

**REFORZAMIENTO
SISMICO
DE
ESTRUCTURAS DE
CONCRETO ARMADO**

ENERO, 25

2007



Ing. Paulo Flores

Asesor.

**PhD. Shunsuke Sugano
Professor at Hiroshima University**

OBJETIVOS

- Evaluar una edificación de 9 niveles, sistema estructural aporticado de C^oA^o aplicando el procedimiento del segundo nivel para la evaluación de la capacidad sísmica de edificaciones de concreto armado, desarrollado en Japón.
- Proponer un valor para el Índice sísmico básico de las estructuras a fin de obtener un nivel adecuado de la capacidad sísmica
- Comparación y comentarios sobre algunos procedimientos para el reforzamiento de las estructuras.

3

Daños en las estructuras después de ocurrido el Terremoto



Separación insuficiente



Pandeo de muros
Esfuerzos diagonales



Evaluación Sísmica

- La evaluación sísmica se basa en una inspección técnica de la edificación y en cálculos estructurales, (comportamiento de la edificación)
- Aplicado directamente a edificaciones de C⁰A⁰ de baja y mediana altura
- El método consta de tres niveles de evaluación
- El presente trabajo consideró solamente el segundo nivel.

6

Evaluación Sísmica

- **Inspección:**

- Resistencia de Materiales
- Secciones de los elementos estructurales
- Nivele de agrietamiento y deformaciones de las estructuras
- Deterioro y antigüedad de la estructura

7

Índice Sísmico de la estructura (Is)

$$I_s = E_o \cdot S_d \cdot T$$

Donde:

E_o = Índice sísmico básico de la estructura

S_d = Índice de Irregularidad

T = Índice de tiempo

$$I_s \geq I_{so}$$

8

Índice sísmico de Demanda (Iso)

$$\text{Iso} = \text{Es} \cdot \text{Z} \cdot \text{G} \cdot \text{U}$$

Donde:

Es = Índice Sísmico Básico de Demanda, Es = 0.6

Z = Índice de Zona (actividad é intensidad sísmica esperada)

G = Índice de Suelo (efectos de la amplificación del suelo).

U = Índice de Uso (uso de la edificación)

9

Índice Sísmico de Demanda de la Estructura

$$\text{Iso} = \text{Es} \cdot \text{Z} \cdot \text{G} \cdot \text{U}$$

$$\text{K}_1 = \text{Z} \cdot \text{G} \cdot \text{U}$$

$$\text{Iso} = \text{K}_1 \cdot \text{Es}$$

$$\text{Iso} \propto \text{Es}$$

10

Índice Sísmico Básico de la Estructura

$$E_o = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) * \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad E_i = C_i * F_i$$

$$C = \frac{Q_u}{\sum W} = \frac{m * S_a}{\sum W} = K_1 * S_a$$

$$E_i = K_1 * S_a * F_i = K_1 * F_i * S_a = K_2 * S_a$$

$$E_o \quad \alpha \quad S_a$$

11

SEISMIC ANALYSIS OF BUILDING HOSPITAL - 9 STORIES - RC FRAMES NTE - 030 - 2003 PERUVIAN CODE

SEISMIC ZONE FACTOR	ZONE <input type="text" value="3"/>	Z =	0.4
GROUND PARAMETERS	TYPE GROUND <input type="text" value="S3"/>	Tp =	0.9 seg
		S =	1.4
SEISMIC AMPLIFICATION FACTOR			
	HEIGHT OF BUILDING <input type="text" value="23.85"/> m		
STRUCTURAL SYSTEM			
FRAMES (F)		Ct =	60
FRAMES & ELEVATOR, STAIRS (FES)	<input type="text" value="SW"/>	T =	0.50 seg
MASONRY (M) OR SHEAR WALLS (SW)		C =	2.50
OCCUPANCY CATEGORIES			
Essential Facilities (A)		U =	15
Important Facilities (B)	<input type="text" value="A"/>		
Standard Buildings (C)			
Minor and Provisional structures (D)			
STRUCTURAL SYSTEM			
STEEL	REINFORCED CONCRETE		
FRAMES (SF)	FRAMES (RCF)		
ECCENTRIC BRACES (E)	FRAMES & WALLS (FW)	R =	7
XBRACES (X)	STRUCTURAL WALLS (SW)		
	LIMITED DUCTIL WALLS (LDW)		
REINFORCED & CONFINED MASONRY (RCM)			
WOODEN (W)			
STRUCTURAL CONFIGURATION			
REGULAR BUILDING (R)	<input type="text" value="i"/>	R =	5.25
IRREGULAR BUILDING (I)			

