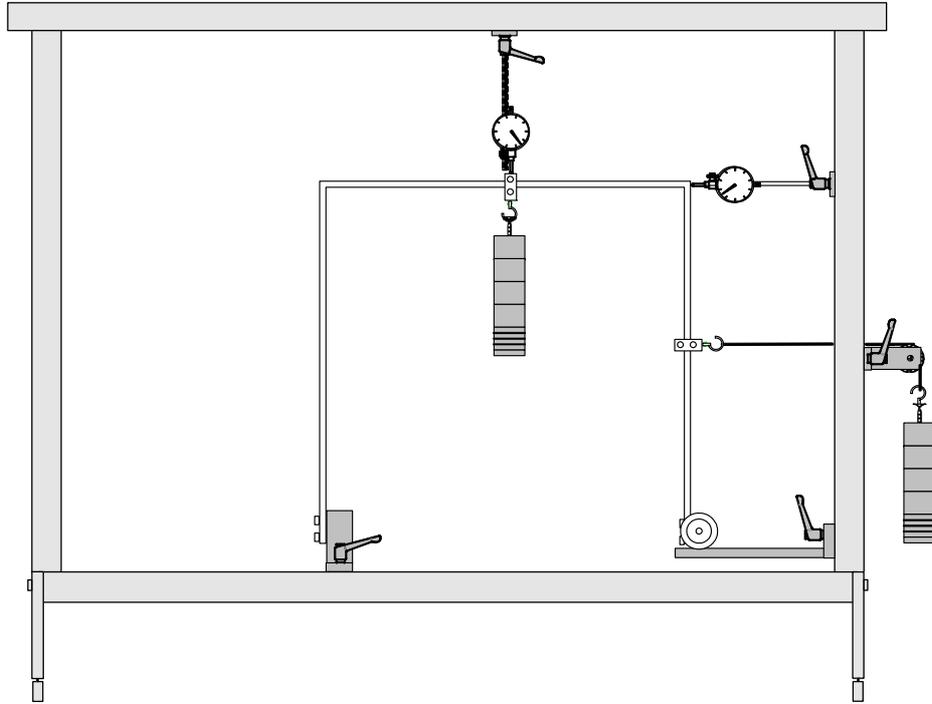


Manual de experimentos

SE 110.20 Deformación de Pórticos



Manual de experimentos

Última modificación de: Dipl.-Ing. Peter Mittasch

Estas instrucciones se tienen que guardar junto con el equipo.

Antes de poner en servicio el equipo:

- Leer estas instrucciones.
- Todos los participantes tienen que ser instruidos en lo que concierne al manejo del equipo y, si procede, en cuanto a los aspectos de seguridad.

Indice General

1	Introducción	1
2	Seguridad.	3
2.1	Uso previsto.	3
2.2	Estructura de las instrucciones de seguridad	3
3	Descripción del equipo.	4
4	Fundamentos	6
5	Ensayos	9
5.1	Objeto de ensayo Pórtico en U con esfuerzo horizontal	9
5.2	Realización de ensayos.	10
5.3	Evaluación del ensayo.	11
5.4	Objeto de ensayo Pórtico en S con esfuerzo vertical	12
6	Anexo	13
6.1	Datos técnicos.	13
6.2	Lista de símbolos de las fórmulas	14

1 Introducción

Un pórtico es, en este caso, una estructura formada por tres barras, dos pilares y un dintel, unidas por nudos rígidos.

SE 110.20 contiene un pórtico típico en forma de U, tal como se emplea, por ejemplo, en la construcción de naves industriales. Los extremos pueden estar empotrados o apoyados. Si un extremo está empotrado y el otro libre, se estudia el pórtico estáticamente determinado. Si en el extremo libre se coloca un apoyo se genera un pórtico estáticamente indeterminado. El pórtico se somete a carga con dos juegos de pesas. Los puntos de aplicación de la carga se pueden desplazar. Dos relojes de comparación registran los desplazamientos del pórtico bajo carga.

Con un segundo pórtico, en forma de S, se puede demostrar que los diversos métodos se pueden aplicar a cualquier tipo de pórtico.

