

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**MODELACIÓN ANÁLISIS Y DISEÑO DE
UNA EDIFICACIÓN EN ACERO
UTILIZANDO UN SISTEMA DE
ARRIOSTRAMIENTOS CONCÉNTRICOS
A BASE DE DIAGONALES DE PANDEO
RESTRINGIDO**

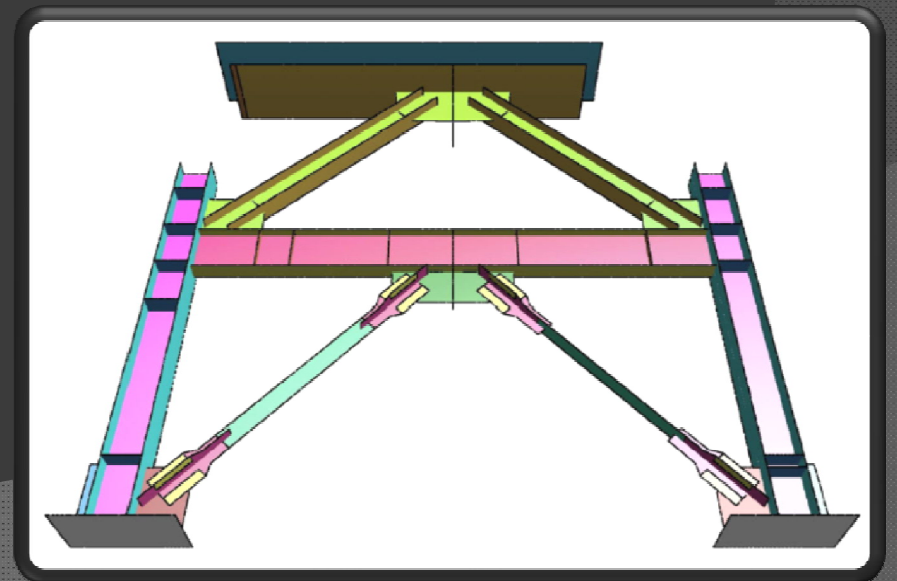
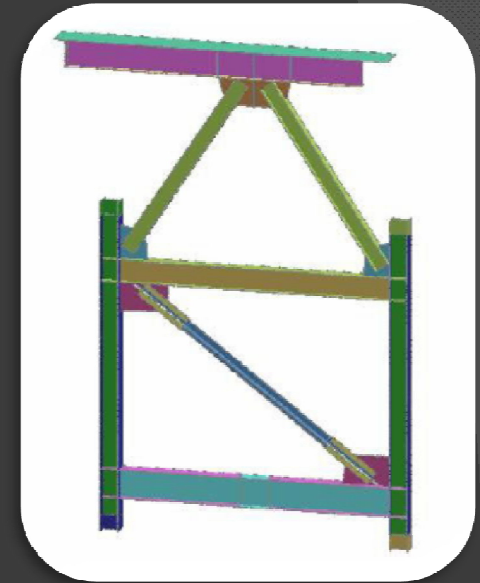
Tutor:
Ing. Suilio Eliud Hernández

Presentado por:
Córdova R. Sergio A.
Saad S. Charbel

Caracas, 2011.

CONTENIDO

- Introducción
- Planteamiento del Problema
- Objetivos
- Marco Teórico
- Metodología
- Resultados y Análisis
- Conclusiones
- Recomendaciones



INTRODUCCIÓN

- Las estructuras en acero son una opción ampliamente usada en muchos países del mundo.
- Los Pórticos con Diagonales de Pandeo Restringido (BRBF), son un nuevo sistema resistente a cargas sísmicas.
- Este TEG se realizó con la intención de ilustrar de forma sencilla el diseño de este nuevo tipo de pórticos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- El pandeo es el factor principal en el diseño de las diagonales de acero.
- Las BRB poseen la ventaja de exhibir un comportamiento dúctil igual a tracción y compresión.
- La intención primordial de este trabajo especial de investigación está dirigida a la validación y difusión de esta tecnología en nuestro país.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

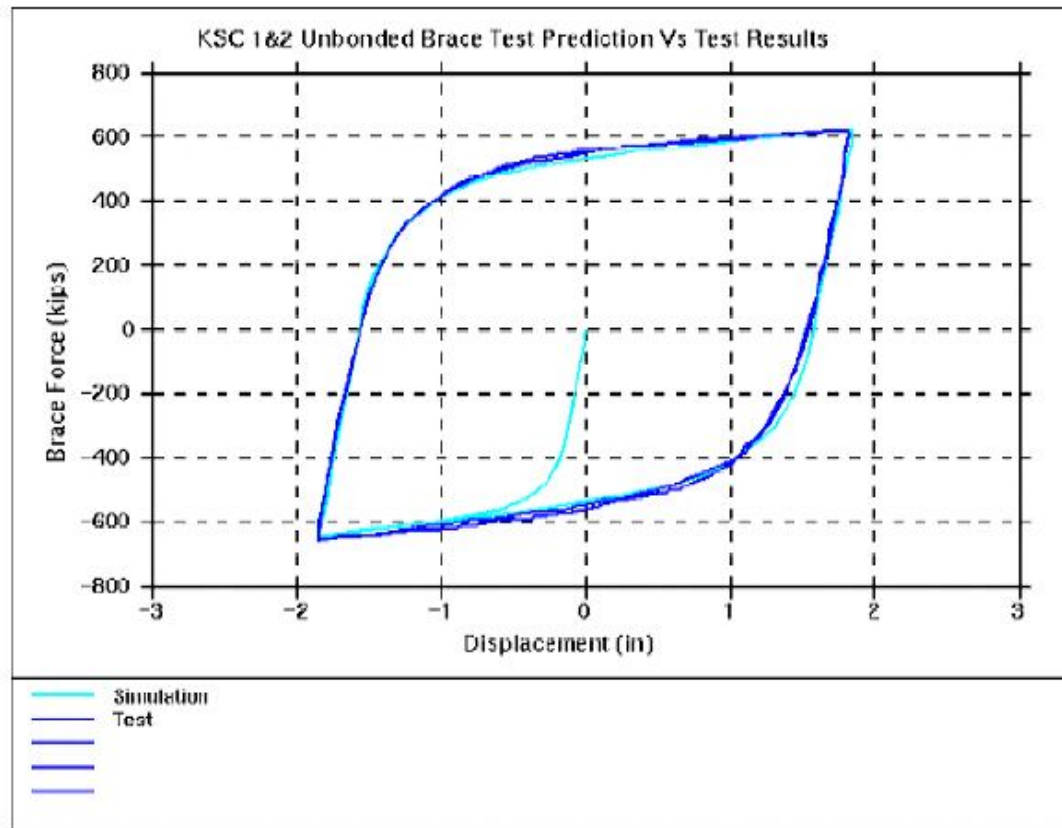


Figure 5 Comparison with actual test results

Fuente:

**The Unbonded Brace™:
From research to Californian practice**

Eric Ko, Arup, San Francisco
Caroline Field, Arup, San Francisco

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Crear una guía de utilidad práctica para los ingenieros estructurales vinculados al diseño sismorresistente para el diseño de las diagonales de pandeo restringido “Buckling Restraint”.

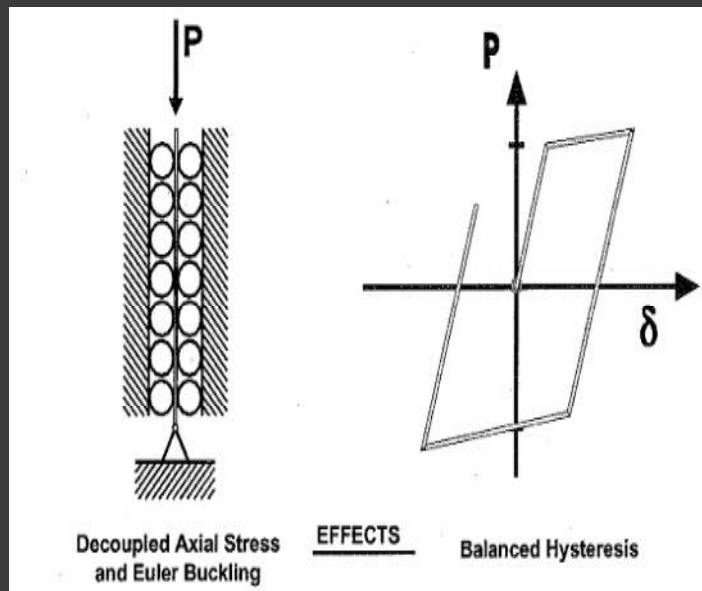
OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Modelar, analizar y diseñar una estructura en acero utilizando un sistema con arriostramientos concéntricos típicos en ambas direcciones.
2. Crear un proceso de aplicación de las diagonales de pandeo restringido “Buckling Restraint” en edificaciones de acero, usando un programa estructural (ETABS).
3. Modelar, analizar y diseñar una estructura en acero utilizando un sistema con arriostramiento concéntricos tipo Buckling Restraint en ambas direcciones.
4. Contrastar la eficiencia, cantidad de material y la factibilidad de edificaciones con diagonales comunes y edificaciones con diagonales de pandeo restringido “Buckling Restraint”.

MARCO TEÓRICO

RESEÑA HISTÓRICA DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



Invencción Inicios de los 80's

Ensayos Medios de los 80's

Implementación en Japón
Febrero de 1988

Transferencia tecnológica
a EEUU. 1998

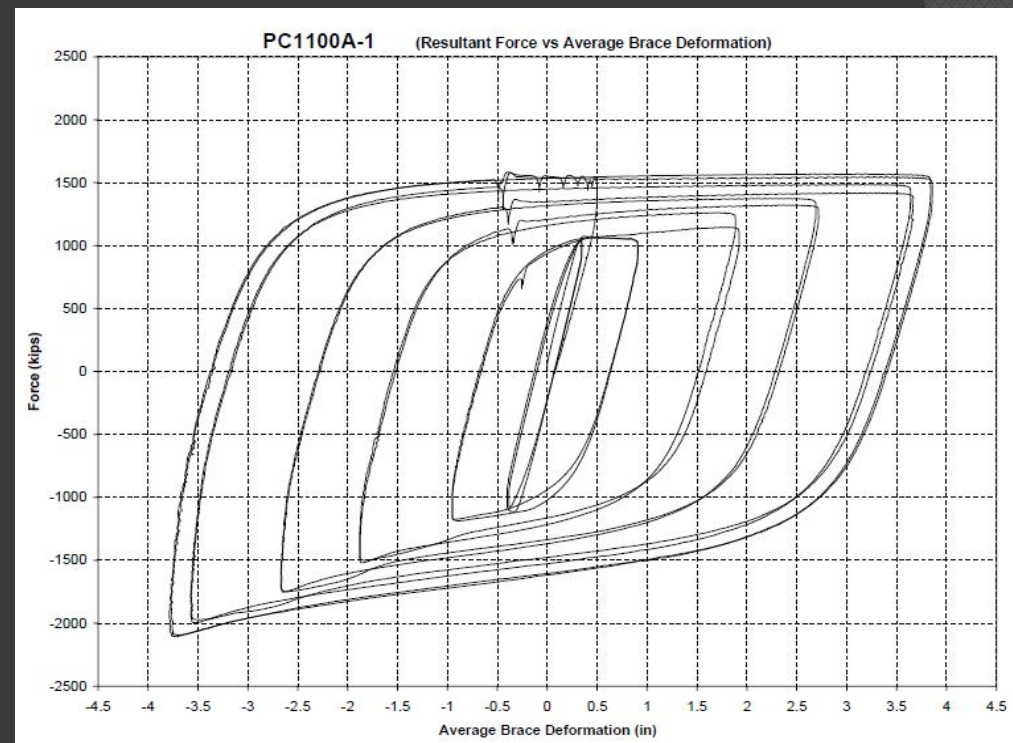
Ensayos y simulaciones
en EEUU. 1999

Implementación en EEUU.
Enero de 2000

MARCO TEÓRICO

RESEÑA HISTÓRICA DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

- Los resultados originales que se obtuvieron en Berkeley demostraron un buen desempeño ante solicitaciones cíclicas.



Fuente: Charles Lee Powell Structural, research laboratories, Caltrans SRMD test facility. Report No. SRMD-2007/05-rev2. 13
- 15 de Marzo de 2007.

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

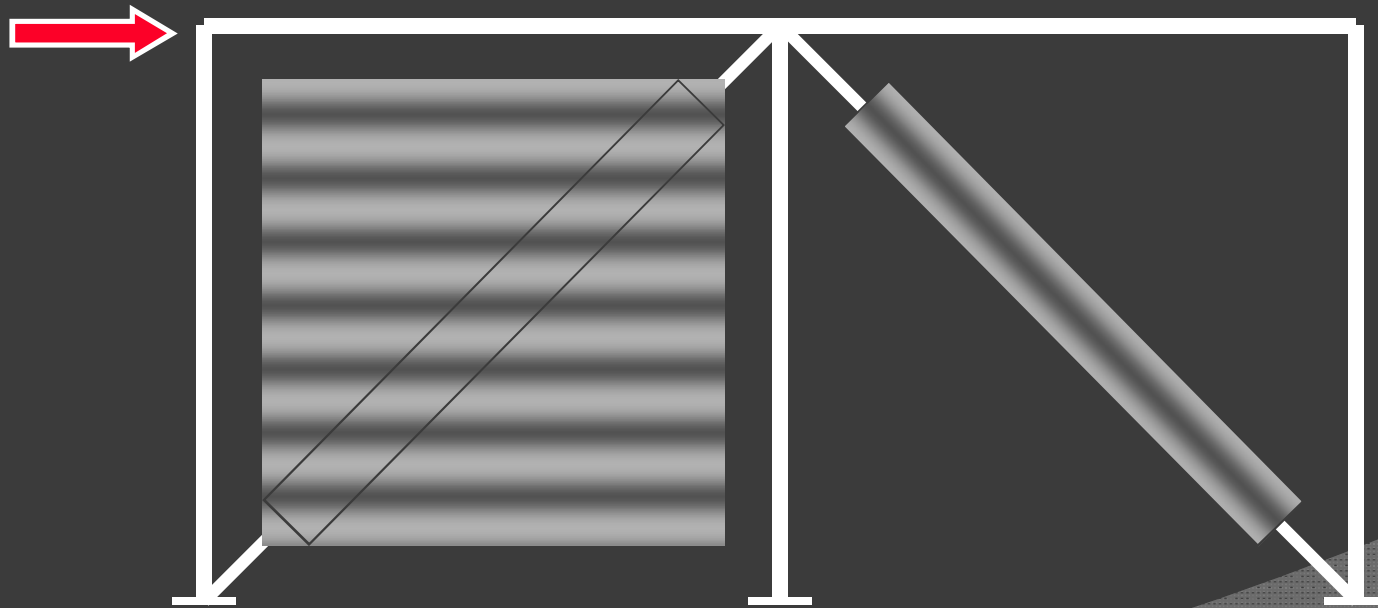
1. Specifying Buckling-Restrained Braced Systems. Kimberley Robinson. Noviembre de 2009.

El BRBF expone un funcionamiento cíclico robusto y de gran ductilidad, que es reflejada en su factor de reducción de respuesta sísmica (R) de 8 ó 7.



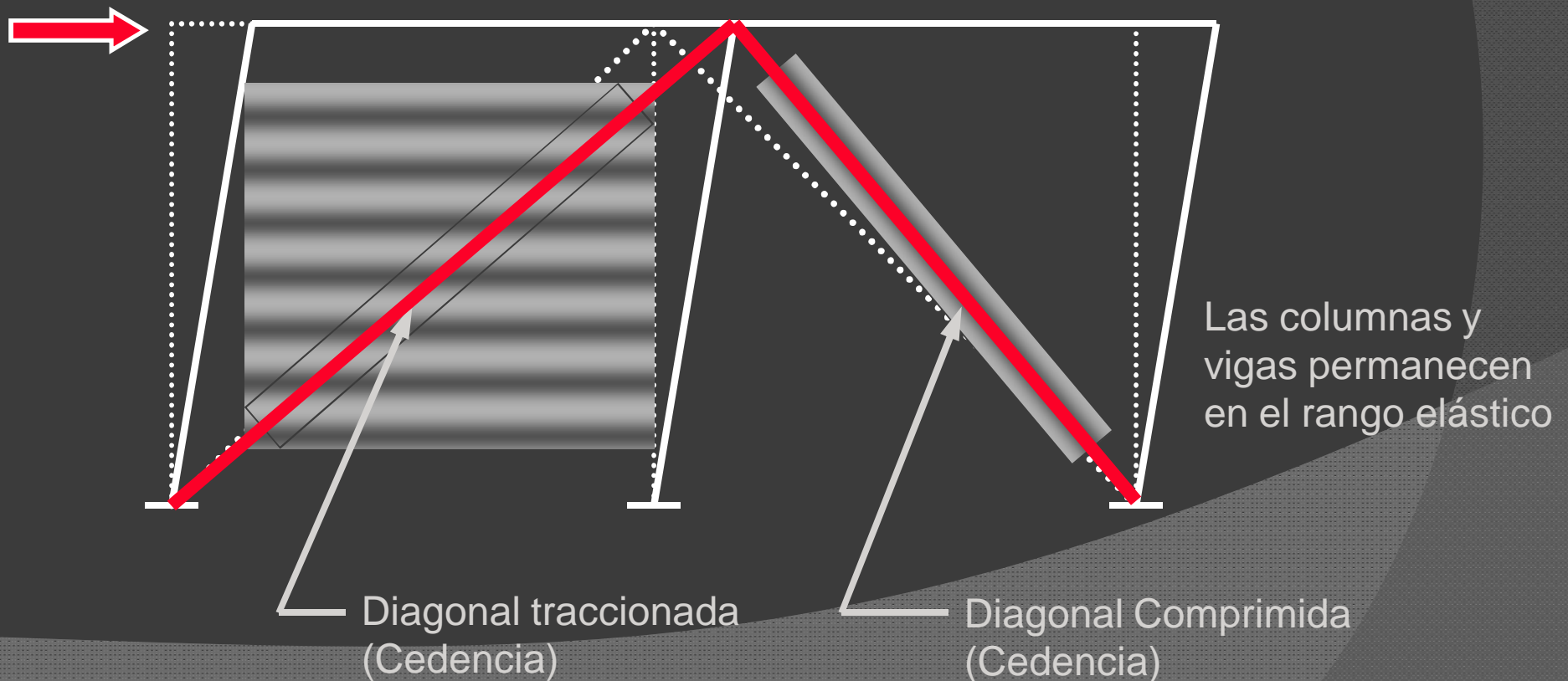
MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



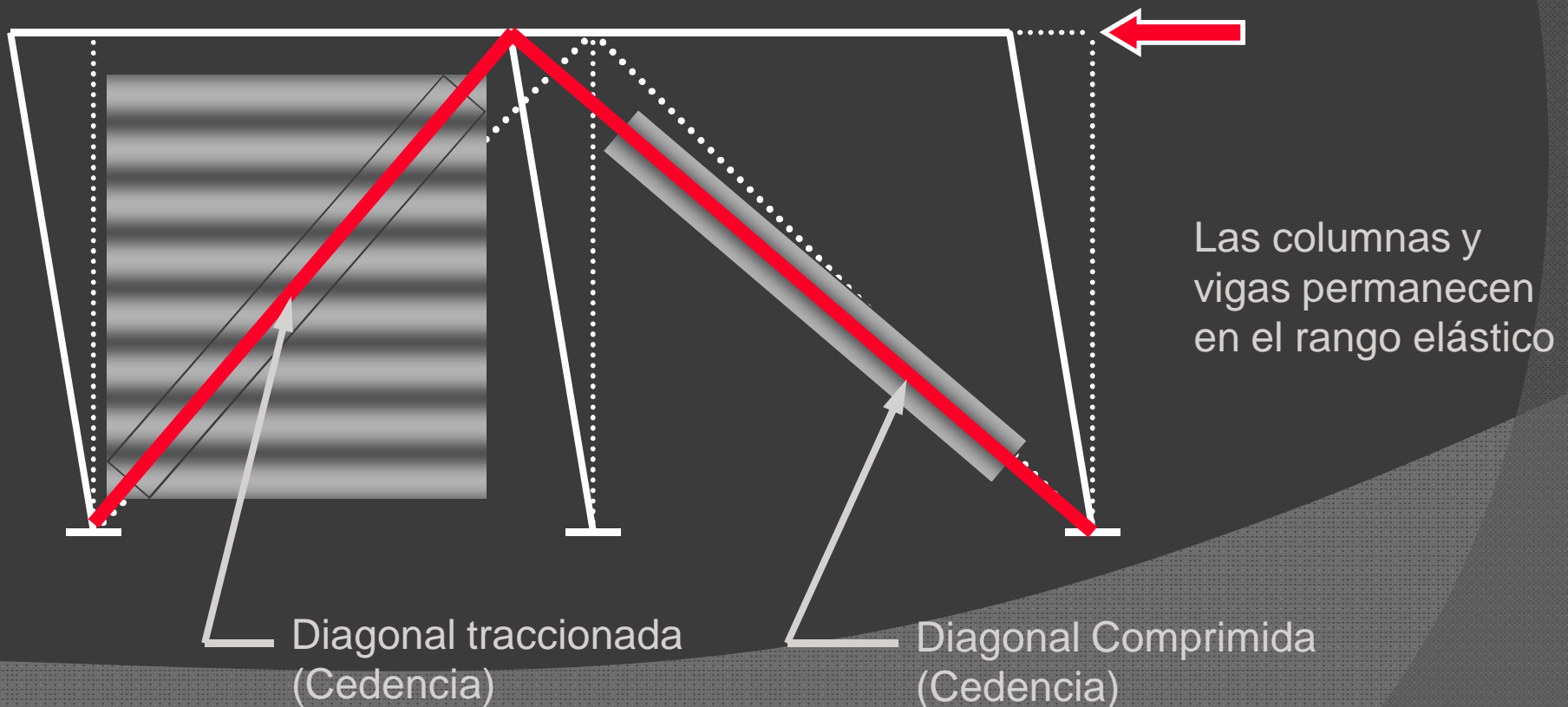
MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



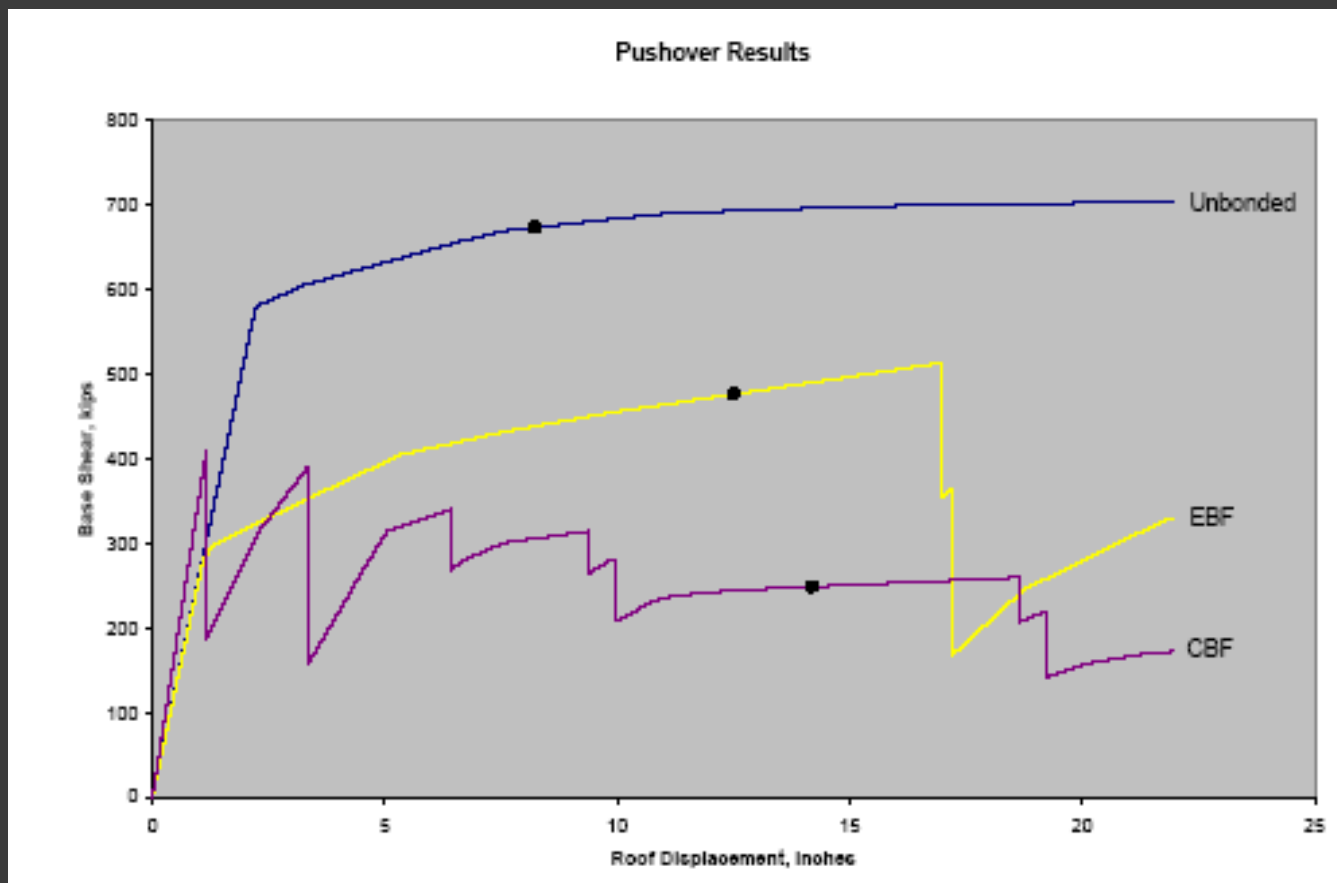
MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



Fuente: The Unbonded Diagonal, Laboratorio de la Universidad de California, San Francisco.

