

Аналогичные решения могут быть получены для других внешних нагрузок, для других моделей грунта и для других упомянутых ранее факторов.

1. Кожушко В.П. Расчет конструкций на комбинированном упругом основании: Монография. – Харьков: ХАДИ, 1987. – 219 с. – (Деп. во ВНИИИС, №7823). Библиографический указатель депонированных работ. – 1988. – Вып. 1.

2. Кожушко В.П. Расчет инженерных конструкций на линейно-деформируемом слое конечной толщины: Уч. пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 108 с.

3. Кожушко В.П. Расчет свай как балок на линейно-деформируемой четверть-плоскости // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1982. – №3. – С. 60-63.

4. Кожушко В.П. Розрахунок цилінричних фундаментів як стрічок на лінійно-деформівній чвертьплощині // Автомоб. дороги і дор. буд-во. Вип. 32. – К.: Будівельник, 1983. – С. 67-71.

5. Кожушко В.П. Щодо розрахунку довгих балок на лінійно-деформівному напів-просторі // Автомоб. дороги і дор. буд-во. Вип. 46. – К.: Будівельник, 1990. – С. 54-62.

6. Жемочкин Б.Н., Сеницын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 239 с.

Получено 17.12.2002

УДК 624.131.531 + 624.012.4

Ю.Л.ВИННИКОВ, В.В.ПОГРЕБНОЙ, кандидаты техн. наук, **С.В.ХАЗИН**
Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СВАЙНЫХ АНКЕРОВ С УШИРЕНИЯМИ ПО ДЛИНЕ СТВОЛА

Излагается инженерный метод расчета несущей способности свайных анкеров с уширениями по длине ствола, учитывающий форму и размеры вовлекаемого в работу «тела выпора», вид грунта и характеристики его прочности. Приведена проверка анкеров по материалу.

Инженерные методы расчета анкерных фундаментов справедливы, главным образом, для стадии упругой работы грунта и в полной мере не учитывают все особенности их возведения и последующего взаимодействия с основанием как в случае математического моделирования в физически и геометрически нелинейной постановке или в результате статических испытаний. Однако на базе комплексных исследований для отдельных групп грунтовых анкеров можно обосновать приближенные методы расчета их несущей способности.

При расчете анкерных фундаментов в зависимости от формы «тела выпора» выделяют три подгруппы: первая – «тело выпора» в виде цилиндра (прямоугольной призмы), вторая – в виде усеченного конуса (пирамиды), третья – в вертикальном сечении криволинейной формы. Как показали натурные и численные (МКЭ) исследования напряженно-деформированного состояния оснований свайных анкеров с ушире-

ниями (выступами) по длине ствола [1, 2], форма их «тела выпора»: для несвязного грунта – усеченный конус (нижняя грань которого соответствует площадке острия сваи или подошве ее уширения, а верхняя – поверхности земли) с углом наклона боковой поверхности к вертикали Φ_1 (где Φ_1 – расчетное значение угла внутреннего трения грунта); для связного – конус (наклонная боковая поверхность завершается нижней вершиной).

Несущая способность таких анкеров складывается из веса «тела выпора» конической формы G и силы сцепления грунта по поверхности разрушения N :

$$F_d = G + N \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

$$N = c_1 \cdot A, \quad (2)$$

где c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта; A – площадь боковой поверхности «тела выпора».

Форма и размеры вовлекаемого в работу «тела выпора» зависят от размеров и способа устройства свайных анкеров и угла внутреннего трения грунта. Удельный вес этого «тела» можно принимать осредненным между значениями удельного веса материала анкера и уплотненного околосвайного грунта.

В таблице приведено сравнение несущей способности свайных анкеров с уширениями по длине ствола по данным их статических испытаний и по предлагаемой методике для условий двух опытных площадок.

Для обеспечения восприятия усилий сдвига, которые возникают в процессе работы свайных анкеров, на их боковых поверхностях предусматриваются шпонки (уширения или выступы анкеров). При этом важную роль играет решение вопросов сопротивления разрушению бетона шпонок, оптимального соотношения их геометрических параметров и учета неравномерности распределения касательных напряжений по длине анкеров.

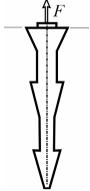
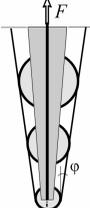
Для определения прочности отдельных шпонок используют следующие предпосылки: 1) к бетону в стадии разрушения применяется предпосылка об идеальной пластичности; 2) используется схема жестко-пластического тела; 3) связь скоростей деформаций с напряжениями находится из ассоциированного закона пластического деформирования; 4) в качестве пластического потенциала для тяжелого бетона используют условие прочности Баландина – Гениева [3].

Расчет производят с применением известного метода характеристических линий в такой последовательности: а) для элемента строят

поля характеристик; б) параметры напряженного состояния, размеры областей пластичности и предельную нагрузку находят из системы уравнений, которая включает соотношения параметров на характеристических линиях и условия равновесия части элемента [4].

Для бетонных шпонок рассматриваются два возможных случая разрушения: от смятия и среза (рис.1).

Сравнение несущей способности свайных анкеров с уширениями по длине ствола по данным статических испытаний и по инженерной методике

Вид свайного анкера	Размеры, м		Грунт основания	Φ_1 , град.	c_1 , кПа	Несущая способность, кН		Относительная погрешность
	глубина	диаметр				расчет	испытание	
	3,0	1,0	Песок насыпной, мелкий, средней плотности	30	2	230,7	225	2,47 %
	2,0	0,93	Суглинок лессовидный, тяжелый пылеватый, мягкопластичный	13	17	135,9	145	-6,26 %

Системы уравнений для определения неизвестных в задачах прочности довольно сложные, поэтому получены численные решения, на основе которых кривые прочности аппроксимированы методом наименьших квадратов.

