1348	-0,0792
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	-0,0447	-0,0264	-0,0152	-0,0084	-0,0077	-0,0014
0,1	-0,0489	-0,0289	-0,0167	-0,0092	-0,0086	-0,0046
0,2	-0,0529	-0,0314	-0,0181	-0,0100	-0,0094	-0,0053
0,3	-0,0578	-0,0344	-0,0200	-0,0111	-0,0105	-0,0066
0,4	-0,0637	-0,0381	-0,0222	-0,0124	-0,0119	-0,0184
0,5	-0,0709	-0,0427	-0,0250	-0,0142	-0,0139	-0,0116
0,6	-0,0792	-0,0482	-0,0286	-0,0164	-0,0166	-0,0162

Таблица 6

Значение прогибов $W(x, y)$ в бесконечной полосе при $b = 1, l = 0, 6$ с учетом неполного контакта с основанием.

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	0,1887	0,1872	0,1836	0,1787	0,1728	0,1661
0,1	0,2057	0,2040	0,2002	0,1949	0,1885	0,1812
0,2	0,2214	0,2196	0,2156	0,2100	0,2031	0,1953
0,3	0,2391	0,2372	0,2330	0,2271	0,2198	0,2114
0,4	0,2590	0,2571	0,2526	0,2463	0,2386	0,2297
0,5	0,2812	0,2792	0,2745	0,2679	0,2597	0,2502
0,6	0,3059	0,3037	0,2989	0,2919	0,2832	0,2731
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	0,1661	0,1588	0,1510	0,1429	0,1346	0,1262
0,1	0,1812	0,1733	0,1648	0,1560	0,1470	0,1378
0,2	0,1953	0,1868	0,1778	0,1683	0,1586	0,1487
0,3	0,2114	0,2023	0,1925	0,1823	0,1719	0,1612
0,4	0,2297	0,2198	0,2093	0,1984	0,1870	0,1755
0,5	0,2502	0,2397	0,2284	0,2165	0,2043	0,1918
0,6	0,2731	0,2619	0,2498	0,2370	0,2238	0,2103

Таблица 7

Значение прогибов $W(x, y)$ в бесконечной полосе, подкрепленной ребрами с неполным контактом $b = 1, l = 0,6$ с учетом неполного контакта с основанием.

l/x	0,0000	0,1000	0,2000	0,3000	0,4000	0,5000
0,0	0,0731	0,0711	0,0685	0,0633	0,0583	0,0521
0,1	0,0797	0,0776	0,0747	0,0691	0,0636	0,0568
0,2	0,0858	0,0835	0,0804	0,0745	0,0686	0,0612
0,3	0,0927	0,0901	0,0869	0,0805	0,0743	0,0663
0,4	0,1004	0,0978	0,0943	0,0873	0,0806	0,0720
0,5	0,1090	0,1062	0,1024	0,0950	0,0877	0,0784
0,6	0,1186	0,1154	0,1115	0,1035	0,0957	0,0856
l/x	0,5000	0,6000	0,7000	0,8000	0,9000	1,0000
0,0	0,0521	0,0464	0,0398	0,0344	0,0285	0,0239
0,1	0,0568	0,0507	0,0435	0,0376	0,0312	0,0261
0,2	0,0612	0,0546	0,0469	0,0406	0,0337	0,0282
0,3	0,0663	0,0592	0,0508	0,0439	0,0365	0,0305
0,4	0,0720	0,0643	0,0552	0,0478	0,0397	0,0332
0,5	0,0784	0,0701	0,0603	0,0522	0,0434	0,0363
0,6	0,0856	0,0766	0,0659	0,0571	0,0475	0,0398

Выводы: Анализ результатов показывает, что максимальные прогибы в бесконечной полосе подкрепленной ребрами примерно в 2,5 раза меньше чем в бесконечной полосе без ребер. Если при полном контакте с основанием бесконечной полосы, подкрепленной ребрами прогиб равен 0,0711, то при полуширине траншеи (участка с неполным контактом) $l = 0,6$ прогиб $W=0,1186$, т.е. в 1,67 раза больше. Значения изгибающих моментов $M_x(x, y)$ если при полном контакте равны $M_x(x, y) = -0,2516$, то при полуширине траншеи $l = 0,6$; $M_x(x, y) = -0,345$, т.е. в 1,37 раза больше по абсолютной величине. Если величина изгибающего момента $M_y(x, y)$ при полном контакте $M_y(x, y) = 0,2734$, то при неполном контакте при полуширине траншеи $l = 0,6$, $M_y(x, y) = -0,2961$ увеличение по абсолютной величине незначительно т.е. в 1,045 раза больше.

Список литературы

1. Маруфий А.Т. Изгиб бесконечной полосы, подкрепленный ребрами, лежащей на упругом основании/ А.Т. Маруфий, В.И. Травуш // Известия Академии наук Таджикской ССР.1981., №3. – С.81-84.
2. Маруфий А.Т. Расчет плит на другом основании при отсутствии основания под частью плиты/ А.Т. Маруфий // Основания, фундаменты и механика грунтов. - М.: 1999. №4. –С. 27-31.
3. Маруфий А.Т. Расчет водоотводных лотков автомобильных дорог с учетом их реальной работы / А.Т.Маруфий, А.Х. Абдужабаров, М.М. Жалалдинов // Известия НАН КР. -2015. -№2. –С.97-101.
4. Травуш В.И. Об одном методе решения задач изгиба конструкций, лежащих на винклеровском основании / В.И Травуш. // Сб. трудов Вопросы архитектуры и строительства зданий для зрелищ, спорта и учреждений культуры.- М.- 1976.-№4 –С. 83-89.
5. Травуш В.И. Метод обобщенных решений в задачах изгиба плит на линейно - деформируемом основании/ В.И Травуш // Строительная механика и расчет сооружений.- 1982.-№1. –С.24-28.