ISSN: 2181-3132

РАСЧЕТ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕГО С ГРУНТОМ

к.т.н. доц. **У. Рахманов**; ассистент **Т.О. Кенжаев**; магистрант. **Ф.Н. Ганиев**

Ташкентский Государственный Транспортный Университет

https://doi.org/10.5281/zenodo.6583279

АННОТАЦИЯ: Изгибаемых железобетонных балок с учетом совместного действия изгибающего момента и поперечных сил с учетом сил зацепления в трещинах и нагельного эффекта продольной арматуры. Они лягут в основу предложений по уточнению существующей нормативной методики расчета прочности, жесткости и трещиностойкости наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов, позволят создать полную физическую картину их работы в условиях сложного напряженно-деформированного состояния.

Ключевые слова. Изгибающий момент, арматура, железобетон, алгоритм, трубопровод, балка и сталь.

Разработанным алгоритмам и программам в было расчитано осесимметричное напряженно-деформированное состояние взаимодействующей системы «стальной трубопровод-грунт».

С помощью составленной программы рассчитан прямолинейный участок трубопровода, длиной L=100м для различных геометрических параметров (толщины δ, диаметра d, глубины заложения H1, а также внутреннего давления P).

В качестве материала грунта взят песок мелкозернистый, с физико-механическими параметрами ρ^1=0,167т•сек^2/м^4; λ^1=3,4•10^{3}т/м^2; μ^1=5,614т/м^2; α_x=α_r=40сек$^{-1}$.

Для стального трубопровода приняты параметры

P^2=0,780т•сек^2/м^4; λ^2=8,4•10^{6}т/м^2; μ^2=8,4•10^{6}т/м^2; R_2=1,015м.

Бегущая сейсмическая волна имеет закон распространения вида

$$U_0=W_0=0 \quad \text{при} \quad t<x/c_p,$$

$$U_0= -A\sin(\omega t), \quad W_0=ß \sin(\omega t) \quad \text{при} \quad t\geq x/c_p,$$

где

$$A=\frac{0{,}1\bullet 9{,}81\bullet \sin\varphi}{\omega^2}; \quad B=\frac{0{,}1\bullet 9{,}81\bullet \cos\varphi}{\omega^2};$$

$$\varphi=0{,}5\text{рад}; \quad \omega=80\pi;$$

φ – угол между направлением сейсмической волны и центральной осью трубопровода.

Расчет производен для различных значений сеточных шагов h_{11}, h_{12}, h_2, τ в частности, программа составлена таким образом, что в зависимости от значений сеточных шагов по условиям устойчивости шаг по времени τ выбирается автоматически. Например: если значения сеточных шагов выбраны следующим образом

$$h_{11}=(R_2-\delta)/3H=1{,}66\bullet 10^{-3}; \quad h_{12}=0{,}1; \quad h_2=0{,}1;$$

то шаг по времени принимает следующее значение $\tau=3\bullet 10^{-4}$.

Результаты численного расчета напряженно-деформированного состояния взаимодействующей системы «трубопровод-грунт» представлены на рис.(1 - 2) в виде графиков.

Фрагменты изменений радиальных и продольных смешений в точках трубопровода, расположенных по радиусу приведены на рис. Как видно из рисунков значения радиальных и продольных смещений точек трубопровода сильно отличаются друг от друга.

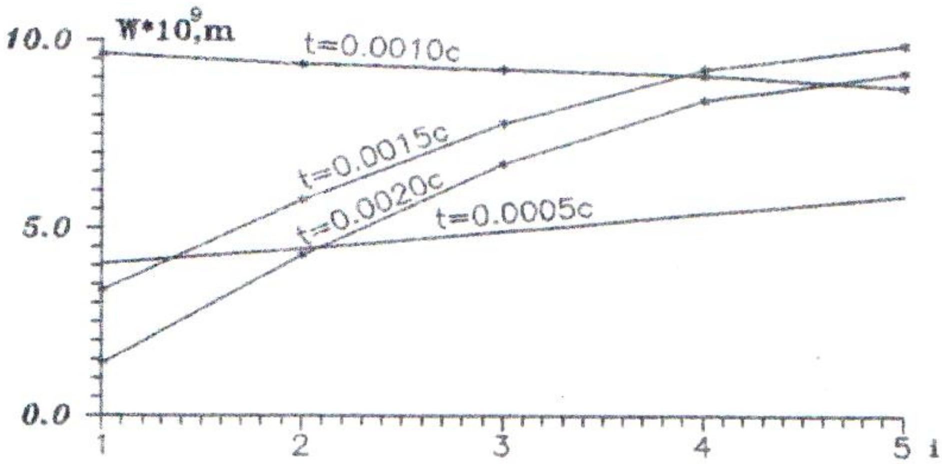

Рис.1 Фрагменты изменений радиальных смешений в точках трубопровода, расположенных по радиусу.

