

1a. edición, julio 1997

◻ SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Abraham González No. 48,
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D F

◻ CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE
DESASTRES

Av. Delfín Madrigal N° 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Deleg. Coyoacán, C.P. 04360, México, D.F.
Teléfonos: 6 06 98 37, 6 06 97 39, 6 06 91 56.
Fax: 6 06 16 08

◻ Autor: Ministerio de Construcción de Japón.

Traducido por: Ing. Marimo Sugahara
Dr. Oscar López Bátiz

Revisado por: Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de
Castro

Edición a cargo de: Arq. Takeshi Jumonji

Editores: Amparo Esquivel Suástegui
Erasmus Cuandon G.
Coral Peña L.
Miguel Campos S.

Derechos reservados conforme a la ley

IMPRESO EN MEXICO. *PRINTED IN MEXICO*

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de
Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Lic. Emilio Chuayffet Chemor

Secretario de Gobernación

Lic. Ricardo García Villalobos Gálvez

Subsecretario de Protección Civil y de Prevención
y Readaptación Social

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE
DESASTRES

Dr. Roberto Meli

Director General

Ing. Masao Nosawa

Director del Equipo Asesor Japonés

Dr. Servando de la Cruz Reyna

Coordinador de Investigación

M. en I. Roberto Quaas

Coordinador de Instrumentación

Lic. Ricardo Cícero Betancourt

Coordinador de Difusión

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

GUÍA DE APLICACIÓN DE LA NORMA DE EVALUACIÓN DE
COMPORTAMIENTO ANTE SISMO Y DE LA
GUÍA DE DISEÑO DE REFUERZO PARA ESTRUCTURAS
EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO
(EDICION REVISADA)

EDITADO POR:
TAKESHI JUMONJI

TRADUCIDO POR:
MARIMO SUGAHARA
OSCAR LÓPEZ BÁTIZ

REVISADO POR:
SERGIO M. ALCO CER MARTÍNEZ DE CASTRO

**COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN
ÁREA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y GEOTECNIA
JULIO 1997**

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN

Investigaciones sobre Sismología e Ingeniería Sísmica en Japón

PRESENTACIÓN

Una de las aportaciones más importantes de la parte japonesa dentro del Convenio de Cooperación Técnica entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres es el envío de expertos de corto plazo. Dentro de las actividades de estos expertos están la asesoría en aspectos específicos de proyectos de investigación, la impartición de seminarios y conferencias, y la participación en eventos técnicos.

En las numerosas conferencias desde que se inició el Convenio en 1990, se han presentado resultados y experiencias en líneas actuales de investigación y desarrollo tecnológico en materia de prevención de desastres sísmicos en el Japón.

Con objeto de dejar un testimonio permanente del contenido de las conferencias más sobresalientes y de mayor interés para la comunidad ingenieril y científica, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie como parte de los Cuadernos de Investigación.

PRÓLOGO A LA TRADUCCIÓN

El Centro Nacional de Prevención de Desastres de México ha venido publicando dentro de su serie de Cuadernos de Investigación las traducciones de guías y normas de evaluación, de diseño y de materiales que se emplean en el Japón. El objetivo es presentar a la comunidad mexicana de ingenieros y arquitectos relacionados con el diseño y la construcción de estructuras, las prácticas y estándares que siguen en ese país para que sirvan de consulta y referencia.

Los temas de evaluación y rehabilitación de estructuras son, sin duda, los de mayor interés para los ingenieros estructurales mexicanos, aun después de 11 años de la ocurrencia de los sismos de 1985. En esa época, los trabajos de revisión y evaluación de los edificios se hicieron siguiendo la experiencia, juicio e intuición de los profesionales, pero sin una guía técnica integral. Tiempo después, se adaptó la japonesa de evaluación a la práctica mexicana de diseño y construcción de edificios, pero su aplicación fue muy limitada.

A raíz de los sismos de la década de los 70, los ingenieros japoneses se enfrentaron al enorme reto de evaluar las estructuras dañadas por sismo, decidir sobre su rehabilitación (que comprende los trabajos de reparación y refuerzo), y de diseñar, si así lo indicaba la evaluación, el esquema de rehabilitación para facilitar el proceso de evaluación. Diferentes asociaciones de ingenieros se dieron a la tarea de elaborar un procedimiento, con diferentes niveles de complejidad según la precisión requerida, que permitiera evaluar la seguridad estructural de un edificio, o de un conjunto de inmuebles, de manera rápida. Las experiencias que fueron acumuladas en esos sismos sirvieron de base para el desarrollo y calibración de la metodología. Las normas de evaluación fueron presentadas en 1977.

La amplia difusión y uso de las normas y el desarrollo de nuevos conocimientos en materia de comportamiento de estructuras de concreto reforzado durante sismos y en ensayos de laboratorio, impulsaron a revisar las normas de evaluación. De esta manera, se actualizaron algunos de los conceptos y de los factores correctivos de la metodología, pero siempre respetando la filosofía original de simplicidad y de tener tres niveles de evaluación, asociados a distintos grados de refinamiento en el cálculo. El método adopta conceptos básicos de comportamiento dinámico de estructuras ante sismos y de la respuesta de distintos elementos estructurales de concreto armado. Los valores básicos son modificados considerando las desviaciones que tenga el sistema estructural de la "estructura tipo" calibrada.

Actualmente, las normas japonesas de evaluación para estructuras hechas a base de diferentes materiales están en revisión. En ellas se incorporarán las lecciones aprendidas en el sismo de Kobe de 1995 y las ideas estructurales de criterios de diseño basados en el desempeño de las estructuras. Según éstas últimas, el diseñador, conjuntamente con el dueño del edificio, decidirá el nivel para el cual se pretende llevar la rehabilitación. Con base en él, se deberán retroalimentar los resultados de la evaluación previa. Mientras se determinan, la información que contiene el documento que aquí se presenta es de gran utilidad.

