20340405 000 ЭРЗПРОБЕР ИЧОЭБОРОЗР ЗБОВИНЕР ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЯ ССР

Эрариш-бырьбыт, артпериоббые XVII. No 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 (направлевие 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 интерференция). Однако, точное определение параметра изоклины затруднительно.

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

Ошибки, возникающие при определении параметра изоклины, кожно 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 кодели 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 комзонентов тензора напряжений необходимо отнести их не к первоначальным размерам модели, а к размерам, соответствующим леформированному состоянию модели, то есть необходимо учитывать изиснение формы модели. Пренебрежение этим обстоятельством иногда иожет привести к серьезным ошибкам.

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

Варданян Г. С.

перпендикулярным к оси симметрии модели, с помощью координатию синхронного поляриметра КСП—5. Сначала модель устанавливалає в поле поляриметра так, что в ненагруженном состоянии ось анализатора (поляризатора) совпала с осью симметрии модели. При измерени параметров изоклины по различным сечениям модели в ее нагруженом состоянии оказалось, что в точках свободного контура величии 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 сечено $x = \frac{\hbar}{2}$, при $p = 2.35 \ \kappa z$, приведена на фиг. 2 пунктиром. В контура ных точках $\theta_0 = \pm 3^\circ$, $(\sigma_1 - \sigma_2) = 43 \ \kappa z/c M^2$, для касательных напряжний получаем

$$\tau_{xy} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta_0 = \pm 21,5 \cdot 0,1045 = \pm 2,25 \ \kappa z/c M^2.$$

Этот неправильный результат получается потому, что прямолинейни контур балки при нагружении становится криволинейным и касательн к контуру составляет угол θ₀ с осью анализатора (поляризатора).

Для учета изменения формы модели в данном случае поступи. следующим образом. Нагруженную модель в поле полярископа вр щали в ее плоскости до тех пор, пока в контурных точках иссл дуемого сечения получили изоклину 0° или 90°, после этого измеря параметры изоклины в различных точках вдоль сечения. Полученн 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 сплоной динией.

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

Ниже приводятся результаты исследования распределения напжений в консольной балке, где при определении параметров изокли было учтено изменение формы модели при ее нагружении.

Исследование распределения напряжений в консольной балке прямоугольного поперечного сечения

Как известно, в классической теории упругости при решев задачи об изгибе консольной балки сосредоточенной силой (или м ментом), приложенной на ее одном конце (фиг. 1), граничные ус. вия не выполняются точно на ее другом, заделанном конце [2]. С. довательно, решение классической теории упругости, согласно при 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 комент M и на заделанном конце точно выполняются граничные усманя в точках (0,0), (0, $\pm 0.5h$) и (0, $\pm 0.9h$).

В близких к заделанному концу сечениях балки распределения впряжений, полученные по двум указанным методам, сильно отлитаются. На достаточном расстоянии соващые вните

 π заделанного конца $\left(x > \frac{h}{2}\right)$ оба

чтода дают практически одинаковый жультат для распределения напряжений.







Фиг. 2. Кривые изменения параметра изоклины в сечения 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 $\left(x = v = 0, \text{ при } x = 0, -\frac{h}{2} < y < \frac{h}{2}\right)$ решение задачи весьма сложное, так как приводится к решению бесконечной системы алгеоранческих уравнений [4].

С целью выяснения действительной картины распределения вапряжений 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 изтериала модели определялась на тарировочном образце в виде диска дваметром 3,5 см при сжатии по диаметру двумя сосредоточенными снлами и оказалась равной $\sigma_0^{(1,0)} = 12,15$ $\frac{\kappa z}{2}$.

² полос

Для осуществления заделки модель одним концом склеивалась со шлифованной поверхностью стальной призмы. Для склейки приченялся эпоксидный клей холодного отверждения следующего состава: (Ивестия АН, серия физ.-мат. наук, 34 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 кар полос видна изотропная точка вблизи заделки. Расстояние изотро точки от заделанного сечения составляет $x = \frac{h}{13,5} = 2,2 \ \text{мм}$. различных сечений модели, при нагрузке $p = 2,35 \ \kappa z$, с поме



Фиг. З. Картина полос интерференции для исследуемой части модеан.

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 с (при построении кривых θ и ($\sigma_1 - \sigma_3$) 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 т и огрицательные значения. Эта особенность распределения каса ных напряжений, которая получается и в теоретических иссле ниях [4], трудно объясняется физически и поэтому подверт сомнению. Полученные пами экспериментальные результаты пока что это явление в данном случае действительно имеет место.

50











Фиг. 4. Кривые изменения параметра изоклины 6, разности главных напряжений (с1 – с2) и касательных напояжений с200



Фиг. 5. Изоклины дая исследуемой части модели (вблизи залеланного края).

В сеченнях $x \ge \frac{h}{13.5}$ 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 4%/0.

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. Ս. Վարդանյան

ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՈՒՄ ԻԶՈԿԼԻՆԱՅԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

UUTONONFU

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

Հոդվածի նրկրորդ մասամ դիտարկվում է ուղղանկյուն լայնական կարվածը ուննցող կոնսոլային հնձանի առաձգական խնդրի էքսպերիժենտա լուծումը, երբ նրա ծայրին կիրառված է կննարոնացված ուժ։ Հեծանի ժի քանի հատվածըների համար կառուցված են չոշավող լարումների էպյուրները և ցույց է արված, որ փորձի արդյունըները րավականաչափ լավ համընկնամ են անսական հաշվումների հետ։

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Фрохт М. М. Фотоупругость, т. І, Гостехтеориздат, М-Л, 1948; т. П. Гостехтеориздат, М-Л, 1950.
- а Кац А. М. Теория упругости. Гостехнадат. М., 1956.
- Прокопов В. К. Задача о стесненном изгибе прямоугольной полосы. Инженерный сборник, 11, 1952.
- СГалфаяк П. О. Решение одной смешанной задачи теории упругости для прямоугодыника. Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, 17, № 1, 1964.