

КОЛЕБАНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ В УСЛОВИЯХ РЕЗОНАНСА

Ю. В. ГРОМЫКО

Белорусский государственный университет транспорта

Рассматриваются резонансные осесимметричные колебания упругой трехслойной кольцевой пластины. Для описания кинематики пакета приняты гипотезы ломаной нормали: в несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа, в легком заполнителе нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины. Работой заполнителя в тангенциальном направлении пренебрегаем. Деформации малы.

Однородная система, описывающая движение, получена вариационным методом:

$$L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w_{,r}) = 0; \quad L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w_{,r}) = 0; \quad L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w_{,r}) - M_0 \ddot{w} = 0,$$

где a_i , M_0 – коэффициенты, зависящие от физических и геометрических параметров слоев; L_i – дифференциальные операторы.

Внешняя нагрузка $q(r, t)$ и искомое решение $u(r, t)$, $\psi(r, t)$ и $w(r, t)$ представляются в виде разложений в ряд по системам фундаментальных собственных ортонормированных функций $v_n \equiv v(\beta_n, r)$:

$$q(r, t) = M_0 \sum_{n=0}^{\infty} v_n q_n(t); \quad u(r, t) = b_1 \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n T_n(t); \quad \psi(r, t) = b_2 \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_n T_n(t); \quad w(r, t) = \sum_{n=0}^{\infty} v_n T_n(t).$$

Предполагается, что на всю внешнюю поверхность несущего слоя упругой трехслойной кольцевой пластины действует распределенная гармоническая резонансная нагрузка

$$q(r, t) = q_0 (D \cos(\omega_k t) + E \sin(\omega_k t)).$$

Здесь t – время; q_0 , D , E , k – const.

Функция времени $T_n(t)$ принимает вид:

$$T_n(t) = A_n \cos(\omega_n t) + B_n \sin(\omega_n t) + y_n(t), \quad y_n(t) = \begin{cases} \frac{D_n}{\omega_n^2 - \omega_k^2} \cos(\omega_k t) + \frac{E_n}{\omega_n^2 - \omega_k^2} \sin(\omega_k t), & n \neq k \\ -\frac{E_k}{2\omega_k} t \cos(\omega_k t) + \frac{D_k}{2\omega_k} t \sin(\omega_k t), & n = k. \end{cases}$$

Численный счет проводился для пластины единичного радиуса, слои которой набраны из материалов: Д16Т – фторопласт – Д16Т. Рассмотрен случай, когда внешний и внутренний контуры жестко заделаны. Получены графики, показывающие изменение прогиба вдоль радиуса пластины при различной частоте резонансной нагрузки.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИХ КАМНЕЙ С ВЫГОРАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

А. М. ИВАНЕНКО, В. В. БОЗЫЛЕВ

Полцкий государственный университет

Проверенные временем керамические стеновые изделия являются традиционным строительным материалом. К их основным достоинствам следует отнести архитектурную выразительность построенных зданий, благоприятный микроклимат помещений, доступность сырья. Недостатками материала считаются большой вес и низкие теплозащитные характеристики. Перед производителями

стенной керамики Республики Беларусь стоят также задачи повышения качества, расширения номенклатуры, снижения себестоимости выпускаемой продукции.

Одной из причин снижения качества изделий на этапе обжига в туннельной печи является разброс температур по сечению печного канала. Эта разница может достигать в зоне подогрева до 420°C , а на участке максимальных температур до $20 - 40^{\circ}\text{C}$ [1]. Компенсировать снижение температуры можно путем использования выгорающих добавок. Большинство технологических схем производства грубой керамики были ориентированы на использование добавки угля, которая в настоящее время должна импортироваться из-за пределов Республики Беларусь. Поэтому вопрос замены выгорающей добавки угля на другую на основе местного сырья является в настоящее время актуальным при изготовлении керамических изделий.

В Полоцком государственном университете выполняются работы по исследованию составов керамической массы с выгорающими добавками на основе торфа и мазута. Были оптимизированы составы по показателям формуемости, плотности и прочности готовых изделий.

Вводимая в керамическую массу органическая составляющая изменяет тепловой баланс обжига. Для исследования этих процессов выполнен дифференциально-термический анализ следующих составов: глина, глина с добавкой торфа, глина с комплексной добавкой торфа и мазута.

Известно, что в процессе обжига глины в интервале температур $100 - 300^{\circ}\text{C}$ происходит выделение межслоевой молекулярной воды. При дальнейшем увеличении температуры ($300 - 650^{\circ}\text{C}$) выделяется конституционная вода и происходит частичная перестройка структуры, аморфизация глинистого вещества. В интервале $750 - 850^{\circ}\text{C}$ удаляется оставшаяся химически связанная вода и полностью разрушается структура. Повышение температуры более 850°C приводит к формированию новых кристаллических фаз из аморфных продуктов разрушения глинистых минералов [2].

Введение добавки торфа в состав керамической массы приводит к появлению на дериватограмме экзотермического эффекта в интервале температур $200 - 500^{\circ}\text{C}$, связанного с горением торфа. При сравнении кривых ДТА чистой глины и керамической массы с добавкой торфа можно сделать вывод, что «разогрев» керамической массы на ДТА сохраняется до 600°C .