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

- Recomendaciones y procedimientos para el diseño de Sistemas de Diagonales de Pandeo Restringido (BRB)

El rango permisible de esfuerzo cedente del núcleo de acero es:

$$2672 \text{ Kgf/cm}^2 \leq F_{y_{sc}} \leq 3235 \text{ Kgf/cm}^2$$

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

- Recomendaciones y procedimientos para el diseño de Sistemas de Diagonales de Pandeo Restringido (BRB)

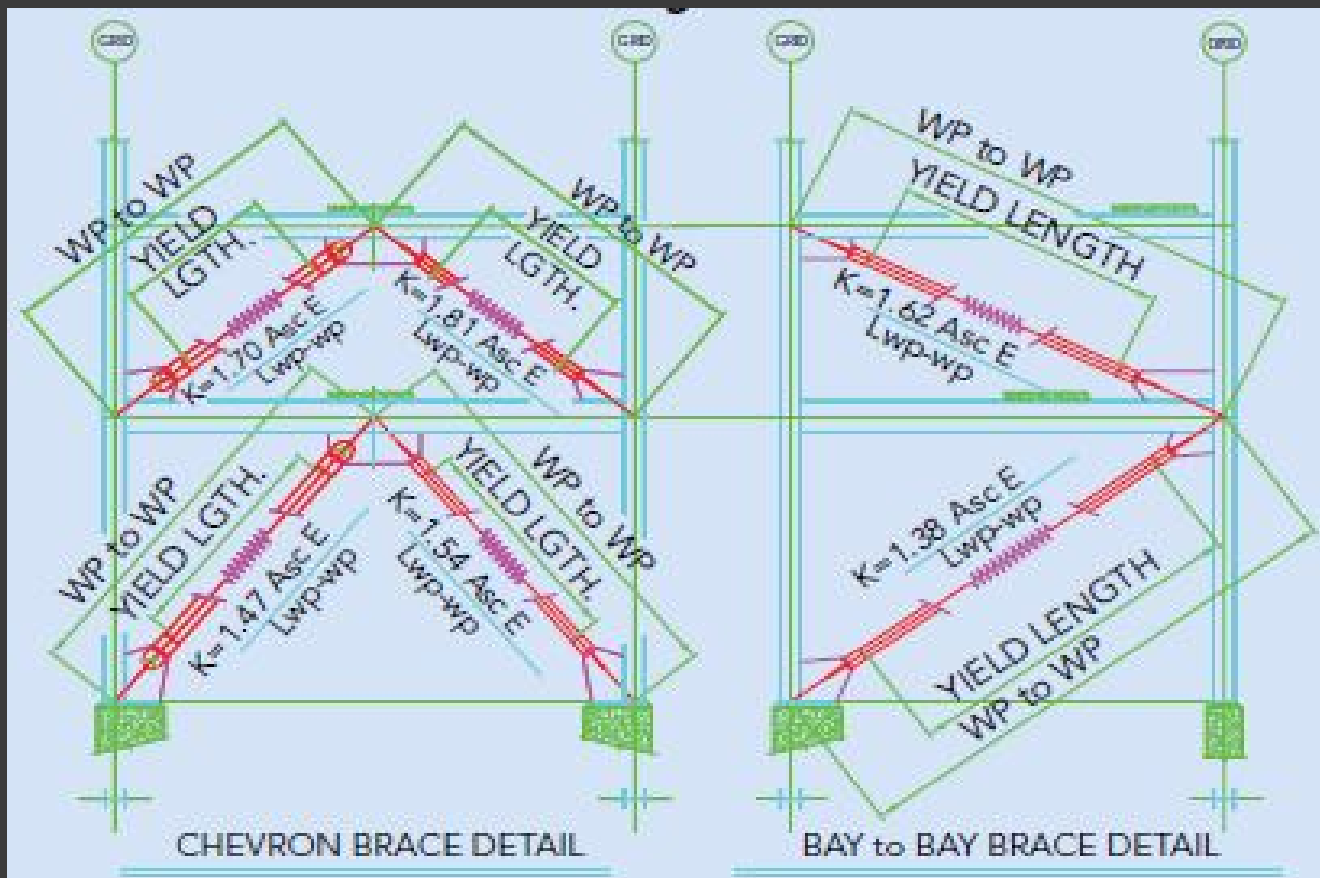
Existen dos opciones para modelar las BRB:

La Opción 1 consiste en mantener un área principal de acero y variar el esfuerzo cedente.

La Opción 2 consiste en permitir que no varíe el esfuerzo cedente y la compensación se logra ajustando el tamaño de la sección.

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



Fuente: Modern Steel Construction, Noviembre de 2009.

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

2. Component Testing, Stability Analysis and Characterization of BRBF. Universidad de California.

La estabilidad de la diagonal de pandeo restringido se asegura siempre y cuando la carga crítica de pandeo es mayor que la carga cedente del núcleo de acero.

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

Table

	BxDxt (mm)	I_k (cm ⁴)
No. 1	150x150x4.5	898
No. 2	150x100x4.5	352
No. 3	150x100x3.2	262
No. 4	150x75x4.5	183
No. 5	150x75x3.2	137



Photo 2. The Specimens after the test

results

P_c (ton)	P_c / P_y	P_{cr} (ton)	P_{cr} / P_y	P_{cr} / P_c
51.5	1.08	-	-	-
51.8	1.07	-	-	-
49.3	1.01	-	-	-
-	-	46.5	0.96	1.33
-	-	43.1	0.90	1.65

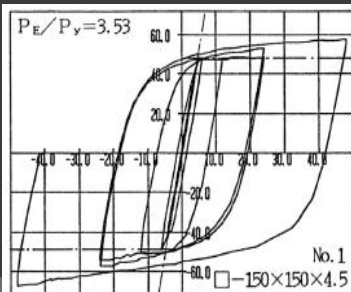


Figure 9. Test result of specimen No. 1



Figure 10. Test result of specimen No. 2



Figure 11. Test result of specimen No. 3

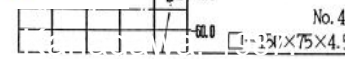


Figure 12. Test result of specimen No. 4

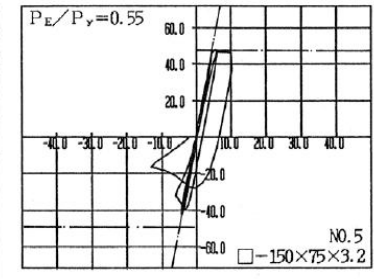


Figure 13. Test result of specimen No. 5

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

3. Cost Advantages of Buckling Restrained Braced Frame Buildings, San Francisco, Dasse Desing Inc.

Normas	2006 IBC, ASCE 7-05, AISC 341-05		
Ubicación de la Estructura	Los Ángeles, CA		
Criterio de Diseño Sísmico	D		
Categoría de Ocupación	II (Oficinas)		
Factor de Importancia	1.00		
Periodo corto de aceleración espectral Ss	(s)	2.20	
Primer periodo de aceleración espectral S1	(s)	0.74	
Factor de Importancia	1.00		
Fv	1.50		
Método de análisis	Fuerzas lateral equivalente		
Presión máxima sobre el suelo	(Kgf/cm ²)	2.44	
Coeficientes y Factores de diseño	BRBF	R	8.0
		Ω	2.5
		α	6.0

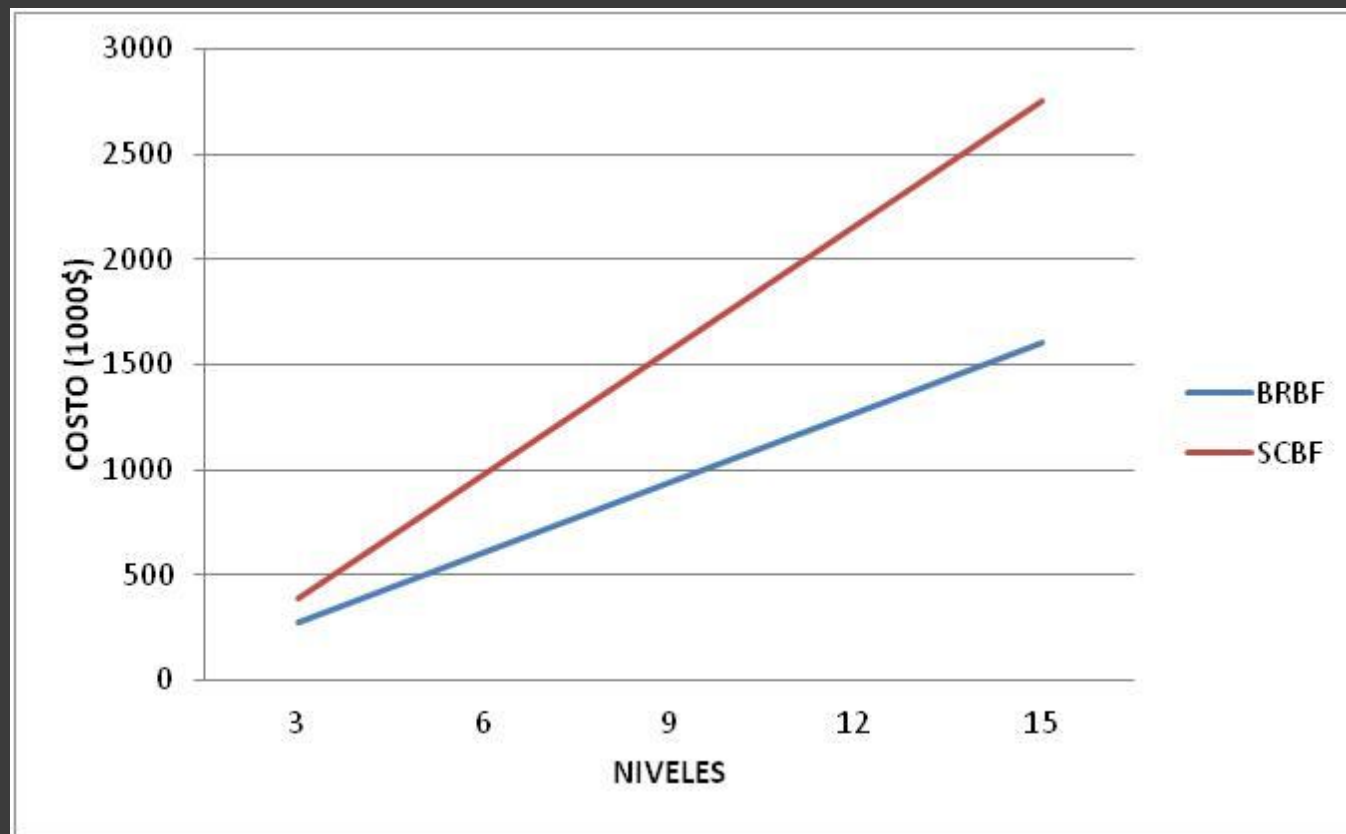
MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO

	Elemento	BRBF		SCBF		Ahorros del BRBF	
Edificación de 6 Pisos	Columnas	52 Ton	\$139,730.00	72 Ton	\$213,200.00	20 Ton	\$73,470
	Diagonales	N/A	\$242,345.00	34 Ton	\$168,249.00	N/A	-\$74,096
	Conexiones	N/A	\$128,546.00	N/A	\$290,584.00	N/A	\$162,038
	Vigas	Vigas Típicas Adecuadas		13 Ton	\$27,500.00	13 Ton	\$27,500
	Pilotes	16 de 12.23 m ³	\$100,640.00	14 de 63.46 m ³	\$231,990.00	24 de 26.76 m ³	\$131,350
	Zapatas	110,86 m ³	\$76,850.00	315.76 m ³	\$218,890.00	204.90 m ³	\$142,040
	Costo Total - Pilotes y Fundaciones		\$611,261.00		\$931,523.00		\$320,262
	Costo Total - Zapatas		\$587,471.00		\$918,423.00		\$330,952
Edificación de 3 Pisos	Columnas	15 Ton	\$39,000.00	23 Ton	\$58,800.00	8 Ton	\$19,800
	Diagonales	N/A	\$120,430.00	17 Ton	\$60,740.00	N/A	-\$59,690
	Conexiones	N/A	\$62,230.00	N/A	\$102,230.00	N/A	\$40,000
	Vigas	Vigas Típicas Adecuadas		13 Ton	\$30,000.00	13 Ton	\$30,000
	Pilotes	8 de 9.17 m ³	\$43,960.00	16 de 17.58 m ³	\$87,390.00	8 de 6.88 m ³	\$43,430
	Zapatas	38.23 m ³	\$26,500.00	84.10 m ³	\$58,300.00	204.9 m ³	\$31,800
	Costo Total - Pilotes y Fundaciones		\$265,620.00		\$339,160.00		\$73,540
	Costo Total - Zapatas		\$248,160.00		\$310,070.00		\$61,910

MARCO TEÓRICO

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO



Fuente: Cost Advantages of Buckling Restrainted Diagonal Frame Buildings, San Francisco, Dasse Desing Inc.

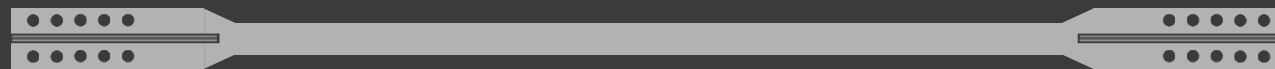
MARCO TEÓRICO

DISEÑO DEL BRBF (AISC 341-2010 F4)



Buckling-
Restrained Brace:
Núcleo de acero
+
Camisa

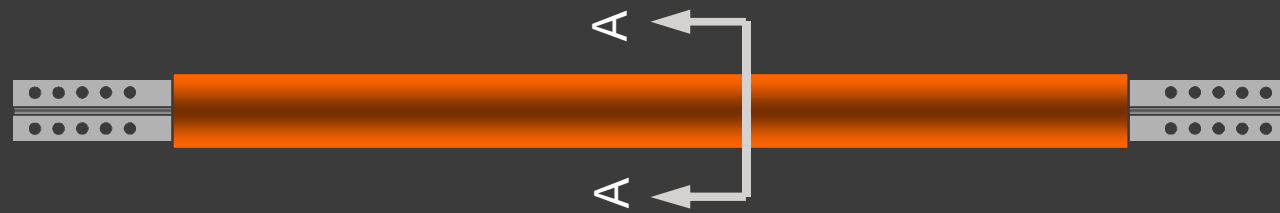
Camisa



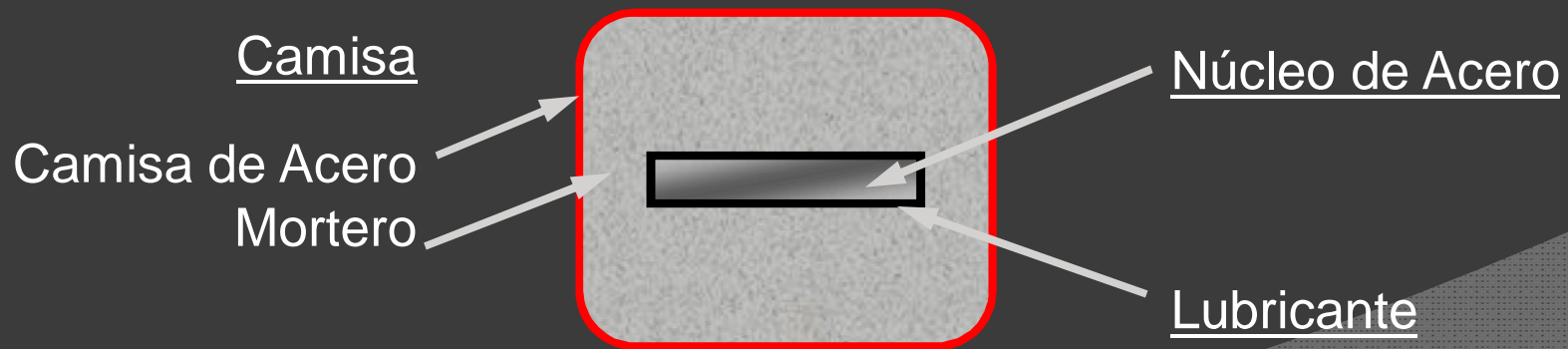
Núcleo de Acero

MARCO TEÓRICO

DISEÑO DEL BRBF (AISC 341-2010 F4)



Buckling-
Restrained Brace:
Núcleo de Acero
+
Camisa



Sección A-A

MARCO TEÓRICO

DISEÑO DEL BRBF (AISC 341-2010 F4)



- El núcleo de acero resiste la carga axial P
- La camisa no resiste la carga axial P
- La rigidez de la camisa impide el pandeo del núcleo

$$P_{y_{sc}} = F_{y_{sc}} \cdot A_{sc}$$

$$\phi = 0.90$$

- Las diagonales deberán ser diseñadas, ensayadas y detalladas para soportar las deformaciones correspondientes al 2% de la altura de piso o 2 veces la deriva de piso.

MARCO TEÓRICO

ENSAYOS CÍCLICOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO (AISC 341-2010 K3)

- El propósito de ensayar el sistema es proveer evidencia que la diagonal puede soportar satisfactoriamente las deformaciones asociadas al diseño, así como también demostrar que el comportamiento histórico de la diagonal en el sistema es consistente con los resultados del ensayo individual uniaxial.

MARCO TEÓRICO

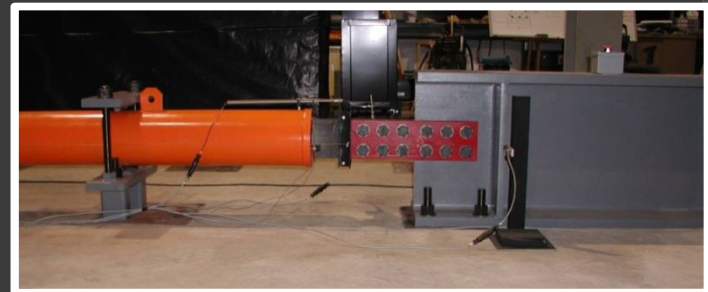
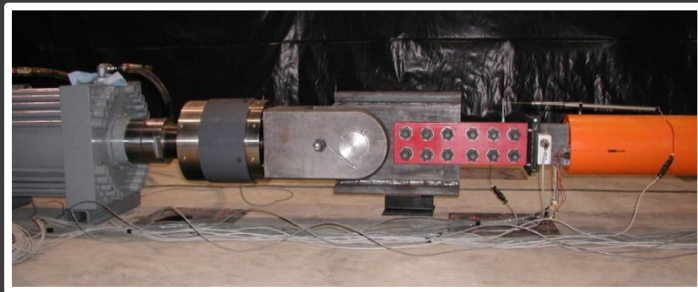
ENSAYOS CÍCLICOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO (AISC 341-2010 K3)

HISTORIAL DE CARGAS

- 2 ciclos de cargas a la deformación correspondiente a Δb_y
- 2 ciclos de cargas a la deformación correspondiente a $0,50\Delta b_m$
- 2 ciclos de cargas a la deformación correspondiente a Δb_m
- 2 ciclos de cargas a la deformación correspondiente a $1,50\Delta b_m$
- 2 ciclos de cargas a la deformación correspondiente a $2,00\Delta b_m$

MARCO TEÓRICO

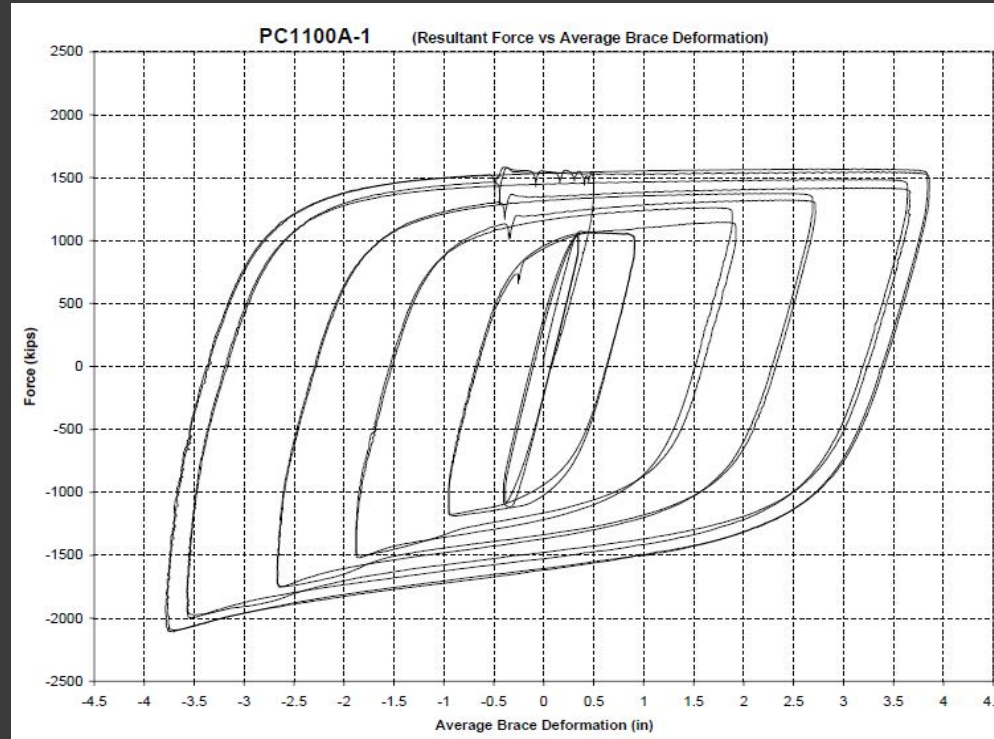
ENSAYOS CÍCLICOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO (AISC 341-2010 K3)



Fuente: Oregon State University Structural Engineering NHMJ Young Researchers
Symposium June 21, 2003

MARCO TEÓRICO

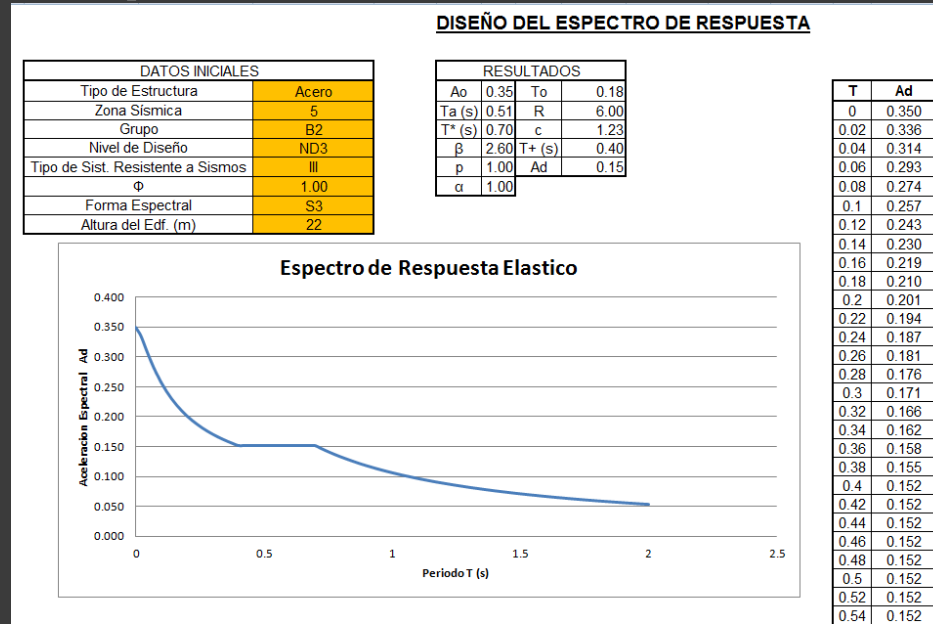
ENSAYOS CÍCLICOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS DIAGONALES DE PANDEO RESTRINGIDO (AISC 341-2010 K3)



Fuente: Charles Lee Powell Structural, research laboratories,
Caltrans SRMD test facility. Report No. SRMD-2007/05-rev2. 13
- 15 de Marzo de 2007.

