

VRS-9

PROYECTO DE UN NUEVO CODIGO SISMICO CUBANO.

**AUTORES: Ing. Esteban Ferrer Coutín
Ing. Ricardo Oliva Alvarez.
Ing. Gracilia Pérez Fernández.
Ing. Luis Lasserra Portuondo**

SANTIAGO DE CUBA
1995



Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales

INTRODUCCION

El primer código oficial y vigente en la actualidad fue promulgado en 1985, anteriormente a este código las construcciones eran diseñadas por códigos foráneos o por prescripciones elaboradas al efecto. Como es práctica mundial las normas de diseño sismoresistente están sujetas a constantes modificaciones que las lecciones aprendidas de los sismos le imponen. La norma cubana no podrá ser una excepción, por esta razón el CONCE en el año 1990 decidió que el subcomité de sismo realizara un proyecto que actualizara la norma vigente acorde con las últimas experiencias en la práctica de la ingeniería sísmica mundial.

El subcomité de sismo se propuso que el nuevo proyecto del código sísmico cumpliera los siguientes objetivos:

1. Que el documento siguiera las prescripciones generales de las normas mundialmente reconocidas y se ajustara a la buena práctica de la ingeniería sísmica a nivel internacional.
2. Que se tomaran los parámetros de cálculo que fueran el producto de las investigaciones realizadas en el país en los últimos años.
3. Que fuera de fácil aplicación por proyectistas e ingenieros con un nivel medio de conocimiento.
4. Tomar las experiencias de los terremotos ocurridos en el país y en otras partes del mundo.
5. Se dió gran importancia a solucionar el diseño sismoresistente en los sistemas constructivos más empleados en el país.
6. Se trató que todos los parámetros fueran consistentes de tal manera que no se altere la estructura del código de forma tal que se pudieran mejorarse en base a las nuevas investigaciones.
7. Que se incorpore en el diseño el dimensionamiento y el detallado de los elementos estructurales y sus conexiones y su vinculación con los elementos no estructurales.
8. Planteamiento ordenado de los pasos a seguir para la correcta aplicación de la norma.

A continuación comentaremos los aspectos más importantes de los capítulos que conforman la norma.

CAPITULO 1 . INTRODUCCION

En este capítulo se especifica el objetivo y el alcance.

CAPITULO 2 . DEFINICIONES Y TERMINOS

En este capítulo aparecen las definiciones y términos más utilizadas en la ingeniería sísmica sin la cual no es posible la cabal interpretación de la norma.

CAPITULO 3 . ZONIFICACION SISMICA

En este capítulo se definen en el territorio nacional las zonas para fines de aplicación de esta norma.

Debido a la no existencia de historias de aceleraciones (existe un solo acelerómetro en el país) el cálculo de la peligrosidad se ha realizado en términos de intensidad M.S.K. Para determinar la aceleración horizontal de suelo a partir de la intensidad M.S.K se ha empleado la siguiente correlación propuesta por Trifunac y Brady (1975).

$$\text{Log } A_h = 0.30 I + 0.014$$

CAPITULO 4 . ESPECIFICACIONES GENERALES

En este capítulo se presentan las especificaciones generales que debe seguirse en todo diseño sísmoresistente. Aquí se explica la filosofía básica de diseño sísmoresistente de estructuras, el cual es el siguiente.

- a) Proteger la vida de las personas.
- b) Asegurar la continuidad de los servicios vitales.
- c) Minimizar los daños a las construcciones.

Acorde a esta filosofía se establecen los siguientes principios:

- Las estructuras se proyectarán para resistir sismos leves sin daños.
- Las estructuras se proyectarán para resistir sismos moderados los cuales se esperan puedan ocurrir en la zona de ubicación de esta durante su vida de servicio, sin daños estructurales pero con daños económicamente reparables en elementos no estructurales.
- Las estructuras se proyectarán para resistir sismos intensos los cuales pueden ocurrir en la zona de ubicación de esta, sin colapsar ni causar daños a las vidas humanas aunque con la posibilidad de daños estructurales importantes.

