



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



USO DEL ACERO EN MEXICO

(NUEVAS TECNOLOGIAS E IMPORTANCIA DE LA SUPERVISION Y EL CONTROL DE CALIDAD).

Men I, J. César, Méndez Franco

- 1) César Méndez Franco, S.C., Manuel M. Ponce No. 69, Desp. 302, Col. Guadalupe Inn C.P. 01020, México, D.F.
- 2) Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria.

RESUMEN

En los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías para el uso del acero como material principal en edificaciones de gran importancia en todo el mundo. Se presentan ejemplos del uso de estas nuevas tecnologías en México; en especial aplicadas en zonas sísmicas, con elementos de acero como: Muros de Cortante, Trabe Tacón, Armaduras Alternadas, Amortiguadores Sísmicos, Buckling Restrained Braces, entre otros. Asimismo se mencionan los conceptos básicos de las nuevas filosofías de diseño que se están utilizando en la actualidad y que se siguen desarrollando.

Una vez descritos estos elementos estructurales de acero, se señala la importancia del control de calidad en la construcción, ya que al existir errores en la etapas constructivas, puede variar el comportamiento calculado de las estructuras, afectando así la seguridad estructural y la integridad de sus ocupantes; ejemplificándose con algunos errores comunes que se han presentado en el proceso de construcción de algunas obras en México.

ABSTRACT

In the last years, new technologies have developed for the steel uses as principal material in buildings of great importance in the whole world. We show some examples of the use of these new technologies in Mexico; specially applied in seismic zones, with elements of steel as: Shear Walls, Stub Girders, Alternated Trusses, Seismic Dampers, Buckling Restrained Braces, between others. Likewise there are mentioned the basic concepts of the new philosophies of design that are in use at present and that continue developing.

Once described these structural elements of steel we focused, the importance of the quality control in the constructions, because when mistakes exist in the constructive process, it can change the behavior calculated of the structures, affecting this way the structural safety and the integrity of its occupants; these aspects are exemplified by some common mistakes that they have presented in the process of construction of some works in Mexico.

Introducción:

En los últimos años, se han desarrollado nuevas tecnologías para el uso del acero como material primordial en estructuras de gran importancia; en México se han aplicado con gran éxito en varios edificios obteniéndose grandes ventajas al compararse con estructuras convencionales de concreto reforzado.

I.- Enfoques de Diseño.

En la actualidad se manejan además de las filosofías de diseño tradicionales, algunos enfoques alternativos, como:

- A. Diseño de desempeño
- B. Diseño desde en enfoque energético

Todas estas nuevas filosofías de diseño, impactan directamente con el uso de elementos especiales de acero, tales como:

- Muros de cortante (shear walls)
- Trabes Tacón (stub girders)
- Armaduras alternadas
- Amortiguadores sísmicos
- Buckling Restrained Braces

Filosofías de diseño.

Como ingenieros estructuritas, para el calculo de estructuras de acero tenemos algunas filosofías de diseño a seguir, tanto las tradicionales (Diseño Elástico, Diseño Inelástico, Esfuerzos Permisibles, Factores de Carga y Reducción, etc.), así como los nuevos criterios.

Diseño por desempeño.

Esta filosofía de diseño, consiste principalmente en analizar la estructura con métodos avanzados (no lineales, push over), para poder estimar el comportamiento de la estructura ante acciones dinámicas, desde el inicio hasta llegar a la falla. Para lo anterior, existen varios niveles de desempeño y/o niveles de seguridad en los cuales la estructura va desarrollando, y se tiene que tomar una decisión de cómo permitir que el edificio se comporte. (Figura 1 y figura 2)

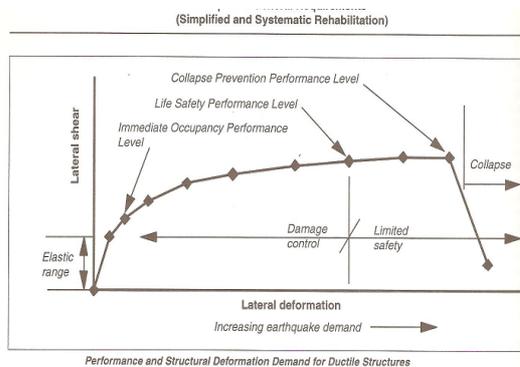


Figura 1

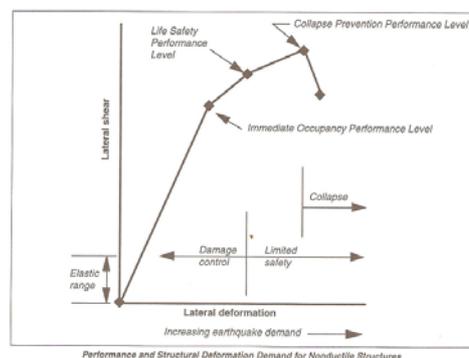


Figura 2



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



Diseño desde un enfoque energético

El enfoque tradicional del diseño sismorresistente se ha basado en proveer combinación de resistencia y ductilidad para resistir las cargas impuestas. Así el ingeniero en estructuras se apoya en la ductilidad inherente de los sistemas estructurales detallados y construidos concientemente, para evitar fallas catastróficas, aunque permitiendo ciertos grados de daños estructurales y no estructurales.