METODOLOGÍA

1. Establecer la filosofía y pasos a seguir para elaborar el diseño sismorresistente de una edificación en acero
2. Programar hojas de cálculo para la determinación del espectro de respuesta y el predimensionamiento de estructuras tipo SMF Y SCBF



Fuente: Elaboración Propia

METODOLOGÍA

2. Programar hojas de cálculo para la determinación del espectro de respuesta y el predimensionamiento de estructuras tipo SMF Y SCBF

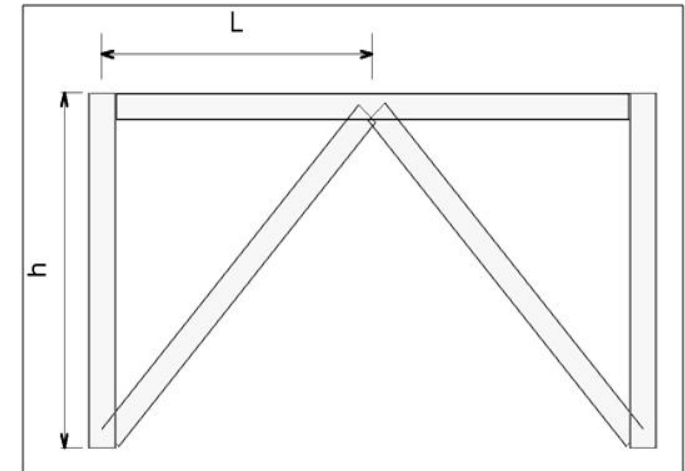
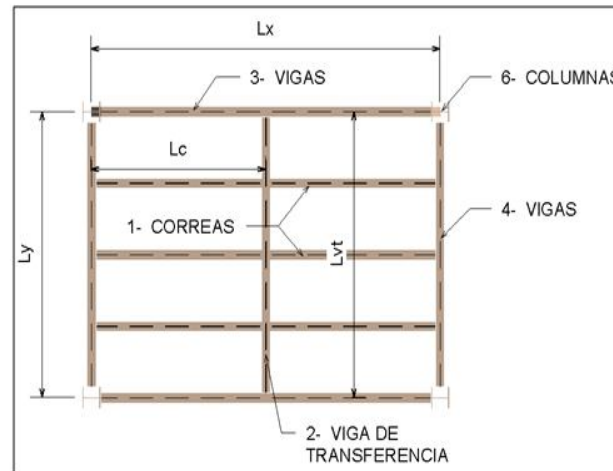
VERIFICACIONES		
W	Peso Total (Kgf)	2932842
	α	1.00
	Ao	0.35
	R	6.00
	μ	0.85
Ta	(s)	0.51
T	Ta mayorado 1.6 veces (s)	0.81
Ad	calculado con 1.6Ta (s)	0.131
Vo	Corte Estatico (Kgf)	326284
Vo x	Corte Dinamico en x(Kgf)	807055
Vo y	Corte Dinamico en y(Kgf)	782631
	$\alpha \cdot A_o / R$	0.058
	Vo x/W	1.821
	Vo y/W	1.766
	Suceptible a daños por deformaciones:	SI
	Deriva Limite	0.018
δx	Deriva Inelastica máxima en x	0.006
δy	Deriva Inelastica máxima en y	0.009

Fuente: Elaboración Propia

METODOLOGÍA

Tipo de Acero		A36
Modulo de Elasticidad	E (kgf/cm ²)	2100000
Coefficiente de poisson	ν	0.3
Peso unitario	γ (kgf/m ³)	7850
C. De dilatacion térmica	α (°C ⁻¹)	0.0000117
Esfuerzo cedente	Fy (kgf/cm ²)	2530
Ezfuerso Ultimo	Fu (kgf/cm ²)	4080
Ala Altamente Ductil		8.64
Alma Atamente Ductil		70.59
Ala Moderadamente Ductil		10.95
Alma Moderadamente Ductil		108.33

SECCIÓN



1- Predimensionamiento de correas	
Lc (m)	3.50
hmin (m)	0.159
Perfil de la viga	IPE160
h (m)	0.160

2- Predimensionamiento de V.T.	
Lvt (m)	5.50
hmin (m)	0.25
Perfil de la viga	IPE270
h (m)	0.270

3 Predimensionamiento de Vigas SCBF		
Lx (m)	7.00	
hmin (m)	0.35	
Numero de correas	1	
Longitud Arriestrada (m)	3.50	
Perfil asumido de columnas	HEB800	
Perfil de la viga	IPE450	
Lbv (m)	2.94	
Lbr (m)	2.70	
Ala ModeradamenteDuctil	6.51	OK
Alma ModeradamenteDuctil	44.77	OK

4 Predimensionamiento de Vigas SCBF		
Ly (m)	5.50	
hmin (m)	0.275	
Numero de correas	2	
Longitud Arriestrada (m)	1.83	
Perfil asumido de columnas	HEB800	
Perfil de la viga	IPE300	
Lbv (m)	2.39	
Lbr (m)	1.53	
Ala ModeradamenteDuctil	7.01	OK
Alma ModeradamenteDuctil	39.24	OK

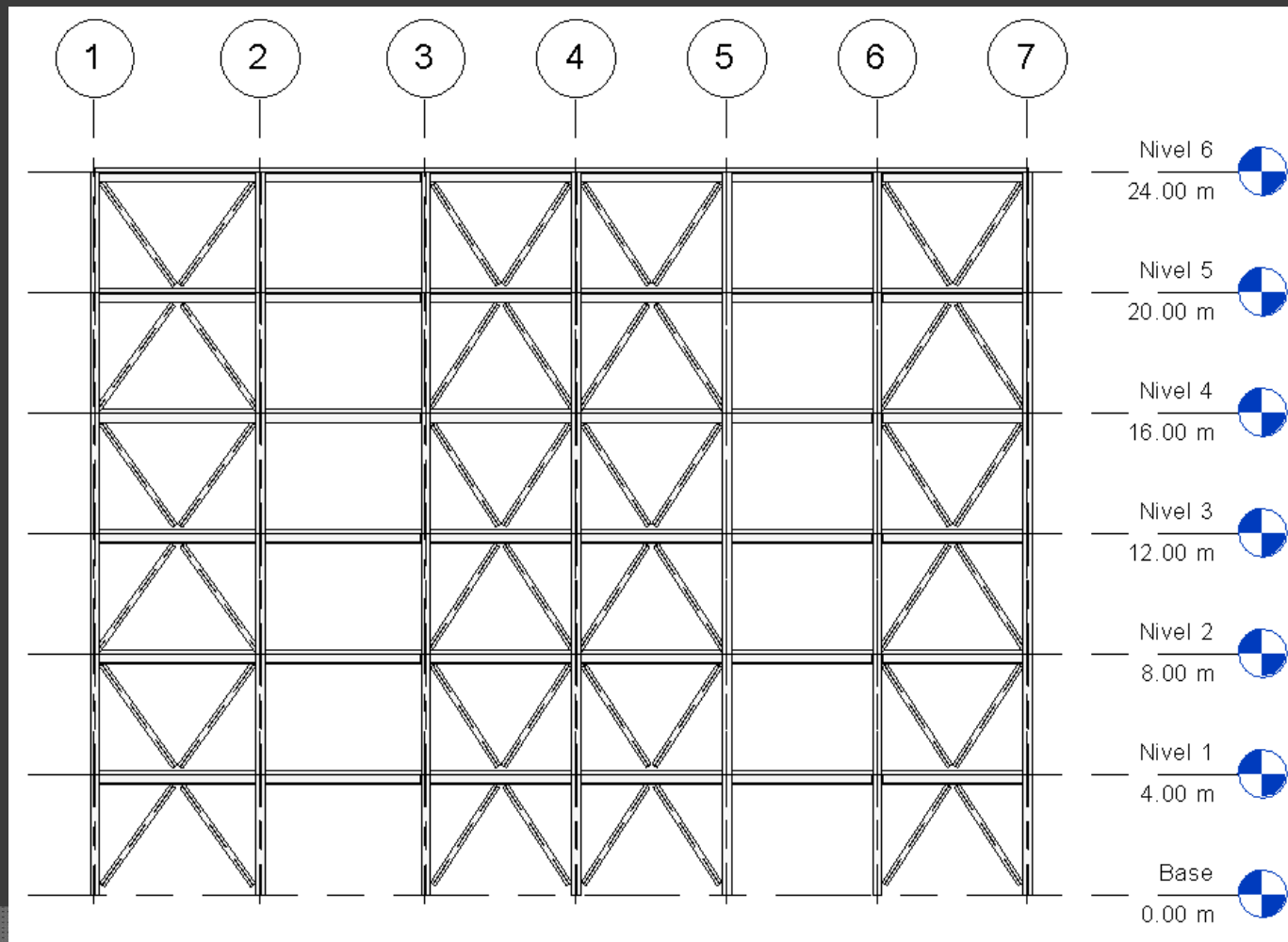
5- Predimensionamiento de Diagonales	
L (m)	3.5
h (m)	4
Longitud (m)	5.32
K	1
r req (cm)	4.61
Perfil de la diagonal	HEB200
r real (cm)	5.06

6- Predimensionamiento de Columnas	
Zx req (cm ²)	4275
A req (cm ²)	312.4
Perfil de la columna	HEB800
Zx real (cm ²)	10200
A real (cm ²)	334

Fuente: Elaboración Propia

METODOLOGÍA

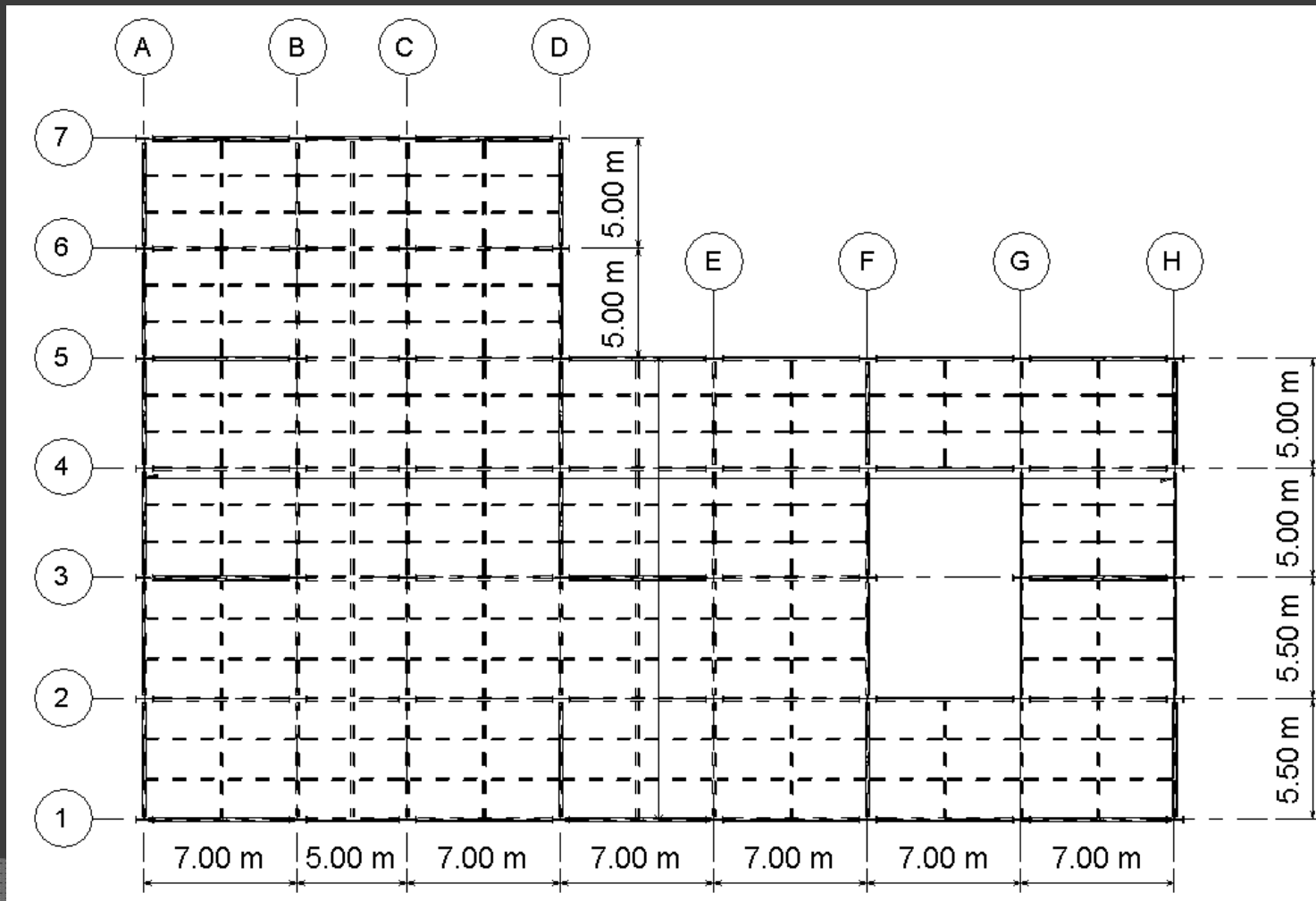
3. Plantear una estructura típica y sencilla de acero



Fuente:
Elaboración
Propia

METODOLOGÍA

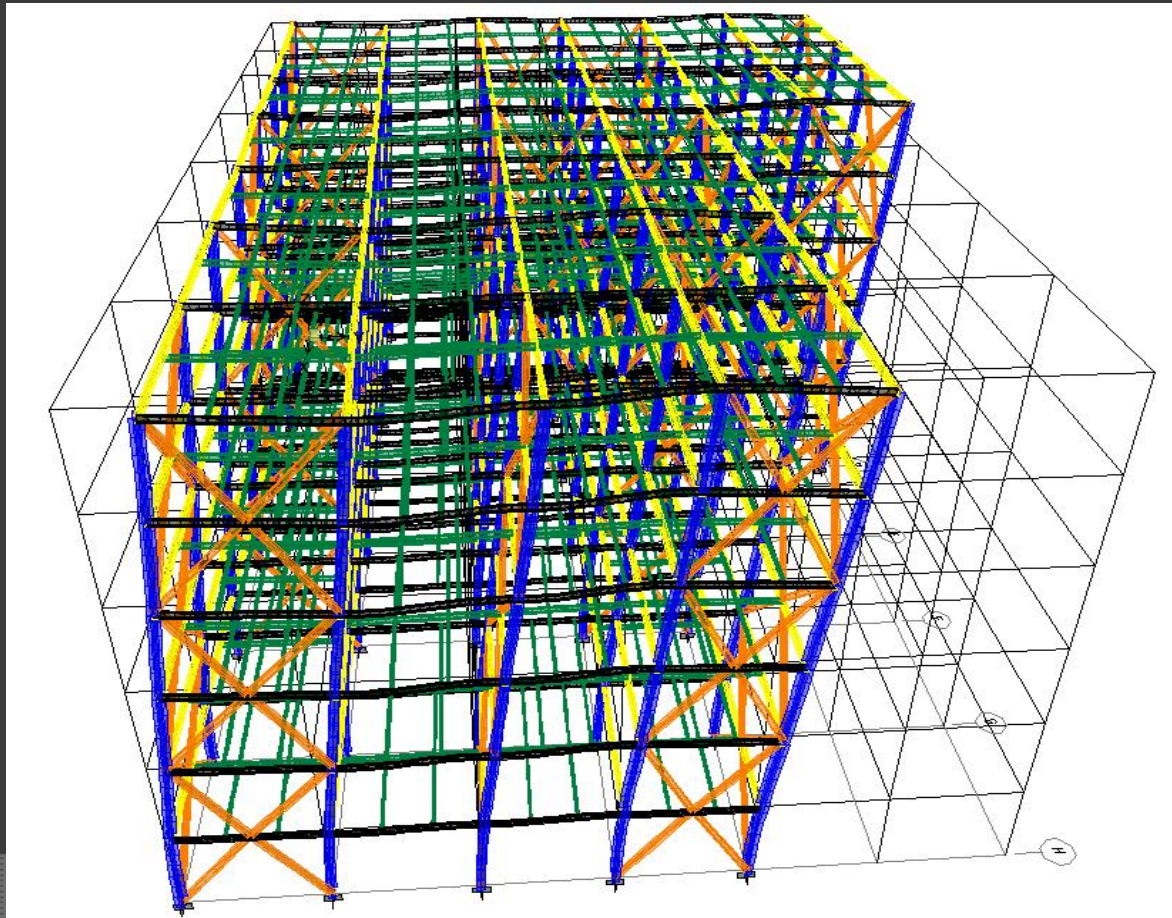
3. Plantear una estructura típica y sencilla de acero



Fuente:
Elaboración
Propia

METODOLOGÍA

4. Diseñar una estructura de acero tipo SCBF por medio del programa ETABS cumpliendo con los lineamientos de la AISC 341 y 360.



Modo de Vibración 1
Fuente: Star Seismic

METODOLOGÍA

5. Recopilar información, trabajos de investigación y normas relacionadas a las diagonales de pandeo restringido (BR).



Kimberley Robinson, S.E., is the chief engineer with Star Seismic, Park City, Utah. The company designs and builds buckling-restrained braces for earthquake and seismic resistance for all types of structures.



NOVEMBER 2009 **MODERN STEEL CONSTRUCTION**

METODOLOGÍA

6. Crear hojas de cálculo guía para el diseño de una estructura de acero, con un sistema de diagonales de pandeo restringido (BR) siguiendo los lineamientos de la AISC 341.

PREDIMENSIONAMIENTO DE LA DIAGONAL DE PANDEO RESTRINGIDO

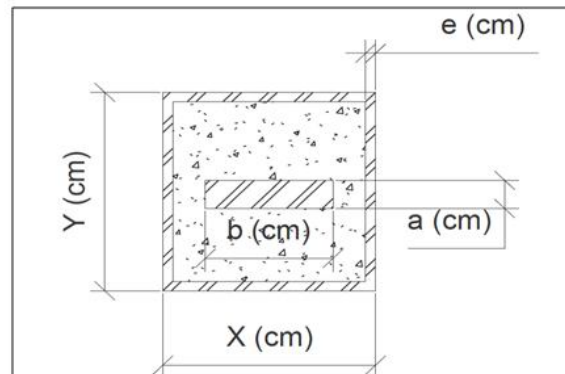
Acero de la Camisa		A36
Modulo de Elasticidad	E (kgf/cm ²)	2100000
Coefficiente de poisson	ν	0.3
Peso unitario	γ (kgf/m ³)	7850
C. De dilatacion térmica	α (°C ⁻¹)	0.0000117
Esfuerzo cedente	Fy (kgf/cm ²)	2530
Esfuerzo Ultimo	Fu (kgf/cm ²)	4080

Mortero		
Esfuerzo cedente	F'c (kgf/cm ²)	210
Modulo de Elasticidad	E (kgf/cm ²)	218820

DATOS INICIALES		
Carga último	Pu (kgf)	12000.00
Longitud	L (m)	5.32
Factor de longitud efectiva	k	1.00

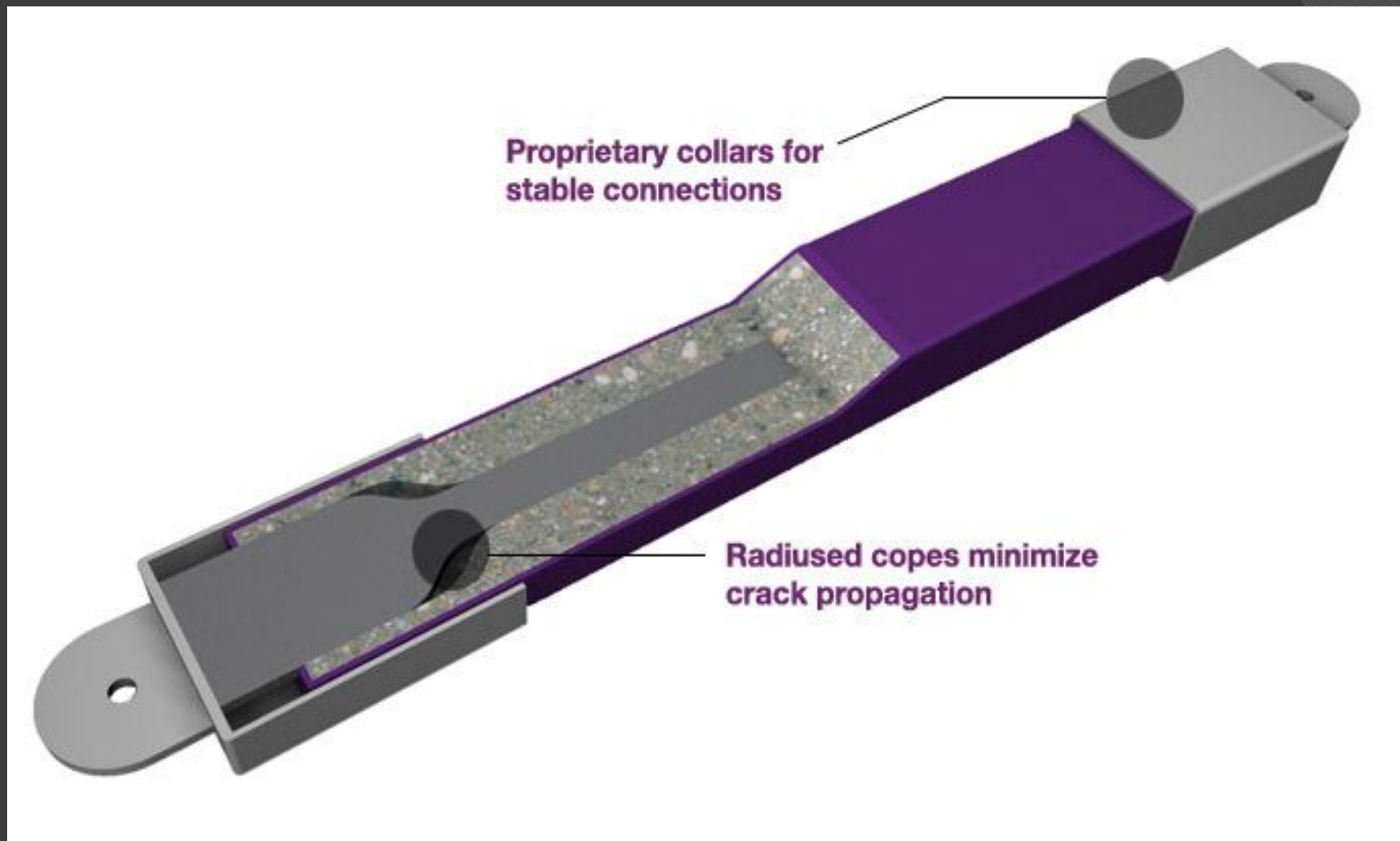
1		
Area requerida del nucleo	A (cm ²)	4.99
Espesor del nucleo	a (cm)	9.00
Ancho del nucleo	b (cm)	1.90
Area real del nucleo	A (cm ²)	17.10
Carga Cedente	Py (kgf)	45674.10

2		
Alto de Camisa	Y (cm)	15.00
Ancho de camisa	X (cm)	15.00
Espesor de la camisa	e (cm)	0.45
Carga de pandeo	σ_{cr} (kgf/cm ²)	92159.93



