20340405 000 ЭРЗПРЕЗПРЕБЕР ИЧИЛЬИНИЗЕ SEQUENCE ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Зфорфш-бирьбит, ориппернийбые XVII. № 2, 1964 Физико-математические науки

теория упругости

Г. С. Варданян

О точности определения параметра изоклины в поляризационно-оптическом методе

Известно, что для определения величин напряжений методом фотоупругости обычно требуется в каждой точке исследуемой плоской модели (или в каждой точке на срезах объемной модели) измерять величины оптической разности хода и параметра изоклины (направление главных напряжений) при нормальном к поверхности модели (среза) просвечивании.

Современная аппаратура поляризационно-оптического метода дает возможность с большой точностью определять величины оптической разности хода (порядка полос интерференции). Однако, точное определение параметра изоклины затруднительно.

Обычно изоклины грубо рисуют на поляризационных установках, затем подправляют, используя их свойства и условия нагружения модели [1]. Естественно, при таком способе определения параметра изоклины невозможно обеспечить большую точность. В связи с этим погрешности поляризационно-оптического метода в основном связаны с точностью определения параметра изоклины в различных точках исследуемой прозрачной модели.

Ошибки, возникающие при определения параметра изоклины, можно разделить на две группы. Первая группа ошибок зависит от точности применяемой аппаратуры, от характера распределения напряжений в модели и др. Вторая группа ошибок зависит от точности установления модели в поле полярископа при ее исследовании, от величины приложенных нагрузок, от размеров модели, от материала модели и др. Первая группа ошибок мало зависит от экспериментатора, тогда как вторая группа в основном зависит от субъективного подхода экспериментатора.

Для наиболее точного определения параметра изоклины, а также и компонентов тензора напряжений необходимо отнести их не к первоначальным размерам модели, а к размерам, соответствующим деформированному состоянию модели, то есть необходимо учитывать изменение формы модели. Пренебрежение этим обстоятельством иногламожет привести к серьезным ошибкам.

Для иллюстрации приводим пример. При исследовании напряжения в консольной балке прямоугольного поперечного сечения (фиг. 1) нами были определены параметры изоклины по различным сечениям,

пой линией.

перпендикулярным к оси симметрии модели, с помощью координати синхронного поляриметра $KC\Pi-5$. Сначала модель устанавливалас в поле поляриметра так, что в ненагруженном состоянии ось анализ тора (поляризатора) совпала с осью симметрии модели. При измерени параметров изоклины по различным сечениям модели в ее нагруженом состоянии оказалось, что в точках свободного контура величин параметра изоклины не равняется нулю, а зависит от величины при ложенной нагрузки и от расстояния исследуемого сечения. Получения в этом случае кривая изменения параметра изоклины для сечени $x=\frac{h}{9}$, при p=2,35 кг, приведена на фиг. 2 пунктиром. В конту

ных точках $\theta_0 = \pm 3^\circ$, $(\sigma_1 - \sigma_2) = 43~\kappa z/c M^2$, для касательных напряжний получаем

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta_0 = \pm 21,5 \cdot 0,1045 = \pm 2,25 \text{ kg/cm}^2.$$

Этот неправильный результат получается потому, что прямолинейни контур балки при нагружении становится криволинейным и касательн к контуру составляет угол θ_0 с осью анализатора (поляризатора).

Для учета изменения формы модели в данном случае поступи следующим образом. Нагруженную модель в поле полярископа вримали в ее плоскости до тех пор, пока в контурных точках исслидуемого сечения получили изоклину 0° или 90° , после этого измеря параметры изоклины в различных точках вдоль сечения. Получени в этом случае кривая изменения параметра изоклины для сечен $x=\frac{h}{2}$ той же модели, при $p=2,35~\kappa z$, приведена на фиг. $2~\mathrm{cn}$ ло

Необходимо отметить, что в большинстве случаев (особенно в применении метода "замораживания") необходимо учесть влияизменения формы модели, в противном случае можно допустить гр бые ошибки.

Ниже приводятся результаты исследования распределения напримений в консольной балке, где при определении параметров изоклибыло учтено изменение формы модели при ее нагружения.