Adicionalmente al diseño y construcción sismoresistente se tomarán las medidas adecuadas para evitar desastres secundarios tales como fuego, derrame o filtración de materiales peligrosos procedentes de las facilidades industriales o tanques de almacenamiento que sufren averías, escapes de gases por roturas de tuberías y grandes deslizamientos de tierra que pueden ser provocados por el sismo.

CAPITULO 5. CALCULO DE LAS ACCIONES SISMICAS

En este capítulo se dan los procedimientos y recomendaciones para el cálculo de las acciones sísmicas. En el se introducen nuevos conceptos en el cálculo, estos son:

- Niveles de ductilidad.
- Clasificación de las estructuras en regulares e irregulares. (ver figura 1-3)
- Análisis estático equivalente.
- 4 Espectros de respuesta elástica. (ver figura 2)
- Coeficientes de reducción por ductilidad.
- Perfiles del suelo.
- Período fundamental del edificio.
- Reducción de plantas.
- Momento de vuelco.
- Análisis modal (difiere de la anterior norma).
- Radio elástico.
- Componente vertical.
- Elementos de las estructuras y componentes no estructurales soportados por los mismos.

CAPITULO 6 . LIMITACION DE LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Se decidió elaborar un capítulo que tratara el control de los desplazamientos laterales ya que el diseño sismoresistente es un diseño gobernado por desplazamientos y deformaciones internas, pues los daños estructurales están determinados por estos. Es aceptable tolerar deformaciones internas que excedan el rango elástico de los materiales siempre que se tomen las medidas necesarias para evitar pérdidas sensibles en la resistencia de los elementos o de la estructura en su conjunto. La deformación

de las estructuras bajo la acción de un sismo debe ser limitada, con el fin de no causar inconvenientes en el uso de la estructura para sismos moderados, ni poner en peligro la seguridad pública cuando se produzcan sismos intensos.

Hay dos tipos de deformaciones que tienen que ser limitadas .

1. La deriva entre pisos el cual es el desplazamiento lateral dentro de un piso y el desplazamiento lateral absoluto relativo a la base.

La deriva entre pisos debe ser limitada para evitar daños en los elementos no estructurales tales como cristales, paderes cortinas, paneles de yeso y otras divisiones ante sismos moderados y el control de los esfuerzos no elásticos en elementos estructurales y la estabilidad de la estructura para sismos intensos.

Los desplazamientos laterales relativos permisibles adoptados para el proyecto de norma son :

- a) Elementos no estructurales suceptibles a dañarse por deformaciones de la estructura $0.01 h / R_d$
- b) Elementos no estructurales no suceptibles a dañarse por deformaciones de la estructura $0.015 h / R_d$

2. Los desplazamientos absolutos del tope de la estructura respecto a la base.

El desplazamiento absoluto debe ser limitado para reducir el pánico y la incomodidad bajo el efecto de sismos moderados y crear la suficiente separación de dos estructuras colindantes para evitar daños por choque ante sismos intensos, esto también es generalmente necesario para considerar el efecto P - Delta, el cual es cusado por las cargas gravitatorias.

El desplazamiento lateral máximo adoptado para el proyecto de norma es : $D_{max} = H / 600$.

CAPITULO 7. CIMENTACIONES, MUROS Y TALUDES

Dada la importancia de la interacción suelo-estructura en la respuesta ante sismos se elabora este capítulo, que incluye los requisitos para el diseño sismoresistente de la subestructura de las construcciones, la cual se considera formada por las cimentaciones, sean superficiales o profundas y sus respectivos arriostramientos. Además incluyen las prescripciones para los muros de contención dentro de la edificación, y las correspondientes a los taludes próximos a la misma ya que por la topografía de las zonas de mayor riesgo sísmico estas obras son muy frecuentes.

El contenido de este capítulo complementa y está en correspondencia con las normas cubanas y ramales relacionadas con el diseño de cimentaciones superficiales y profundas así como la de muros de contención.

También se contempla la evaluación del potencial de licuefacción de suelos.