Fuente: Elaboración Propia

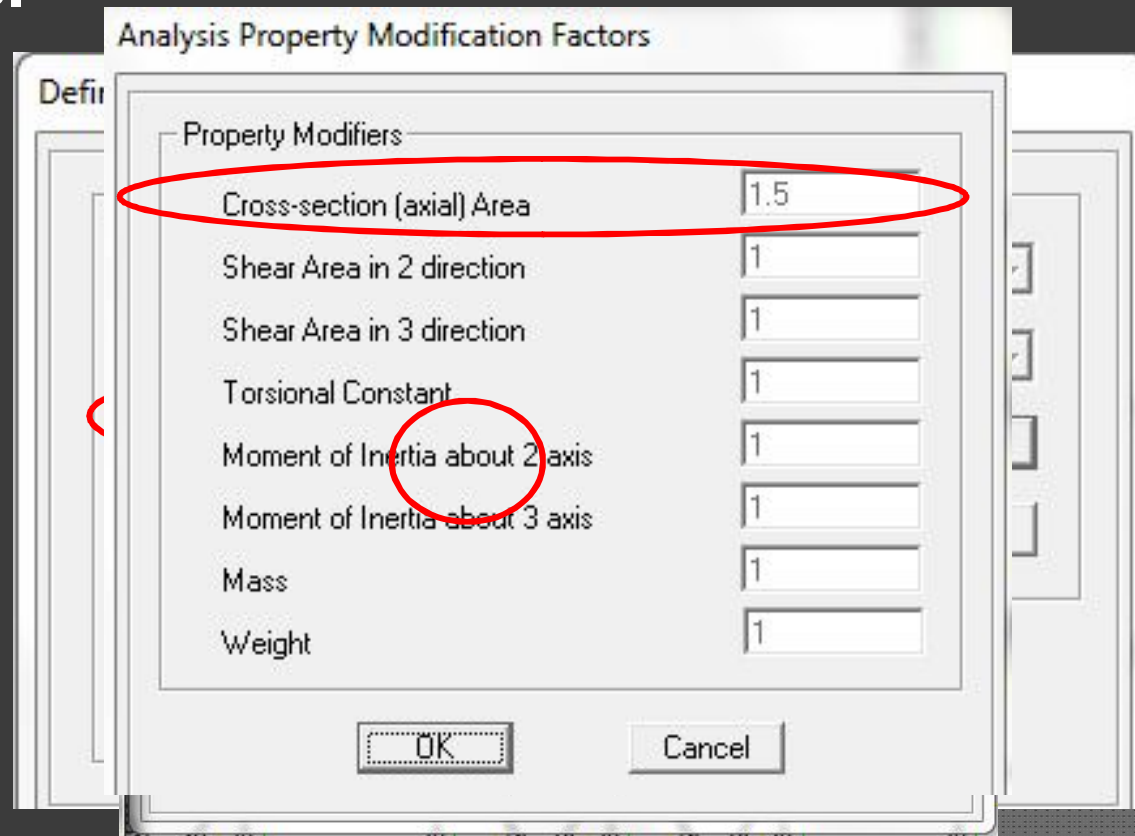
METODOLOGÍA



Fuente: Star Seismic

METODOLOGÍA

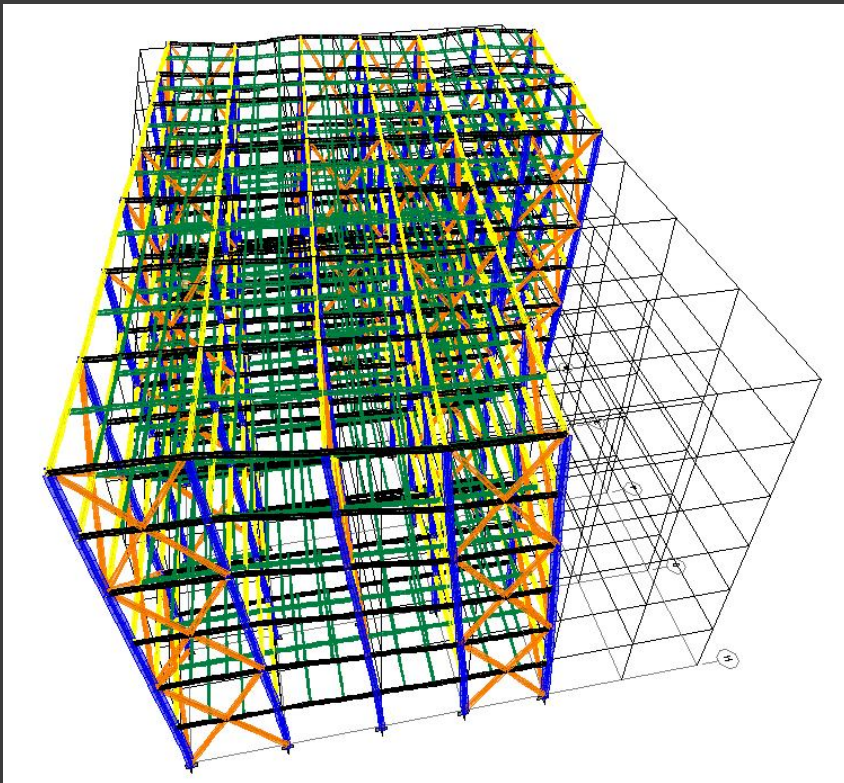
7. Diseñar una estructura de acero con Diagonales de Pandeo Restringido (BRBF) por medio del programa ETABS.



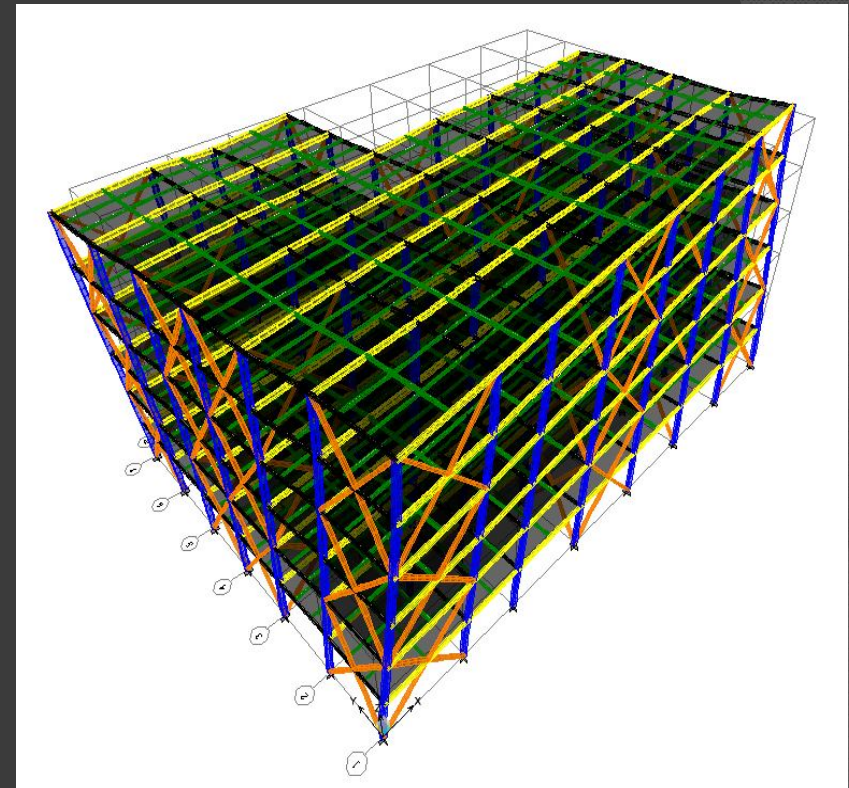
Fuente: Elaboración Propia

METODOLOGÍA

8. Contrastar los resultados obtenidos para los distintos sistemas estructurales adoptados.



Modelo SCBF



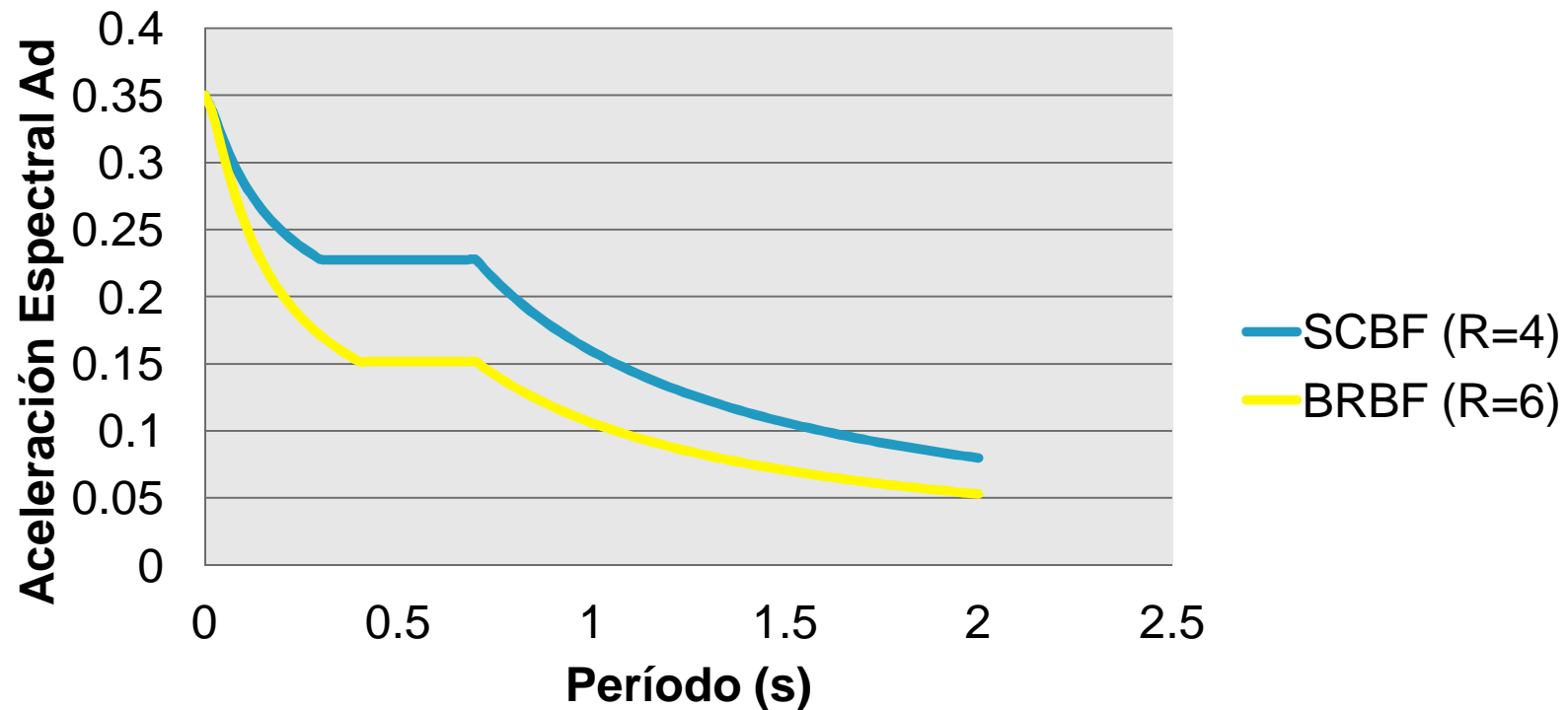
Modelo BRBF

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

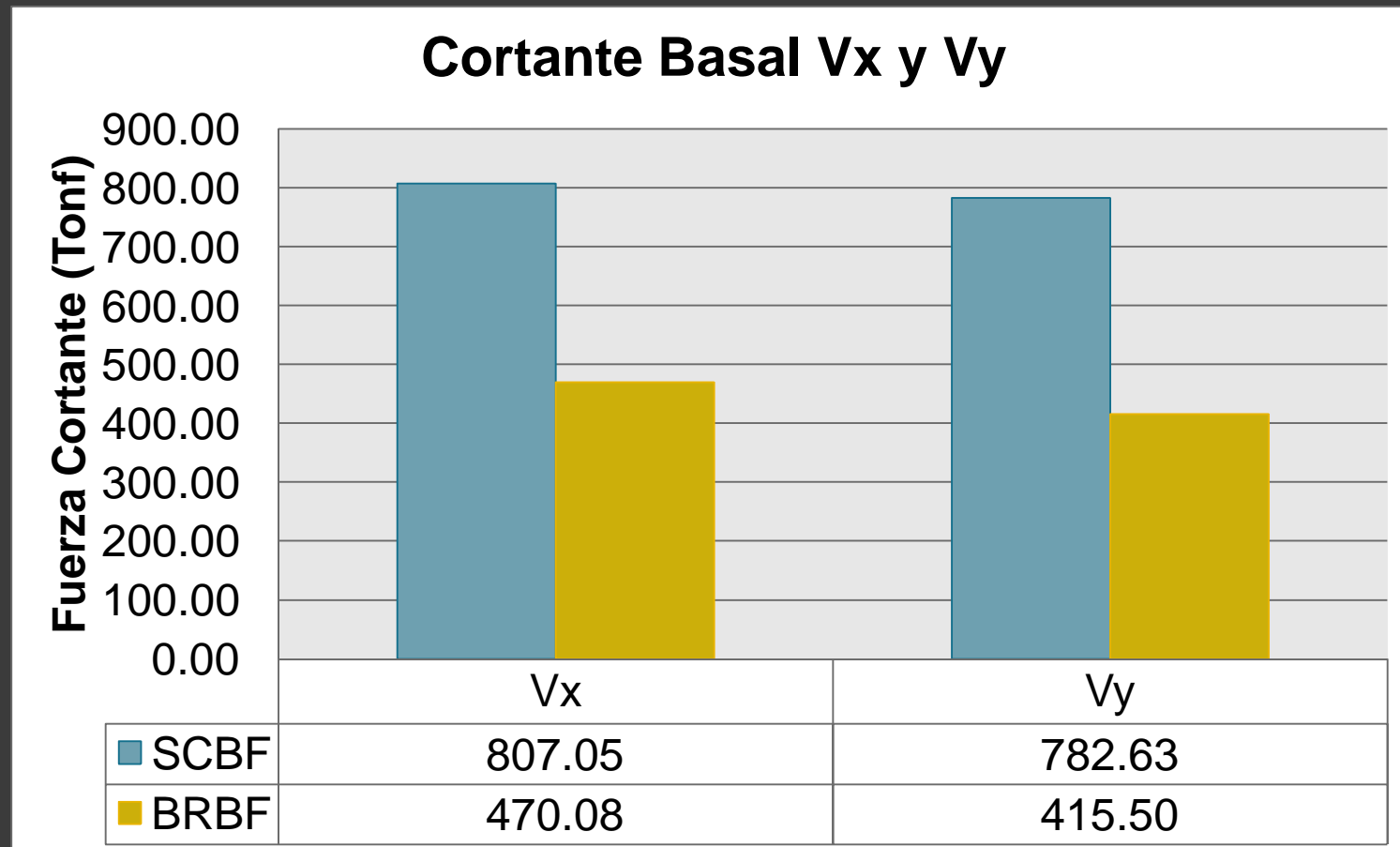
Espectro de Respuesta para Sistemas SCBF y BRBF



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

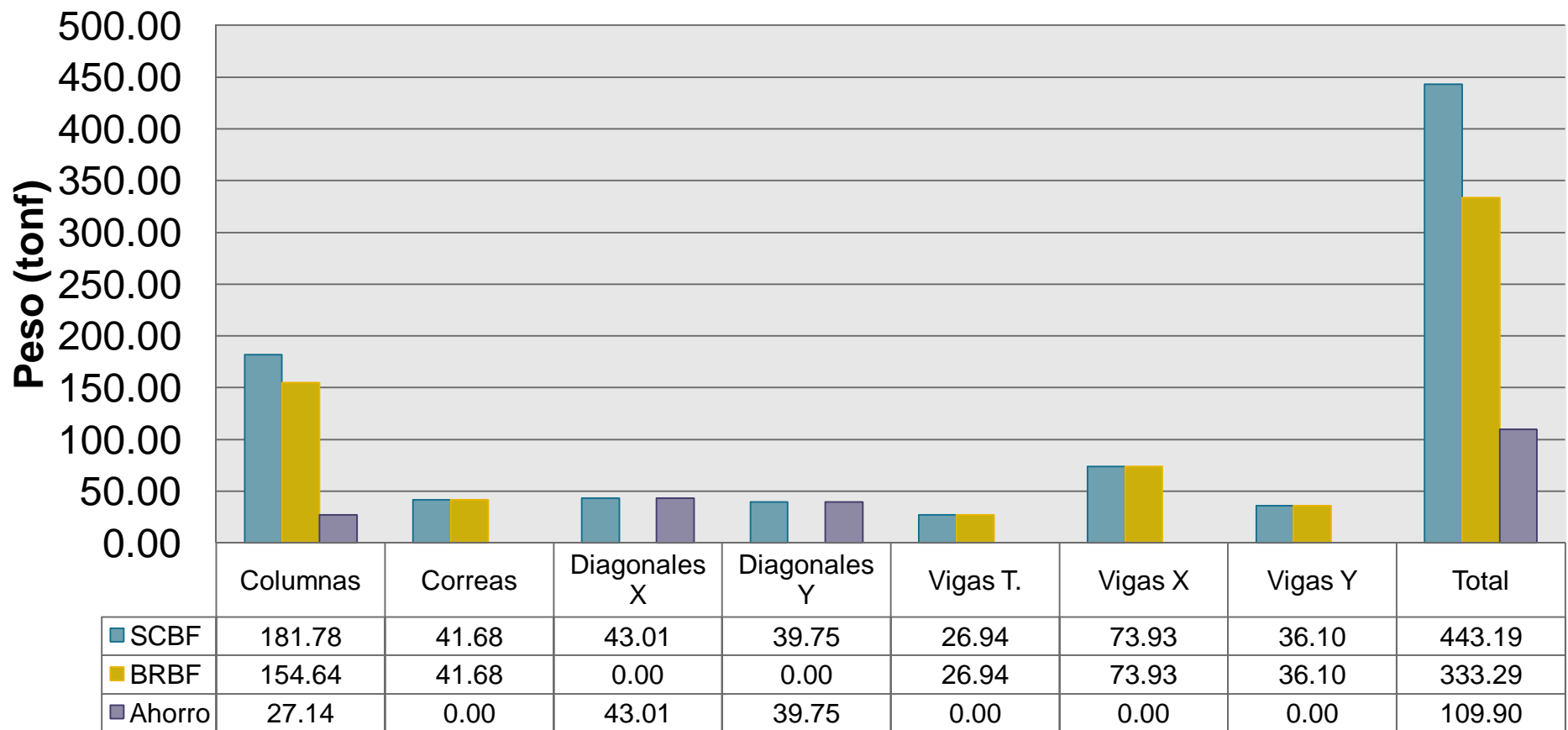


Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

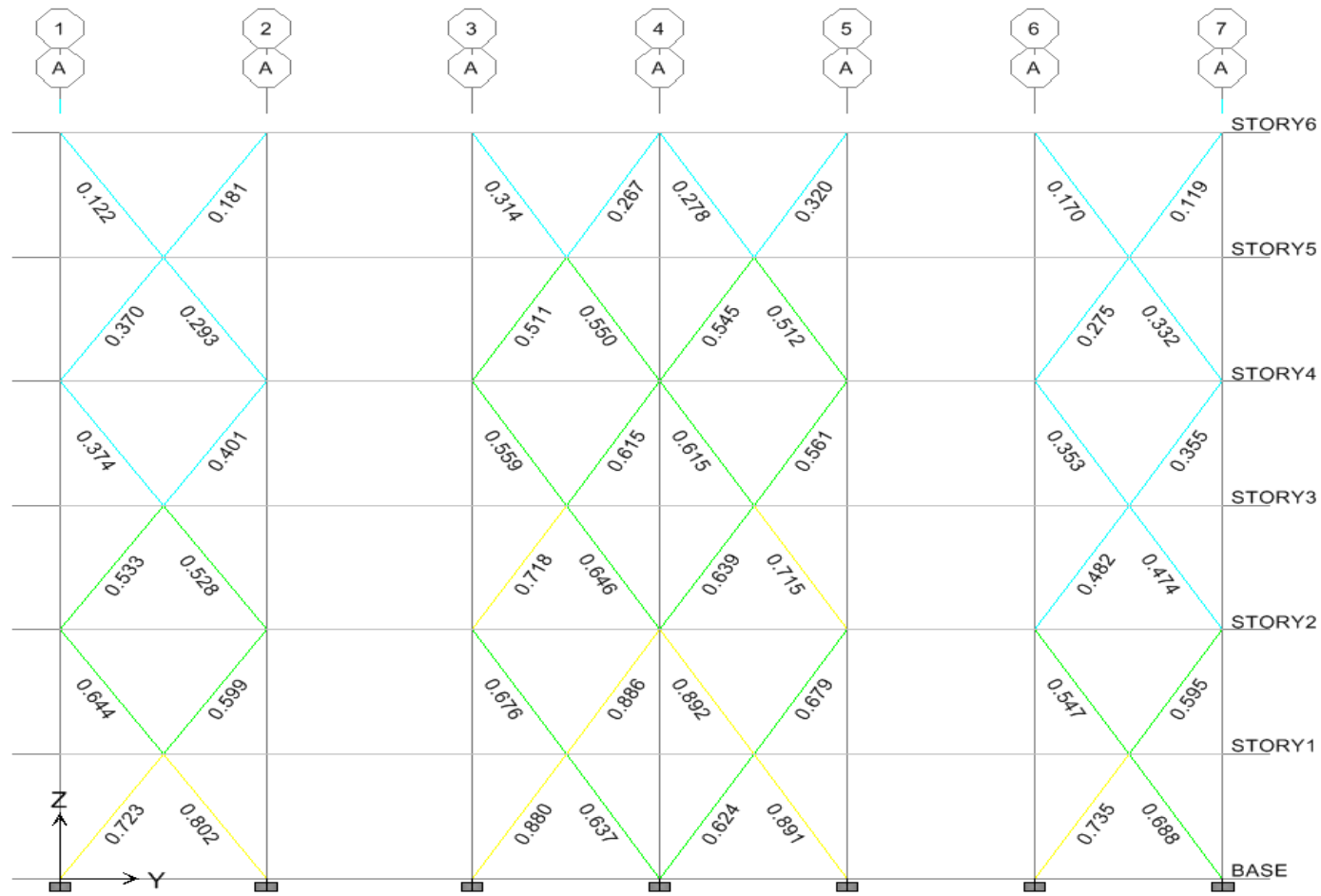
Pesos por grupo



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

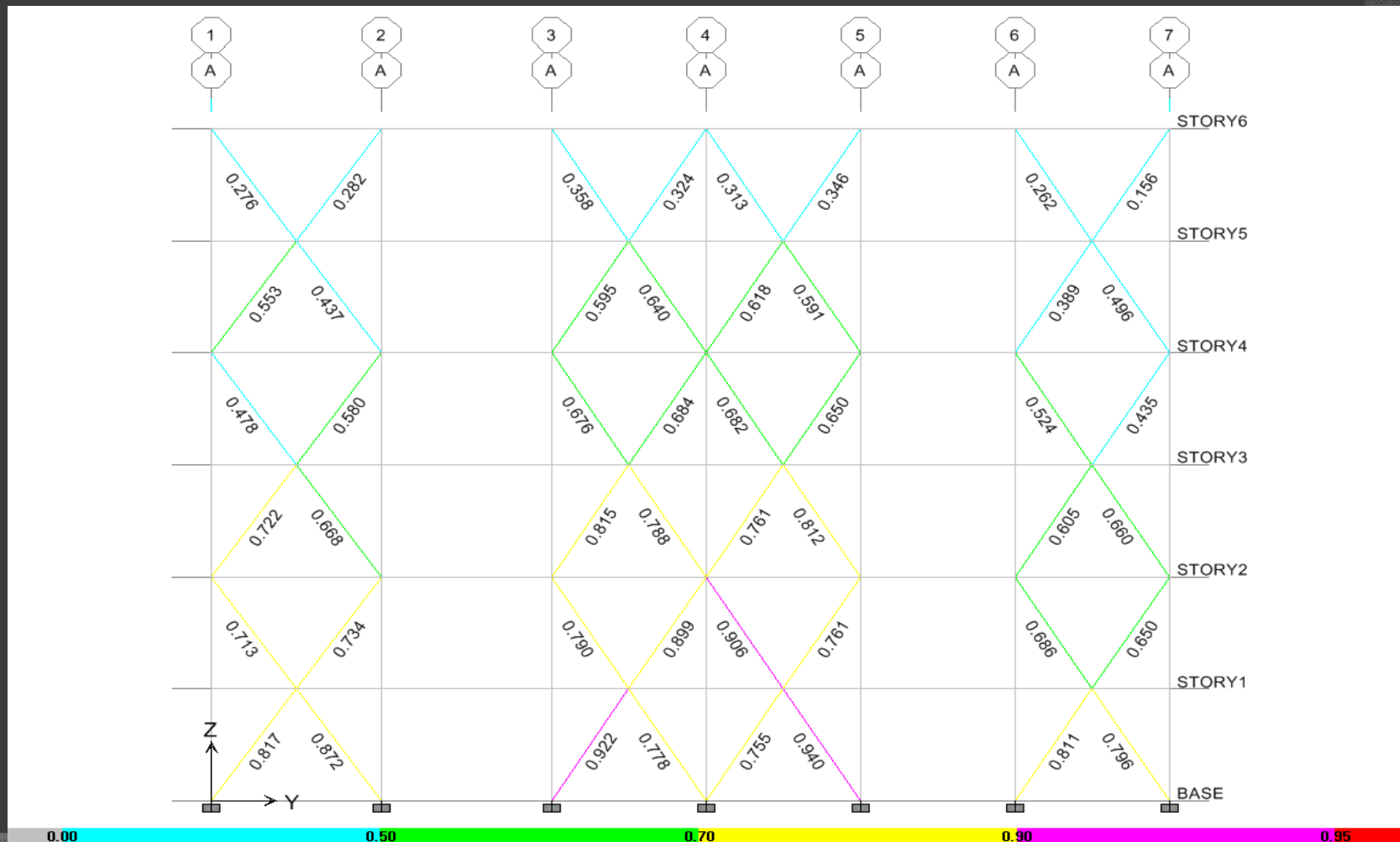
CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK Units: Kgf-m (Summary for Combo and Station)