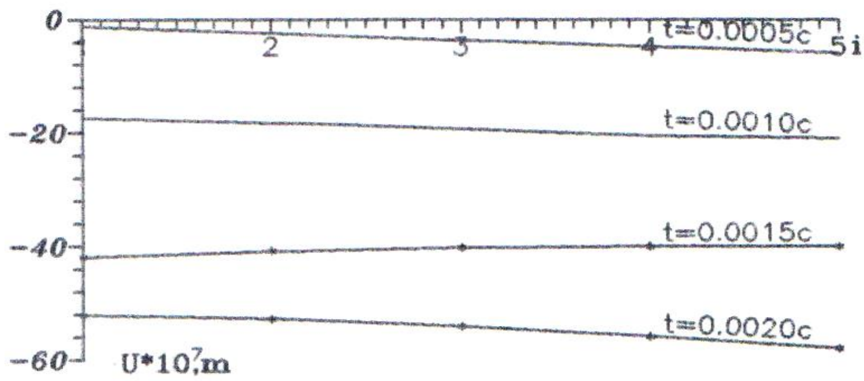

Рис.2 Фрагменты изменений продольных смещений в точках трубопровода, расположенных по радиусу.

Рассмотрим средний предполагаемый вклад частицы заполнителя произвольного R в величины контактных площадей F_x и F_y, учитывая, что зерна заполнителя может быть в топлено в один из берегов трещины на различную глубину u и что эта величина – случайная переменная на интервале $0 \le u \le R$. При $a+u > R$ площадей контакта не образуется, при $a+u < R$ наблюдается три характерных случая. Первый, когда при $\delta < \delta_0$ контакта нет; второй, когда при $\delta_0 < \delta < \delta_1$ площадь контакта растет с ростом

δ; третий, когда при $\delta > \delta_1$ площадь контакта, достигнув максимума, остается постоянной. Величины δ_0 и δ_1 определяются из выражений.

$$\delta_0 = OA - OB = \sqrt{R^2 - u^2} - \sqrt{R^2 - (u+a)^2};$$

$$x^2 + (R-a)^2 = R^2; \quad x = -\sqrt{2Ra - a^2}; \quad \delta_1 = \sqrt{2Ra - a^2}.$$

Таким образом, для случая $\delta < \delta_0$ контактные площади отсутствуют. Для случая $\delta_0 < \delta < \delta_1$ при $a < R$ в процессе контакта (рис.3) тоска А перемещается в новую позицию A'. Для расчета ее координат и в целях упрощения вычислений повернем систему координат X_y на угол α таким образом, чтобы произвольное смещение берегов характеризовалось не величинами δ, a, а величинами V, 0, где $V = \sqrt{\delta^2 + a^2}$. Тогда координаты A' должны удовлетворять условиям $x_1^2 + y_1^2 = R^2; x_1 = \frac{1}{2}V$, откуда $y_1 = \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}V^2}$. Соотношение между старыми и новыми координатами определяется выражениями

$$x_0 = x_1 Cos\alpha - y_1 Sin\alpha; \quad y_0 = x_1 Sin\alpha + y_1 Cos\alpha.$$

Тогда координаты A' в осях *x-y* будут равны

$$x_{A'} = \frac{1}{2}VCos\alpha - \left(\sqrt{R^2 - \frac{1}{4}V^2}\right)Sin\alpha;$$

$$y_{A'} = \frac{1}{2}VSin\alpha + \left(\sqrt{R^2 - \frac{1}{4}V^2}\right)Cos\alpha$$

координаты А:

$$y_{A'} = u + a, \qquad y_{A'} = -\sqrt{R^2 - (u+a)^2}$$

Вычитая координаты А из координат A', получаем

$$f_y = y_{A'} - y_A = \frac{1}{2}VSin\alpha + \left(\sqrt{R^2 - \frac{1}{4}V^2}\right)Cos\alpha - u - a$$

$$f_x = x_{A'} - x_A = \frac{1}{2}VCos\alpha + \left(\sqrt{R^2 - \frac{1}{4}V^2}\right)Sin\alpha + \sqrt{R^2 - (u+a)^2}.$$