CAPITULO 8. INSTRUMENTACION, REMODELACIONES, REPARACIONES Y REFORZAMIENTO

En este capítulo se trata de establecer lo que mundialmente es obligatorio por parte del propietario o inversionista de cualquier construcción y es la instalación de los instrumentos necesarios para registrar adecuadamente tanto la excitación sísmica como la respuesta dinámica de la estructura, para lo cual se instalarán por lo mínimo 2 acelerómetros para movimientos fuertes en los siguientes casos.

- En todo edificio de 25 pisos en adelante.
- Para edificios de las categorías A y B en los casos en que se tenga un área techada superior a los 10000 m².
- Para toda edificación sobre 15000 m² y de menos de 25 pisos.
- Estructuras de carácter repetitivo al menos una por cada perfil típico del subsuelo.

La instrumentación de las estructuras nos permitirá contar con historias de aceleraciones las cuales nos permitirán evaluar de una manera más confiable cual es la realmente el riesgo sísmico así como el comportamiento de los sistemas constructivos empleados.

También en este capítulo se trata la revisión de la Seguridad de Estructuras Existentes así como las recomendaciones para las Remodelaciones, Reparaciones, Reforzamiento; y Seguridad en los trabajos de Reparación y/o Reforzamiento.

CAPITULO 9. OBRAS VIALES

El fallo de las líneas vitales en sismos recientes han demostrado que deben tomarse medidas para evitar dichos fallos por esta razón.

Este capítulo presenta las recomendaciones y condiciones especiales para la proyección de obras viales ubicadas en zonas de alto riesgo sísmico, estas se corresponden con las normas cubanas y ramales para la proyección y construcción de carreteras y vías férreas.

CAPITULO 10 . PUENTES

Los puentes forman parte importante de las líneas vitales. En este capítulo se presentan las recomendaciones para el proyecto y construcción de puentes.

CAPITULO 11. OBRAS HIDROTECNICAS

Este capítulo presenta las recomendaciones para el proyecto y construcción de obras hidrotécnicas, por su extensión y por la especificidad del tema pensamos que en un futuro deje de ser capítulo para convertirse en la Norma Sismoresistente de Obras Hidrotécnicas.

REQUISITOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y DETALLADO DE LAS ESTRUCTURAS

El dimensionamiento y detallado de los elementos estructurales y sus conexiones son aspectos fundamentales del diseño de estructuras sismoresistentes pues esto permite que las estructuras se comporten de manera congruente con lo que se ha supuesto en el análisis, por esta razón para complementar las normas básicas (Capítulo 1 al 11) se eleboraron 4 capítulos relacionados con los materiales que conforman las estructuras, estos son:

- Capítulo 12 . Estructuras de Hormigón Armado.
- Capítulo 13 . Estructuras de Acero.
- Capítulo 14 . Estructuras de Mampostería.
- Capítulo 15 . Estructuras de Madera.

Estos capítulos deben de incorporarse a las Normas Cubanas existentes correspondiente a cada material, pero en esta versión deben acompañar a las normas básicas pues sin ellos, estas no se pueden aplicar.

A continuación mostraremos los aspectos más importantes que abordan cada capítulo.

Figura 12.1, 12.2, 12.4, 12.6, 12.9, 12.11, 12.12

Figura 13.1, 13.2, 13.3, 13.6

Figura 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.6, 15.7, 15.9, 15.10

CONCLUSIONES

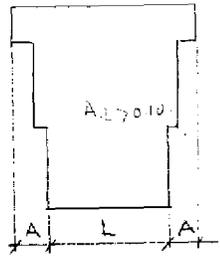
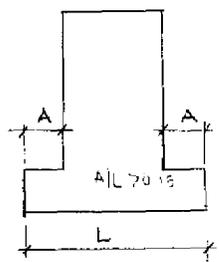
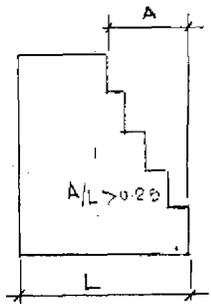
- El mapa de zonificación sísmica está en términos de aceleraciones y se han ampliado las zonas de alto riesgo sísmico.
- Las acciones sísmicas se valoran a partir de los espectros sísmicos y de los factores de reducción por ductilidad.
- Se controlan los desplazamientos relativos entre pisos y los desplazamientos absolutos.
- Se especifican los métodos para determinar la fuerza sísmica en función de la regularidad de la estructura en lo referente a la distribución de masas y rigideces tanto en planta como en elevación.
- Se especifican las recomendaciones para el dimensionamiento y detallado de los elementos estructurales y sus conexiones que permiten que las estructuras se comporten de manera congruente con lo asumido en el análisis.