Algunos de estos innovadores conceptos, aún viven su desarrollo tecnológico, en tanto que otros como el de la “disipación pasiva de energía”, están dando ya resultados muy satisfactorios. El propósito básico de la incorporación de dispositivos de disipación pasiva de energía en una estructura, es el de absorber o consumir una porción importante de la energía sísmica. Reduciendo así las demandas de disipación de energía por ductilidad en los miembros estructurales principales, y minimizar así su posible daño estructural y degradación de resistencia.

A este concepto de disipación pasiva de energía, también se le conoce como Amortiguamiento Sísmico Suplementario, y se ha empleado en la rehabilitación Post-Sísmica de edificios así como en edificios nuevos en zonas altamente sísmicas.

$$EI = EK + ES + EA + ED$$

Donde:

EI=Energía de ingreso por el temblor

EK=Energía cinética

ES=Energía de deformación elástica

EA=Energía de amortiguamiento

ED=Energía por def. Inelástica o ductilidad

Enfoque tradicional

Enfoque nuevo

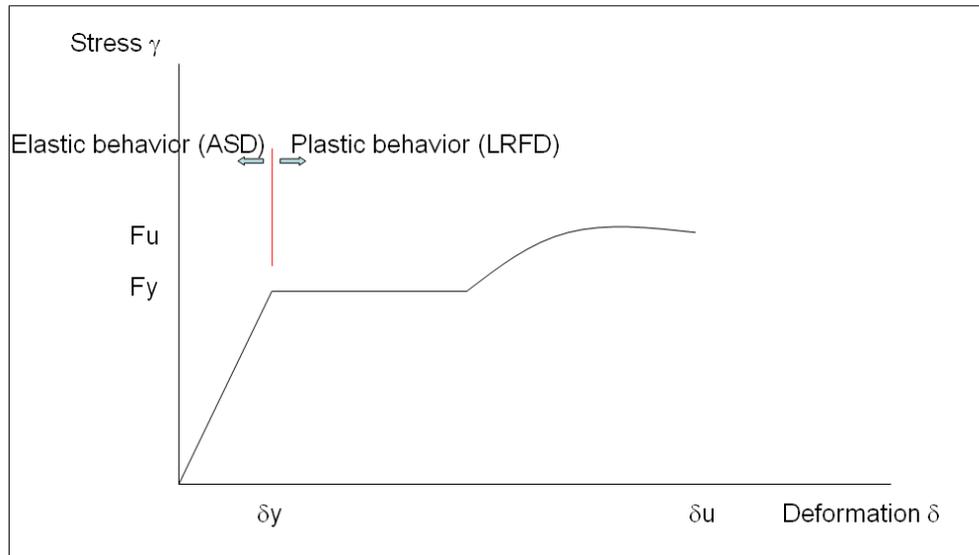
$$EI = EK + ES + EA + \mathbf{ED}$$

$$EI = EK + ES + \mathbf{EA} + ED$$

Enfoques convencionales:

Las filosofías mas utilizadas actualmente, se basan principalmente en dos tipos de comportamientos, el comportamiento elástico (ASD) y el comportamiento inelástico (LRFD); dichas filosofías han sido utilizadas desde hace algunos años por la mayoría de los diseñadores. (Figura 3).

Cabe mencionar que las diferencias entre los resultados obtenidos entre un criterio y otro son del orden de 3% al 8%. En el las nuevas normas del AISC (American Institute of Steel Construction) del año 2005, los criterios ASD y LRFD se encuentran unidos en estas normas par facilitar el uso de los mismos.



Conventional Philosophies (ASD - LRFD)

Figura 3.

III.- Nuevas tecnologías en el acero.

A lo largo de los últimos años, se han desarrollado nuevas tecnologías para el uso del acero como parte fundamental en el diseño sísmico de edificios, tal es el caso de elementos como:

- a) Muros de cortante: Estos muros funcionan de manera similar a los muros de concreto reforzado, los cuales tiene gran capacidad a cortante. Se utilizan placas de acero, con algunos elementos adicionales para restringir el pandeo de las placas de acero.
- b) Trabe tación (Stub girder): Elementos especiales en construcción compuesta, en la cual se utilizad de manera eficiente a los materiales, es decir a compresión el concreto y a tensión el acero. Consiste en una trabe metálica, a la cual se le conectan pequeños tramos de vigas del mismo peralte de los largueros que soportan el sistema de piso.
- c) Armaduras alternadas: Son armaduras tipo Vierendeel en los cuales el peralte de las mismas son de piso a techo, y generalmente se van alternando para ganar espacios arquitectónicos, estos elementos dan gran rigidez lateral a los edificios.
- d) Amortiguadores sísmicos: Dichos elementos su utilizan en los sistemas de disipación pasiva de energía, filosofía descrita en el capitulo anterior. Existen varios tipos de amortiguadores, pero los electos de acero mas utilizados son los tipo ADAS (Added Damping And Stiffness), los cuales son una serie de placas de acero A-36 con una forma tal que existe una zona especifica que trabaja de manera inelástica a través de la fuerza cortante, dando como resultado ciclos histeréticos que a su vez disipan energía sísmica.



