FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

Guía de Laboratorio CI - 34A
Materiales de Construcción

OTOÑO 2007

INTRODUCCIÓN

Instrucciones Generales

Los requerimientos serán:

- Escrito en tercera persona
- Autosuficientes en objetivos y alcances
- Sin faltas de ortografía
- Diseño apropiado de textos, gráficos y tablas
- Amigables con el lector

Se recomienda leer la Norma Chilena sobre confección de informes.

Además, en la primera página deberá presentarse la siguiente información (de carácter obligatorio):

Esquina superior Izquierda

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Civil

Al centro de la página y en forma destacada:

Informe de Materiales de la Construcción
Código Curso: CI34A
Informe Nº n
Nombre del Informe

En la esquina inferior derecha, datos personales:

Nombre Alumno:
Grupo : n
Sección : m
Ayudante :
Fecha Realización:
Fecha Entrega:

LABORATORIO Nº4

Flexión de viga de hormigón armado

- **Estructura del Informe**

1 Introducción (Breve y concisa)

1.1) Introducción General: Objetivos, materiales utilizados (dimensiones, características físicas, etc.).

1.2) Introducción teórica: sólo fórmulas a utilizar numeradas con números arábigos, con breve explicación de las variables.

1.3) Metodología empleada para los ensayos.

2 Cálculos

2.1) Comprobación de la hipótesis de Bernoulli, para tres estados de carga diferentes en la fase I se dibujará el diagrama de deformaciones en función de la altura, a partir de los datos obtenidos en la experiencia.

2.2) Se hará una tabla de valores y gráfico carga-flechas y en éste se identificarán las fases I, II y III.

2.3) Se calculará a partir del radio de curvatura de la viga para una carga en fase I (Ver complemento).

2.4) Se calculará a partir de la flecha en el centro en la fase I (Ver complemento)

2.5) Croquis de la viga al fallar mostrando las grietas más importantes.

3 Comentarios y conclusiones

3.1) Comparar los valores de E obtenidos por los dos métodos y comentar.

- **Desarrollo Explicativo**

Introducción

El hormigón armado constituye hoy en día el material estructural de mayor uso en el mundo y en nuestro país. Ello ha motivado constantes progresos en materia de investigaciones en busca de definir su comportamiento real cuando es sometido a solicitaciones de cualquier naturaleza. La teoría básica del comportamiento del hormigón armado supone, entre otras cosas, que secciones inicialmente paralelas giran como consecuencia de la flexión y se mantienen planas (hipótesis de Bernoulli) y las tensiones en el hormigón y en el acero tienen un comportamiento elástico lineal (ley de Hooke).

En etapas posteriores, pasada la etapa elástica, la teoría considera, además de la validez de la hipótesis de Bernoulli, que las tensiones en el hormigón tienen un comportamiento no lineal.

Objetivos

El objetivo de este laboratorio es observar las diferentes etapas que se producen en una viga de hormigón armado solicitada a flexión hasta la rotura. Además de la observación visual se harán medidas instrumentales, que se interpretarán gráficamente y por cálculo.

Se medirán deformaciones con extensómetros de resistencia eléctrica (strain gauges), cuerdas vibrantes y se medirá la flecha con un dial. En la Figura 1 se muestra la disposición de los extensómetros, del dial y sistema de cargas y de apoyo.