RECOMENDACIÓN

Últimamente, en Japón se ha enfocado la atención a los problemas de seguridad de los edificios, bodegas de explosivos o las instalaciones de uso social durante un gran sismo, debido a la ocurrencia del temblor de la ciudad de Kawasaki y del sismo de la costa de Tokai. También mundialmente, la ocurrencia sucesiva de los grandes sismos como el de México, Armenia, Loma Prieta, Irán y Filipinas, ha llamado la atención al mejoramiento de la resistencia ante sismo de los edificios existentes.

Los edificios son indispensables para nuestra vida, por lo que interesa conocer su seguridad durante un gran sismo.

En nuestro país, se ha logrado un alto nivel en la seguridad de los edificios, gracias a la Ley de Construcción del Ministerio de la Construcción, los Códigos de Diseño Estructural ante Sismo por la Asociación de Arquitectos e Ingenieros de Japón y por otros institutos, y el alto nivel de tecnología de construcción. Dicho nivel de seguridad se ha demostrado por el hecho de que no ha habido un gran daño en edificios en este país de alta sismicidad.

Sin embargo, los diversos códigos, incluyendo la Ley de Construcción, no restringen todas las formas de los edificios ni cubren nuevos tipos de estructuras. Aunque existen muchos edificios con pocos muros estructurales o con una distribución no simétrica de columnas, no se puede revisar la resistencia ante sismo tomando en cuenta sólo unos elementos; la interacción compleja de los elementos define la resistencia, siendo casi imposible restringir todos los elementos estructurales por los códigos. Además, los códigos son para fijar los límites inferiores, y no son para conocer cómo los edificios superan los requerimientos mínimos.

Para ello, en 1977, se establecieron el Método de Evaluación de la Resistencia ante Sismo de cada edificio y el Método de Mejoramiento de la Resistencia, y se publicó el "Código y Comentarios para Evaluación y Refuerzo de los Edificios Existentes de Concreto Reforzado". El contenido de éstos es muy original y nuevo, y han recibido buena aceptación como demuestra el buen nivel de ingeniería estructural de Japón.

Después de 13 años de su publicación, se han aplicado a varios edificios, y se han obtenido excelentes resultados. Por otro lado, se ha desarrollado la tecnología, se han obtenido las propuestas para mejorar este código y las lecciones a través de los datos de los sismos, y se ha modificado la Ley de Construcción. Ahora es el momento para revisar este código y comentarios nuevamente, completando su contenido.

El contenido de este código (la evaluación de la resistencia y el refuerzo ante sismo) requiere de cierto conocimiento especial básico de ingeniería. También es indispensable hacer claro el contenido para realizar una evaluación adecuada ante sismo.

Muchos estudios e investigaciones ampliamente relacionados con el tema de evaluación y refuerzo ante sismo ayudaron a publicar esta edición del código que cubre los resultados y descubrimientos más recientes. Se les agradece tanto a la gente que contribuyó en estos estudios, como a los miembros del comité de revisión de este código.

El Ministerio de la Construcción, con el apoyo de otras asociaciones, procura difundir este código entre ingenieros o personas involucradas en la construcción, así como entre los

dueños y administradores de edificios, para que se conozca el código y se aplique adecuadamente para el mejoramiento del comportamiento de los edificios ante sismo.

Diciembre, 1990

Director de la Sección de Administración, Departamento de Vivienda. Ministerio de la Construcción

Seiichiro Umeno

COMENTARIOS RESPECTO A LA PUBLICACIÓN DE LA NUEVA EDICIÓN REVISADA

En Japón, que es un país situado en una zona de alta sismicidad y que ha sufrido muchos sismos grandes, la seguridad de los edificios ha despertado mucho interés de las autoridades administrativas de la construcción, así como del público en general.

Por lo tanto, se han desarrollado activamente estudios sobre la resistencia ante sismo, y se han incluido sus resultados en los códigos de construcción y se han revisado sus contenidos de acuerdo con el desarrollo de la tecnología. En consecuencia, los edificios que se han construido anteriormente a los nuevos reglamentos no necesariamente cumplen con los requisitos de los códigos vigentes, lo que provoca que no tengan la resistencia suficiente ante el sismo de diseño vigente.

Desde este punto de vista, se considera importante que para disminuir los daños por sismos se evalúen los edificios construidos anteriormente a 1981 (año de la promulgación del nuevo código de diseño ante sismo), usando los criterios adecuados, y se refuercen adecuadamente los edificios que tienen resistencia insuficiente.

La primera edición de este código fue publicada en abril de 1977, gracias a los trabajos entusiastas del comité encargado de la reglamentación de evaluación y refuerzo de los edificios de concreto reforzado ante sismo del Ministerio de la Construcción, comité instalado en 1976 (Coordinador: Hajime Umemura, Profesor de la Universidad de Tokio).

Han pasado más de 10 años desde entonces. Se han acumulado las experiencias y los resultados de estudios sobre la evaluación y refuerzo ante sismo, y los datos de investigación de los daños por los sismos en cada parte del mundo. Para reflejar adecuadamente estos datos acumulados, esta nueva edición se publica para mostrar los frutos de las deliberaciones de más de dos años del comité de revisión (Coordinador: Hajime Umemura, Profesor Emérito de la Universidad de Tokio).