Для определения прочности шпонок в соответствии с двумя возможными случаями разрушения предлагаются зависимости:

при смятии

$$R_{loc} = R_b \ell / h ; \quad (3)$$

при срезе

$$R_{sh} = \frac{1}{3} \left[1,9 \sqrt{R_b R_{bt}} + R_b (0,6 - \ell / h)^2 \right]. \quad (4)$$

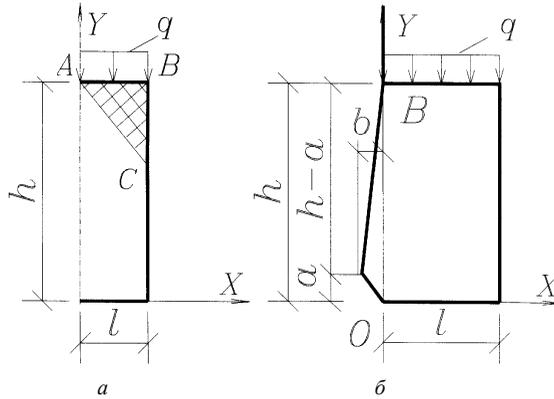


Рис. 1 – Расположение характеристических линий:
 а – при смятии; б – при срезе.

Зависимости сопротивления бетона шпонки разрушению $R_{b,k} = q\ell/h\delta$ (где δ – толщина шпонки) от величины отношения ее длины к высоте ℓ/h при $\chi = R_{bt}/R_b = 0,1$ показывают, что первый случай реализуется при $\ell/h < 0,25$, второй – при $0,25 \leq \ell/h \leq 0,6$ (рис.2).

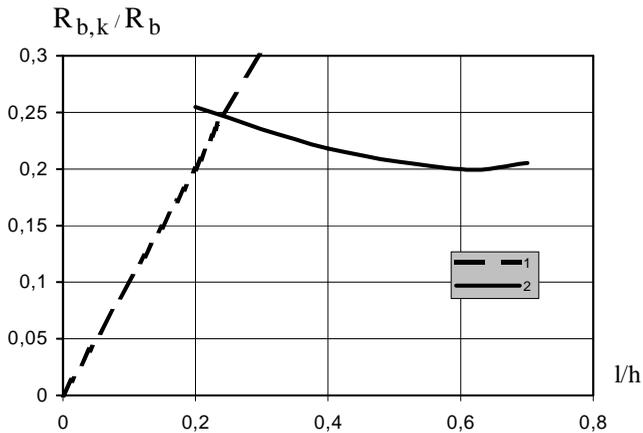


Рис. 2 – Теоретические зависимости сопротивления бетона шпонки разрушению от соотношения ее геометрических характеристик: 1 – при смятии; 2 – при срезе

При определении предельного усилия, воспринимаемого бетоном шпонки, $R_{b,k}$ принимают меньшим из значений R_{loc} и R_{sh} .

На основе теоретических решений получено оптимальное соотношение размеров шпонки $l/h=1/4$ ($\chi=0,1$), при котором ее несущая способность максимальная.

Для анкера с многшпоночной поверхностью учет неравномерности распределения напряжений по длине ствола производим путем умножения значения предельного усилия, воспринимаемого отдельной шпонкой, на коэффициент

$$\Phi_{b,k} = n(1,35 - 0,35\sqrt{n}), \quad (5)$$

где n – количество шпонок, вводимое в расчет (до 10 шпонок).

Таким образом, предлагаемый метод расчета несущей способности свайных анкеров с уширениями по длине ствола, учитывающий форму и размеры вовлекаемого в работу «тела выпора», вид грунта и его характеристики прочности, имеет достаточно хорошую для инженерной практики сходимостъ с данными натурального эксперимента.

1. Hazin S.V., Vynnykov Y.L. Modern Constructions of Pile Anchors with Widening at Shaft for Stabilization of Petroleum and Gas Pipelines and his Design // Proceedings of the International Conference on Coastal Geotechnical Engineering in Practice. – Atyrau, 2002. – P.320-323.

2. Винников Ю.Л., Хазин С.В., Пашенко А.М. Экспериментально-теоретичні дослідження анкерів у пробитих свердловинах із розширеннями // Галузеве машинобуд., буд-во: Зб. наук. праць Полт. нац. техн. ун-ту ім. Юрія Кондратюка. Вип.10. – Полтава: ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2002. – С. 44-49.

3. Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.

4. Погрібний В.В., Довженко О.О. До розрахунку міцності шпоноквих з'єднань // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Вип. 2. – Рівне: Рівн. держ. техн. ун-т, 1999. — С. 135-140.

Получено 24.12.2002

УДК 624.014.046

С.Ф.ПИЧУГИН, д-р техн. наук, Н.В.БИБИК

Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка

УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ СТАЛЬНЫХ БАЛОК С РАСПОРОМ

Рассматривается упруго-пластический изгиб двутавровых однопролетных балок с распором. Исследуется напряженно-деформированное состояние шарнирно закрепленных и жестко защемленных балок при глубоком развитии пластических деформаций. Рассматривается также влияние угла поворота опор на упруго-пластическую работу жестко закрепленной балки.