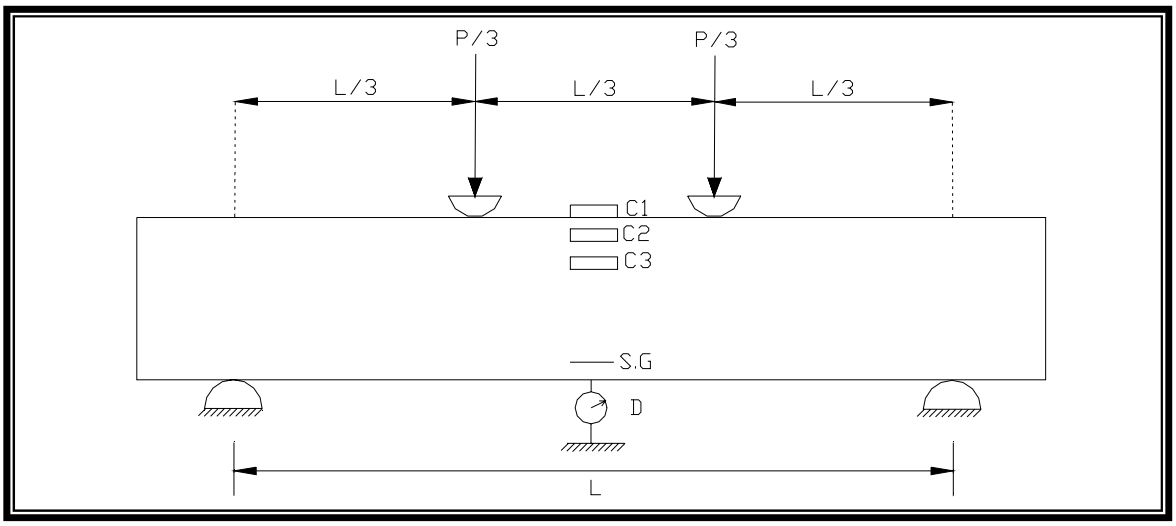

Fig. 1: Detalles de instrumentación, carga y apoyo para la viga

C_1, C_2, C_3: Cuerdas vibrantes en el hormigón
S.G. (strain gauge): Estampilla en una barra de acero
D: dial para medir la flecha.

La disposición exacta de los instrumentos se indica en la Figura 2, que corresponde a la sección transversal de la viga en el centro de su luz; además se muestra en ella la enfierradura de la viga.

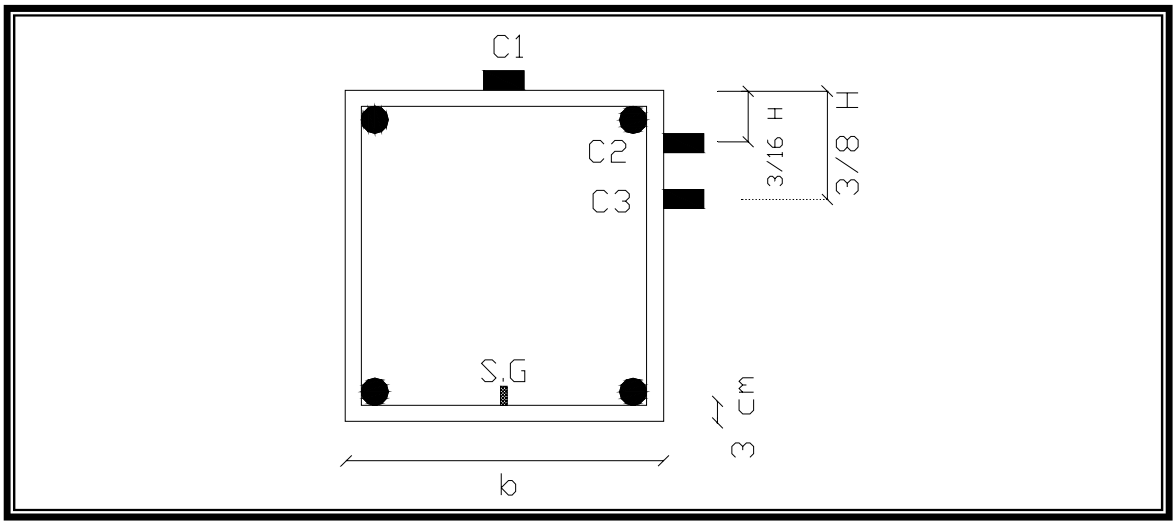

Figura 2: Sección transversal instrumentada

En el ensayo debe esperarse una etapa aproximadamente elástica: fase I, en la cual las deformaciones y flechas son proporcionales a las cargas y el hormigón colabora plenamente.

Después aparecen grietas y se pierde la proporcionalidad entre deformaciones y cargas: fase II. Esas grietas ascienden y aumentan de ancho a medida que aumenta la carga.
Finalmente, se produce la fluencia del acero: fase III, y las flechas aumentan muy rápidamente. Esta etapa se prolonga hasta la rotura de la viga, la cual se puede producir por aplastamiento del hormigón en la zona de compresión, por tracción diagonal, por falla de adherencia o de anclaje de las barras traicionadas o por tracción del acero, según sea el diseño de la viga.

Mediciones de laboratorio
Medidas instrumentales.
Se anotan en un cuadro, previamente preparado, las lecturas de los extensómetros y del dial, en función de la carga aplicada, P, en incrementos de ésta de 1 ton, hasta la carga máxima
Registro de fisuras
Después de cada incremento de carga, especialmente en la fase II, se observarán y marcarán las grietas y se registrará en un croquis, aproximadamente a escala, la fisuración paulatina de la viga. En la Figura 3 se muestra un ejemplo de registro de grietas.