Ahora, el mejoramiento y mantenimiento de la seguridad de los edificios ante sismo está siendo objeto de atención, y la demanda de evaluación y refuerzo ante sismo está aumentando cada día más. Se espera que esta nueva edición sea utilizada ampliamente, que contribuya al mejoramiento de la resistencia ante sismo de edificios y que se puedan disminuir los daños por sismos.

Aprovechando esta oportunidad, agradezco a los Profesores Umemura, Okada, Murakami, Hirosawa y a los comisionados que contribuyeron en la revisión del código, y al personal de la Sección de Indicaciones Administrativas, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción que participaron entusiastamente en la misma.

Diciembre, 1990

Director de la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres de Edificios
Yoshihiro Maekawa

COMENTARIOS DE LA NUEVA EDICIÓN REVISADA

En 1977, mientras se estaba realizando el proyecto de revisión de la Ley de Construcción que se promulgó en 1980 y se puso en vigor en el siguiente año, se publicó la primera edición del "Código y Comentarios de Evaluación y Refuerzo de Edificios de Concreto Reforzado", y se publicaron sucesivamente el mismo código y comentarios para edificios de acero (1979), de madera (1979) y de materiales compuestos (1986).

Desde entonces, se aplicaron estos códigos a los edificios existentes para tomar medidas ante sismo, y han contribuido mucho a la rehabilitación de los edificios, junto con el nuevo código de diseño ante sismo que es una parte de la Ley de Construcción. Sin embargo, se han desarrollado bastante la tecnología e ingeniería ante sismo, siendo necesario revisar el código de evaluación y refuerzo de edificios para tomar en cuenta los frutos de estudios recientes y el desarrollo de la tecnología durante estos diez años después de la publicación de la primera edición. Para ello, se instaló el "Comité de Revisión del Código de Evaluación de los Edificios Existentes" dentro de la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres de Edificios, dividiéndolo en tres Subcomités: Subcomité de concreto reforzado, Subcomité de acero y Subcomité de madera.

Al publicar el "Código y Comentarios de Evaluación y Refuerzo de los Edificios Existentes de Concreto Reforzado" (versión 1990), se espera que se difundirá como la primera edición y se utilizará para reforzar los edificios ante sismo.

Diciembre, 1990

Coordinador del Comité de Revisión del Código de Evaluación de los Edificios Existentes,
Proyecto de Prevención de Desastres
Hajime Umemura

PRÓLOGO (primera edición)

En Japón, los edificios bajos o medianos de concreto reforzado se empezaron a difundir en general como estructura sismo-resistente y resistente a fuego en 1923, el año del gran sismo de Kanto. Por otro lado, simultáneamente, el Doctor Toshiki Sano propuso un método de diseño ante sismo, "método por intensidad", que consideraba de una manera aproximada la influencia del movimiento sísmico en los edificios. Después, se difundió el diseño ante sismo a base del método por intensidad, y se construyeron edificios sismo-resistentes altos a escala mundial. Sin embargo, el hecho de que hubo daños imprevistos en los edificios de concreto reforzado diseñados ante sismo después del gran sismo de Kanto; Fukui (1948), Niigata (1964), Tokachi (1968) y Ooita (1975), significa que existen tipos de estructuras en las que es difícil garantizar su seguridad solamente con la reglamentación de acuerdo con el método por intensidad.

Revisando estos daños con el nuevo conocimiento sobre ingeniería sísmica que ha hecho posible construir rascacielos; se ha encontrado que entre los edificios diseñados con métodos similares contra sismo, existe una variación en la capacidad.

Especialmente, el hecho de que los mayores daños en el sismo de la costa de Tokachi de 1968 fueron en los edificios bajos de concreto reforzado, propició varios estudios sobre el diseño contra sismo de edificios de concreto reforzado, considerando su comportamiento dinámico. Una parte de los resultados ya se han integrado a la Ley de Construcción o en el Código de Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado por el Instituto Japonés de Arquitectura e Ingeniería, y está en uso práctico.

De esta manera, se han aprovechado las experiencias de daños, junto con el progreso de estudios, para desarrollar propuestas de diseño antisísmico. Sin embargo, todavía no se ha revisado suficientemente la seguridad contra sismo de los edificios existentes.

Siendo así la situación actual, la Sección de Indicaciones Administrativas del Departamento de Habitaciones del Ministerio de Construcción organizó un proyecto para la reglamentación del código y comentarios de evaluación y refuerzo ante sismo de edificios existentes, y encargó este trabajo al Centro de Seguridad de Edificios Especiales de Japón. En el mismo Centro, se estableció un Comité de Reglamentación de Códigos y Comentarios de Evaluación y Refuerzo, cuyos Subcomités, Subcomité de Código de Evaluación y Subcomité de Recomendaciones de Diseño de Refuerzo, tomaron en consideración especialmente los edificios bajos y medianos de concreto reforzado, e iniciaron la preparación de programas y proyectos originales.

Este código es el resultado de deliberaciones del comité sobre los programas originales preparados por los Subcomités, y consta de tres volúmenes:

1. Normas y comentarios para la evaluación del comportamiento ante sismo de estructuras existentes de concreto reforzado
2. Guía de diseño para refuerzo sísmico de estructuras existentes de concreto reforzado con comentarios
3. Manual de aplicación de la Norma de Evaluación y Refuerzo de los edificios existentes de concreto reforzado

En el primer volumen, la Norma y comentarios para la evaluación del comportamiento ante sismo, se muestra el método de evaluación de resistencia contra sismo. El objeto principal es que el cálculo del índice de la capacidad ante sismo, que considera la resistencia última, la capacidad de deformación, el modo de falla y la respuesta dinámica de los edificios, sea tan fácil como sea posible, y se trata de que el método sea aplicable a través de cálculos sencillos o al menos igual que el cálculo para el diseño estructural ante sismo comúnmente usado.