Contenido didáctico / Ensayos

- relación entre carga y deformación en el pórtico
- diferencias entre un pórtico estáticamente determinado y uno estáticamente indeterminado
- aprender la teoría de la elasticidad de primer orden para sistemas estáticamente determinados e indeterminados
- aplicación del principio de superposición de la mecánica
- aplicación del principio del trabajo virtual en el pórtico estáticamente determinado y el estáticamente indeterminado
 - determinar un desplazamiento a través del principio del trabajo virtual
 - determinar una carga a través del principio del trabajo virtual
- comparación de desplazamientos calculados y medidos

2 Seguridad

2.1 Uso previsto

El equipo se ha previsto exclusivamente para fines didácticos.

2.2 Estructura de las instrucciones de seguridad

Las palabras de señalización PELIGRO, ADVERTENCIA o ATENCIÓN indican la probabilidad y la gravedad posible de las lesiones.

Otro símbolo explica, si procede, el tipo de peligro o un precepto.

Palabra de advertencia	Explicación
 PELIGRO	Señaliza una situación que, si no se evita, causará la muerte o lesiones graves.
 ADVERTENCIA	Señaliza una situación que, si no se evita, puede causar la muerte o lesiones graves.
 ATENCIÓN	Señaliza una situación que, si no se evita, puede causar lesiones leves o de gravedad media.
AVISO	Señaliza una situación que puede causar daños en los equipos o bien informa sobre el manejo del dispositivo.

3 Descripción del equipo

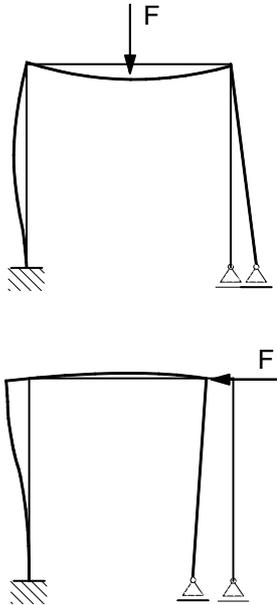


Fig. 3.1

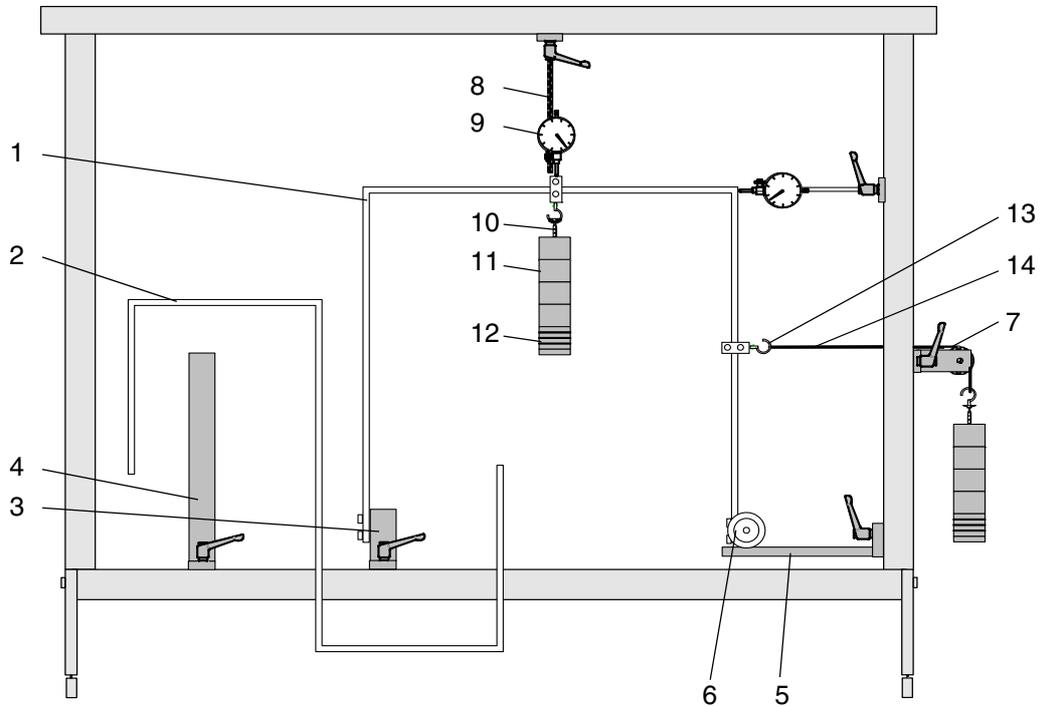
El kit de ejercicios **Deformación de Pórticos SE 110.20** está previsto para su uso junto con el Bastidor de Montaje SE 112.