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g$$

$$S_a = 0.40 g$$

12

SEISMIC ANALYSIS OF BUILDING HOSPITAL - 3 STORIES - RC FRAMES JAPANESE CODE			
LATERAL SEISMIC FORCE			
SEISMIC ZONE FACTOR			
BY MAP OF JAPAN	ZONE	A	Z = 1
TYPE OF SOIL			
TYPE I	Rock, stiff sand, gravel or similar type		
TYPE II	Other than type I or type II	TYPE III	T ₀ = 0.8 sec
TYPE III	Soft soil, alluvium mainly, or similar type		
$S_a = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_o \cdot g$			
S_a = 1.00 g			
VIBRATION CHARACTERISTICS FACTOR			
Height of the building in meters			h = 29.85 m
Steel or Concrete structure? (S/C)	C		T = 0.597 sec
			R _t = 1
VERTICAL DISTRIBUTION FACTOR			
			A _i = 1
STANDARD SHEAR COEFFICIENT			
TYPE OF EARTHQUAKE	SEVERE		C _o = 1

13

PERU				JAPAN			
	ZONE	GROUND	S _a (g)		ZONE	SOIL PARAMETERS	S _a (g)
RC FRAMES	3	S1	0.12	SEVERE	A	I	0.95
		S2	0.21			II	1.00
		S3	0.35			III	1.00
	2	S1	0.09		I	0.86	
		S2	0.16		II	0.90	
		S3	0.26		III	0.90	
1	S1	0.04	I	0.76			
	S2	0.08	II	0.80			
	S3	0.13	III	0.80			
RC FRAMES + WALLS	3	S1	0.23	OKINAWA		I	0.67
		S2	0.34			II	0.70
		S3	0.40			III	0.70
	2	S1	0.17				
		S2	0.26				
		S3	0.30				
1	S1	0.09					
	S2	0.13					
	S3	0.15					

14

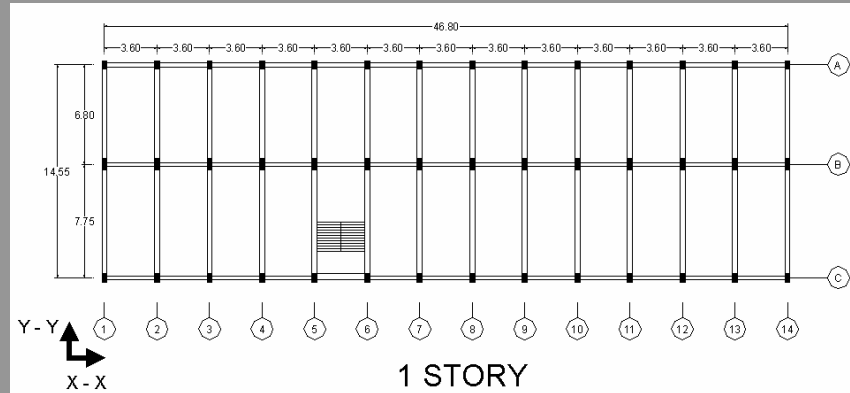
$$\frac{I_{so}(\text{PERU})}{I_{so}(\text{JAPAN})} = \frac{S_a(\text{PERU})}{S_a(\text{JAPAN})} = \frac{0.35}{1.00} = \frac{(0.40)(1.5)(1.0)E_s(\text{PERU})}{(1.0)(1.0)(1.0)E_s(\text{JAPAN})}$$