En este código, no se han mencionado los criterios para decidir la necesidad de refuerzo después de evaluar la resistencia de acuerdo con el mismo código. Esto es debido a que para llegar a una decisión se considera necesario revisar otros elementos, además de la resistencia de la estructura, tales como la interacción suelo-estructura, el uso del edificio, la importancia del mismo y las características del sismo. Sin embargo, en el tercer volumen, se muestran ejemplos de aplicación a edificios dañados o no dañados por el sismo de la costa de Tokachi en 1968, y se indica el criterio para clasificar los edificios dañados y los edificios no dañados, así como el procedimiento de evaluación.

En el segundo volumen, se presentan recomendaciones y comentarios de diseño de refuerzo contra sismo, se muestra un método para reforzar edificios cuyos índices de resistencia ante sismo se evaluaron como bajos; así como el procedimiento concreto para diseño y construcción de los refuerzos.

En el tercer volumen, se muestra la aplicación concreta del Código de Evaluación y Recomendaciones de Refuerzo.

Este Código se ha elaborado durante un corto plazo, aproximadamente 9 meses, por lo que pudiera no haber sido revisado suficientemente. Por otro lado, tiene la ventaja de ser un método sencillo y sistematizado desde la evaluación hasta el refuerzo, enfocándose básicamente en la seguridad de los edificios existentes.

Se puede decir que hasta el presente, el diseño contra sismo de edificios bajos o medianos de concreto reforzado se ha realizado mecánicamente de acuerdo con procedimientos basados en teorías de esfuerzos admisibles y/o de trabajo, sin revisar su capacidad última y real ante sismo. Este Código de Evaluación y Recomendaciones de Refuerzo es para los edificios existentes, sin embargo, es posible aplicarlo a edificios en el momento de terminar su diseño. En este sentido, se espera que este Código sea utilizado ampliamente no sólo en los edificios existentes sino en el diseño de nuevos edificios.

Finalmente, se agradece al Departamento de Habitación del Ministerio de Construcción que inició este proyecto, al Centro Japonés de Seguridad de Edificios Especiales que realizó este trabajo, a los comisionados del Comité de Reglamentación que participaron en las deliberaciones y especialmente a los comisionados de los Subcomités que organizaron el plan original y ordenaron los resultados en corto plazo.

Marzo, 1977
Coordinador
Hajime Umemura

PRÓLOGO (nueva edición)

Hace 13 años, se publicó el "Código y Comentarios de Evaluación y Refuerzo ante Sismo de los Edificios Existentes de Concreto Reforzado". Se instaló el Comité de Reglamentación designando al Profesor Hajime Umemura como el Coordinador del Comité, al Dr. Tsuneo Okada como Subcoordinador del Subcomité encargado del Código de Evaluación y al profesor Masaya Hirosawa como el jefe del Subcomité encargado de las recomendaciones de refuerzo, y se logró publicarlo en sólo medio año. El cumplimiento de este proyecto en tan corto plazo fue gracias a los trabajos de los comisionados que, al mismo tiempo y oportunamente, habían acumulado los resultados de varios estudios para la evaluación o para el refuerzo ante sismo.

Después de 13 años, el Código se difundió más ampliamente de lo que se había previsto. La primera razón de esto es que hubo oportunidad de aplicar este Código para tomar medidas ante daños del sismo de Tokai. También ayudó el programa "SCREEN-Edition 2" escrito por los autores específicamente para cumplir las evaluaciones de más de 4000 edificios públicos de concreto reforzado de la prefectura de Shizuoka, y 400 de ellos ya se han reforzado. En otra parte del Japón, hay muchos casos de aplicación del Código para evaluar y reforzar los edificios existentes siendo éstos edificios públicos o edificios privados. También en otros países como México, China, Armenia y Yugoslavia se ha aplicado en gran medida.

A través de estas aplicaciones, al reconocer la utilidad de este Código, se ve la necesidad de revisarlo adoptando los más recientes estudios.

Al revisarlo, se tomaron como enfoques principales los que siguen:

- 1) Con respecto al Código de Evaluación ante Sismo:
 - i. En general, el índice de daño resulta ser del mismo orden de la edición anterior.
 - ii. Se insertan comentarios útiles para ayudar a la evaluación con base en las experiencias obtenidas de los ejemplos de aplicación reportados hasta el presente.
 - iii. Se completan los resultados de evaluación, que fueron ejemplos de consulta en la edición anterior, para integrarlos en el texto de la nueva edición.
 - iv. Se ordenan los ejemplos de aplicación.
- 2) Con respecto a las recomendaciones de refuerzo:
 - i. Se completa la ecuación para evaluar la capacidad ante sismo de edificios reforzados.
 - ii. Se añaden los datos con respecto a los métodos más recientes sobre construcción de refuerzo.
 - iii. Se ordenan los ejemplos de aplicación.

El trabajo de revisión se realizó por el grupo encargado de la evaluación, teniendo como Coordinador a Masaya Murakami, y el grupo encargado de refuerzo con su Coordinador, Masaya Hirosawa, que pertenecen al Subcomité de Concreto Reforzado. Se agradece su participación a los comisionados y a la Sección Administrativa de la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres de Edificios.