Кривая ДТА при использовании комплексной добавки торфа и мазута имеет иной характер. Горение органической части керамической массы происходит в два этапа – в интервале температур $200 - 500^{\circ}\text{C}$ и $600 - 700^{\circ}\text{C}$. Первый этап характеризуется выгоранием торфа и легких фракций мазута. Второй этап связан с процессами, происходящими при термообработке мазута. При температуре $400 - 500^{\circ}\text{C}$ образуется так называемое «застывшее» вещество, из которого в интервале $600 - 700^{\circ}\text{C}$ происходит газовыделение и горение газообразных продуктов разложения углеводородов [2]. Эффект разогрева керамической массы при использовании комплексной добавки сохраняется до 800°C .

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что добавка на основе торфа и мазута позволяет более равномерно разогревать керамическую массу при обжиге в туннельной печи, увеличить скорость подъема температуры, снизить негативное влияние перепада температур и, в результате, повысить качество выпускаемой продукции.

Расчет экономического эффекта при использовании предлагаемых составов показал возможность снижения цеховой себестоимости выпуска 1 тыс. шт. керамических камней до 20 % по сравнению с изготавливаемыми в настоящее время изделиями.

Выгорающие добавки обеспечивают также косвенно снижение энергозатрат при эксплуатации построенных зданий за счет снижения плотности, а следовательно, теплопроводности керамических стеновых материалов.

Выпуск опытных партий керамических камней на Обольском керамическом заводе показал, что при введении добавки торфа в пределах 2 – 5 % снижается плотность изделий на 5 – 7 %, при этом изделия имеют марку по прочности на сжатие 100 – 125 (аналогичные выпускаемые заводом бездобавочные изделия имели марку 100). При этом на 10 % снизилось водопоглощение, что можно объяснить более полным прохождением процесса спекания керамической массы. Снижение себестоимости при использовании добавки торфа составило 20 %.

Использование комплексной добавки торфа и мазута позволяет снизить плотность с 1400 до 850 кг/м^3 при марке изделий по прочности 75. Снижение цеховой себестоимости находится в пределах 5 %. Основной экономический эффект использования комплексной выгорающей добавки связан с возрастанием на 20 % теплозащитных характеристик нового стенового материала. Это соот-

ветствует теоретической возможности при возведении зданий снижения до 20 % расхода стенового материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Августиник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат (Ленинградское отделение), 1975. – 592 с.
- 2 Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, 1974. – 399 с.

SHEAR DESIGN METHODS FOR RC BEAMS STRENGTHENED WITH FRP SHEETS

Patrik Kotula, Ing.¹

University of Žilina, Žilina, Slovakia

1. Introduction

The rehabilitation of concrete structures using fibre reinforced polymer (FRP) materials has become a growing area in the construction industry over the last few years. Many research projects in the world were carried out to promote this efficient repair technique to extend the service life of existing concrete structures.

The lightweight and formability of FRP reinforcement make these systems easy to install. The materials used in these systems are non-corrosive, non-magnetic and generally resistant to chemicals and they are an excellent option for external reinforcement.

FRP composite materials generally consist of carbon (C), aramid (A) or glass (G) fibre in a polymer matrix (e.g. epoxy resin). The sheets are dry or pre-impregnated with resin and cure after installation onto concrete surface. This installation technique is known as wet lay-up. Currently, this method has been implemented to strengthening of varied structures, such as columns, beams, slabs, walls, chimneys, tunnels and soils. The carbon fibre reinforced polymers (CFRP) sheet is suitable to use for increasing shear capacity of RC beams. The design aspects to predict contribution of CFRP sheets on increasing shear capacity of RC strengthened beams are aims of many investigations.

Several researchers have developed design equations and analytical models to evaluate specifically the FRP contribution of the shear strength of RC beams [1], [2], [3].

The aim of this paper is to review and discuss three recently published FRP shear design approaches. Shear capacity according to MBrace design guide [4] is discussed too. Experimental test results from a two different series of RC beam specimens (with and without internal stirrups) with various strengthened pattern of the external CFRP shear reinforcement (S&P C Sheets 640) are used in this study to compare the predicted loads from every model investigated.

2. Experimental program

For experiment, two different series of RC beams were made (3 beams for series A and 3 beams series B).

The A series has internal shear reinforcement (stirrups). RC beams of the first series A were loaded to the point of shear breaking and shear cracks creation. Then, the corrupted beams were repaired (closing shear cracks) and strengthened by added external shear reinforcement. The pattern of adding carbon sheet and the shape of the RC Beams –series A are shown in fig. 1.

The B series (fig.2) had not internal shear reinforcement. The traditional shear reinforcement was replaced by external bonding S&P C Sheet 640.

For the concrete strength verification, 12 cubes with dimensions 150 x 150 x 150 mm were made. Compressive strength after 28 days was determined on 3 cubes. During tests, compression strength after 213 days was determined on remaining 9 cubes.

According to compressive test, the properties of concrete are: $f_{ck} = 46.652$ MPa;

$f_{cd} = 46.652/1.5 = 31.101$ MPa; $E_{cm} = 33\,870.79$ MPa; $f_{ctk,0.05} = 2.345$ MPa.

¹ Ing. Patrik Kotula, Department of Structures and Bridges, Faculty of Civil Engineering, University of Žilina, Komenského 52, 010 26 Žilina, Slovakia. E-mail: kotula@fstav.utc.sk