$$\frac{0.35}{1.00} = \frac{(0.6)E_s(\text{PERU})}{0.6}$$

$$E_s(\text{PERU}) = 0.35$$

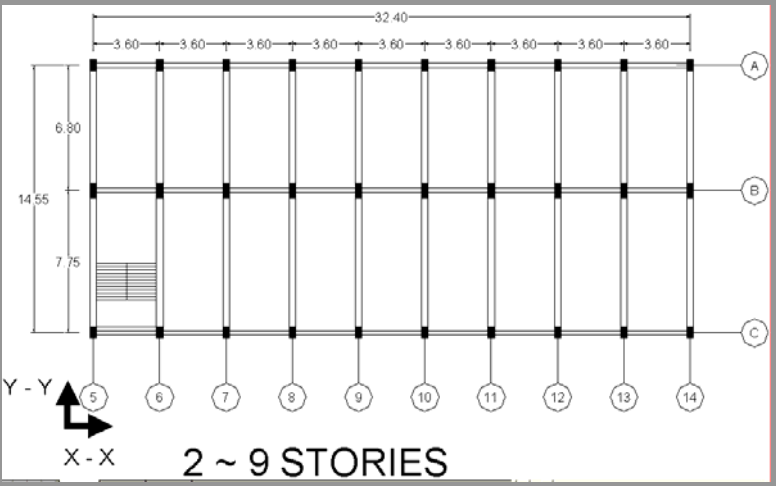
15

Vista en Planta de la Edificación



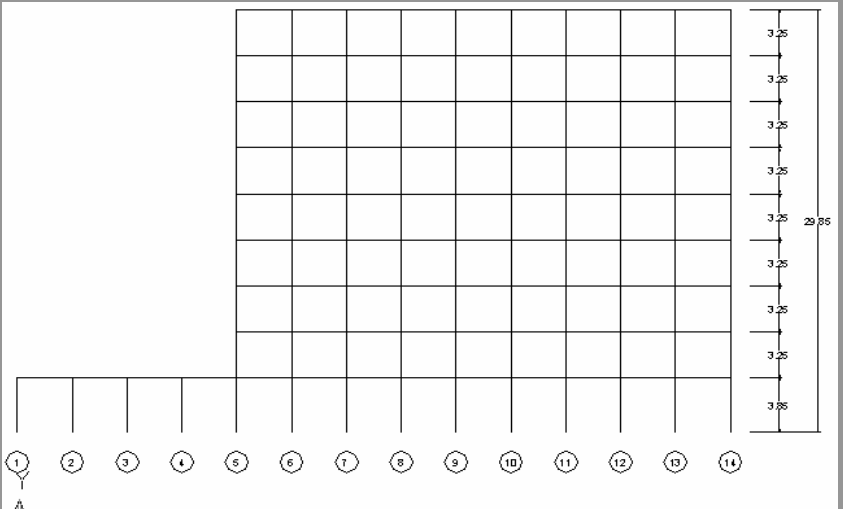
16

Vista en Planta de la Edificación



17

Vista de Elevación



18

Evaluación de la Edificación

E_o - Initial value

	X-X	Y-Y
9	1.13	1.00
8	0.63	0.59
7	0.53	0.28
6	0.47	0.25
5	0.44	0.24
4	0.43	0.22
3	0.10	0.25
2	0.11	0.22
1	0.11	0.24

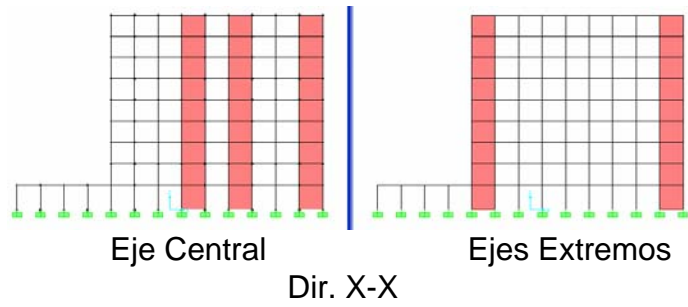
