

АРОЧНО- СВОДЧАТОЕ ПОКРЫТИЕ ЭСТАКАДНОЙ ТОННЕЛИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Байнатов Ж.Б., Сагынтаева Л.А.,
Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республики Казахстан,

Аннотация. В статье предлагаются новые решения строительства наземной линии метрополитена -рамная эстакада с арочным покрытием. Несущая конструкция сводчатого покрытия состоит из трехшарнирной арки с затяжкой. Особенность состоит в том, что затяжка проходит под железнодорожным полотном. Выполнен расчет на смещения опоры при аварийном торможении пассажирского состава поезда.

Annotation. The article proposes new solutions to the construction land line of the metro -frame rack with arched floors vaulted supporting structure of the coating consists of a three hinges arch with the tightening. The peculiarity is that the tightening takes place under the railway track. The calculation of the displacement of the supports during emergency braking of passenger train.

Аннотация. Беренесинде сунушталат жаңы чечим курууга жер бетиндеги линиясы метрополитена -рамное эстакада менен арочным менен капталган несущая конструкциясы сводчатого жабуу турат трехшарнирной арки менен затяжкой. Өзгөчөлүгү турат, деп затяжка алдында өтөт темир жол полотном. Аткарылган эсеп аймактарына жылдыруу опоры караштуу жатат болуусу жүргүнчүлүк поезддин курамындагы.

Первая очередь линии метрополитена Алматы сдана в эксплуатацию в 2001 году. Вторую линию планируют строить в сторону первой Алматы, где уровень грунтовых вод находится очень близко, много частных домов и других строений. В таких случаях экономически выгодным является эстакадный вариант строительства тоннелей и станции метрополитена.

Мы предлагаем наземное строительство выполнить в виде рамной эстакады, а покрытия в виде составной сводчатой конструкции. Несущим элементом (ребра жесткости) при таком решении является арочная система.

Предлагаем прогонную часть тоннели метрополитена выполнить закрытым прозрачным материалом от атмосферных и шумовых воздействий.

В предложенном варианте трехшарнирная арка с затяжкой опираются на собственные колонны шагом не более 10 метров.

Железнодорожное полотно поезда метрополитена опирается тоже на индивидуальные колонны с шагом не более 6м.

При таком решении деформации элементов покрытия и тоннеля метрополитена происходит не зависимо друг от друга, что удобно для эксплуатационного обхода и ремонта, а также повышается надежность и долговечность конструкции.

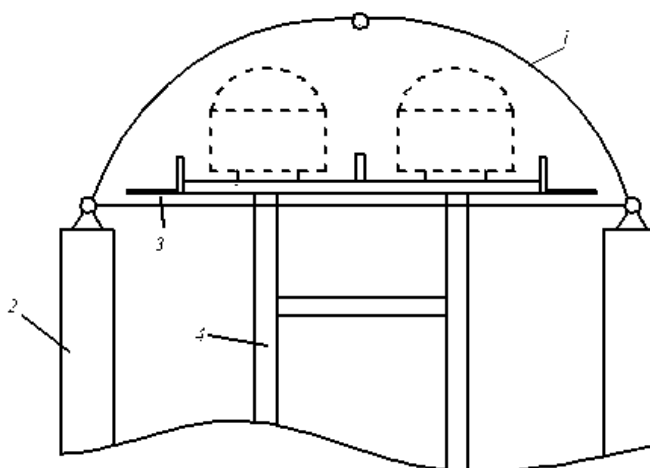
Особенность такого решения состоит в том что затяжки трехшарнирной арки проходит под железнодорожном полотно. Это выгодно во-первых, полностью используется пространства под аркой; во-вторых, сводчатое покрытие не требует стены, и опирается непосредственно на ростверк колонны, в -третьих, усилия в затяжке подается к регулированию в зависимости от погодных условия и в четвертых, деформации конструкции проезжей части и покрытия происходит независимо друг от друга что повышает сейсмостойкость сооружения.

