

SECCION DE INGENIERIA CIVIL

Ligeras anotaciones sobre estructura de edificios antisísmicos

Especial para DYNA por el profesor de la Facultad Cicerón Hiedra López. - Ingeniero Civil e ingeniero Geólogo.

Considero que en el mundo ningún fenómeno es arbitrario y todo se rige según leyes fijas.

Los movimientos sísmicos destructores se ocasionan al fracturarse las capas de la corteza terrestre para buscar su equilibrio dos masas de sial. En cambio sismos de pequeña intensidad y extensión son producidos por explosiones volcánicas.

Por medio de datos estadísticos, sobre los terremotos que se han originado en una determinada zona sísmica y tomando en cuenta el medio que le ha rodeado en las diferentes épocas de temblores fuertes, se podría llegar a predecir un movimiento de esta naturaleza. Esto nos sería de enorme utilidad para calcular las estructuras de hormigón armado de nuevos edificios, porque si el espacio de tiempo entre sismos destructores es muy largo (relativamente), el reforzar la estructura de un edificio resulta inútil y antieconómico, puesto que después de transcurrido ese espacio de tiempo, el edificio se encuentra o bastante deteriorado, que exige demolición o una costosa reparación, o no responde en el orden funcional, debido al progreso de la vida en ese lapso.

Reforzar, en estas condiciones, una estructura, resulta inútil y antieconómico, porque además de tener exceso de material el costo de la construcción antisísmica aumenta aproximadamente de un 220 a un 230%; ésto; considerando que la estructura sea rígida y no lleve ninguna articulación.

En los edificios antisísmicos se utiliza el hormigón armado, principalmente, como material de construcción porque es el material que con ventaja, contrarresta los esfuerzos de compresión y tracción que se originan en los diferentes elementos, debido a los movimientos sísmicos.

Recomendaciones americanas señalan que la fuerza horizontal utilizada para el cálculo de estructuras planas antisísmicas de edificios, que se encuentra aplicada en los nudos de la estructura, debe ser el 10% de la carga total de cada piso, que actúa sobre el pórtico considerado, o el 8% de la carga muerta más el 4% de la sobrecarga.

A continuación añado un ejemplo de la repartición de los momentos en los nudos de una estructura simétrica, ocasionado por fuerzas horizontales, y resuelto por el método directo (cross).

Las fuerzas horizontales dibujadas en esta figura corresponden al 10% de la carga total de cada piso, que actúa sobre este pórtico.