19

1er Reforzamiento – Shear Wall



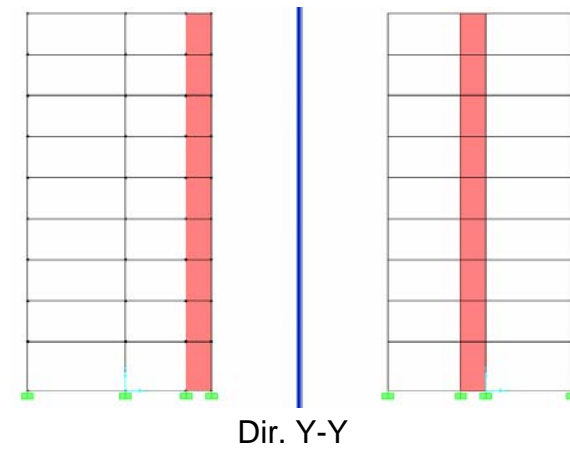
20

Vista de Elevación - Shear Wall



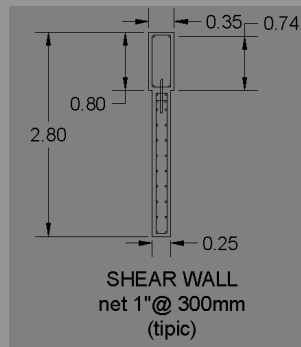
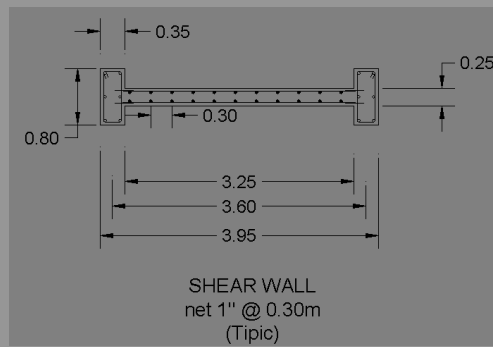
21

Vista de Elevación - Shear Wall



22

SECCIONES - SHEAR WALL



23

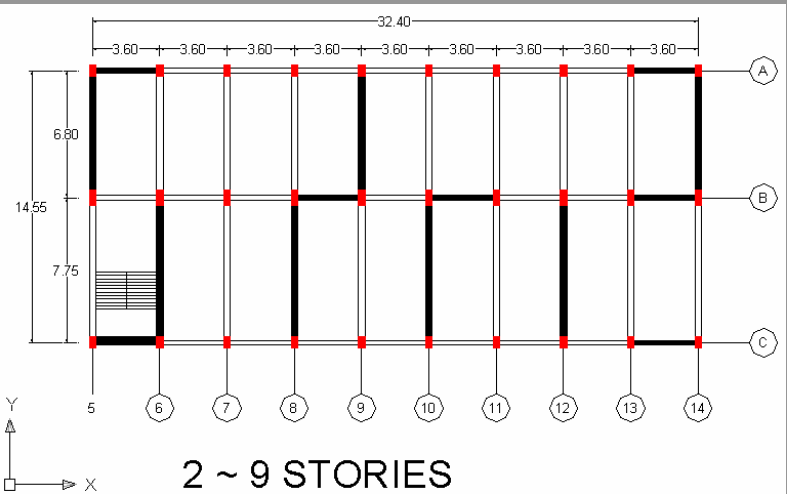
Evaluación de la Estructura

E_o

Level	X-X	Y-Y
9	1.68	1.56
8	0.82	0.64
7	0.60	0.53
6	0.49	0.46
5	0.43	0.43
4	0.40	0.42
3	0.39	0.40
2	0.40	0.44
1	0.40	0.51