El kit de ejercicios permite investigar experimentalmente la deformación de pórticos.

- Diferentes casos de carga
- Medición de la deformación
- Relación entre carga y deformación
- Principio de superposición de la mecánica
- Aplicación de la teoría de la elasticidad en sistemas estáticamente definidos e indefinidos
- Comparación de los resultados del cálculo con la medición.

El kit de ejercicios SE 110.20 presenta las siguientes características:

- Dos pórticos diferentes, de acero
- Alojamiento estático definido o indefinido
- Esfuerzo aplicado mediante juegos de pesas
- Medición precisa de la deformación por medio de relojes de comparación.



Ítem	Denominación	Cantidad
1	Pórtico en forma de U de 600mm x 600mm, sección 10mm x 20mm, acero	1
2	Pórtico en forma de S de 600mm x 600mm, sección 10mm x 20mm, acero	1
3	Columna de empotramiento corta	1
4	Columna de empotramiento larga	1
5	Placa de apoyo	1
6	Apoyo libre con poleas de reenvío	1
7	Polea de reenvío con rodamiento	1
8	Soporte de reloj de comparación, corto	2
9	Reloj de comparación, 0...20mm	2
10	Colgador portapesas, peso propio: 1N	2
11	Pesa, 5N	6
12	Pesa, 1N	8
13	Gancho desplazable	2
14	Cuerda	1

Fig. 3.2 Volumen de suministro

4 Fundamentos

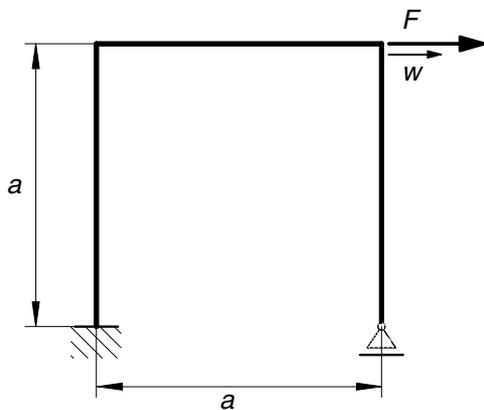


Fig. 4.1

Los fundamentos expuestos a continuación no pretenden estar completos. Para otras consideraciones teóricas, remitimos a la bibliografía especializada.

En la esquina superior derecha del pórtico ataca una fuerza horizontal F . Se desea determinar la desviación horizontal w en el punto de ataque de la fuerza.

El cálculo se realiza según el principio del trabajo virtual. Primero se tiene que determinar la fuerza de apoyo desconocida A . Para ello, en este caso se aplica una fuerza de apoyo virtual \bar{A} . Para determinar el trabajo virtual, se acoplan los desarrollos del par de flexión debidos a fuerzas reales con los de las fuerzas virtuales. El trabajo virtual se obtiene del desplazamiento real v en el apoyo y de la fuerza de apoyo virtual y debe ser cero para el apoyo, debido al desplazamiento ínfimo v .

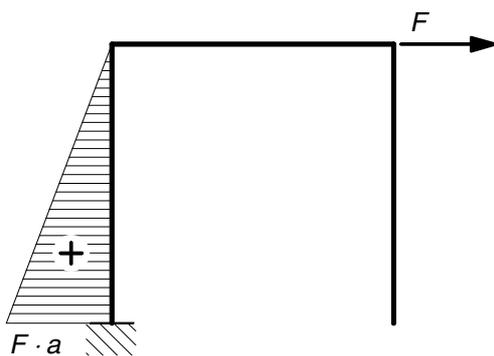


Fig. 4.2

$$v \cdot \bar{A} = 0 = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \int \{ M(x) \cdot \bar{M}(x) \} dx \quad (4.1)$$