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008

Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



Tipos de amortiguadores sísmicos más comunes:

- a) Trabajo histerético de placas metálicas
- b) Amortiguamiento por fluido viscoso
- c) Material elastomérico
- d) Fricción entre placas
- e) Buckling Restrained Braces (Contraventeos con pandeo restringido): Estos elementos han sido desarrollados en los Estados Unidos, y se han estado utilizando con gran éxito. Estos elementos consisten en una placa de acero A-36 de dimensiones reducidas, colocados en forma de un contraventeo convencional, teniendo para el caso de tensión un comportamiento no lineal, y para el caso de la compresión y para evitar el pandeo de estas placas, estas se colocan dentro de un tubo de acero, que a su vez se rellena de concreto, esto con el fin de evitar el pandeo de la placa ante esfuerzos de compresión y lograr un comportamiento similar al de las placas sometidas a tensión. Esto logra ciclos histeréticos que disipan energía.

IV. Ejemplos de utilización de estas tecnologías en México.

Se señalan algunas obras que han sido diseñadas y construidas en México, utilizando estas nuevas tecnologías:

- Conjunto la Jolla, Acapulco Guerrero. Tres torres de 28 niveles, utilizándose amortiguadores sísmicos de trabajo histerético (ADAS). Año 2002
- Edificio de estacionamiento, Centro de la Ciudad de México (Puerta Alameda), utilizándose un sistema de amortiguadores sísmicos del tipo viscoso (Taylor). Año 2003.
- Torre Marazul, Acapulco Guerrero. Torre de 24 niveles, utilizándose amortiguadores sísmicos de trabajo histerético (ADAS). Año 2004
- Torre Aquarelle, Acapulco Guerrero. Torre de 22 niveles, utilizándose amortiguadores sísmicos de trabajo histerético (ADAS). Año 2004
- Torre Mayor, Ciudad de México, torre de 57 niveles utilizándose un sistema de amortiguadores sísmicos del tipo viscoso (Taylor). Año 2003.

V. Importancia del control de calidad en las obras.

Es de gran importancia llevar a cabo una buena supervisión en las obras, ya que pueden llegar a presentarse errores en interpretación de planos, errores constructivos, falta de control de calidad, etc, que pueden afectar en el comportamiento de una estructura que fue diseñada bajo ciertos parámetros.

Por lo anterior se debe tener gente capacitada, que pueda dar soluciones y verificar que los elementos estructurales sean construidos tal y como señala el proyecto estructural.

A continuación se presentan algunos ejemplos de errores comunes en las obras.



Langueros secundarios que quedaron cortos



Soldadura en poste mal realizada



En banderas de cortante los agujeros para tornillos no coinciden por lo cual es imposible colocar tornillos



Langueros secundarios que quedaron cortos y no cuentan con atizadores en la viga a la que se conectan



Langueros secundarios que quedaron cortos y no cuentan con atizadores en la viga a la que se conectan



Perfiles con defectos de fabricación



Armaduras cortas no llegan a conectarse correctamente a trabe lateral



Fabricación de end plates incorrecta, no coinciden agujeros



Poste que sostiene volado el cual no se soldó solamente se punteo con soldadura



Conexiones realizadas sin respetar distancias mínimas a borde y agrandando agujeros con oxicorte para hacer coincidir banderas con perfiles



End Plates no coinciden



Pendiente mal dada a vigas debida a lo cual las conexiones no coinciden



Conexiones sin respetar distancias mínimas a borde en tornillos



End Plates que no coinciden



End Plates que no coinciden



Trazos de fabricación mal realizados debido a lo cual las conexiones no coinciden



3er Congreso Nacional ALCONPAT 2008
Chihuahua; Chih. México
Del 12 al 14 de Noviembre



VII.- Conclusiones.

En la actualidad, los ingenieros tenemos grandes herramientas de cálculo y tenemos al alcance las nuevas tecnologías para utilizarse en el cálculo y diseño de estructuras; que si se aplican de manera adecuada, se pueden lograr diseños mas eficientes comparados con diseños convencionales.

Pero es de vital importancia el llevar a cabo la supervisión y un buen control de calidad durante la construcción, ya que se pueden presentar problemas en elementos estructurales, dando por resultado el cambio de comportamiento estructural que fue considerado en el diseño, y así se puede llegar a tener alguna falla y poner en riesgo la seguridad de los ocupantes.

Referencias:

- American Institute of Steel Construction (AISC) 2005
- Reglamento de las Construcciones para el Distrito Federal 2004
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Estructuras Metálicas 2005