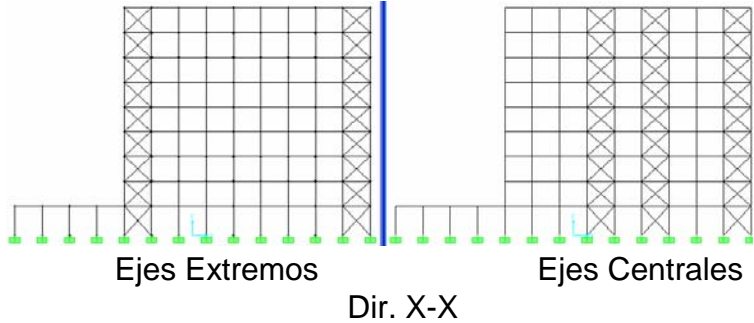
24

2do Reforzamiento – Steel Braces



25

Steel Braces



26

Steel Braces

Section Name H150x150x7x10

Properties Property Modifiers Material STEEL

Dimensions

Outside height (t3) 150.

Top flange width (t2) 150.

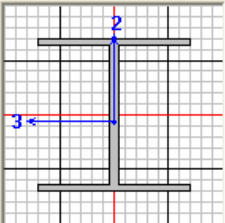
Top flange thickness (tf) 7.

Web thickness (tw) 10.

Bottom flange width (t2b) 150.

Bottom flange thickness (tfb) 7.

Display Color



27

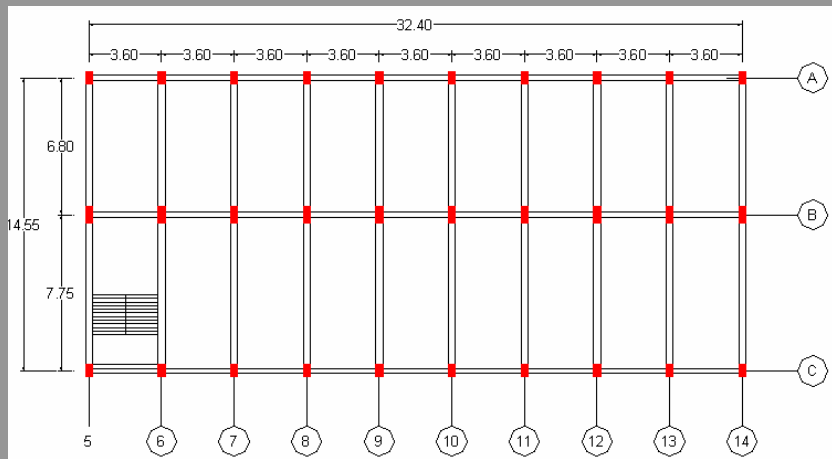
Evaluación de la Estructura Steel Braces

Eo

Level	X-X	Y-Y
9	1.12	1.37
8	0.69	0.82
7	0.60	0.40
6	0.55	0.41
5	0.53	0.40
4	0.53	0.40
3	0.40	0.41
2	0.40	0.41
1	0.40	0.40

28

3er Reforzamiento RC Jacketing columns



29

Evaluación de la Estructura RC Jacketing columns

E_o

	X-X	Y-Y
9	1.02	1.45
8	0.80	0.74
7	0.62	0.41
6	0.55	0.40
5	0.60	0.43
4	0.60	0.41
3	0.55	0.44
2	0.43	0.46
1	0.42	0.43

30

Comments and Conclusions

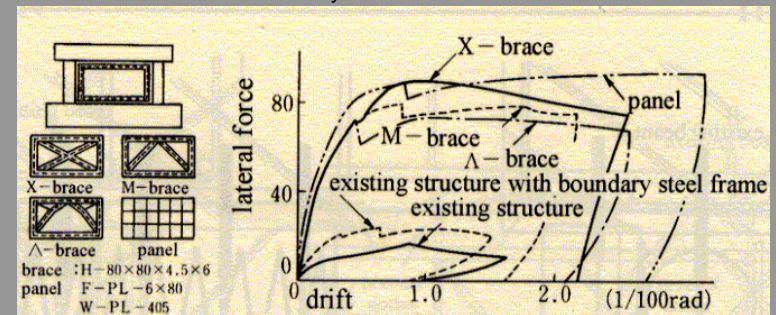
- En Perú, la gran mayoría de edificaciones antiguas existentes necesitan adecuarse al código sísmico último.
- Se necesita mejorar el comportamiento de las estructuras

$E_s \geq E_o$, $E_o = 0.40$.