RECOMENDACIONES

- Que el trabajo de perfeccionamiento del código sea un trabajo permanente y que el CONCE coordine todas las acciones necesarias para suprir las insuficiencias o limitaciones impuestas por el nivel de conocimiento.
- Realizar un programa de investigación para el mejoramiento de los parámetros y métodos que intervienen en el diseño sismoresistente.
- Que se creen los mecanismos legales de control y aplicación del código sísmico.
- Realizar cursos y talleres de postgrado para la implantación y aplicación del nuevo código.
- Realizar un manual con ejemplos de aplicación de la norma.
- Realizar los comentarios a los diferentes capítulos de la norma.

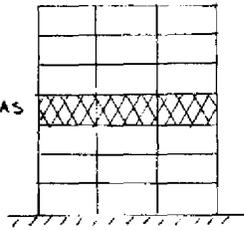
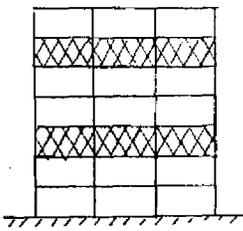
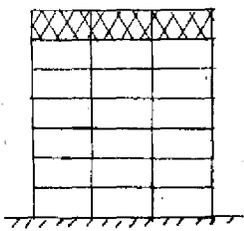
IRREGULARIDADES VERTICALES

- GEOMETRICAS



C.C.

- RELACION DE MASAS



- RELACION DE RIGIDEZES

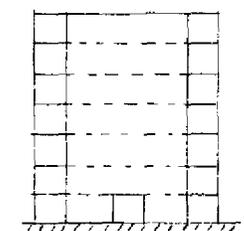
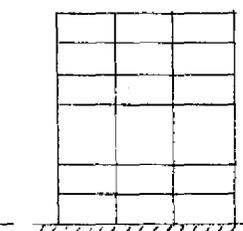
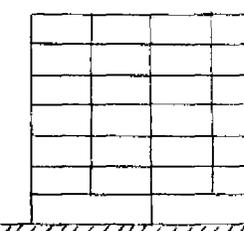
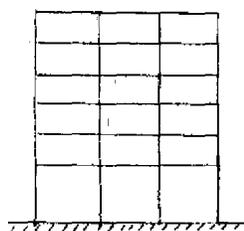
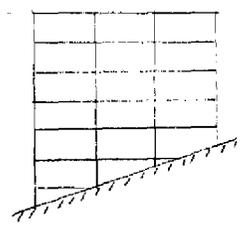
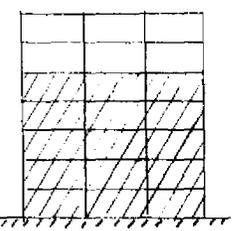
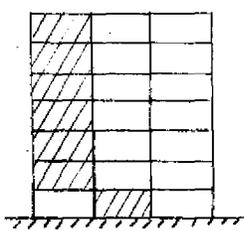
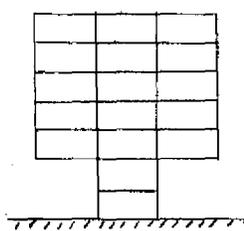
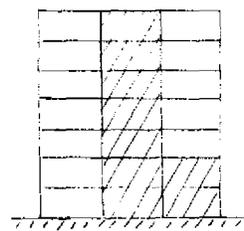
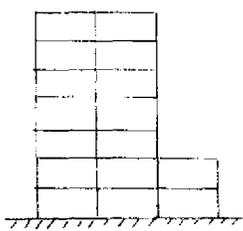
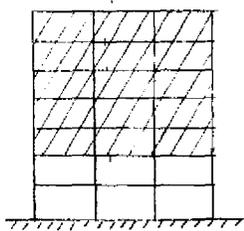
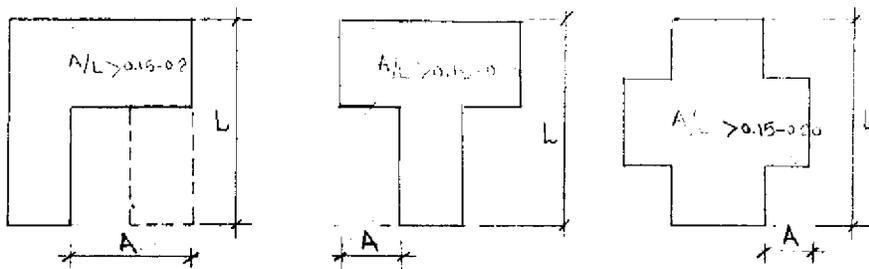