Под эстакадной части могут проходить автотранспорт, а также и использовать участок для хозяйственных нужд (складские помещения, огороды, автостоянки).

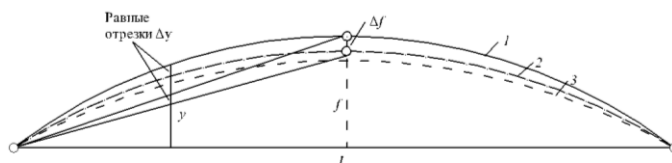
Ставим задачу определить изгибающих моментов в пологих трехшарнирных сводах (арках) от упругих и неупругих деформаций.

В пологих трехшарнирных арочных конструкциях при очертании сводов (арок) по кривой давления от постоянной нагрузки появляются вследствие упругих и других деформаций (от продольных сил, температуры, усадки, ползучести, горизонтального смещения опор) значительные изгибающие моменты, которыми при подборе сечений пренебрегать нельзя. Эти изгибающие моменты можно с достаточной для практики точностью определять следующим приближенным способом: после осадки ключевого шарнира от указанных причин ось свода (арки) не будет больше являться кривой давления для постоянных вертикальных нагрузок. Учитывая, что речь идет о весьма небольших деформациях , можно принять, что параллельные вертикальные нагрузки не изменились ни по расположению, ни по величине (рис.1 б).

а)



б)



в)

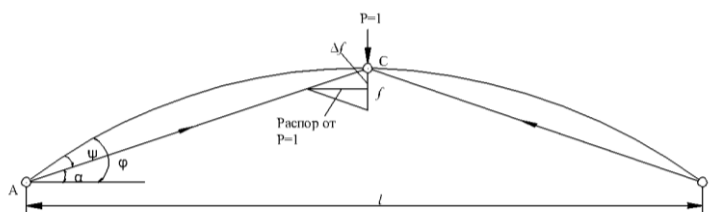


Рис-1. Эстакадный тоннель метрополитена. а- эстакадный вариант строительства наземной тоннели метрополитена (1-решарнирная арка; 2-стойки; 4-рамная эстакада проезжей части метро; 5- коммуникационные и служебные тротуары); б- Деформация оси трехшарнирного свода; в- определение вертикальной осадки ключевого шарнира

В таком случае новая кривая давления свода находится в афинном родстве с первоначальной кривой давления. При этом осью афинитета является горизонтальная прямая, проходящая через центры опорных шарниров.

Вертикальные расстояния между точками первоначальной оси (первой кривой давления) и соответствующими точками оси осевшего свода обозначим Δy . Тогда по условию афинитета

$$\frac{y - \Delta y}{y} = \frac{f - \Delta f}{f} \quad \text{или} \quad \Delta y = y \cdot \frac{\Delta f}{f}, \quad (1)$$

где y – ордината точки первоначальной кривой давления, считая от горизонтальной линии соединяющей опоры; f – стрела подъема первоначальной кривой давления свода; Δf – вертикальная осадка центра ключевого шарнира.

Для того чтобы определить изгибающий момент, возникающий в произвольном сечении на расстоянии x от левой опоры, следует определить расстояние между точкой новой кривой давления центром тяжести сечения осевшего свода.

$$\text{Это расстояние равно } e = \Delta y - \frac{x}{l/2} \Delta f = y \frac{\Delta f}{f} - \frac{2x}{l} \Delta f = \Delta f \left(\frac{y}{f} - \frac{2x}{l} \right). \quad (2)$$

Здесь учтено, что осадка оси свода одинаково с осадкой точки в том же сечении, расположенной на хорде полуарки.