31

Steel Bracing System

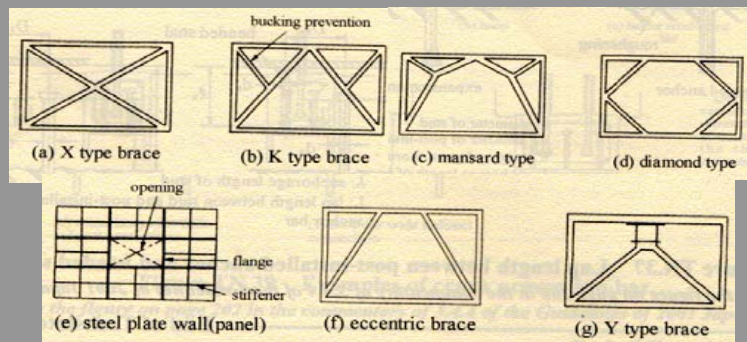
- Método muy efectivo cuando se requiere mejorar o incrementar la ductilidad y la resistencia de la estructura



32

Steel Bracing System

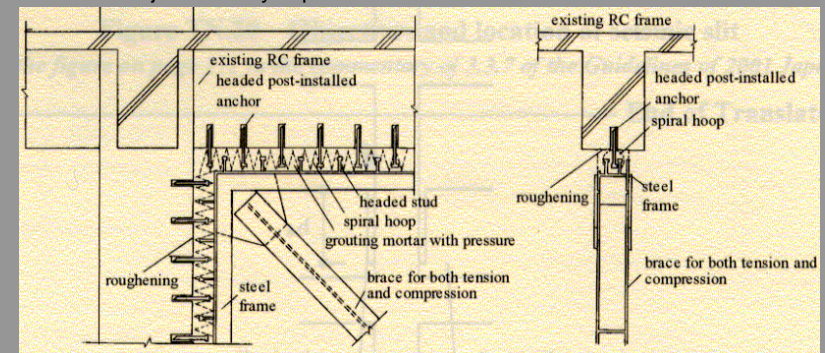
- Cuando usemos el sistema de Steel bracing, no tenemos que preocuparnos tanto en el incremento sustantivo del peso de la estructura



33

Steel Bracing System

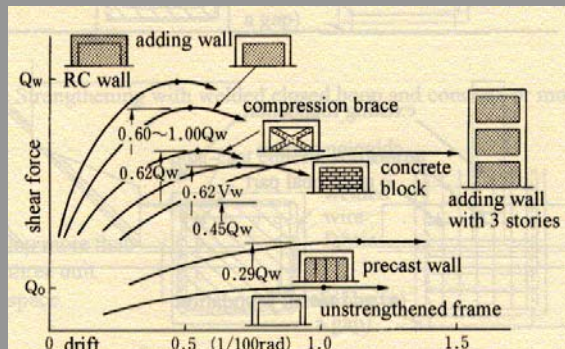
- Las Conexiones entre los elementos nuevos y los elementos viejos son muy importantes



34

Shear Wall

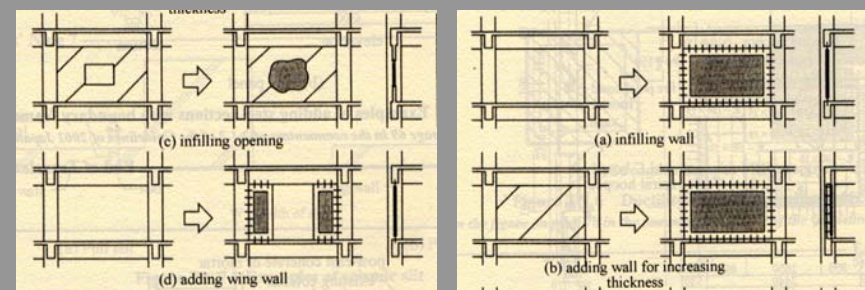
- En Perú, es muy común el uso del sistema de reforzamiento de la estructura mediante muros de corte.
- El sistema de muros de corte incrementa en un mayor grado la capacidad de resistencia de la estructura asimismo incrementa la ductilidad en un menor porcentaje.