Level: STORY4 Section: HE200B
 Element: D59 Loc: 2.658 Element Type: Special Concentrically Braced Frame
 Combo: COMB6 Classification: Seismic

Provision: LRFD
 Analysis: Direct Analysis 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0.241 AlphaPr/Pe=0.324 Tau_b=1.000 EA factor=0.800 EI factor=0.800
 Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? Yes D/P Plug Welded? Yes

SDC: D I=1.000 Rho=1.000 Sds=0.500
 R=8.000 Omega0=3.000 Cd=5.500
 PhiB=0.900 PhiC=0.900 PhiTY=0.900 PhiTF=0.750
 PhiS=0.900 PhiS-RI=1.000 PhiST=0.900

L=5.315
 A=0.008 I33=5.696E-05 r33=0.085 S33=5.696E-04 Av3=0.005
 J=0.000 I22=2.003E-05 r22=0.051 S22=2.003E-04 Av2=0.002
 E=2.100E+10 fy=25300000.000 Ry=1.500 z33=6.430E-04 Cw=0.000
 RLLF=1.000 SRLimit=0.950 z22=3.060E-04

D/C Ratio: $0.481 = 0.471 + 0.010 + 0.000$
 $= (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)$ Eq. (H1.3a, H1-1a)

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK

Units: Kgf-m (Summary for Combo and Station)

Level: STORY4 Section: HE180B
Element: D59 Loc: 5.315 Element Type: Special Concentrically Braced Frame
Combo: COMB9 Classification: Seismic

Provision: LRFD

Analysis: Direct Analysis

AlphaPr/Py=0.175 AlphaPr/Pe=0.290

Ignore Seismic Code? No

2nd Order: General 2nd Order

Tau_b=1.000 EA factor=0.800

Ignore Special EQ Load? Yes

Reduction: Tau-b Fixed

EI factor=0.800

D/P Plug Welded? Yes

SDC: D

R=8.000

PhiB=0.900

PhiS=0.900

I=1.000

Omega0=3.000

PhiC=0.900

PhiS-RI=1.000

Rho=1.000

Cd=5.500

PhiTY=0.900

PhiST=0.900

Sds=0.500

PhiTF=0.750

L=5.315

A=0.007

J=0.000

E=2.100E+10

RLLF=1.000

I33=3.831E-05

I22=1.363E-05

fy=25300000.000

SRLimit=0.950

r33=0.077

r22=0.046

Ry=1.500

S33=4.257E-04

S22=1.514E-04

z33=4.810E-04

z22=2.310E-04

Av3=0.004

Av2=0.002

Cw=0.000

Stress Check Message - $kl/r > 4.0 \cdot \text{Sqr}(E/fy)$

D/C Ratio: 0.389 = 0.389 + 0.000 + 0.000

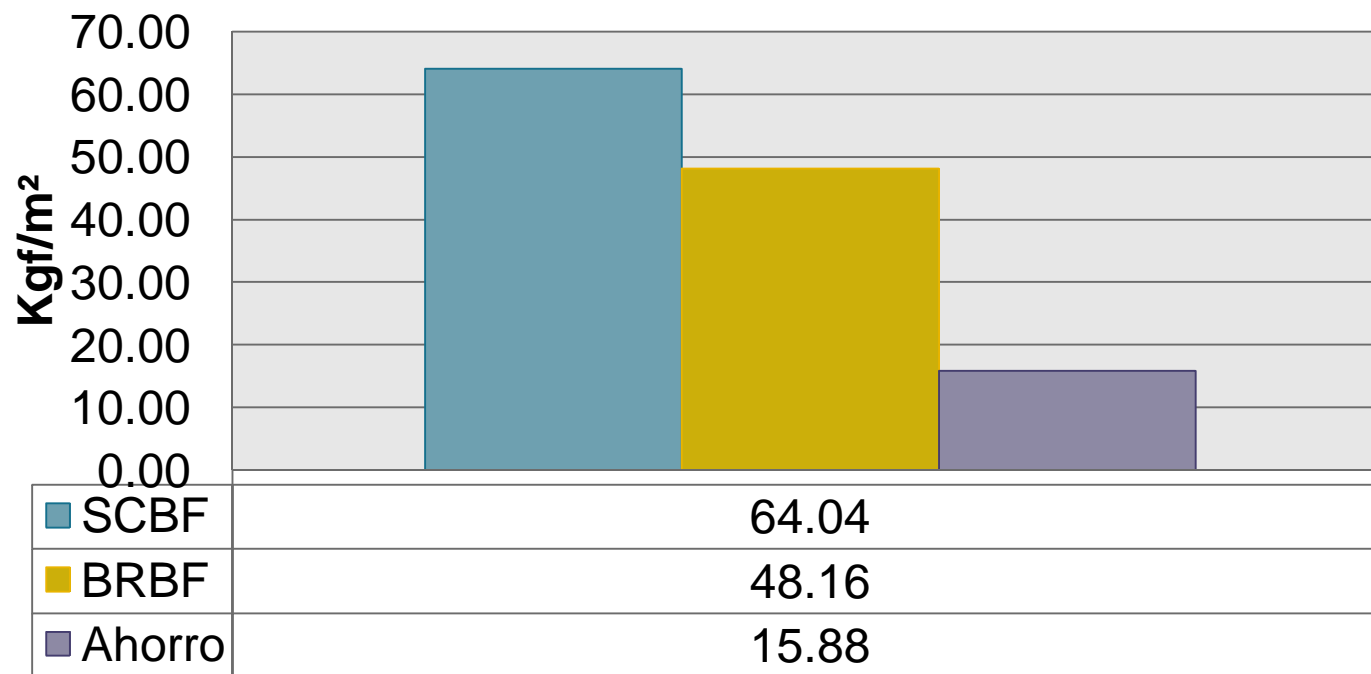
 = (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33)^2 + (Mr22/Mc22)

Eq. (H1.3b, H1-2)

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

Comparación de Acero requerido por metro cuadrado sin conexiones entre los Sistemas SCBF y BRBF

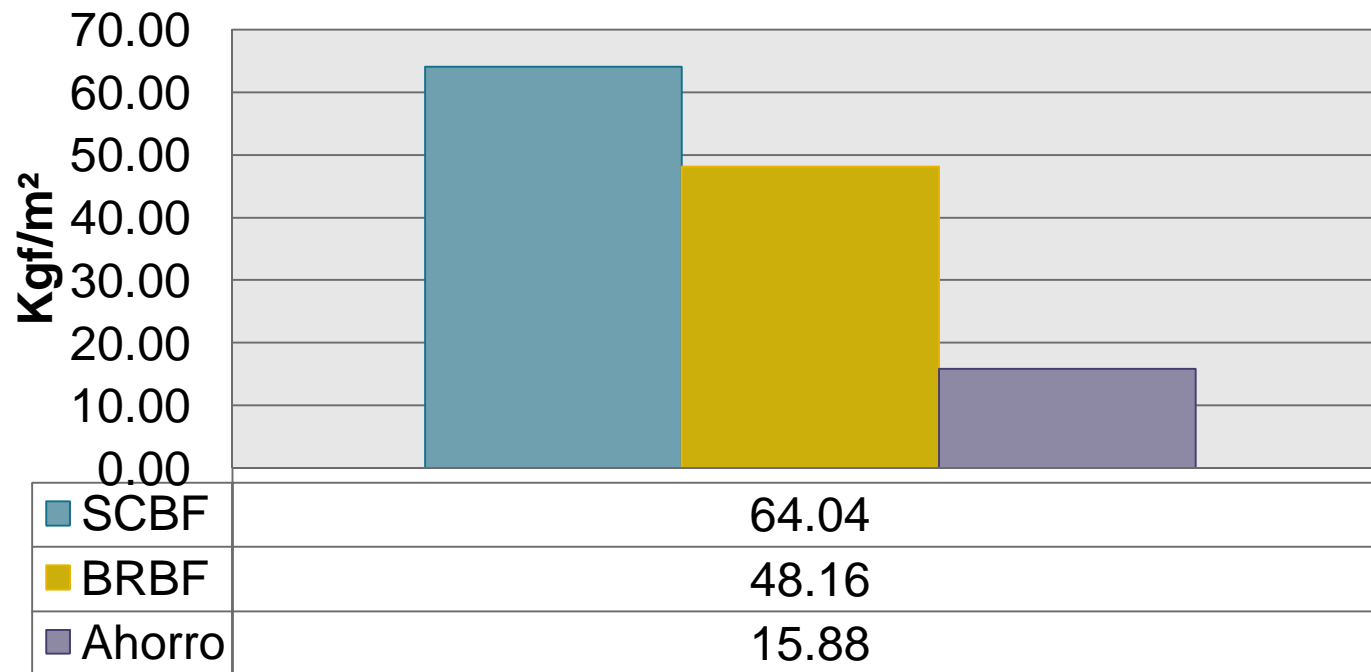


Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

Comparación de Acero requerido por metro cuadrado sin conexiones entre los Sistemas SCBF y BRBF

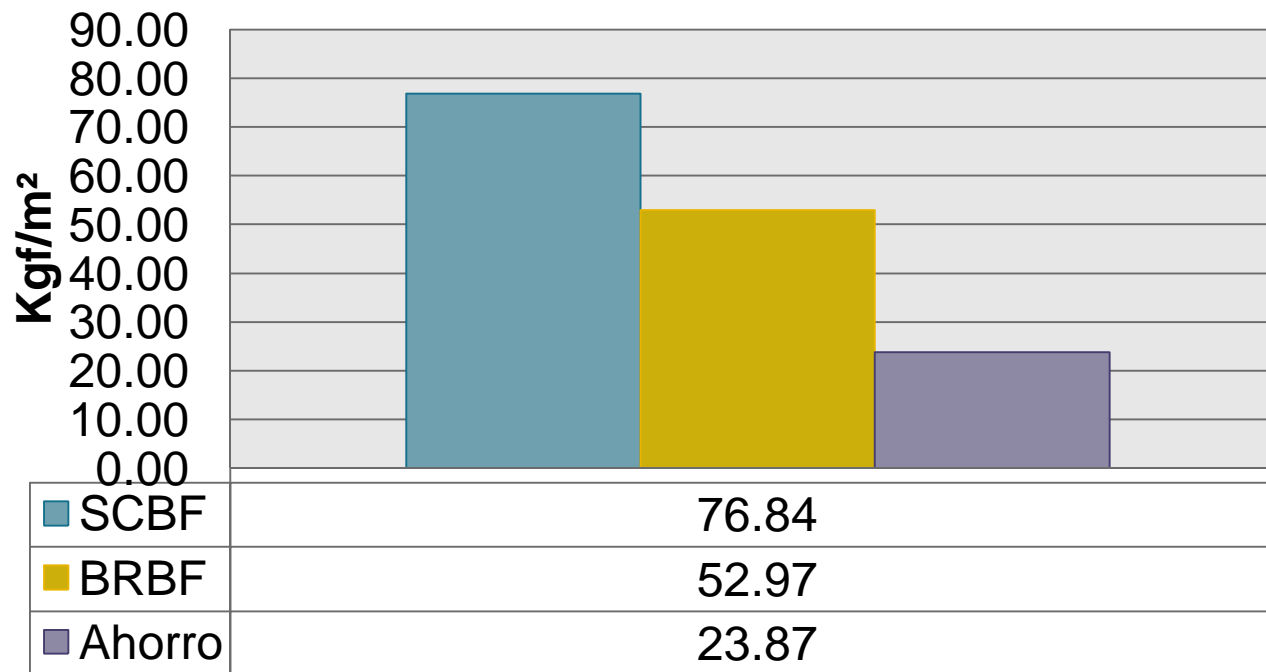


Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

Comparación de Acero requerido por metro cuadrado con conexiones entre los Sistemas SCBF y BRBF



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

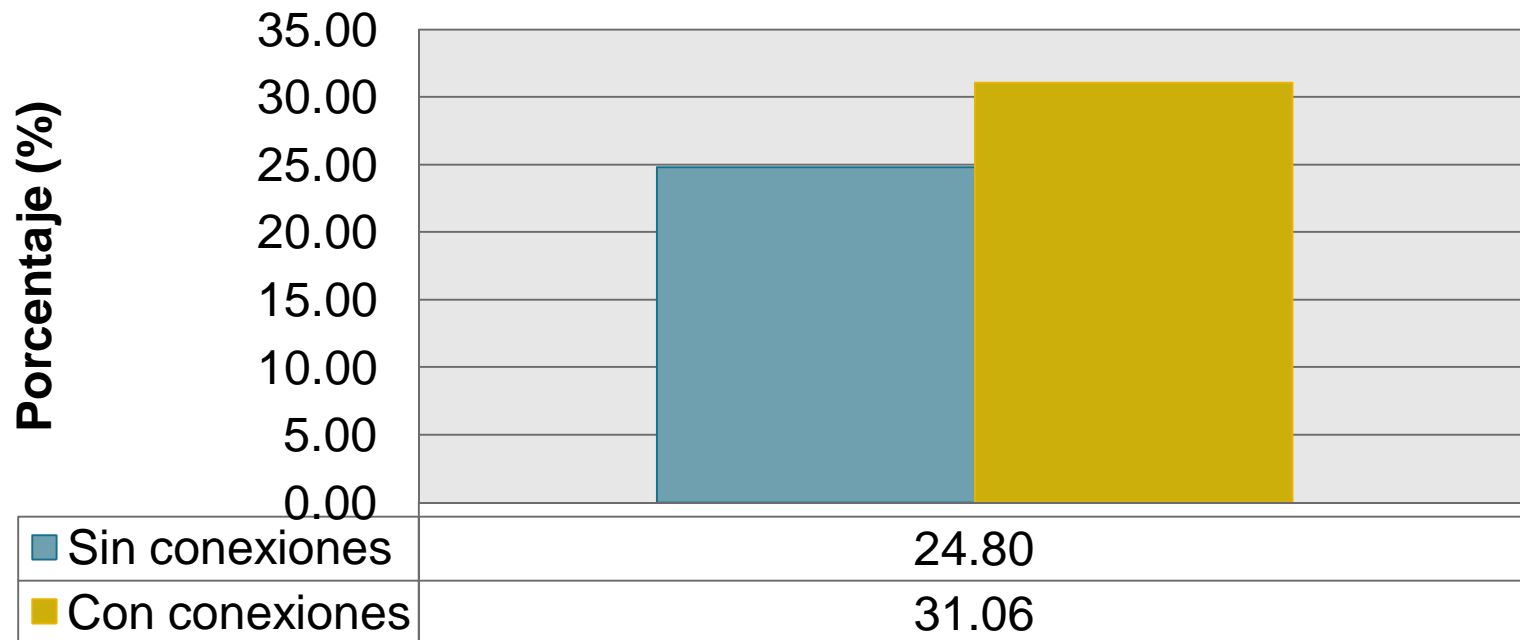
Ahorro de Peso y Costo por metro cuadrado			
Sin Conexiones		Con Conexiones	
Kgf/m²	Bsf/m²	Kgf/m²	Bsf/m²
15.88	397.00	23.87	597.77

Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

Ahorro de Acero Requerido en Estructuras con y sin conexiones al emplear un Sistema BRBF



Fuente: Elaboración Propia

RESULTADOS Y ANÁLISIS

CONTRASTE ENTRE AMBOS SISTEMAS

RELACIÓN DE LAS REACCIONES

BRBF/SCBF (%)

Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
93.82	106.47	75.28	98.37	92.86	88.30

Fuente: Elaboración Propia

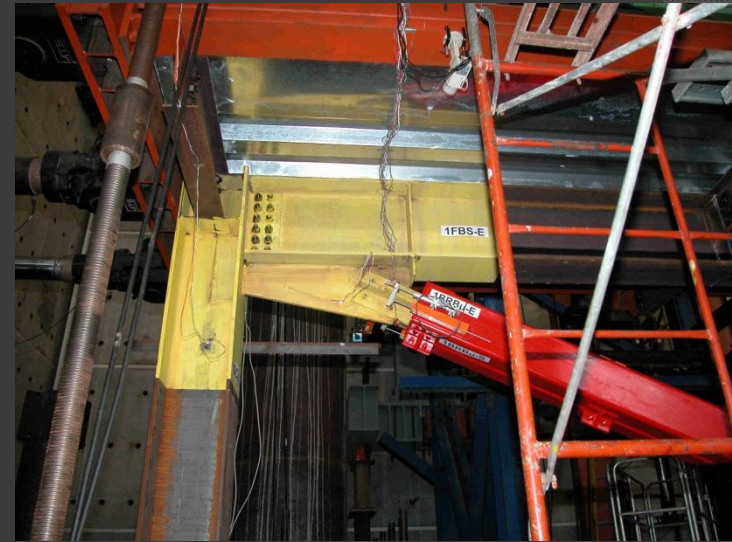
CONCLUSIONES

- Disminución aproximada del 50% en la fuerza cortante de los niveles, gracias a la gran ductilidad y alto valor de reducción de fuerzas sísmicas del sistema.
- Reducción entre un 25 y 30% del acero estructural requerido.
- Disminución entre un 15 y 20% en las reacciones de la base, lo cual pudiera traducirse en fundaciones de menor tamaño.

CONCLUSIONES

- Reducción del peso de la estructura debido al uso de perfiles de menor tamaño para todas las columnas.
- Conexiones mucho más sencillas y de menor tamaño que permitirían disminuir el peso total de la estructura.
- Obtención de una estructura más elegante, atractiva y de mayores beneficios arquitectónicos.

CONCLUSIONES



RECOMENDACIONES

- ⦿ Hacer un estudio de las diagonales de pandeo restringido, que incluya ensayos de laboratorio para diversas secciones, modificando las dimensiones del núcleo y de la camisa.
- ⦿ Realizar diversos modelos lineales y no lineales comparativos entre los sistemas SCBF, EBF y BRBF, para estructuras con distintos niveles y tipología.

RECOMENDACIONES

- Inclusión del diseño y verificación de las diagonales de pandeo restringido en las próximas ediciones de la norma venezolana COVENIN 1618 (ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIONES. MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITES) y COVENIN 1756 (EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES).

ANEXOS

1 TYPICAL CHEVRON BRACE (BRB)

2 TYPICAL BRACE (BRB) TO COLUMN WEB
● MOMENT CONN. BEAM

3 TYPICAL BRACE (BRB) TO COLUMN FLG
● MOMENT CONN. BEAM

4 EXTENDED GUSSET PLATE

POWERCAT™ GUSSET CONNECTION SCHEDULE																								
# GRIDS	BRACE FRAME	# FLOOR	BRB MARK	STEEL MARK	PLATE REPAIR THK	GUSSET REPAIR Q2	GUSSET DIAMETER	BRB DIAMETER	BRB WELD-V1	LI	LOWER GUSSET PL WELDS	UPPER GUSSET PL WELDS	CHEVRON W4 (L4mm)	GUSSET PL THICKNESS										
H2S-H3	HE	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H3-H3.5	HE	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H6S-H9	HE	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H9-H9.5	HE	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H2S-H3	HG	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H3-H3.5	HG	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H6S-H9	HG	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H9-H9.5	HG	4-R	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
G2HE-H3	H4	4-R	BRB-7.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
G2HE-H3	H4	4-R	BRB-7.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
G2HE-H3	H4	4-R	BRB-7.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
G2HE-H3	H4	4-R	BRB-7.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23	7/16	16	3/8	25	—	—	1 1/4			
H3-H3.5	HE	3-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H6S-H9	HE	3-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H9-H9.5	HE	3-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H2S-H3	HG	1-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H3-H3.5	HG	1-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H6S-H9	HG	1-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
H9-H9.5	HG	1-4	BRB-12.5A	PC2676	1 1/4	14	4	3 3/16	3/8	8	13/16	18	3/4	25	5/8	18	5/8	27	—	—	1 1/2			
G2HE-H3	H4	3-4	BRB-13.5A	PC3676	1 1/2	16	4	3 3/16	3/8	9	13/16	19	3/4	26	—	—	—	—	—	—	7/16	73	1 1/2	
G2HE-H3	H4	3-4	BRB-13.5A	PC3676	1 1/2	16	4	3 3/16	3/8	9	13/16	19	3/4	26	—	—	—	—	—	—	—	7/16	73	1 1/2
G2HE-H3	H4	3-4	BRB-13.5A	PC3676	1 1/2	16	4	3 3/16	3/8	9	13/16	19	3/4	26	—	—	—	—	—	—	—	7/16	73	1 1/2
G2HE-H3	H4	3-4	BRB-13.5A	PC3676	1 1/2	16	4	3 3/16	3/8	9	13/16	19	3/4	26	—	—	—	—	—	—	—	7/16	73	1 1/2

5 TYPICAL BRACE (BRB) TO COLUMN WEB
● NON-MOMENT BEAM

6 TYPICAL BRACE (BRB) TO COLUMN FLG
● NON-MOMENT BEAM

7 TYPICAL BRACE (BRB) ● FLOOR SLAB

8 TYPICAL BRACE TO BASE PLATE
(PINNED CONNECTION)

BRB CONNECTION SCHEDULE (PINNED CONNECTIONS)

NOTE:
1. GUSSET PLATES & REPAIRS ARE TO BE WELDED.
2. PWG TO BE 4140 HSB S47 50 = 125 FOR DIA. < 2 1/2" & 115 FOR DIA. > 2 1/2"

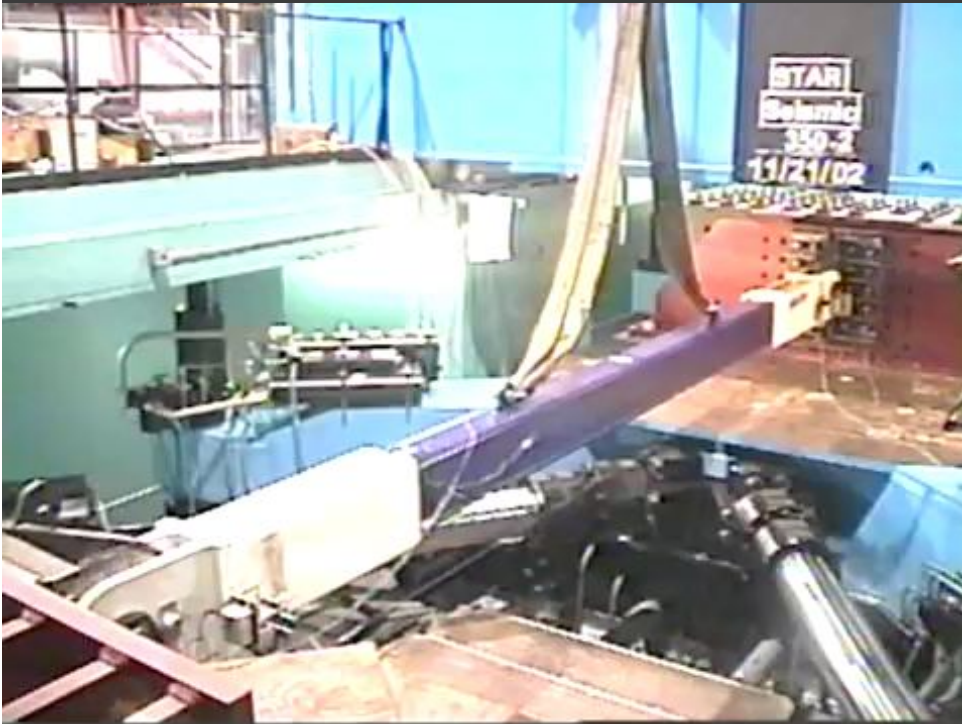
BUCKLING RESTRAINED BRACE FRAME SCHEDULE

BRACE FRAME #	BRACE	BRACE MARK	STEEL MARK	PLATE REPAIR THK	GUSSET REPAIR Q2	GUSSET DIAMETER	BRB DIAMETER	BRB WELD-V1	LI	LOWER GUSSET PL WELDS	UPPER GUSSET PL WELDS	CHEVRON W4 (L4mm)	GUSSET PL THICKNESS
1	HE	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23
2	HG	BRB-6.5A	PC2736	1	12	3	2 3/16	5/16	7	7/16	14	7/16	23

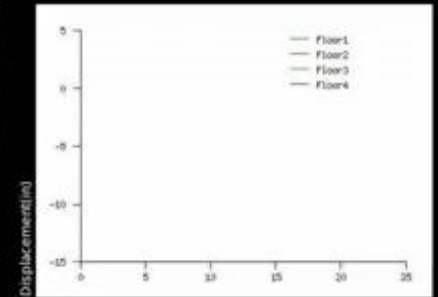
NOTE:
1. BUCKLING RESTRAINED BRACE ARE TO BE WELDED AND THE PROVISIONS OF BRB SHALL BE OBSERVED.
2. BRACE FRAME #100 SHALL BE COMPARED WITH THE UPPER AND LOWER BRACE.
3. PL. ARE TO BE THE UPPER AND LOWER PLATES IN THE BRACE, UNDER BRACE FRAME.
4. BRACE COMPRESSIVE RATIO TO BE 0.15, 0.10, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005, 0.0002, 0.0001, 0.00005, 0.00002, 0.00001.
5. BRACE FRAME #100 ARE TO BE TAKEN FROM THE TABLE IN (2) AND (3) THE NEAREST - NEAREST LOWER OF THE BRACE.
6. BRACE COMPRESSIVE RATIO TO BE 0.15, 0.10, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005, 0.0002, 0.0001, 0.00005, 0.00002, 0.00001.
7. BRACE FRAME #100 ARE TO BE TAKEN FROM THE TABLE IN (2) AND (3) THE NEAREST - NEAREST LOWER OF THE BRACE.
8. BRACE COMPRESSIVE RATIO TO BE 0.15, 0.10, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005, 0.0002, 0.0001, 0.00005, 0.00002, 0.00001.
9. BRACE FRAME #100 ARE TO BE TAKEN FROM THE TABLE IN (2) AND (3) THE NEAREST - NEAREST LOWER OF THE BRACE.
10. BRACE COMPRESSIVE RATIO TO BE 0.15, 0.10, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, 0.001, 0.0005, 0.0002, 0.0001, 0.00005, 0.00002, 0.00001.