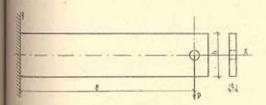
Исследование распределения напряжений в консольной балке прямоугольного поперечного сечения

. Как известно, в классической теории упругости при решен задачи об изгибе консольной балки сосредоточенной силой (или и ментом), приложенной на ее одном конце (фиг. 1), граничные уславия не выполняются точно на ее другом, заделанном конце [2]. С довательно, решение классической теории упругости, согласно пр ципу Сен-Венана, дает удовлетворительные результаты только достаточном расстоянии $\left(x > \frac{h}{2}\right)$ от заделанного сечения.

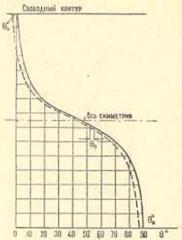
Существует также приближенное решение задачи об изгибе конкольной балки [3], когда на свободном конце приложен изгибающий можент M и на заделанном конце точно выполняются граничные усможе в точках (0,0), $(0,\pm0.5h)$ и $(0,\pm0.9h)$.

В близких к заделанному концу сечениях балки распределения выпряжений, полученные по двум указанным методам, сильно отли-

чаются. На достаточном расстоянии я заделанного конца $\left(x > \frac{h}{2}\right)$ оба четода дают практически одинаковый разультат для распределения напряжений.



Фит. 1. Схема модели и ее размеры: $l{=}14\,\varepsilon{\rm M}$, $h{=}2,98\,\varepsilon{\rm M}$, $t{=}0.47\,\varepsilon{\rm M}$.



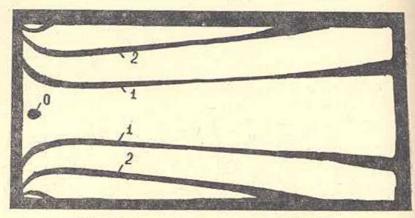
фиг. 2. Кривые изменения параметра изоклины в сечении консольной балки: пунктирная кривая—без учета изменения формы модели; сплошная кривая—с учетом изменения формы модели при p=2,35 кг, 0,=3°.

При точном выполнении граничных условий на заделанном конце a=v=0, при x=0, $-\frac{h}{2} < y < \frac{h}{2}$) решение задачи весьма сложное, так как приводится к решению бесконечной системы алгебраических уравнений [4].

С целью выяснения действительной картины распределения напряжений в консольной балке (особенно в сечениях $x < \frac{h}{2}$) и проверки результатов теоретических исследований, нами эта задача была решена поляризационно-оптическим методом. Модель была изготовлена из эпоксидного материала ЭД6—М. Размеры модели (см. фаг. 1): l=14 см. h=2.98 см., t=0.47 см. Оптическая постоянная материала модели определялась на тарировочном образце в виде диска диаметром 3,5 см. при сжатии по диаметру двумя сосредоточенными силами и оказалась равной $\sigma_0^{(1,0)}=12,15$ $\frac{\kappa z}{c\,u^2} \cdot \frac{c\,M}{100.700}$.

Для осуществления заделки модель одним концом склеивалась со шлифованной поверхностью стальной призмы. Для склейки применялся эпоксидный клей холодного отверждения следующего состава: 4 инстим АН, серия физ.-мат. ваук, № 2 эпоксидная смола ЭД-6-10 г, ацетон — 1 г, полиэтилен-полиам 1 г.

Картина полос интерференции для исследуемой части мо полученная при нагрузке $p=3,85\ \kappa z$, приведена на фиг. 3. На кат полос видна изотропная точка вблизи заделки. Расстояние изотро точки от заделанного сечения составляет $x=\frac{h}{13,5}=2,2\ \text{м.м.}$ различных сечений модели, при нагрузке $p=2,35\ \kappa z$, с поме



Фиг. 3. Картина полос интерференции для исследуемой части модели.