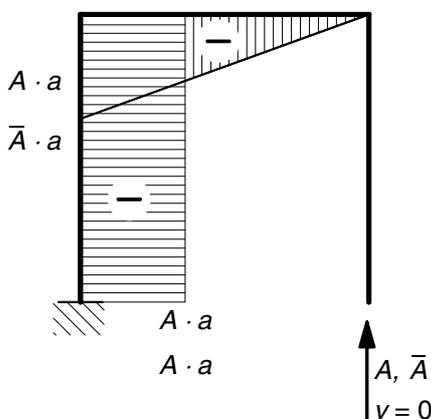


Fig. 4.3

Dado que los trabajos de las fuerzas normales y transversales son pequeños en comparación con los del par de flexión, no es necesario tenerlos en cuenta.

Del análisis de los desarrollos del par de flexión antes mostrados resulta:

$$v \cdot \bar{A} = 0 = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot A \cdot \bar{A} \cdot a^3 + A \cdot \bar{A} \cdot a^3 - \frac{1}{2} \cdot F \cdot \bar{A} \cdot a^3 \right) \quad (4.2)$$

La fuerza virtual se puede simplificar y la ecuación se puede resolver en función de la fuerza de apoyo:

$$A = \frac{3}{8} \cdot F \quad (4.3)$$

Con la fuerza de apoyo conocida ahora, se puede calcular el desplazamiento w en el punto de ataque de la fuerza. Para ello, se aplica una fuerza virtual en el sentido del desplazamiento a calcular. \bar{F}

El trabajo virtual se obtiene como sigue:

$$w \cdot \bar{F} = 0 = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \int \{ M(x) \cdot \bar{M}(x) \} dx \quad (4.4)$$

De la aplicación y la integración de los anteriores desarrollos del par de flexión resulta:

$$w \cdot \bar{F} = 0 = \frac{a^3}{E \cdot I} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot F \cdot \bar{F} - \frac{1}{2} \cdot A \cdot \bar{F} - \frac{1}{2} \cdot F \cdot \bar{A} + A \cdot \bar{A} + \frac{1}{3} \cdot A \cdot \bar{A} \right) \quad (4.5)$$

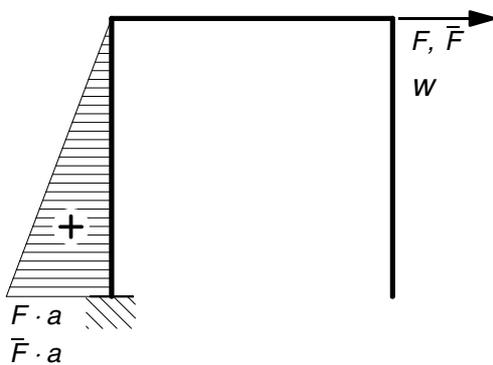


Fig. 4.4

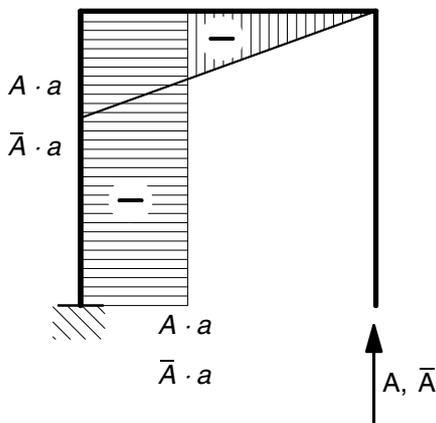


Fig. 4.5

Tras aplicar la fuerza de apoyo y simplificar la fuerza virtual, resulta para el desplazamiento

$$w = \frac{7}{48} \cdot \frac{F \cdot a^3}{E \cdot I} \quad (4.6)$$

Con un procedimiento similar también se pueden calcular otros casos de carga o deformaciones en otros puntos del pórtico.