Diciembre, 1990
Coordinador del Subcomité de Concreto Reforzado
Tsuneo Okada

COMITÉ DE REVISIÓN DE LOS CÓDIGOS DE EVALUACIÓN ANTE SISMO DE EDIFICIOS EXISTENTES

Miembros del Comité Central

Presidente	Hajime Umemura	Profesor Emérito de la Universidad de Tokio
Vice-presidente	Tsumeo Okada	Jefe del Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Tokio.
Secretarios	Masaya Hirose	Administrador del Instituto de Arquitectura del Ministerio de Construcción.
	Yasunori Yamauchi	Jefe del Laboratorio de Dinámica, Instituto de Arquitectura del Ministerio de Construcción.
de	Masamichi Okubo	Profesor del Departamento de Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Arte de Kyushu.
Miembros	Wataru Okada	Jefe del Laboratorio de Sísmica del Instituto de Arquitectura del Ministerio de Construcción.
	Tsutomu Kato	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Touyou.
	Takashi Kaminosono	Investigador del Laboratorio de Edificios a Escala Real, Instituto de Arquitectura del Ministerio de Construcción.
	Isao Sakamoto	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio
	Hideo Sugiyama	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Politécnica de Tokio.
	Toshio Suzuki	Ex-administrador del Departamento de Habitaciones del Ministerio de Construcción
	Kouichi Takanashi	Profesor del Instituto de Ingeniería, Mecánica de la Universidad de Tokio.
	Masaya Murakami	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chiba
	Tatsuo Murota	Jefe del Tercer Laboratorio del Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Atsushi Yanagisawa	Jefe del Primer Laboratorio del Centro de Desarrollo de Técnicas sobre Explotación del Territorio.
	Yasunori Yamanaka	Jefe de la Sección de Prevención de Desastres, Departamento de Habitaciones, Ministerio de Construcción.
	Osamu Yoneda,	Jefe de la Sección de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministerio de Construcción.
	Makoto Watabe	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.
Colaborador	Mikio Niki	Investigador del Cuarto Departamento del Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.

Subcomité de concreto reforzado

Jefe	Tsuneo Okada	(Mencionado).
Secretario	Masaya Hirose	(Mencionado).

Miembros	Masamichi Okubo	(Mencionado).
	Takashi Kaminosono	(Mencionado).
	Wataru Gojou	Ex-jefe de la Sección de Orientación, Departamento de Habitaciones, Ministerio de Construcción.
	Norimasa Naritou	Ex-jefe de la Sección de Prevención de Desastres, Departamento de Habitaciones, Ministerio de Construcción.
	Ikuhiro Matsuzaki	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Politécnica de Tokio.
Yasunori Yamamoto	Profesor del Departamento de Arquitectura, Universidad Politécnica de Shibaura.	
Noriyoshi Yamaguchi	Jefe de la Sección de Estructuras, oficina de Construcción, Departamento de Edificios, Nihon-denshin-denwa Corporación.	

Grupo de evaluación

Jefe	Masaya Murakami	(Mencionado).
Miembros	Masamichi Okubo	(Mencionado).
	Shoichi Kawamura	Jefe del Laboratorio de Sísmica, Instituto de Tecnología, Taisei Corporación.
Secretario	Masaya Hirosawa	(Mencionado).
	Koichi Minami	Profesor del Departamento de Arquitectura, Universidad Politécnica de Osaka.
	Noriyoshi Yamaguchi	(Mencionado).
Colaboradores	Manabu Yoshimura	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.
	Hiroshi Ito	Investigador en Edificios, Sección de Investigación de Proyectos, Departamento de Proyectos, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Yukihiro Ohta	Jefe de la Sección de Tecnología, Tecnet Corporación.
	Takeyoshi Okada	Sistema Estructural Corporación.
	Toshihumi Okuzono	Jefe del Departamento de Diseño Estructural, Instituto de Proyecto Estructural.
	Koichi Koide	Director de Sho Corporación.
Sachihiko Takeshima	Jefe del Departamento de Ingeniería, Izumi-soken Corporación.	

Grupo de refuerzo

Jefe	Masaya Hirosawa	(Mencionado).
Miembros	Masamichi Okubo	(Mencionado).
	Takashi Kaminosono	(Mencionado).
Secretario	Shunsuke Sugano	Investigador del Instituto de Tecnología, Takenaka Corporación.
	Kaname Takahara	Director de la Oka-sekkei Corporación.
	Ikuhiro Matsuzaki	(Mencionado).
	Yasunori Yamamoto	(Mencionado).
Colaboradores	Tomoaki Akiyama	Jefe de la Sección de Evaluación, Tokio Soil Research Corporación.
	Ichiro Ito	Director de Malta Corporación.
	Shuzo Kikuchi	Jefe del Departamento de Tecnología, Nihon-kozobutsu-chosa Corporación.

Fuminori Tomozawa	Profesor del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio
Masaru Fujimura	Jefe de la oficina de Tokio, Takenaka Corporación
Yoshihiro Masuda	Jefe del Laboratorio de Materiales Inorgánicos, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.

Semi-grupo de diagonales

Jefe	Yasunori Yamamoto	(Mencionado).
Miembros	Tomoaki Akiyama	(Mencionado).
	Hideo Katsumata	Investigador del Instituto de Tecnología, Obayashi Corporación.
	Yasushi Shimizu	Maestro de la Escuela Secundaria Técnica anexa a la Universidad Politécnica de Tokio.