35

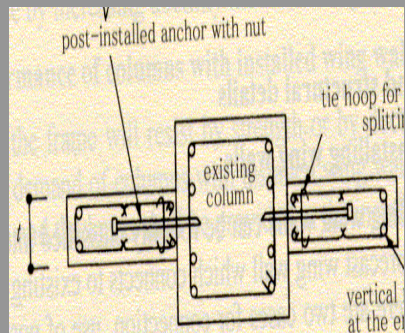
Shear Wall

- Si nos decidimos por el método de reforzamiento vía muros de corte, necesariamente debemos de controlar el excesivo incremento de peso de la estructura y en algunos casos hasta es necesario reforzar las cimentaciones de la misma.



36

Shear Wall

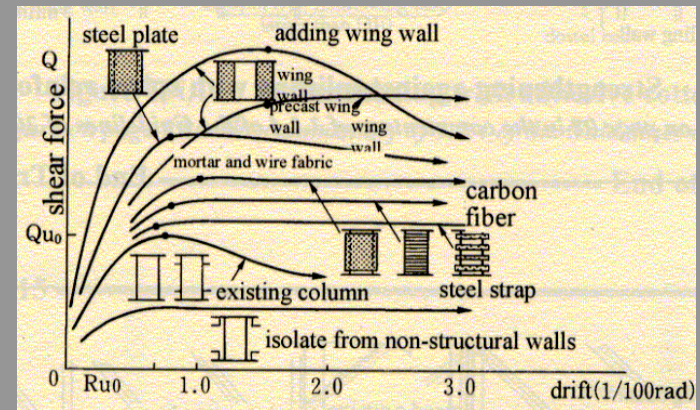


- Para el sistema de muros de corte como para el sistema de arriostres metálicos, las conexiones entre el elemento nuevo y los elementos viejos deben de ser supervisados con mucho cuidado.

37

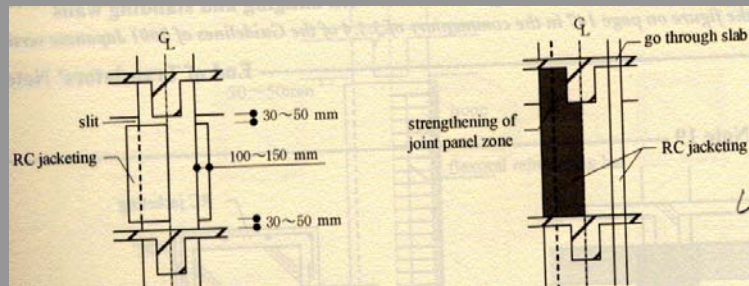
Jacketing Column

- El método "RC jacketing method", mejora la ductilidad en gran porcentaje y en menor grado con la resistencia de la estructura



38

Jacketing Column

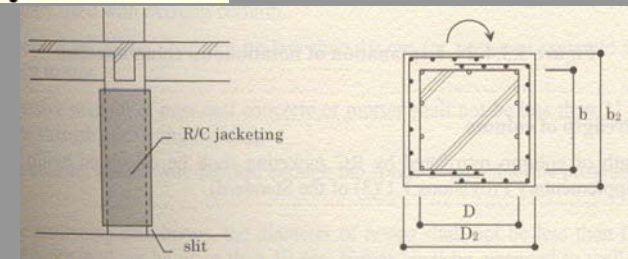
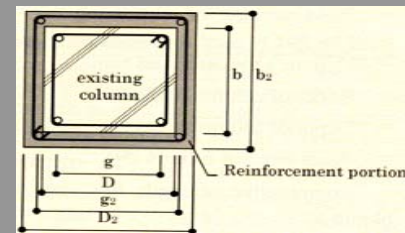


Incremento de la resistencia al corte

Incremento de la capacidad de resistencia al corte como a carga axial

39

Jacketing column



40

Gracias

41