STAR SEISMIC
6370 N. Dogwood Dr.
Suite 11, 8000
Phoenix, AZ 85048
800-444-5555
9400 N. 40th Ave, Suite 100
Phoenix, AZ 85018
9400 N. 40th Ave, Suite 100
Phoenix, AZ 85018

ANEXOS



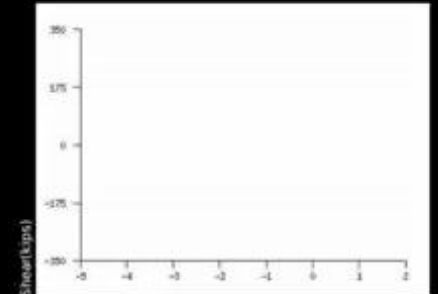
Overall Elevation



Recorded Floor Displacement Histories



Brace Detail



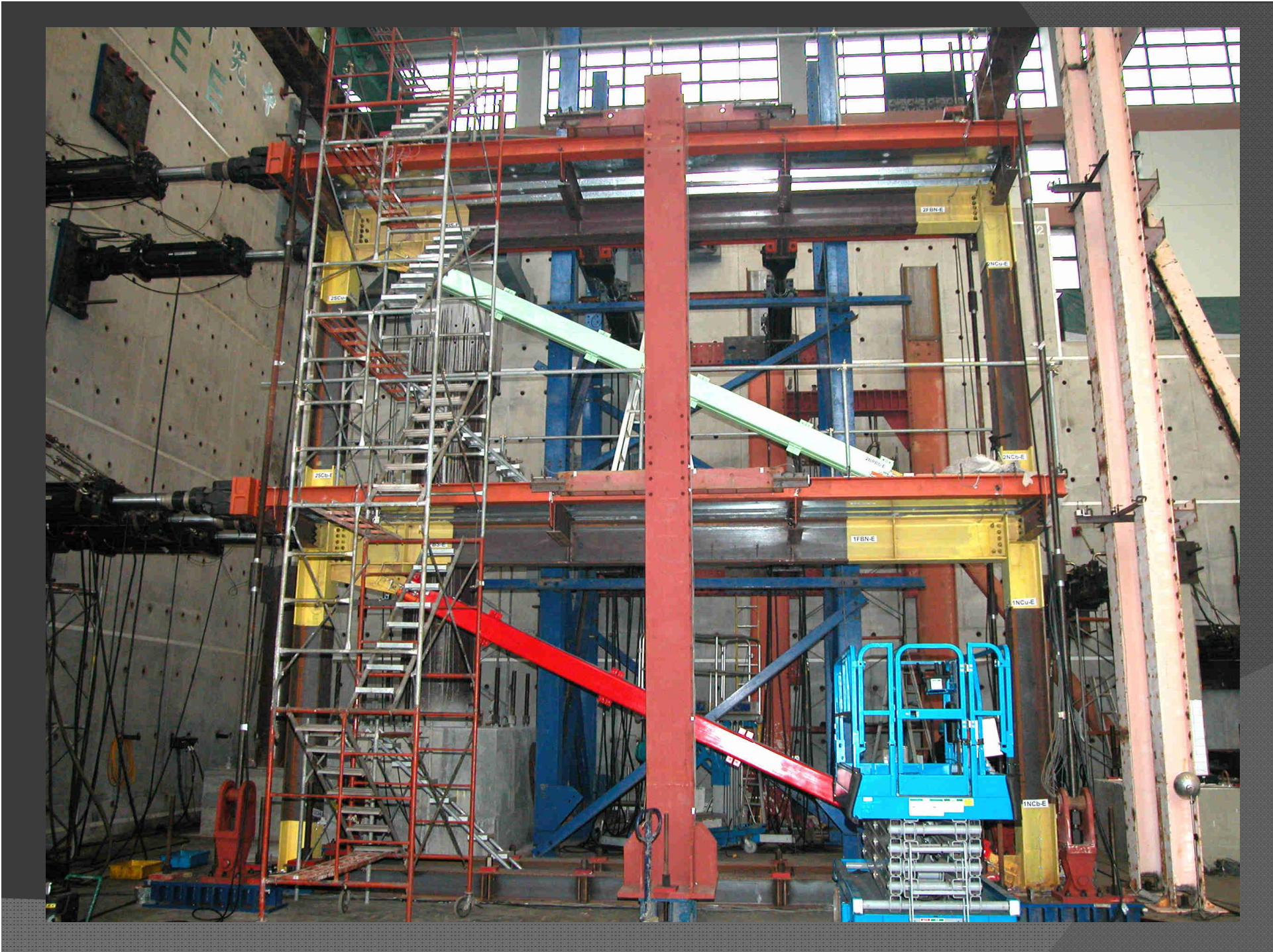
Story 1 Shear vs. Interstory Displacement

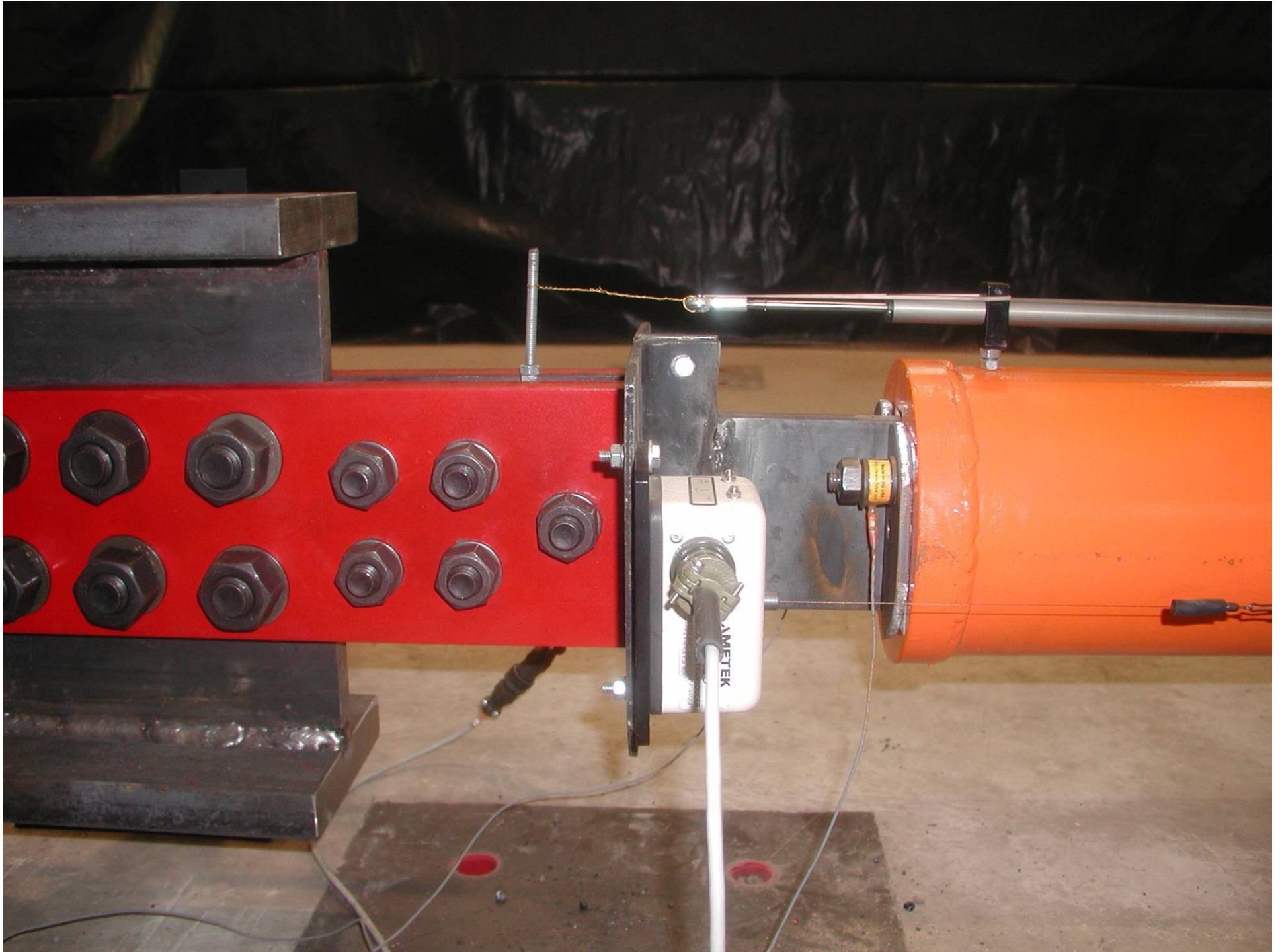
**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