Fig. 1.

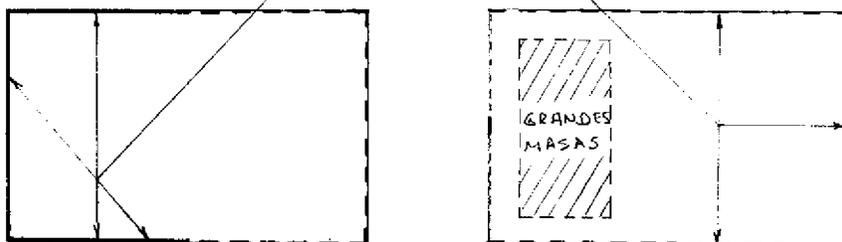
IRREGULARIDADES EN PLANTA

- GEOMETRICAS

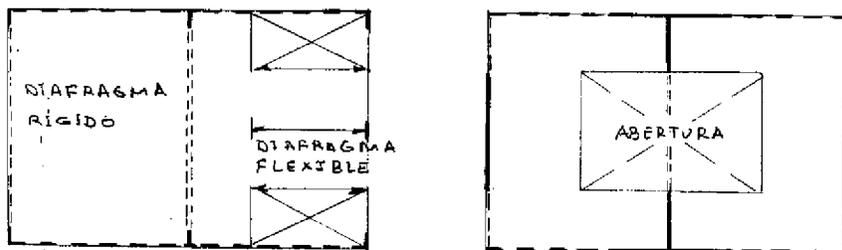


- EXCENTRICIDADES EN RESISTENCIA Y MASAS

COMPONENTES VERTICALES DEL SISTEMA DE RESISTENCIA ELMICA

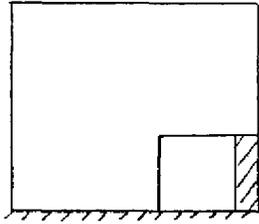


- DISCONTINUIDAD EN LA RIGIDEZ DEL DIAFRAGMA

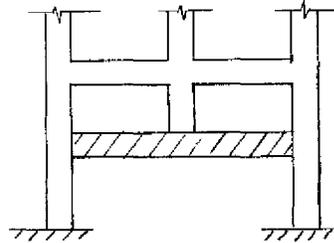


H
C/D

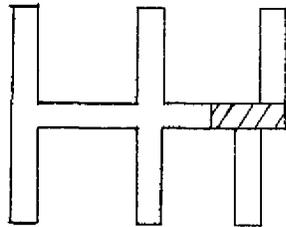
IRREGULARIDADES EN LA TRANSFERENCIA DE FUERZAS



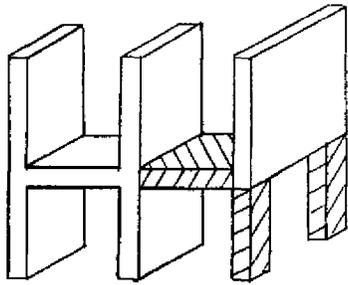
(a)



(b)



(c)



(d)

GRÁFICO DE ESPECTROS DE RESPUESTA ELÁSTICA