Умножая полученный эксцентриситет на величину первоначального распора H_g от постоянной нагрузки, получим изгибающие моменты вследствие деформации оси свода. При этом достаточно определить только максимальные моменты от постоянной нагрузки при деформации оси свода. Для этого без большой погрешности принимаем, что кривая давления очерчена по квадратной параболе; тогда

$$M = H_g e = H_g \Delta f \left(\frac{y}{f} - \frac{2x}{l} \right). \quad (3)$$

$$\text{Подставляя } y = \frac{4fx}{l^2}(l-x), \quad \text{получаем } M = H_g \Delta f \left[\frac{4x(l-x)l}{l^2} - \frac{2x}{l} \right]. \quad (4)$$

Приравняв нулю первую производную этого выражения, найдем что максимальное значение изгибающего момента будет в сечении при $x = \frac{l}{4}$. Подставив x в уравнение для момента, получим

$$M_{\text{макс}} = H_g \frac{\Delta f}{4}. \quad (5)$$

Осадка Δf ключевого шарнира, как отмечено выше может быть вызвана разными причинами. В каждом отдельном случае Δf проще всего определятся с помощью принципа возможных перемещений.

1) Упругое обжатие (рис. 1 в). Слагающая виртуальной единичной нагрузки $P = 1$ В ключевом шарнире по направлению хорд АС и ВС.

$$S = \frac{1}{2 \sin \alpha}. \text{ Тогда } \Delta f = 2 \int_0^{l/2} \frac{N_g N ds}{EF} = \frac{N_g}{\sin \alpha} \int_0^{l/2} \frac{\cos \psi}{\cos \varphi} \cdot \frac{ds}{EF}, \quad (6)$$

$$\text{где } N_g = \frac{H_g}{\cos \varphi}; \quad N^L = S \cos \psi = \frac{1}{2 \sin \alpha} \cos \psi.$$

Для пологих трехшарнирных арок можно без большой ошибки принять

$$\cos \varphi = \cos \alpha; \sin \alpha = \frac{f}{S} \text{ и } \cos \alpha = \frac{l}{2S},$$

$$\text{тогда } \Delta f = \frac{H_g}{\sin \alpha \cos \alpha} \cdot \frac{S}{EF_{cp}} = \frac{H_g}{2EF_{cp}} \cdot \frac{S^3}{fl}. \quad (7)$$

2) Усадка и ползучесть. Приравнивая эти влияния условному падению температуры на t^0 , получим $\Delta f = -H_{p=1} \alpha t l$ (8)

или, учитывая, что из условия равновесия моментов $H = \frac{1}{4f}$, $\Delta f = -\alpha t \frac{l^2}{4f}$. (9)

3) Горизонтальное смещение опор. С увеличением пролета на Δl .

$$\Delta f = \frac{l}{4f} \Delta l. \quad (10)$$

Пример. Определить максимальный изгибающий момент в трехшарирном своде вследствие деформации его оси от горизонтального смещения опор на 0,1 м при следующих данных; пролет свода $l = 100\text{ м}$, стрела подъема $f = 5\text{ м}$, распор от постоянной нагрузки $H_g = 5\text{ м}$.

Находим осадку ключевого шарнира по формуле (10) $\Delta f = \frac{10}{4 \cdot 5} \cdot 0,1 = 0,05\text{ м}$; тогда по

формуле (5) изгибающий момент $M = 5 \cdot \frac{0,05}{4} = 0,0625\text{ м} = 0,6\text{ кН} \cdot \text{м}$.

Расчет показывает, что при аварийном торможении (смещения 0,1 м) поезда метрополитена возникает незначительный изгибающий момент.

Литература.

1. Байнатов Ж.Б., Сагынтаева Л.А. Новые конструкции тоннельной обделки метрополитена не глубокого заложения и методы ее расчета. Сборник научных трудов конференции (научном журнале), Восточное партнерство. Польша 2015г.

2. Леонтьев Н.Н., Соболев Д.Н., Мосов А.А. Основы строительной механики стержневых систем. Учебник изд. АСВ, М. 1996-541стр.

3. Рабинович И.М. Основы строительной механики стрелевых систем. 3-ое издание. М. 1960.