Учитывая, что $VSin\alpha = a, \quad VCos\alpha = \delta$, а $V = \sqrt{a^2 + \delta^2}$, найдем

$$Sin\alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2+\delta^2}}; \qquad Cos\alpha = \frac{\delta}{\sqrt{a^2+\delta^2}}.$$

$$f_y = \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}\left(a^2+\delta^2\right)}\frac{\delta}{\sqrt{a^2+\delta^2}} - \frac{1}{2}a;$$

$$f_x = \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}\left(a^2+\delta^2\right)}.\frac{a}{\sqrt{a^2+\delta^2}} + \sqrt{R^2 - (a+u)^2}.$$

Для случая $\delta_1 < \delta$ проекции площади контакта

$$f_y = R - (a+u), \quad f_x = \sqrt{R^2 - (a+u)^2}.$$

Полученные выражения для проекций площади контакта дают возможность применять их для кругового сечения радиусом R отдельного зерна заполнителя при переменном значении a, δ и u. Перейдем к определению среднего вклада сечения в значения f_x и f_y, если величины δ и а имеют произвольное постоянное значение. Зная этот вклад, можно найти общую, суммарную величину проекции $\sum f_x$ и $\sum f_y$ путем интегрирования доли всех отдельных круговых сечений на всем интервале изменения значения R. При этом необходимо учитывать те круговые сечения, которые образуют площади контакта, находясь в наиболее выгодном положении относительно плоскости трещины. Очевидно, что такое положение имеет место при h = 0. если при этом круговое сечение не входит в контакт с противоположным берегом трещины, то оно исключается из рассмотрения. Таким образом, при наличии контакта должно соблюдаться условия $R > a$; если $R < a$, то контакт отсутствует при любых значениях δ даже при $u = 0$. Если $R_{\max} > a$ 9т.е. если контакт не исключен вообще0, то встает вопрос об учете отмеченных случаев контакта в оценке $\sum f_x$ и $\sum f_y$. Минимальное граничное значение радиуса R_1, до которого круговое сечение должно увеличиться, чтобы имела место хотя бы одна точка контакта, можно вычислить для значений $u = 0$ по формуле

$$R_1 = \frac{a^2 + \delta^2}{2\delta}$$

Величину R_2, дающую верхнюю границу изменения *R*, находим из $R_2 < \frac{a^2 + \delta^2}{2\delta}$. Можно видеть, что для $\delta < a$ (случай А) величина R_2 меньше, чем R_1, и третий характерный случай теряет свое значение. Таким образом, для $\delta < a$ все круги с радиусами $R_1 \le R \le R_{\max}$ участвуют в контакте (что, в свою очередь, определяется глубиной погружения u). Однако если $\delta > a$ (случай В), то R_2 больше, чем R_1, и второй и третий характерные случаи контактного взаимодействия приобретают решающее значение. Далее необходимо отметить, что теперь граничное значение R_1 не применимо, так как для $R > a$ контакт всегда имеет место. Таким образом, для $\delta > a$ все круги радиусом $a \le R \le R_2$ участвуют в контактном взаимодействии. Более того, все круги радиусом $R_2 \le R \le R_{\max}$ также участвуют в контакте, и отмечается тенденция к его росту.

Изгибаемых железобетонных балок с учетом совместного действия изгибающего момента и поперечных сил с учетом сил зацепления в трещинах и нагельного эффекта продольной арматуры. Они лягут в основу предложений по уточнению существующей нормативной методики расчета прочности, жесткости и трещиностойкости наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов, позволят создать полную физическую картину их работы в условиях сложного напряженно-деформированного состояния.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1.Рахманов У. Алгоритм численного расчета осесимметричного напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов при сейсмических воздействиях.//Проблемы механики. 1999.№2-3.стр.29-32.

2.Рахманов У. Осесимметричного напряженно-деформированное состояние подземных трубопроводов при сейсмическом воздействии. //Проблемы механики. 1999.№4-5.стр.110 -111.

3.ШНК 2.05.03.12. Мосты и трубы. Утвержден Госархитекстроем РУз от 23.05.2012.

5.КМК 2.01.07–97. Нагрузки и воздействия. Утвержден Госархитекстроем РУз от (13.08.96) (изменение) от 30.12.2003.

6.Инструкция по содержанию и текущему ремонту мостовых сооружений и водопропускных труб на автомобильных дорогах. Утверждены приказом ГАК «Узавтойул» от 28.12.2014.– 100 с.

7.Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Основные определения и количественные показатели надежности строительных систем. Учебное пособие для студентов (бакалавров и магистров) и аспирантов строительного профиля. ТашИИТ, 2005. – 83 с.