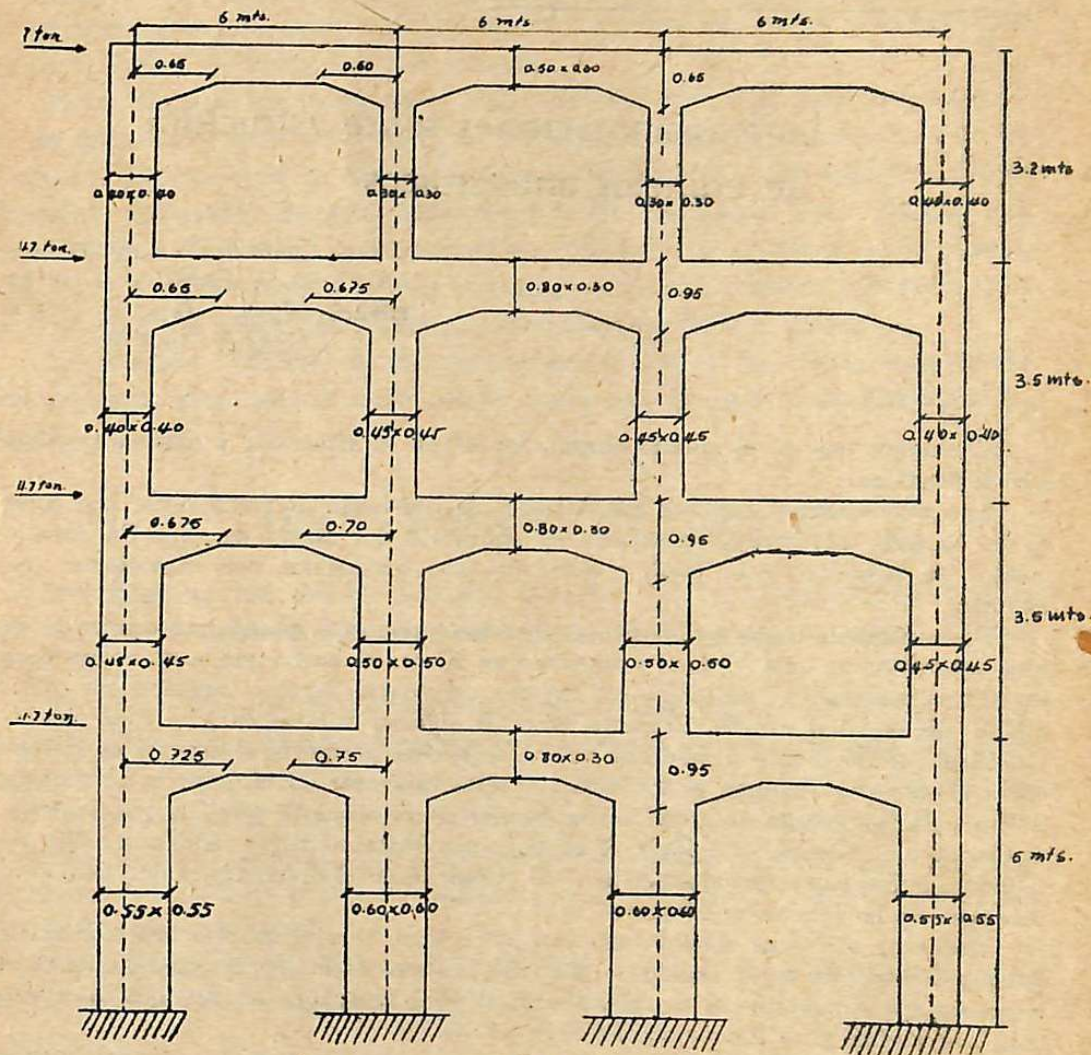


Fig. N° 1

Sea el pórtico de la fig. N° 1, con las dimensiones y cargas horizontales anotadas. El talúd de las cartelas es de 1:3, trazado a partir de los arranques, porque únicamente el material que queda por encima de este plano resulta eficaz.

Cálculo de momentos de empotramiento.

Para calcular el empuje lateral sobre cada columna del cuarto piso, vamos a repartir proporcionalmente la carga 7 toneladas para 4 columnas o sea:

$$7/4 = 1,75 \text{ ton. por cada columna.}$$

Como ante-proyecto vamos a suponer los puntos de inflexión en la mitad de las columnas; es decir que el momento, en la cabeza y pié de cada columna del cuarto piso será:

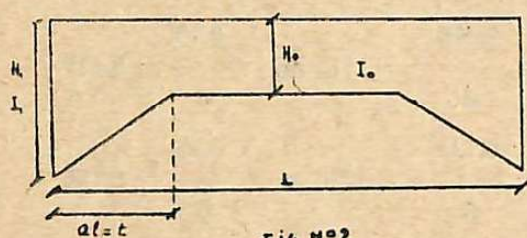
$$M = 1,75 \times \frac{3,2}{2} = 2,8 \text{ ton. mts.}$$

El empuje lateral sobre las columnas del tercer piso será:

$$P = 11,7 + 7 = 18,7 \text{ tons.}$$

El empuje lateral sobre cada una de las columnas del tercer piso será igual a:

$$\frac{18,7}{4} = 4,67 \text{ tons.}$$



$H_0 - H_1 = \text{alturas}$
 $L = \text{luz}$
 $t = \text{long. cartela}$
 $a_1 = \text{para cartela izquierda}$
 $a_0 = \text{para cartela derecha}$

$$a = \frac{t}{L} = \dots$$

$$b = \frac{I_0}{I_1} = \left(\frac{H_0}{H_1} \right)^3 = \dots$$

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{H_0^3}{H_1^3} \text{ (por tener la viga igual ancho)}$$

Y el momento en la cabeza y pié de cada columna del tercer piso estará dado por:

$$M = 4,67 \times \frac{3,5}{2} = 8,17 \text{ ton. mts.}$$

Cálculo del momento en el pié y cabeza de cada columna del segundo piso, en forma idéntica que los anteriores:

$$\text{Empuje total} = 11,7 + 18,7 = 30,4 \text{ tons.}$$

$$\text{Empuje sobre cada columna} = \frac{30,4}{4} = 7,6 \text{ tons.}$$

$$M = 7,6 \times \frac{3,5}{2} = 13,30 \text{ tons. mts.}$$

Cálculo del momento en el pié y cabeza de cada columna del primer piso:

$$\text{Empuje total} = 11,7 + 30,4 = 42,1 \text{ tons.}$$

$$\text{Empuje sobre cada columna} = \frac{42,1}{4} = 10,5 \text{ tons.}$$

$$M = 11,5 \times 5/2 = 26,25 \text{ tons. mts.}$$

Como se trata de un pórtico con dinteles acartelados utilizamos las tablas de Fernández Casado apéndice segundo, para obtener las rigideces, coeficientes de transmisión, etc.

$$\text{Viga planta N}^\circ 5: b = (50/65)^3 = 0,46;$$

$$a_I = \frac{0,65}{6} = 0,108; a_D = \frac{0,6}{6} = 0,10$$

$$\text{Viga planta N}^\circ 4 - \text{N}^\circ 3 - \text{N}^\circ 2: b = (80/95)^3 = 0,59$$

$$\text{Viga planta N}^\circ 4: a_I = \frac{0,65}{6} = 0,108; a_D = \frac{0,675}{6} = 0,113$$

$$\text{Viga planta N}^\circ 3: a_I = \frac{0,675}{6} = 0,113; a_D = \frac{0,70}{6} = 0,117$$

$$\text{Viga planta N}^\circ 2: a_I = \frac{0,725}{6} = 0,121; a_D = \frac{0,75}{6} = 0,125$$