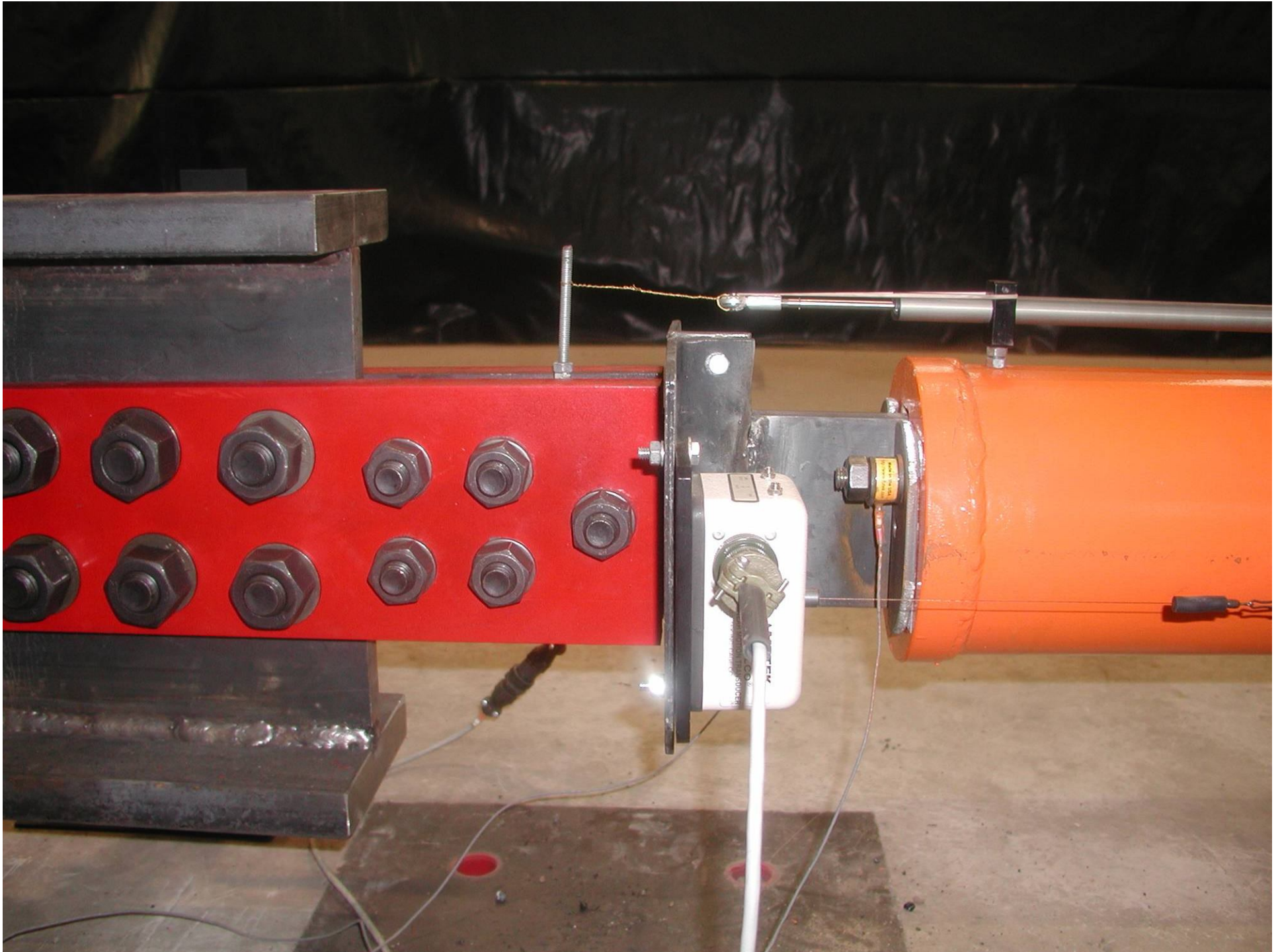


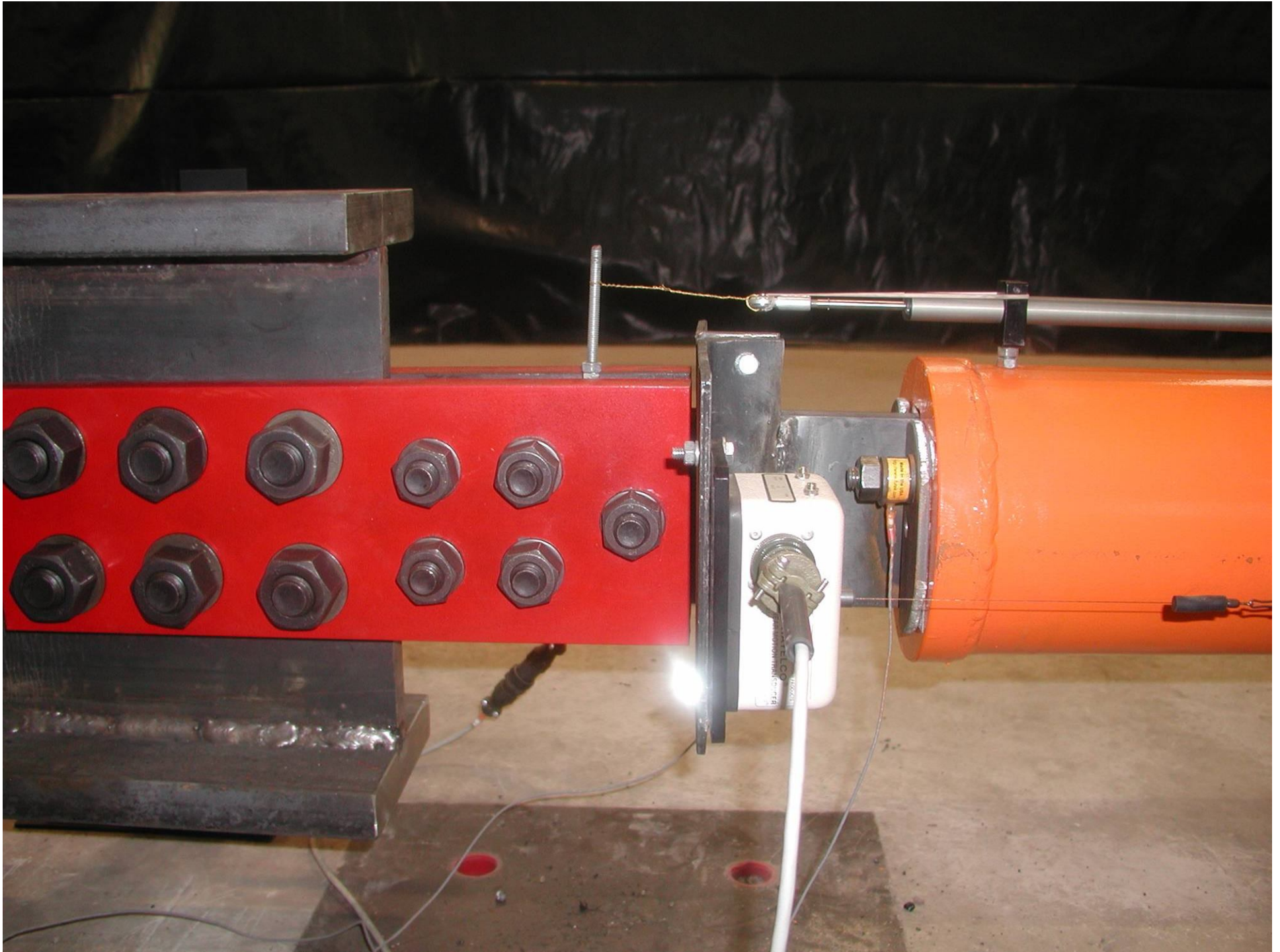


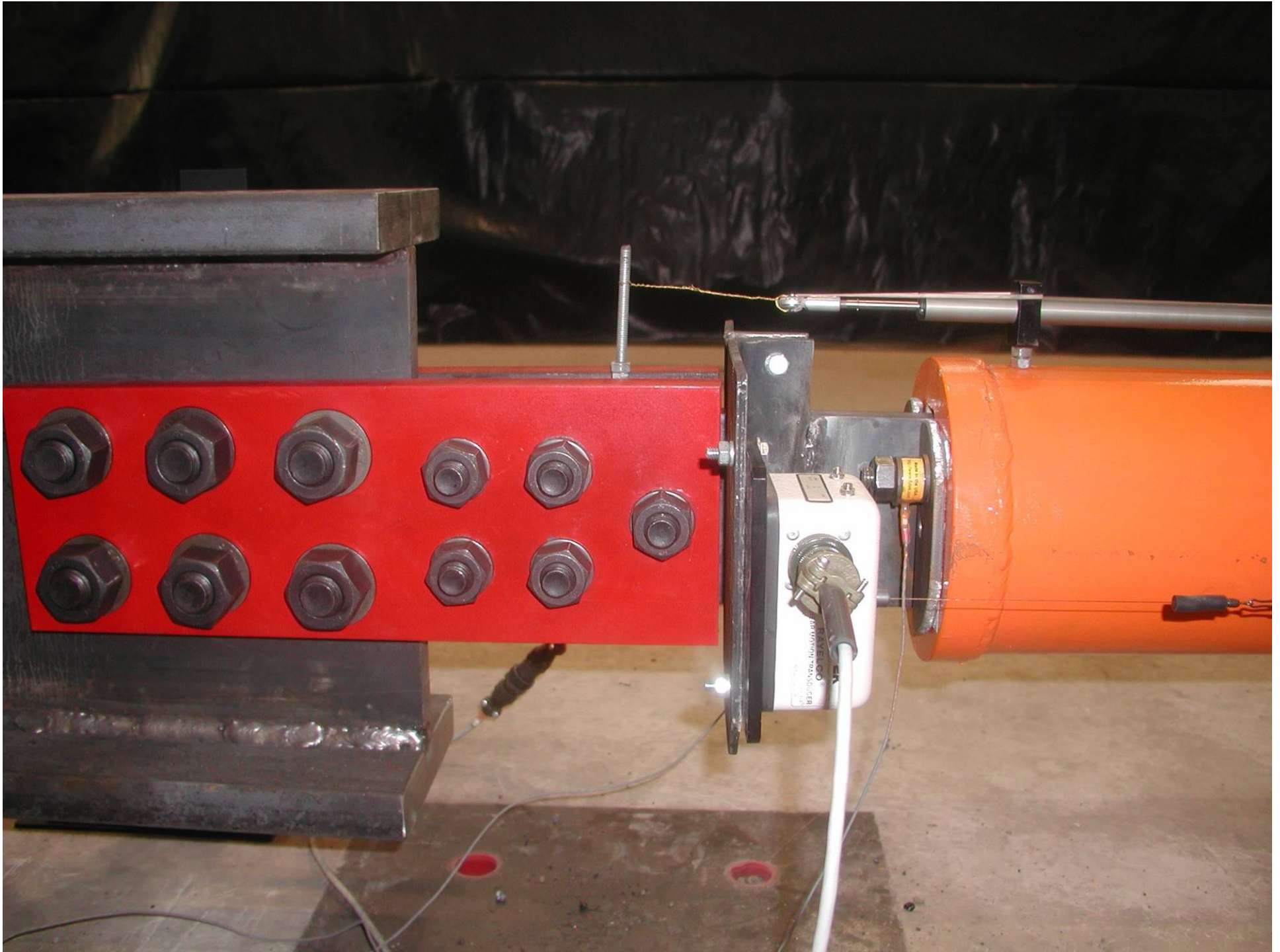


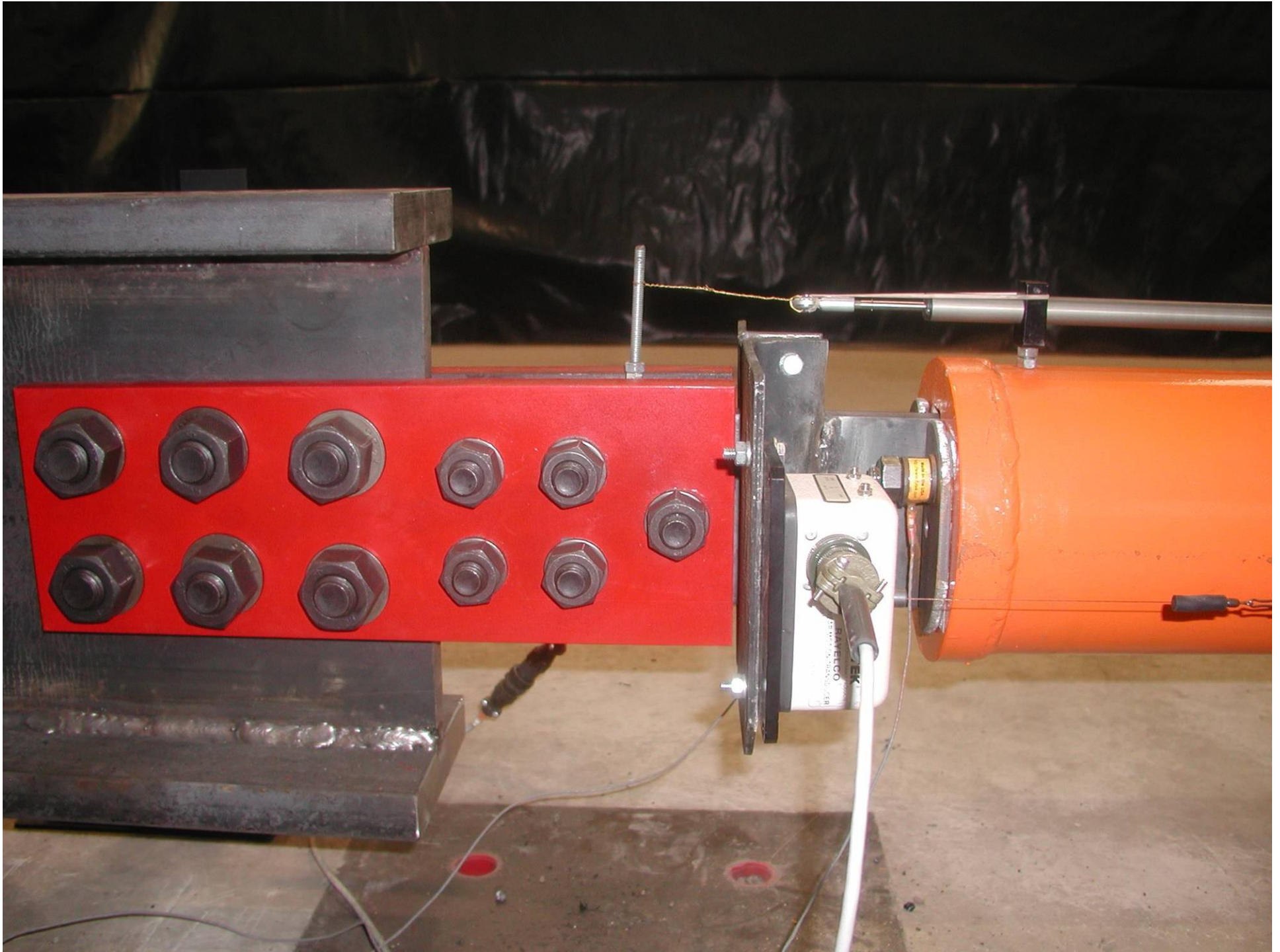


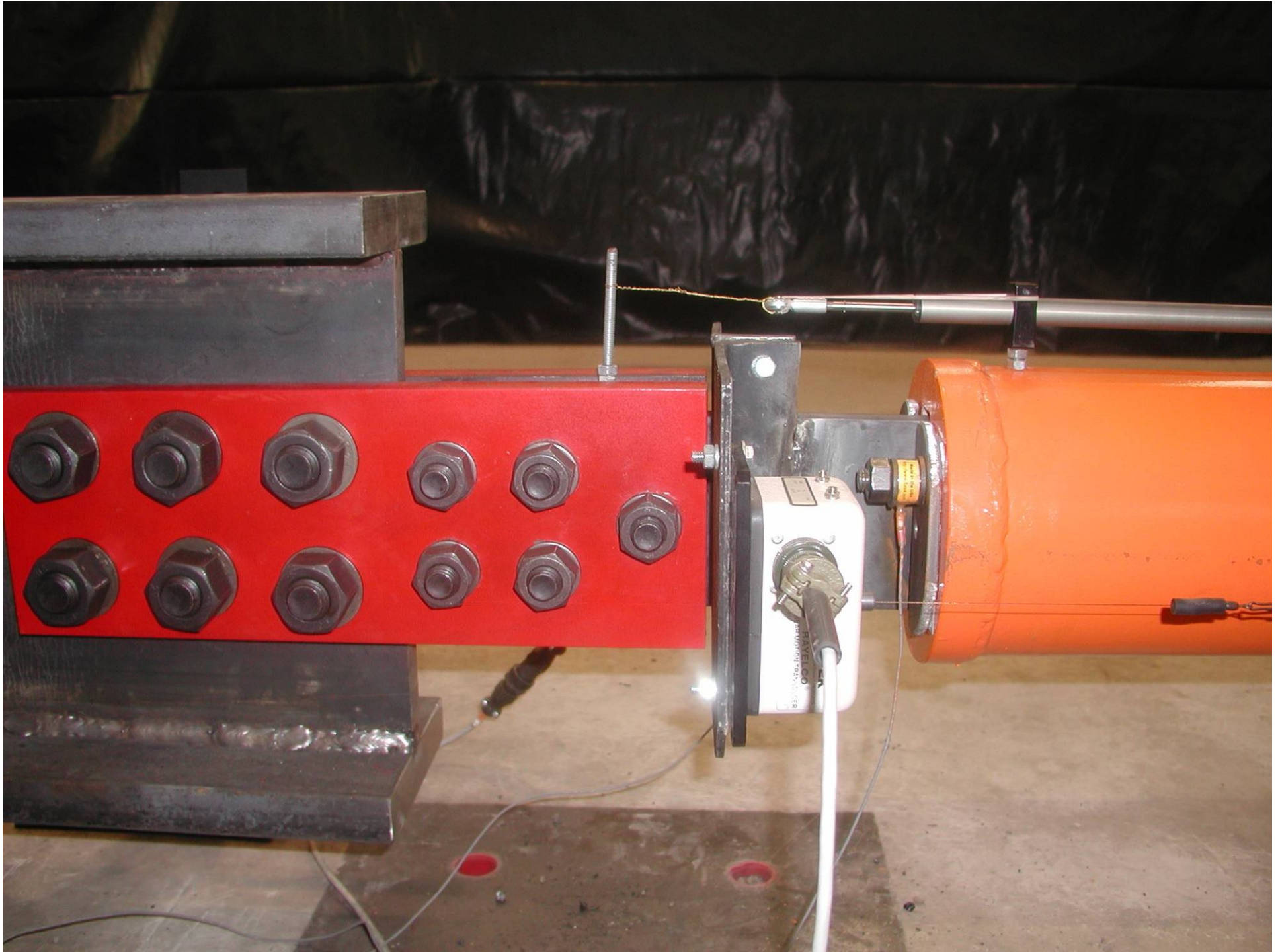


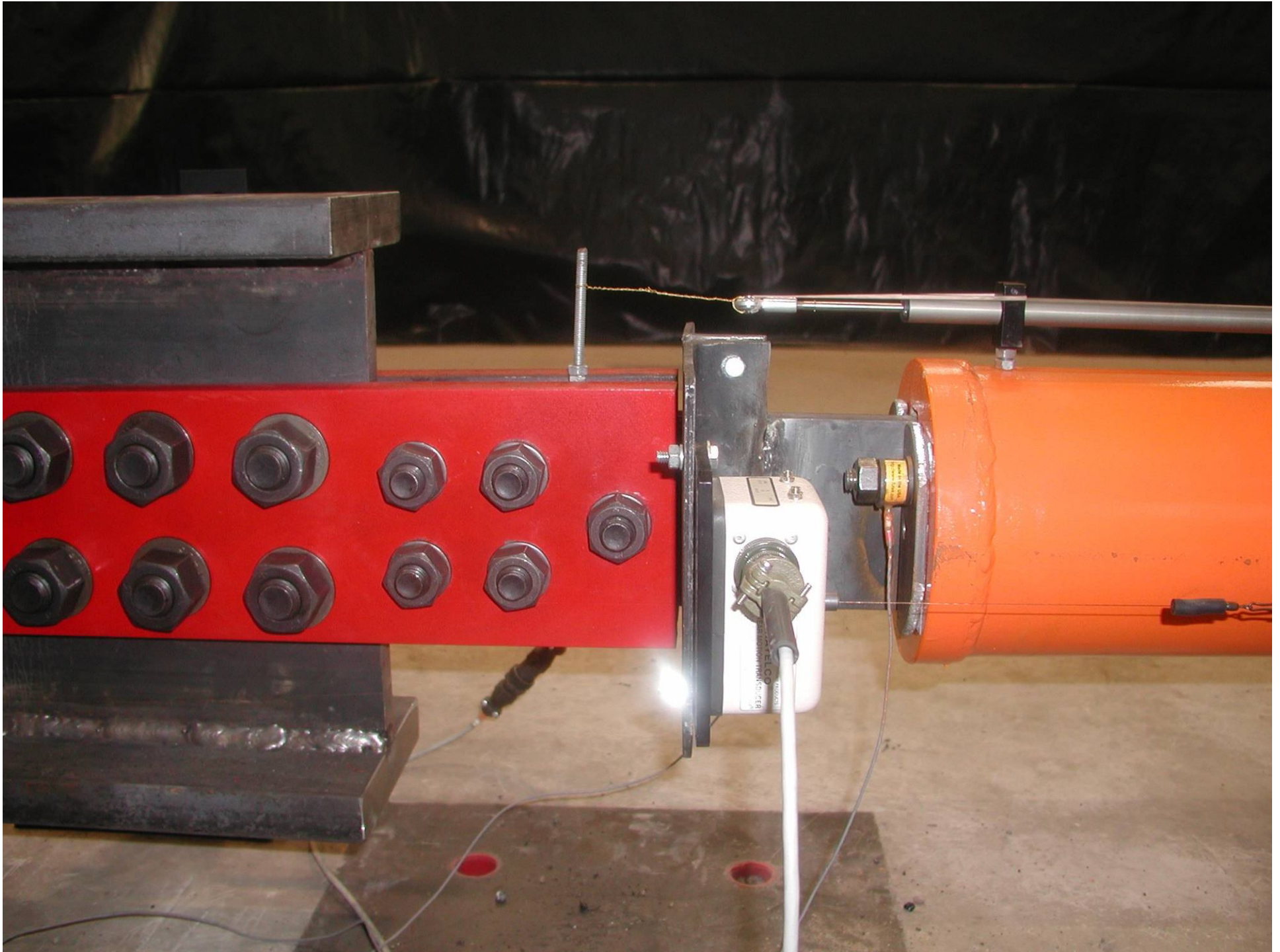


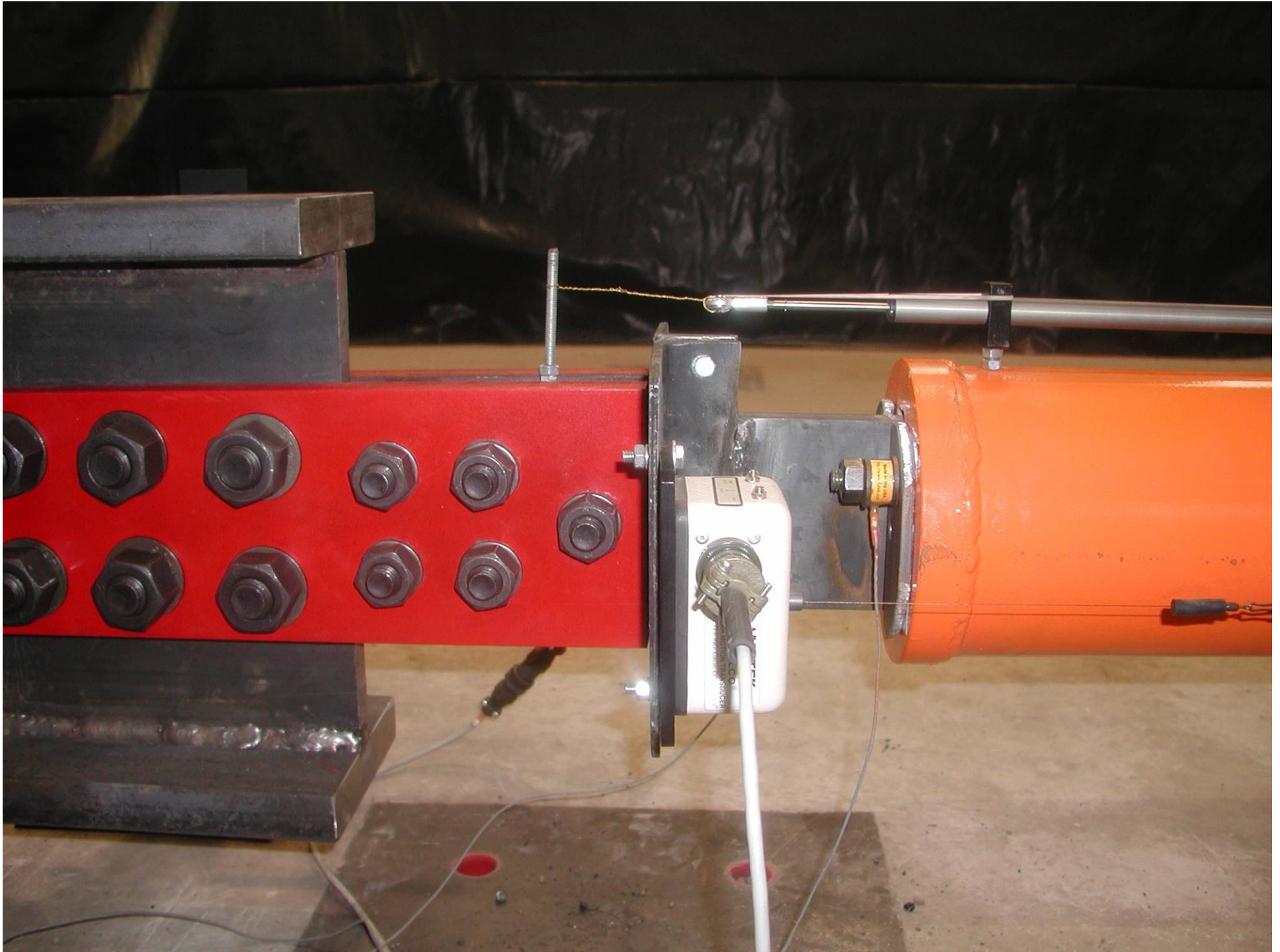


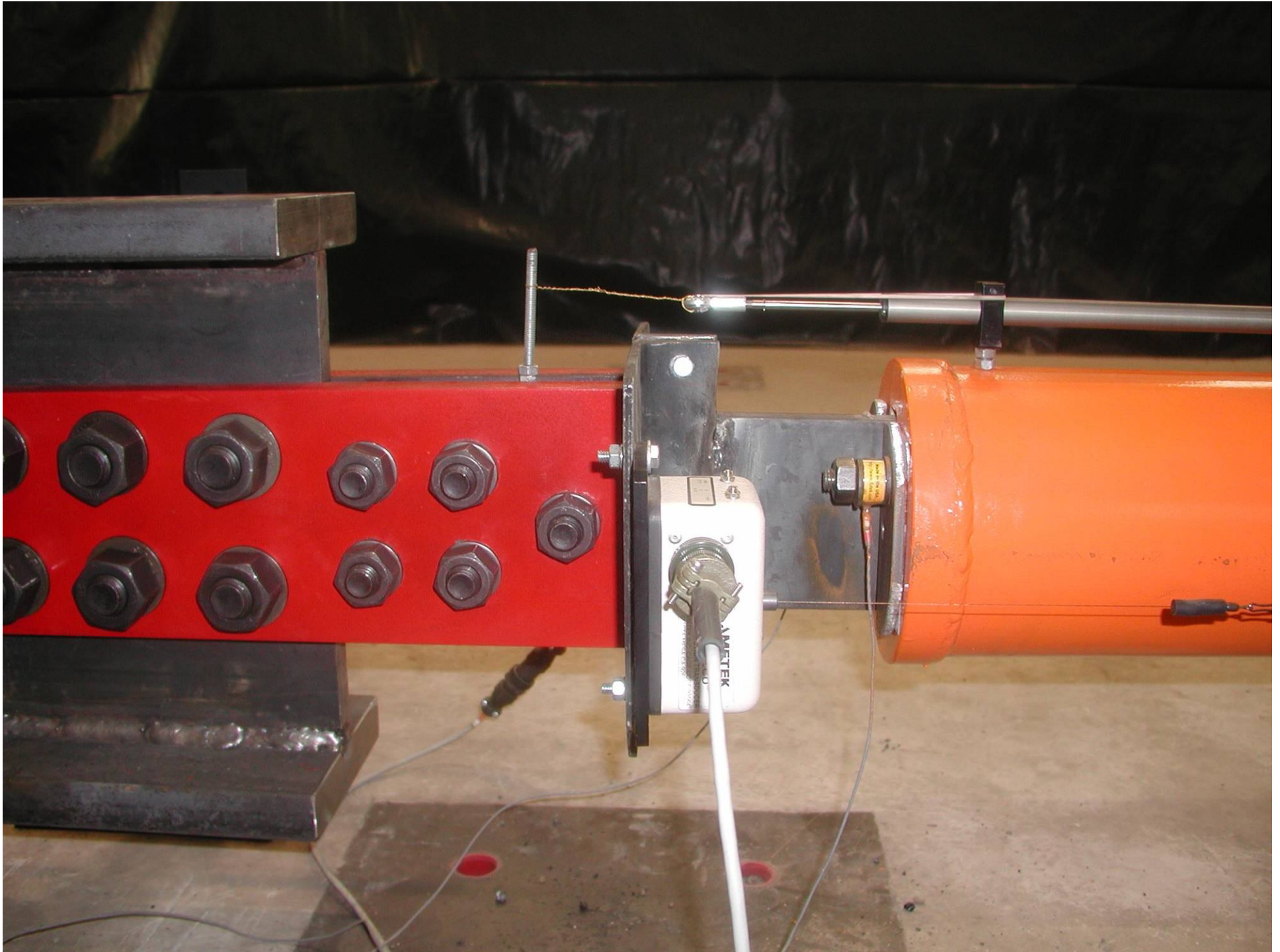


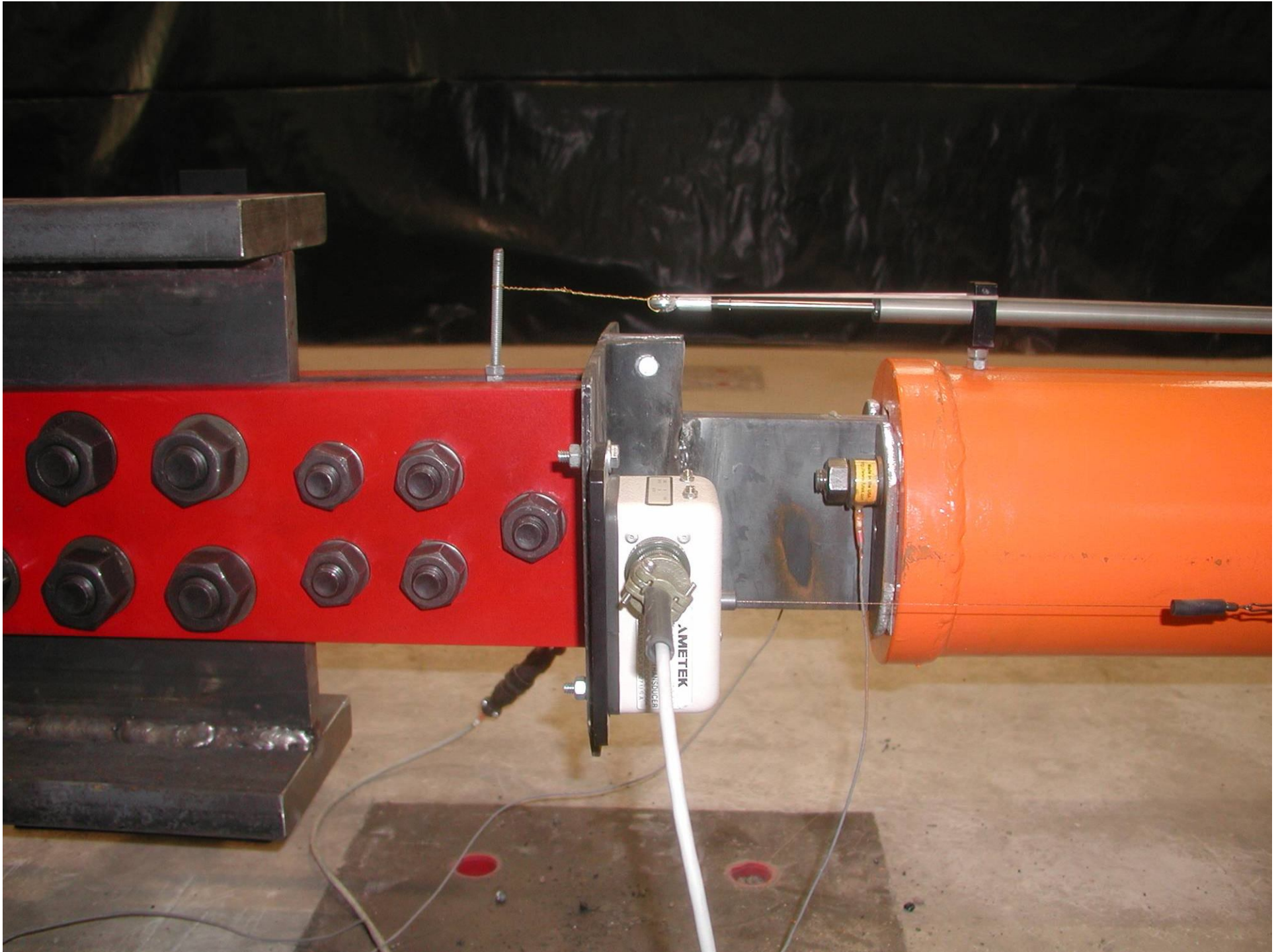