Semi-grupo de anclas

Jefe	Ikuhiro Matsuzaki	(Mencionado).
Miembros	Tomoaki Akiyama	(Mencionado).
	Tsutomu Ota	Jefe del Instituto de Ingeniería, Horie-ensetsu Corporación.
	Yasushi Shimizu	(Mencionado).
	Yoji Hosokawa	Profesor asistente del Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio
Colaboradores	Masahide Omori	Jefe de la Sección de Tecnología, Departamento de Servicio, Nihon-hilti Corporación.
	Taichi Katagiri	Jefe del Departamento de Comercio, Nihon- driveit Corporación
	Ryo Tanba	Jefe de la Sección de Ingeniería Mecánica, Departamento de Anclas Químicas, Nihon- decorax Corporación

**COMITÉ LEGISLATIVO DE CÓDIGO DE EVALUACIÓN Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO
DE REFUERZO ANTE SISMO DE EDIFICIOS EXISTENTES
(AL EDITAR LA PRIMERA EDICIÓN)**

Jefe	Hajime Umemura	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
Miembros	Katsuro Uemura	Jefe del Cuarto Departamento del Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Tsuneo Okada	Profesor del Instituto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Tokio.
	A. Ozaki	Jefe del Tercer Departamento del Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Osawa	Jefe del Instituto de Geofísica, Universidad de Tokio
	Takanori Ohashi	Jefe de la Sección de Orientación, Departamento de Arquitectura, Prefectura de Osaka
	Shinji Ohmori	Investigador del Instituto de Tecnología, Kashima Corporación.
	Kiyoshi Kaneda	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Kyoto.
	Yukio Ota	Jefe del Departamento de Diseño, Obayashi Corporación.
	Hiroshi Kitamura	Jefe del Departamento de Diseño, Taisei Corporación.
	Seiji Kuromasa	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad Politécnica de Tokio.
	Teruo Sato	Especialista en Edificios, Sección de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministro, Ministerio de Construcción.
	Seiji Nakano,	Investigador del Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Yoichi Higashi	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.
	Masaya Hirosawa	Jefe del Laboratorio de Cimentación, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Katsumi Yano	Director de la oficina de Tokio, Nikken- sekkei Corporación.
Minoru Yamada	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Kobe	
Masanobu Yoshimoto	Jefe de la Sección de Orientación, Departamento de Urbanización, Ciudad de Tokio	

Subcomité de Código de Evaluación

Jefe	Tsuneo Okada,	(Mencionado).
Secretario	Shin Okamoto,	Jefe del Laboratorio de Habitaciones, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
Miembros	Masaya Hirosawa,	Jefe del Laboratorio de Cimentación, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción
	Akira Miyata,	Jefe de la Sección de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministro.

	Ministerio de Construcción (desde Enero de 1977)
Masami Sakaguchi	Jefe del Laboratorio de Construcción Instituto de Arquitectura, Ministerio De Construcción (desde noviembre de 1976).
Isamu Sakamoto	Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio
Akio Yoshida	Jefe del Laboratorio de Materiales de Construcción, Ciudad de Tokio
Masami Miyazawa	Jefe del Departamento de Diseño, Taisei Corporación
Shinji Omori	Investigador del Instituto de Tecnología, Kashima Corporación
Osamu Isohata	Investigador del Instituto de Tecnología, Shimizu Corporación
Shinya Kobayashi	Jefe del Departamento de Estructuras, Nikken-sekkei Corporación.
Hiroshi Ito	Estudiante en Maestría de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio (desde Agosto de 1976)
Gouji Tomomori	Jefe de la Sección de Construcción y Reparación, Secretaria del Ministro, Ministerio de Construcción (hasta enero de 1977).

Subcomité de recomendaciones de diseño de refuerzo

Jefe	Masaya Hirosawa	(Mencionado).
Secretario	Shoichi Kawamura	Jefe del Departamento de Desarrollo de Tecnología, Taisei Corporación.
Miembros	Tsuneo Okada	(Mencionado).
	Todatoshi Kunimoto	Jefe de la Sección de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministro Ministerio de Construcción.
	Fuminori Tomozawa	Jefe del Laboratorio de Materiales Inorgánicos, Instituto de Arquitectura, Ministerio de Construcción.
	Masamichi Okubo,	Profesor Asistente de la Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio
	Kaname Takahara,	Jefe del Departamento de Tecnología, Oka-sekkei Corporación (desde agosto de 1976)
	Toshio Takahashi,	Investigador del Instituto de Tecnología, Kashima Corporación

Centro de Seguridad en Edificios Especiales de Japón

Colaboradores	Mikio Maeoka Yoshinori Takahashi
---------------	-------------------------------------

INTRODUCCIÓN

Ya 13 años han pasado desde la publicación del "Código y Comentarios de Evaluación ante Sismo de los Edificios Existentes de Concreto Reforzado" en 1977, que se ha aplicado ampliamente durante estos años.

Se han hecho grandes progresos en la ingeniería ante sismo, obteniendo muchos resultados útiles y aplicables para la evaluación. Por otro lado, se han descubierto las necesidades de revisar este código a través de los ejemplos de aplicación. Se han propuesto otros métodos de evaluación que no se emplearon en la edición anterior, tomando en cuenta los resultados de los ejemplos de aplicación en los casos del sismo de costa de Tokachi (1968) y el sismo de costa de Miyagi (1978). Además de estos, se revisó la Ley de Construcción en 1980.

Siendo así la situación, se realizó la revisión de este código empleando la nueva información y considerando la consistencia con los contenidos de la edición anterior. Sin embargo, todavía no se ha perfeccionado la revisión, dejando unos problemas no resueltos, y se irá revisando poco a poco recurriendo a nuevos ejemplos de aplicación.

Esta edición, se ha enfocado principalmente a: emplear un criterio de evaluación para que los edificios objeto logren la capacidad ante sismo de igual nivel que la que tienen los edificios diseñados por la nueva Ley de Construcción; revisar las ecuaciones para calcular la resistencia de acuerdo con los estudios más nuevos y ampliar las opciones de los números y métodos para introducir las opiniones de cada usuarios de este código. Pero la estructura del código no se ha cambiado. Todavía no se han integrado los criterios de evaluación para los elementos no estructurales. Para ellos, se recomienda consultar al manual de aplicación. En el mismo manual, se presenta un método consistente para evaluar la posibilidad de caída y falla de los elementos no estructurales, así como de las instalaciones.