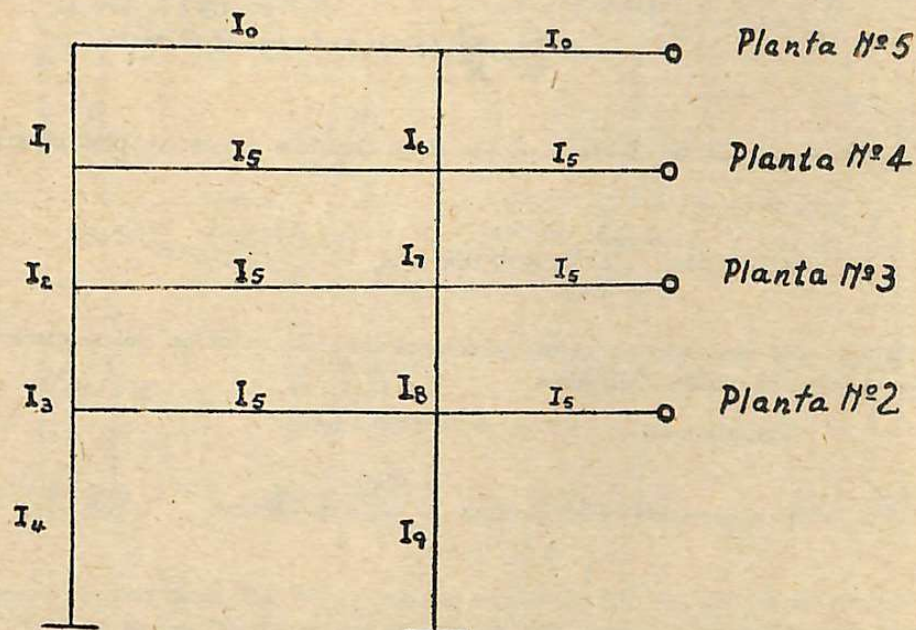


FIG. N° 3

Como se puede notar las cartelas de las vigas tienen una longitud menor que 0,15 de la luz, y por consiguiente se puede considerar a las vigas, para obtener

las rigideces, coeficientes de repartición, etc., como si fueran de sección uniforme en toda su longitud, es decir con altura = H_0 ; puesto que las tablas del apéndice segundo de Fernández Casado están calculadas para cartelas mayores de 0,15 de la luz, que ya afectan la rigidez de la viga en forma apreciable.

Cálculo de rigideces:

$$\text{Sabemos que la rigidez: } K_0 = \frac{4EI_0}{L_0}$$

$$K_1 = \frac{4EI_1}{L_1}$$

Para obtener las rigideces relativas (K') haremos lo siguiente:

$$K'_0 = \frac{\frac{4EI_0}{L_0}}{\frac{4EI_0}{L_0}} = 1$$

$$K'_1 = \frac{\frac{4EI_1}{L_1}}{\frac{4EI_0}{L_0}} = \frac{L_1 L_0}{L_1 I_0}$$

Para los momentos de inercia vamos a utilizar el apéndice quinto de Fernández Casado. En general tenemos:

$$K' = \frac{I}{L} \times \frac{6}{312.500}$$

Rigideces relativas de columnas:

$$K'_1 = \frac{213.333 \times 6}{312.500 \times 3,2} = 1,28$$

$$K'_2 = \frac{213.333 \times 6}{312.500 \times 3,5} = 1,17$$

$$K'_3 = \frac{341.719 \times 6}{312.500 \times 3,5} = 1,86$$

$$K'_4 = \frac{762.552 \times 6}{312.500 \times 5} = 2,92$$

$$K'_6 = \frac{67.500 \times 6}{312.500 \times 3,2} = 4,03$$

$$K'_7 = \frac{341.719 \times 6}{312.500 \times 3,5} = 1,88$$

$$K'_8 = \frac{520.833 \times 6}{312.500 \times 3,5} = 2,87$$

$$K'_9 = \frac{1.080.000 \times 6}{312.500 \times 5} = 4,15$$

Rigideces relativas de vigas:

$$K'_0 = 1 \qquad K'_5 = \frac{1.280.000 \times 6}{312.500 \times 6} = 4,1$$

Método directo. Repartición de momentos.

El mecanismo es el siguiente: El momento desequilibrante de un nudo lo pasamos a los otros, multiplicándolo por la mitad del coeficiente de repartición y cambiado de signo. Esto ocasiona una disminución en la suma de los momentos primitivos (cabeza y pie de cada columna) de tres veces este momento transmitido, es decir, que para conseguir el momento primitivo, habría que añadir a cada uno de los momentos (cabeza y pie de cada columna). 1,5 veces este momento transmitido y con signo contrario.

Como vemos en la figura N° 4, los momentos transmitidos se los señala con un punto, por facilidad de operación. Además, después de cada ciclo se realiza la corrección anteriormente anotada. Como se ve, el método directo también puede ser utilizado para estructuras de cierta magnitud.