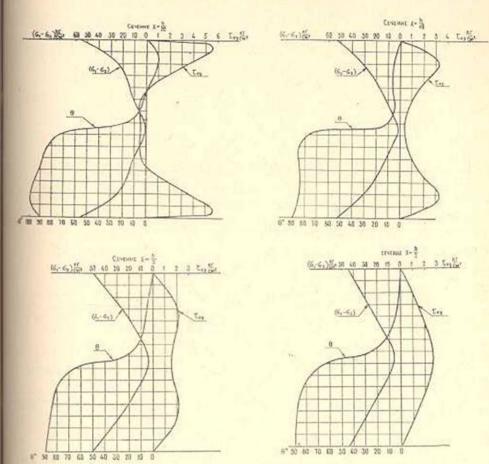
координатно-синхронного поляриметра КПС—5 с компенсатором нова были определены параметры изоклины и величины оптической ности хода. Кривые изменения параметра изоклины и разности гли напряжений для сечений $x=\frac{h}{20}$, $\frac{h}{10}$, $\frac{h}{5}$ и $\frac{h}{2}$ приведены на опри построении кривых θ и ($\sigma_1-\sigma_2$) был учтен краевой эффект врем Общая картина изоклин и траектории главных напряжений для и

дуемой части модели приведены на фиг. 5 и фиг. 6.

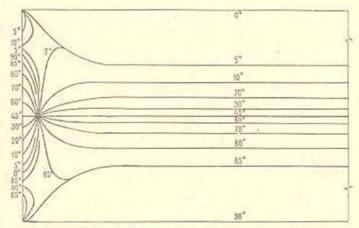
Наиболее интересным является распределение касательных и жений в сечениях $x<\frac{h}{2}$. Эпюры касательных напряжений длиений $x=\frac{h}{20}$, $\frac{h}{10}$, $\frac{h}{5}$ и $\frac{h}{2}$, построенные по данным измер приведены на фиг. 4.

По приведенным экспериментальным кривым видно, что тельные напряжения в сечениях $x < \frac{h}{13,5} = 2,2$ мм принимают и отрицательные значения. Эта особенность распределения кастных напряжений, которая получается и в теоретических иссле

ниях [4], трудно объясняется физически и поэтому подверг сомнению. Полученные нами экспериментальные результаты покчто это явление в данном случае действительно имеет место.

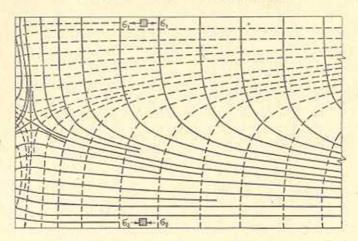


Фиг. 4. Кривые изменения параметра изоклины θ , разности главных напряжений ($\sigma_1 - \sigma_2$) и касательных напояжений σ_{yy} .



Фиг. 5. Изохлины для исследуемой части модели (вблизи заделанного края).

В сечениях $x \gg \frac{h}{13.5}$ эпюры касательных напряжений не имеют отрицательных ординат и постепенно, по мере удаления от заделки, стремятся принимать форму квадратной параболы.



Фиг. 6. Траектории главных напряжений для исследуемой части модели.

При проверке условий равновесия для всех рассматриваемых сечений получилась погрешность менее 40/o.

Результаты, приведенные в настоящей статье, хорошо согласуются с теоретическими вычислениями, проведенными Галфаяном П. О. [4].

Институт математики и механики АН Армянской ССР

Поступила 10 VII 1963

9. U. Վարդանյան

0ՊՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՈՒՄ ԻԶՈԿԼԻՆԱՅԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

UTOUOUPLE

Հարվածի առաջին մասում դիտարկվում է լարումների որոշման օպտիկական մեխողում իզոկլինայի պարամետրի որոշման ճշտության ճարցը՝ մոդելի ձևի փոփոխման հաշվատմամը։

Հոդվածի հրկրորդ մասում դիտարկվում է ուղղանկյուն լայնական կարվածը ունեցող կոնսոլային հեժանի առաձգական ինդրի Էքսպերիժենտար լուծումը, երբ նրա ժայրին կիրառված է կենտրոնացված ուժ։ Հեժանի ժի քանի հատվածքների համար կառուցված են չոչավող լարումների Էպլուրները և ցույց է արված, որ փորձի արդյունքները բավականաչափ լավ համընկնում են տեսական հայվումների հետ։

ЛИТЕРАТУРА

- Фрохи М. М. Фотоупругость, т. І, Гостехтеориздат, М.—Л., 1948; т. П. Гостехтеориздат, М.—Л., 1950.
- 2 Кац А. М. Теория упругости. Гостехиздат, М., 1956.
- 1 Проколов В. К. Задача о стесненном изгибе прямоугольной полосы. Инженерный сборинк, 11, 1952.
- 4 Галфаян П. О. Решение одной смешанной задачи теории упругости для прямоугольника. Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 17, № 1, 1964.