Para aprender rápidamente el uso de este código, es importante entender que, el objeto principal de este código es evaluar tan rápido como posible una gran cantidad de edificios; existen tres nivel de evaluación, evaluación del primer nivel, del segundo nivel y del tercer nivel, siendo la última más riguroso y trabajoso. La capacidad ante sismo de edificios se expresa en término de dos índices, I_s de los elementos estructurales y I_n de los elementos no estructurales. Además, se recomienda consultar los ejemplos del manual de aplicación.

Al revisar este código, se ampliaron las opciones de los números y métodos para que se puedan introducir las opiniones de usuarios. Esto puede complicar la aplicación; sin embargo, se espera que la comprensión suficiente de las características de edificios de cada usuarios ayudará a obtener un resultado más adecuado de la evaluación. Para ello, se recomienda consultar los comentarios y el manual de aplicación.

El manual de aplicación se ha corregido bastante, además de integrar la características ante sismo de los elementos no estructurales, y ejemplos de aplicación, como se ha explicado anteriormente, se presentaron datos sobre el modelado y el método simplificado del tercer nivel. Se recomienda a los usuarios que conocen bien la edición anterior.

En conclusión, se agradece al coordinador del comité, Hajime Umemura, que nos dirigió y dio consejos instructivos, al coordinador del grupo de concreto reforzado, Tsuneo Okada, los miembros del comité de revisión, los miembros del comité de edición que se

dedicaron al trabajo duro, Sr.Michiyoshi Koozu de la Sección de Indicaciones Administrativas, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción, que nos dio consejos instructivos, Sr.Yasunori Yamanaka y Sr.Mitsuaki Oomae del Centro de Prevención de Desastre de Edificios y Sr.Akinobu Matsuo y Sr.Yosiaki Takahashi de la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres de Edificios que se dedicaron al trabajo administrativo.

Diciembre, 1990

Coordinador del grupo de trabajo de evaluación

Masaya Murakami

CONTENIDO

APÉNDICE I GUÍA DE APLICACIÓN DE LA NORMA DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO

AI-1 Explicación del procedimiento de aplicación de la norma de evaluación del comportamiento ante sismo con base en un ejemplo.....	3
AI-2 Información de referencia para la evaluación relacionada con el comportamiento de la estructura	45
AI-3 Respecto al modelado de los elementos	103
AI-4 Simplificación del procedimiento de tercer nivel	117
AI-5 Información de referencia para la evaluación relacionada con el comportamiento de los elementos no estructurales, entre otros aspectos	145

AI-1 EXPLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LA NORMA DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO CON BASE EN UN EJEMPLO

1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	3
1.1 Configuración del edificio.....	3
1.2 Materiales	3
1.3 Peso del edificio y carga axial en columnas	9
2. PROCEDIMIENTO DE PRIMER NIVEL	11
2.1 Índice básico de las características de resistencia de la estructura (E_0)	11
2.2 Índice de comportamiento ante sismo de la estructura (I_S).....	13
3. PROCEDIMIENTO DE SEGUNDO NIVEL	15
3.1 Índice básico de las características de resistencia de la estructura (E_0)	15
3.2 Índice de comportamiento ante sismo de la estructura (I_S).....	24
4. PROCEDIMIENTO DE TERCER NIVEL	25
4.1 Índice básico de las características de resistencia de la estructura (E_0) ..	25
4.2 Índice de comportamiento ante sismo de la estructura (I_S).....	42
5 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO	43

AI-2 INFORMACIÓN DE REFERENCIA PARA LA EVALUACIÓN RELACIONADA CON EL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

1. COMPARACIÓN DE LA NORMA PARA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO Y EL REGLAMENTO PARA LAS CONSTRUCCIONES	45
2. INDICE DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE LA ESTRUCTURA (I_S) Y NIVEL DE DAÑO	51
2.1 Procedimiento de primer nivel	51
2.2 Procedimiento de segundo nivel	51
2.3 Relación entre los valores del índice I_S determinados conforme los procedimientos de primer y segundo nivel	52
3. ESTADO ACTUAL DEL ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE LA ESTRUCTURA (I_S)	57
3.1 Tendencia general	57
3.2 Variaciones con el tiempo	57
3.3 Variaciones según el número de niveles	58
4. INDICE DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE LA ESTRUCTURA (I_{SO}) Y ANÁLISIS DE LA RESPUESTA ANTE SISMO	63
4.1 Introducción	63
4.2 Espectro de la razón de resistencias requeridas	64
4.3 Índice de porcentaje de respuesta	66
4.4 Registros de sismos existentes	66
5. LICUACIÓN DE SUELOS ARENOSOS	75
5.1 Ejemplo de daño por licuación	75
5.2 Procedimiento de evaluación del fenómeno de licuación	80
5.3 Medidas contra la licuación de suelos	83
6. INDICE DE EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO CONSIDERANDO EL EFECTO DE LA AMPLIFICACIÓN DINÁMICA EN SUELOS ESTRATIFICADOS Y LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURAL	87
6.1 Procedimiento de evaluación del comportamiento ante sismo	87
6.2 Definición del sismo en la superficie del terreno	87
6.3 Determinación de la respuesta del sistema estructural (índice I_{SO} de evaluación)	93
6.4 Ejemplo de cálculo del índice de evaluación I_{SO}	97