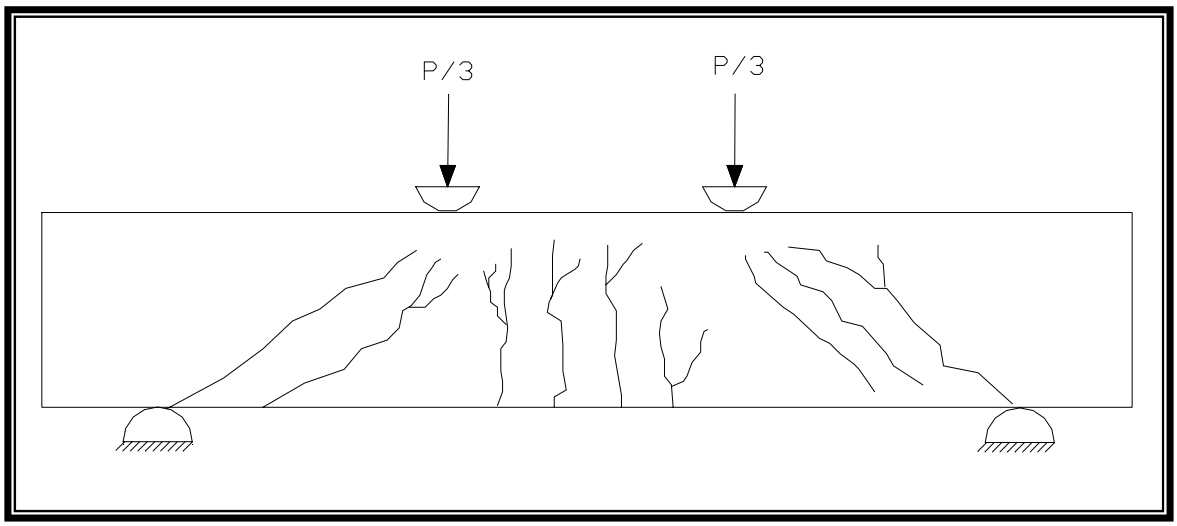

Figura 3: Ejemplo de croquis

COMPLEMENTO LABORATORIO Nº4

Cálculo del módulo de elasticidad E considerando el giro de la viga en el tercio central. Un trozo de viga AA'BB' de longitud Δx, situado en el tercio central, experimenta la deformación que se observa en la Figura 4. Analizando esa figura se deduce:

$$\varepsilon = y \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta x} \qquad (1)$$

$$\frac{1}{r} = \frac{\Delta\phi}{\Delta x} \qquad (2)$$

De (1) y de (2), se obtiene:

$$\varepsilon = \frac{y}{r} \qquad (3)$$

Como en la etapa elástica (fase I) es válida la ley de Hooke y M/El = 1/ r, resulta:

$$E \cdot I = M \cdot r \qquad (4)$$

En que E es el módulo de elasticidad del material e I es el momento de inercia de la sección en torno a la fibra neutra, el cual vale:

$$I = \frac{1}{12} bh^3 + bh\left(\frac{h}{2} - x\right)^2 + nA(x-3)^2 + nA'(h-x+3)^2 \qquad (5)$$

n es la relación entre el módulo elástico del acero y el del hormigón, que en fase I se puede considerar igual a 7; y x es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida, A es el área del acero de compresión y A', el área de acero de tracción; además se ha supuesto un recubrimiento del acero de 3 cm.

Por otra parte, como

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_y}{x} \qquad (6)$$

de aquí se deduce, basándose en la Figura 5:

$$\frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{sg}}{x} = \frac{\varepsilon_{C3}}{(d - x - 3/8H)} = \frac{\varepsilon_{C2}}{(d - x - 3/16H)} = \frac{\varepsilon_{C1}}{(d - x)} \qquad (7)$$

De estas expresiones se pueden calcular cuatro valores de x , que no necesariamente coinciden, pero, si no difieren mucho, se puede tomar el promedio. En forma alternativa x se puede obtener gráficamente, según el punto 2.1 del informe.

Finalmente, con el valor de x se puede calcular r como:

$$r = \frac{x}{\varepsilon_{SG}} \qquad (8)$$

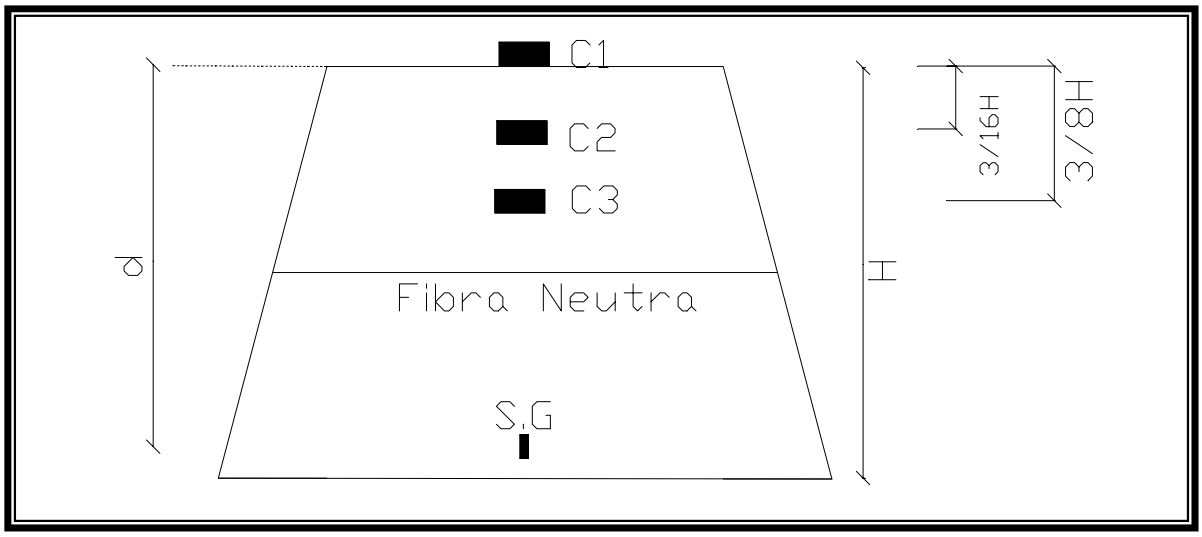

Fig. Nº4

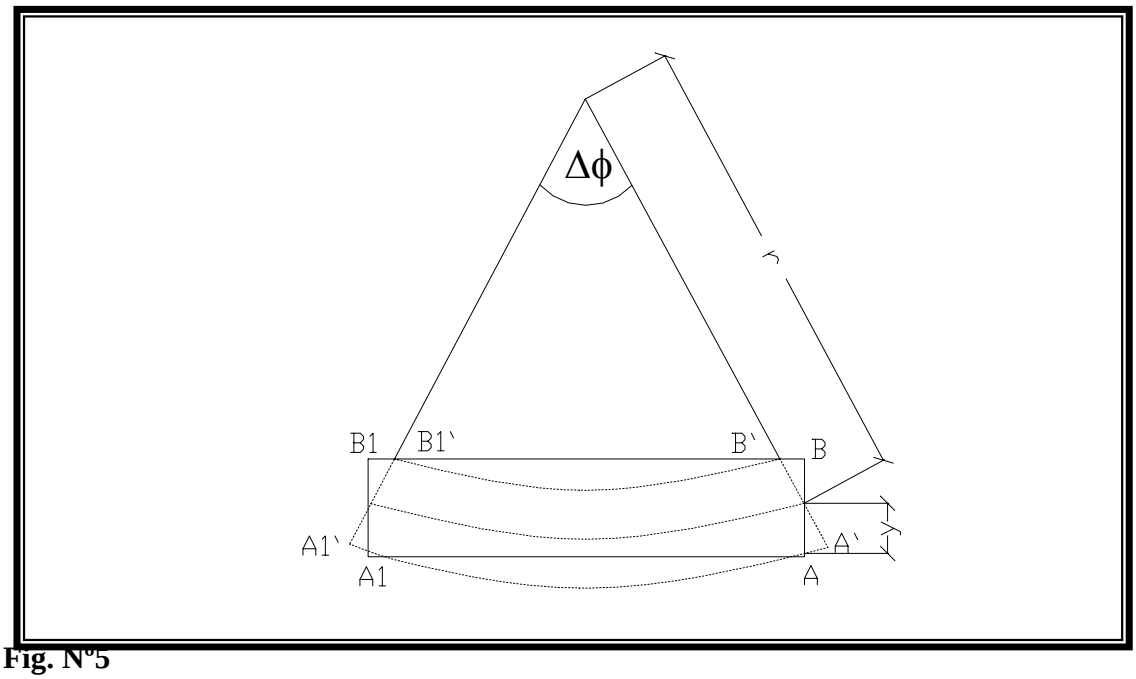

Fig. N°5

Cálculo del módulo de elasticidad E considerando la flecha en el centro de la luz.
A partir de las hipótesis de Bernoulli y de Hooke se deduce que hay una relación lineal entre flecha y carga que, para este caso, es:

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{L}{3} \qquad (9)$$

$$f = \frac{23}{216} \cdot \frac{ML^2}{EI} = \frac{23}{1296} \cdot \frac{PL^3}{EI} \qquad (10)$$

Como f se conoce por las mediciones efectuadas con el dial, se puede calcular E, dentro de la fase I, por la fórmula:

$$E = \frac{23}{1296} \cdot \frac{PL^3}{f \cdot I} \qquad (11)$$