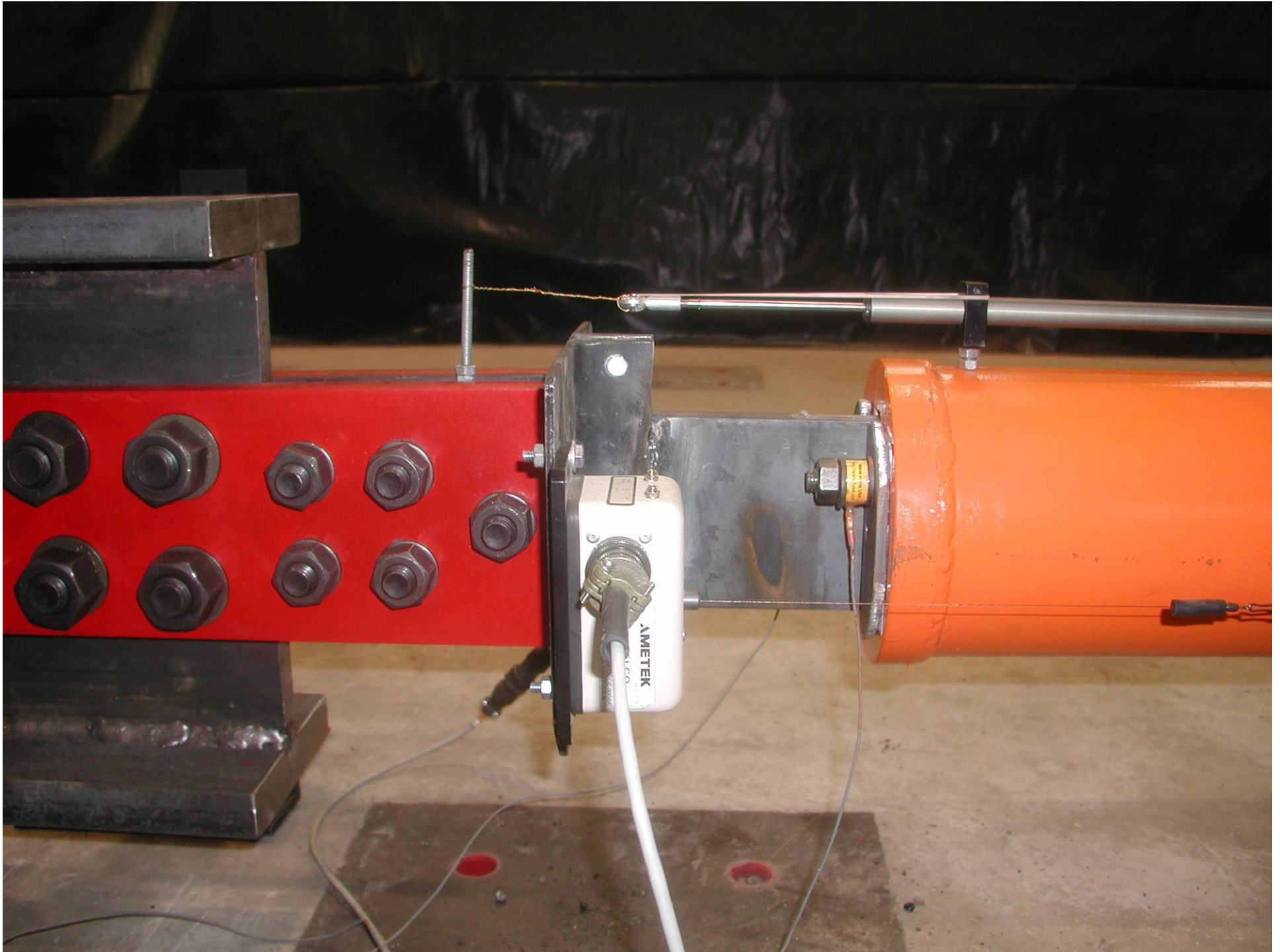


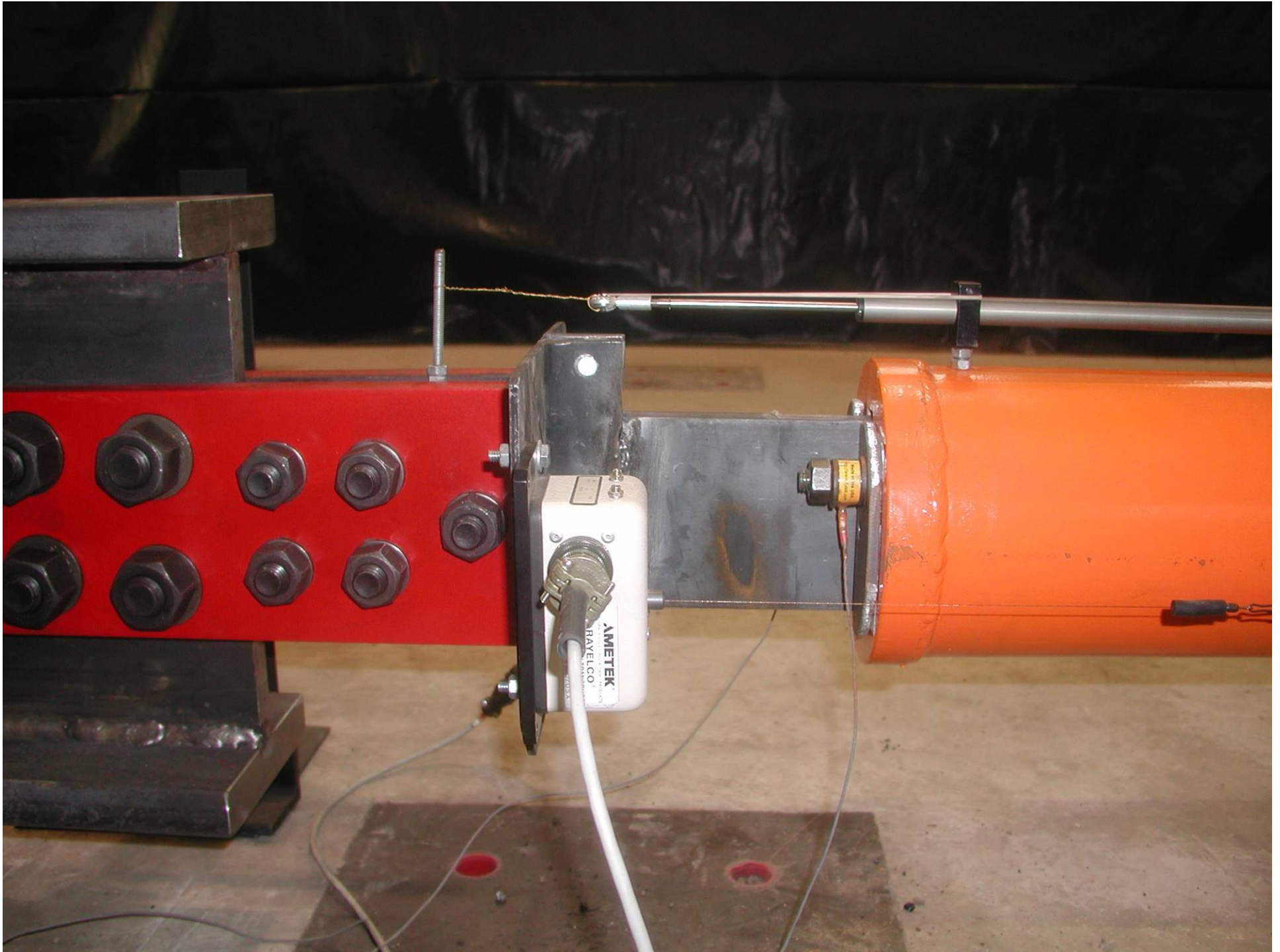


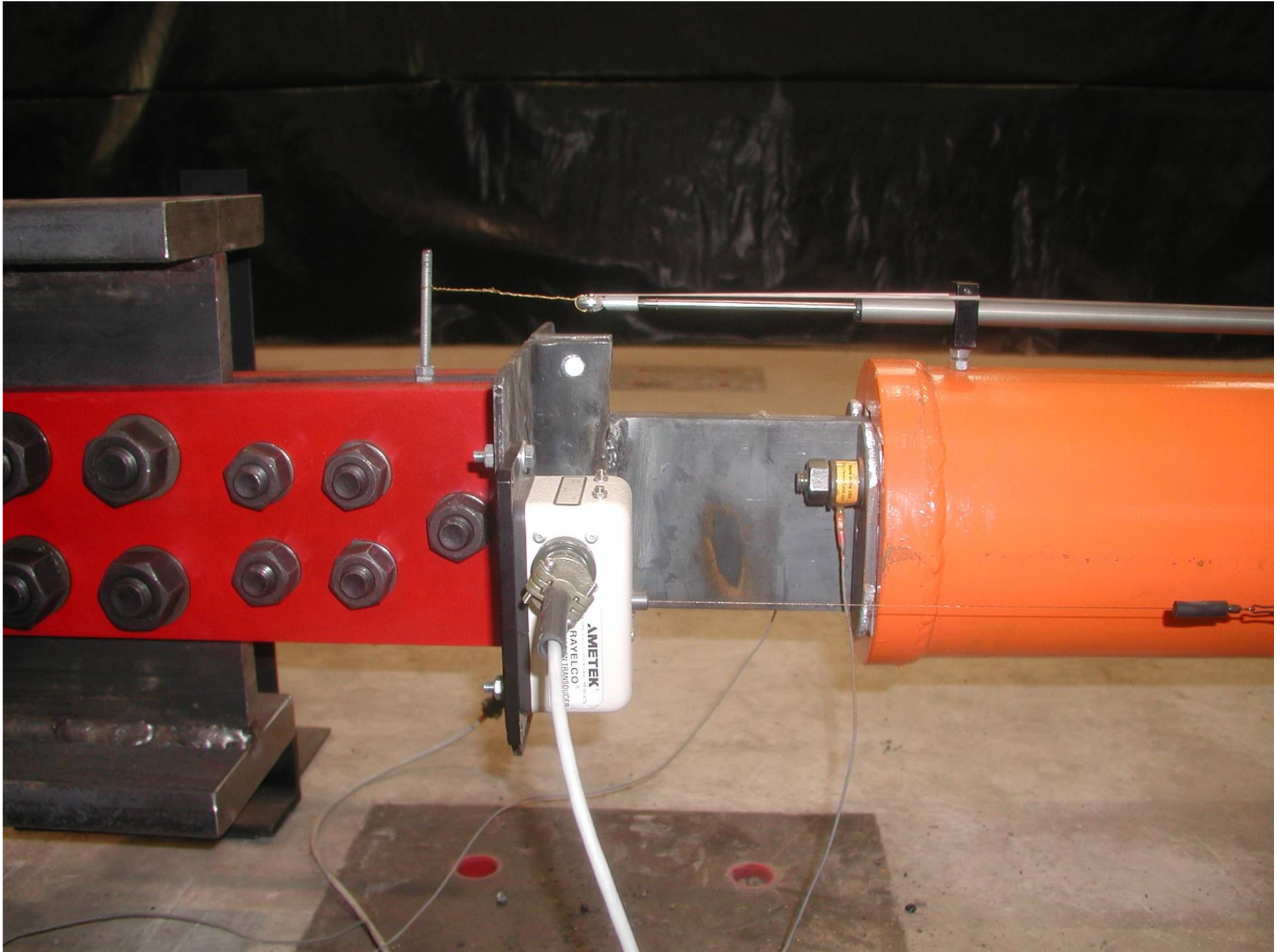


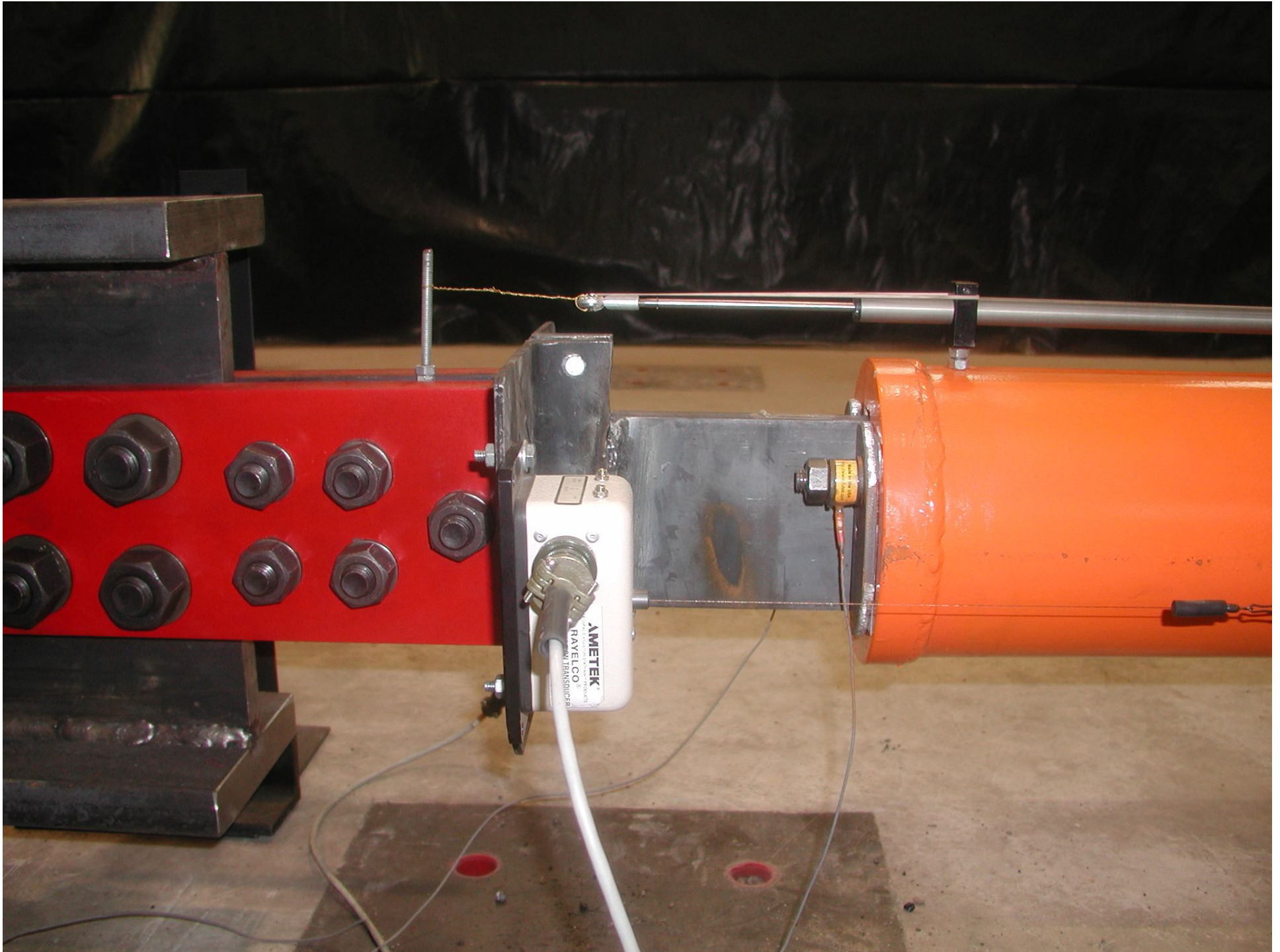


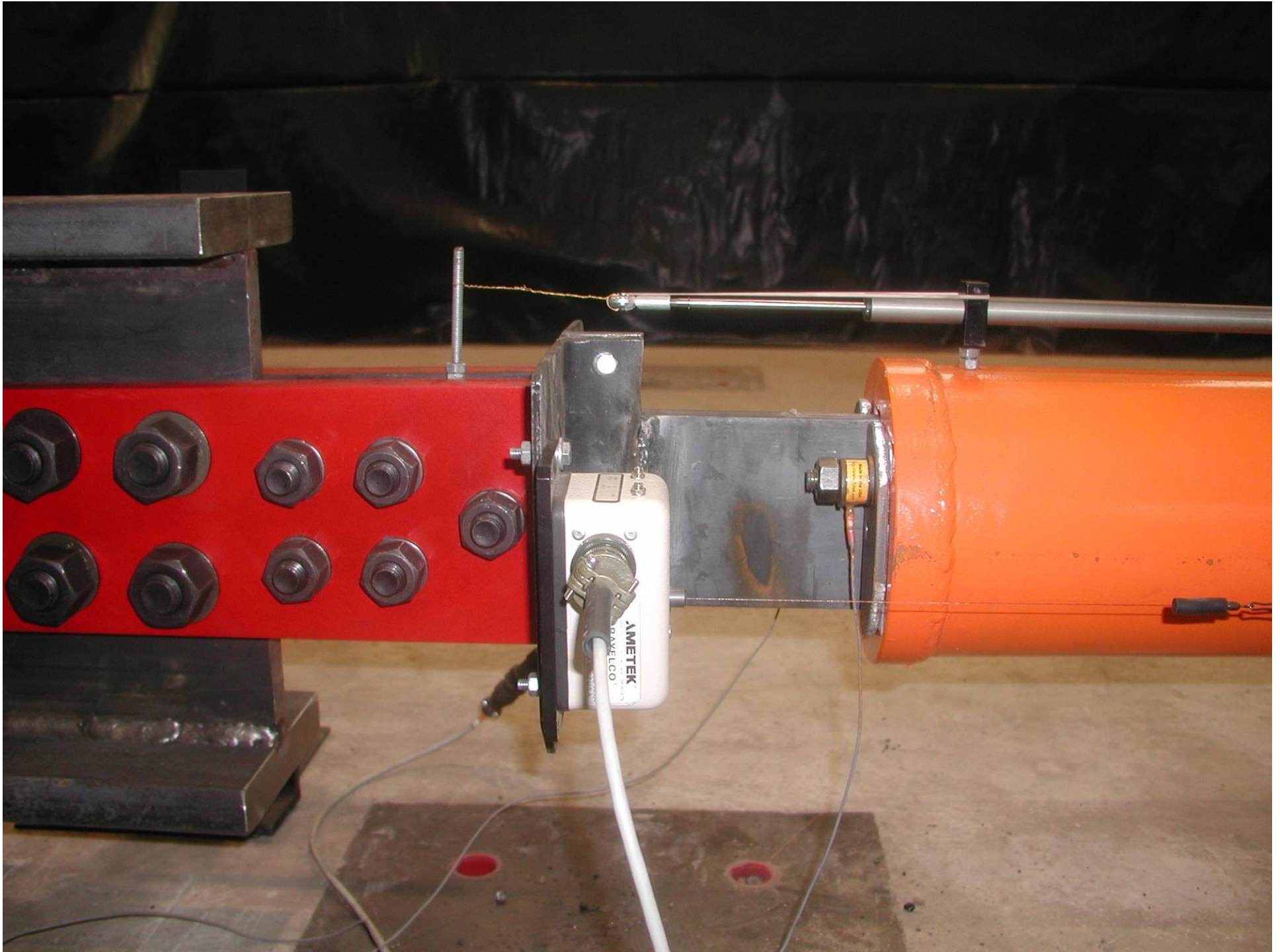


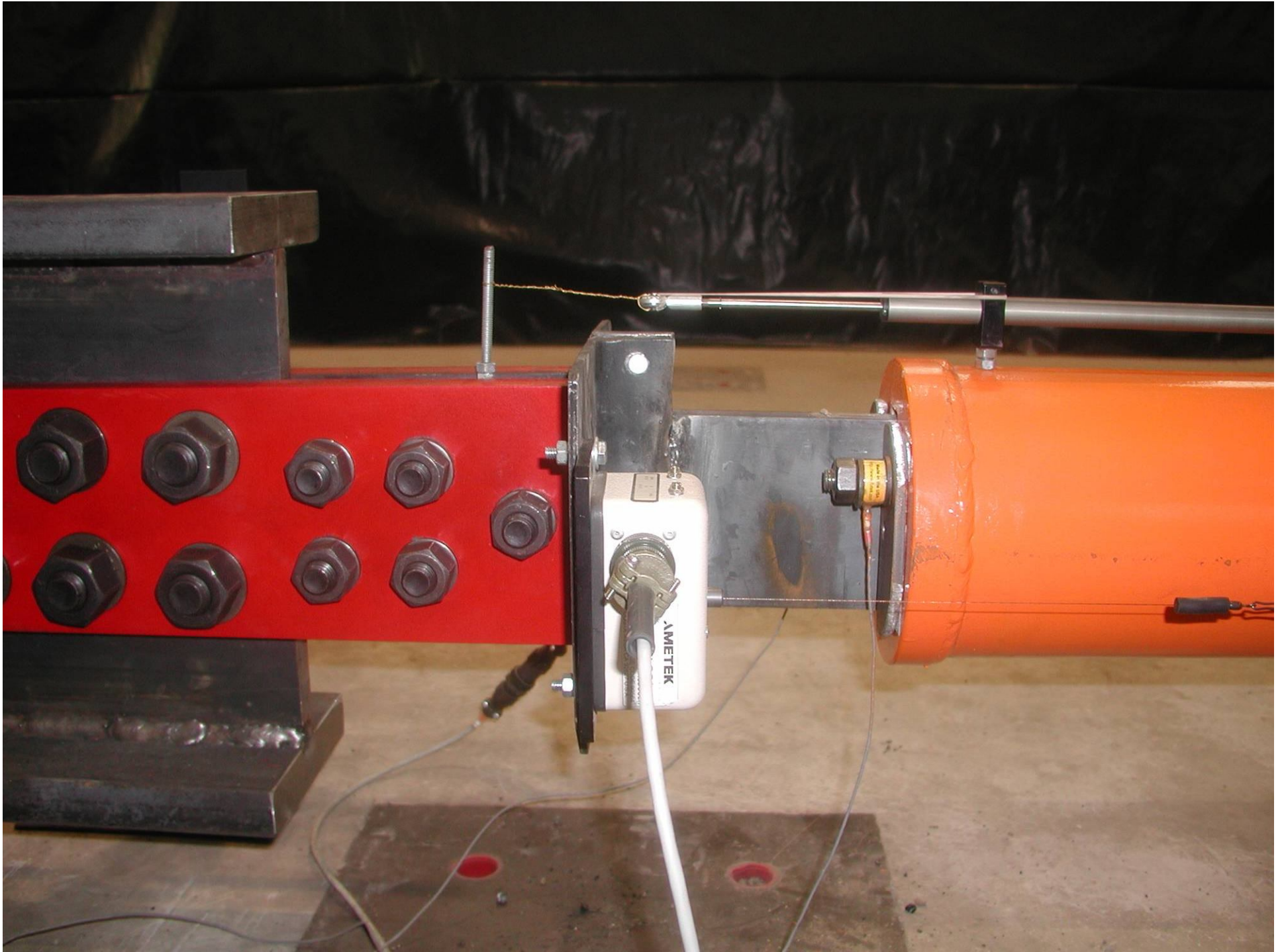


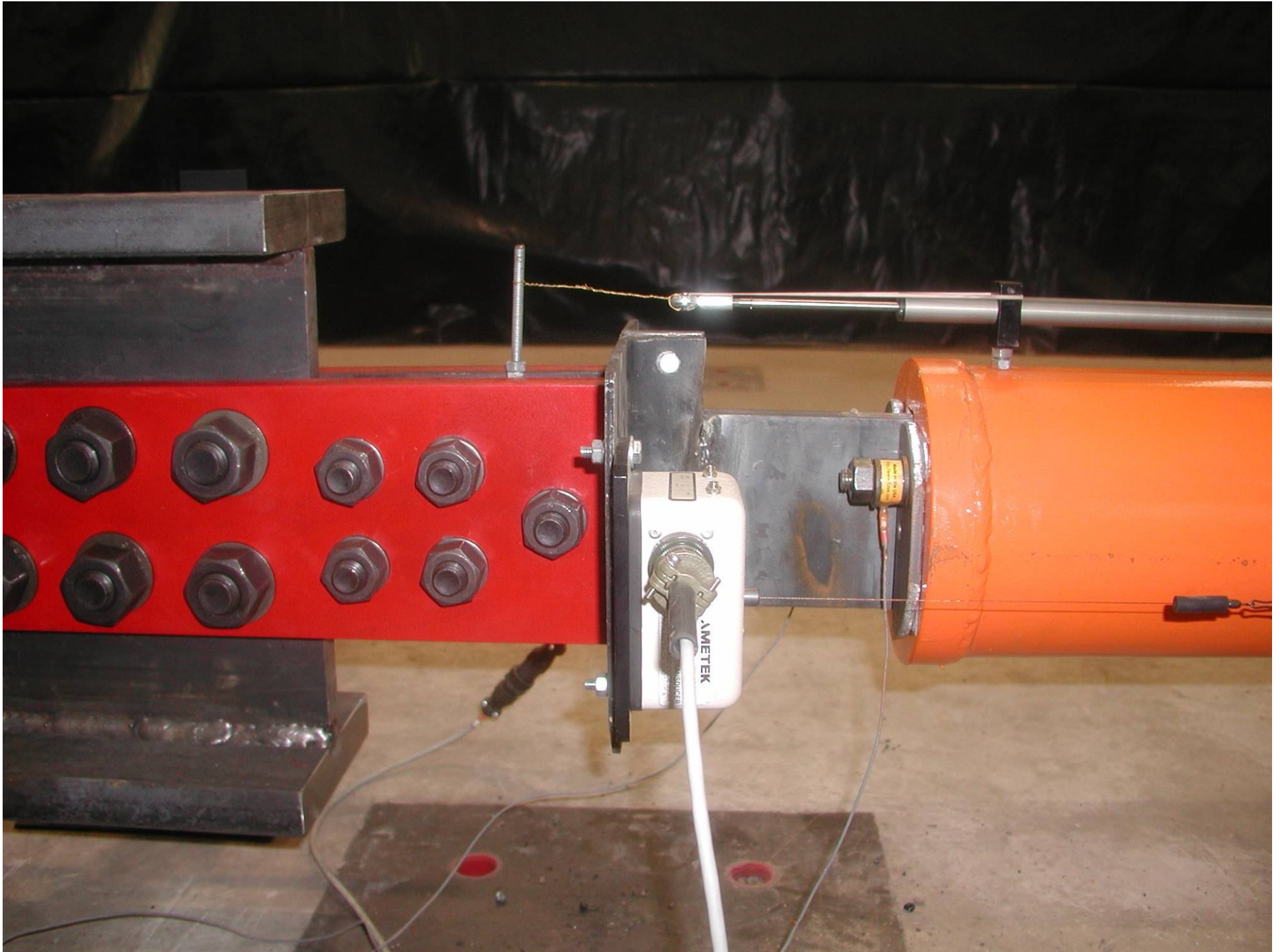


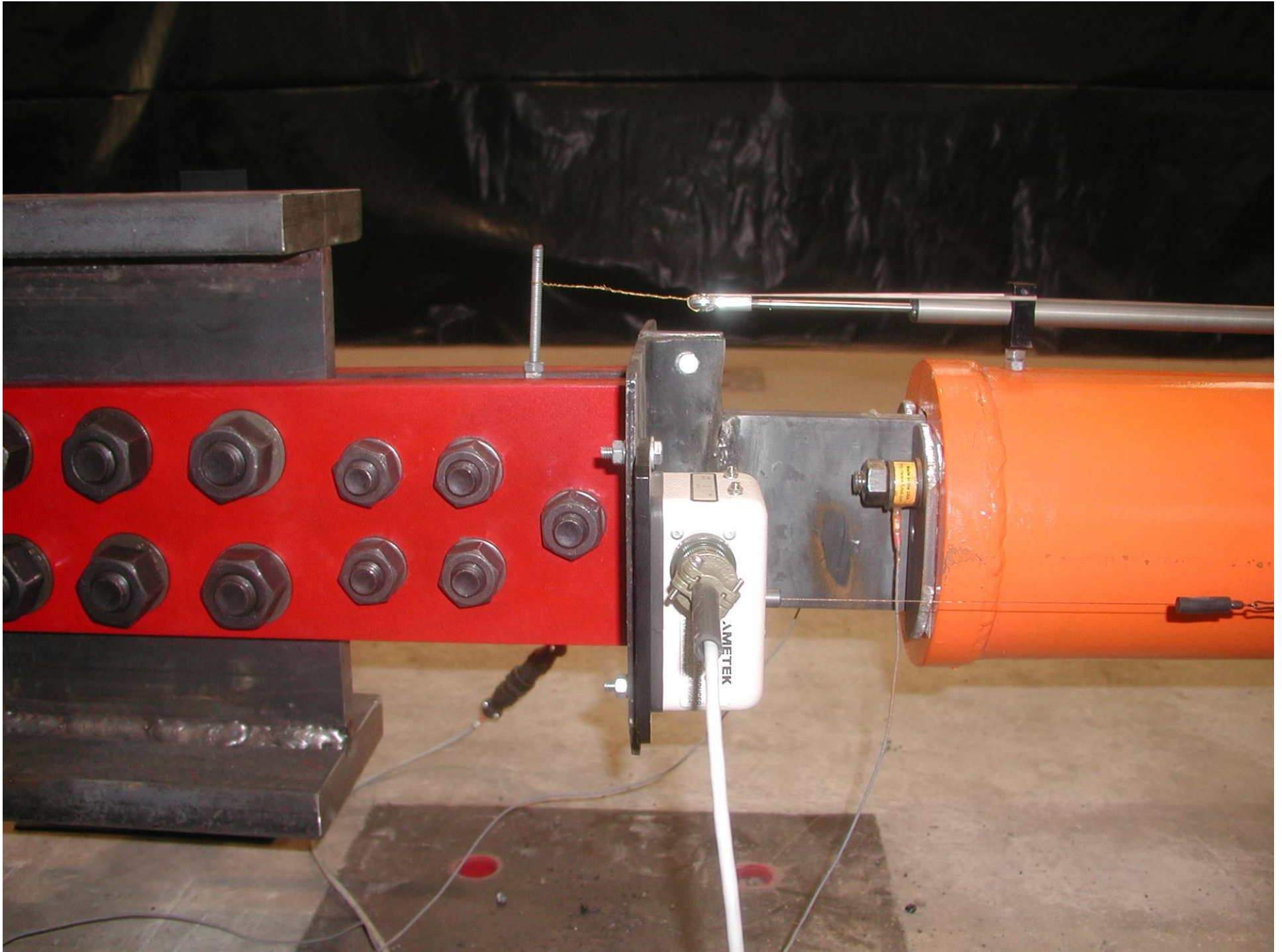












**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**