AI-3 RESPECTO AL MODELADO DE LOS ELEMENTOS

1. MODELACIÓN DE TRABES	103
1.1 Colocación del refuerzo longitudinal y recubrimiento	103
1.2 Efecto de la losa (refuerzo) en la resistencia última a flexión	103
1.3 Ubicación de las articulaciones plásticas en la trabe	105
1.4 Efecto del corte del refuerzo longitudinal	106
1.5 Uso de trabes acarteladas	107

2. MODELACIÓN DE COLUMNAS	109
2.1 Colocación del refuerzo longitudinal	109
2.2 Consideración de columnas con secciones irregulares	109
2.3 Ubicación de la articulación plástica en columnas	110
2.4 Consideraciones respecto al corte de barras	111
3. MODELACIÓN DE MUROS	113
3.1 Dimensiones de las aberturas	113
3.2 Procedimiento cuando existen varias aberturas en el muro.....	113
3.3 Consideración de aberturas de diferentes características en muros continuos	114
3.4 Evaluación de columnas con muro patín y muros con columna en un solo extremo	115

AI-4 SIMPLIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE TERCER NIVEL

1. INTRODUCCION.....	117
2. FILOSOFÍA BÁSICA.....	119
3. MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE LA ESTRUCTURA (I_{s3D})	121
4. MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE BÁSICO DE CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA (E_0) ...	123
5. MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE LOS ELEMENTOS SISMORESISTENTES Y MODELACIÓN ESTRUCTURAL.	125
5.1 Subestructuración del modelo estructural	125
5.2 Método de selección de la columna representativa.....	125
5.3 Procedimiento de selección de la longitud del claro y de la altura de entrepiso de la subestructura	126
5.4 Modelo de la subestructura cuando se tienen columnas con muro patín.....	126
5.5 Modelación de la subestructura considerando muros estructurales	127
6. MÉTODO DE CÁLCULO DE LOS ÍNDICE DE RESISTENCIA (C) Y DUCTILIDAD (F)	129
6.1 Índices de resistencia C y ductilidad F para las columnas individuales de los modelos estructurales	129
6.2 Índices de resistencia C y ductilidad F para las columnas con muros patín.....	129
6.3 Índices de resistencia C y ductilidad F para muros individuales	130
6.4 Cálculo de la resistencia de la estructura a base de muros individuales	131
7. PROCEDIMIENTO DE AGRUPAMIENTO DE LOS ELEMENTOS SISMORRESISTENTES	135

8. MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL S_D	137
9. MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EDAD T.....	139
10. RESPECTO AL PROCEDIMIENTO DE INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.....	141

AI-5 INFORMACIÓN DE REFERENCIA PARA LA EVALUACIÓN RELACIONADA CON EL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, ENTRE OTROS ASPECTOS

1. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES I_N	145
1.1 Descripción del edificio de ejemplo	145
1.2 Clasificación y diversificación hacia elementos individuales	149
1.3 Respecto al índice B del procedimiento de estructuración.....	149
1.4 Respecto al índice de superficie o área.....	150
1.5 Respecto al índice de grado de efecto o impacto H.....	151
1.6 Cálculo del índice de comportamiento ante sismo de elementos no estructurales I_N , con base en el procedimiento de primer nivel.....	152
1.7 Cálculo del índice de comportamiento ante sismo de elementos no estructurales I_N , con base en el procedimiento de segundo nivel	152
2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	155
2.1 General	155
2.2 Revisión de la capacidad de elementos no estructurales.....	156
2.3 Método de revisión de la posibilidad de caída debido a la fuerza de inercia	157
2.4 Método de revisión de la posibilidad de falla por la deformación aplicada	161
2.5 Clasificación por el estado de deterioro de los elementos no estructurales ..	165
2.6 Evaluación final.....	167
2.7 Procedimiento para evaluar la capacidad ante sismo	169
2.8 Ejemplo de aplicación ..	170

APÉNDICE II GUÍA DE APLICACIÓN PARA LA GUÍA DE DISEÑO DE REPARACIÓN ANTISÍSMICA

INTRODUCCIÓN	177
1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	179
2. DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ANTE SISMO	187
2.1 Filosofía de los procedimientos de evaluación	187
2.2 Hipótesis de cálculo	188
2.3 Resultados de la evaluación	191
2.4 Mecanismos de falla y resistencia de elementos y sistemas estructurales ..	192
2.5 Índice básico de comportamiento estructural (E_0)	194
2.6 Índice de configuración estructural (S_0)	195
2.7 Índice de edad (T)	195
2.8 Evaluación del nivel de seguridad ante sismo de los edificios	195
3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPORTAMIENTO DEL REFUERZO	217
4. INSPECCIÓN PRELIMINAR	219
5. PROYECTO DE REFUERZO Y TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DEL REFUERZO	221
5.1 Puntos de importancia durante la elaboración del proyecto de refuerzo ...	221
5.2 Trabajos de refuerzo	223
6. REFUERZO POR MEDIO DE MUROS ESTRUCTURALES ADICIONALES ..	225
6.1 Cálculo de la cantidad de refuerzo requerido	225
6.2 Ubicación de los elementos a reforzar o elementos de refuerzo	229
6.3 Diseño a detalle	232
6.4 Evaluación del efecto del refuerzo	238
7. REFUERZO POR MEDIO DE LA ADICIÓN DE MARCOS DE ACERO ESTRUCTURAL	261
7.1 Cálculo de la cantidad de refuerzo requerido	261
7.2 Ubicación de los elementos a reforzar o elementos de refuerzo	262
7.3 Diseño a detalle	265
7.4 Evaluación de la efectividad del refuerzo	272