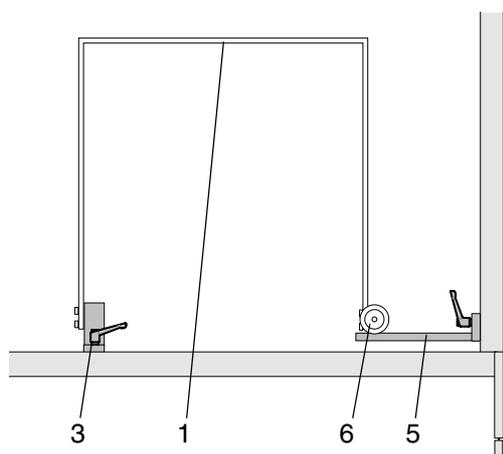
5 Ensayos

La selección de ensayos no pretende ser exhaustiva, sino que más bien se trata de una sugerencia para crear ensayos propios.

Los resultados citados deben considerarse sólo a título orientativo. En función de la ejecución de los distintos componentes, de la habilidad en el campo de la técnica de ensayo y de las condiciones del entorno, pueden presentarse divergencias en el experimento propio. No obstante, se pueden demostrar claramente las leyes de la física.

Entre la gran multitud de ensayos posibles, aquí se quiere examinar el siguiente caso de carga a modo de ejemplo.

5.1 Objeto de ensayo Pórtico en U con esfuerzo horizontal

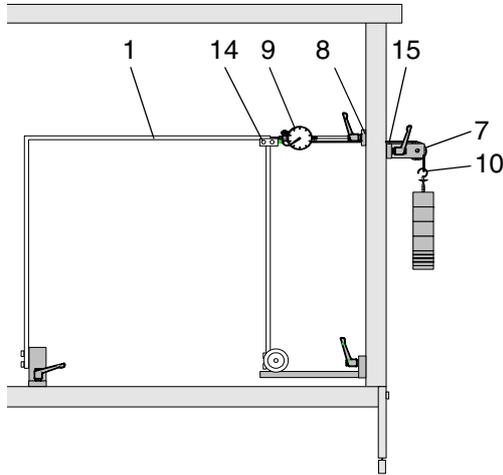


Este objeto de ensayo corresponde al ejemplo de cálculo del Capítulo 4.

- Fijar la columna de empotramiento corta (3) sobre el elemento inferior del bastidor. La distancia hasta el elemento vertical derecho del bastidor es de 750mm.
- Montar en el lado derecho del pórtico en U (1) el apoyo libre con la polea (6).
- Atornillar el pórtico en U (1) a la columna de empotramiento corta (3).
- Fijar la placa de apoyo (5) al elemento vertical derecho del bastidor de manera que la polea del apoyo haga contacto ligeramente.

1	Pórtico en U
3	Columna de empotramiento corta
5	Placa de apoyo
6	Apoyo libre con poleas de reenvío

Fig. 5.1



1	Pórtico en U
7	Rodamiento
8	Soporte de reloj de comparación
9	Reloj de comparación
10	Colgador portapesas
13	Gancho
14	Cuerda

Fig. 5.2

Esfuerzo con fuerza horizontal

- Fijar la polea de reenvío con rodamiento (7) al bastidor, desde el exterior, a la altura del punto de ataque de la fuerza.
- Colocar el gancho (13) en el punto de ataque de la fuerza y enganchar en él la cuerda (14) con el colgador portapesas (10).
- Alinear la polea de reenvío (7) de manera que la dirección de actuación de la cuerda sea exactamente horizontal.
- Fijar al bastidor, desde el interior, el soporte del reloj de comparación (8) con el reloj de comparación (9) a la altura del punto de ataque de la fuerza y alinear el reloj de comparación respecto a dicho punto de ataque de la fuerza.

5.2 Realización de ensayos

- Retirar el colgador portapesas.
- Poner a cero el reloj de comparación.
- Equipar el colgador con 3 pesas de 5N y 4 pesas de 1N (peso total: 20N).
- Colgar de nuevo el colgador portapesas.
- Leer el reloj de comparación y anotar la deformación.

El ensayo se puede repetir con otros puntos de aplicación de fuerza y otros puntos de medición.

5.3 Evaluación del ensayo

Se compara la deformación medida con la deformación calculada aritméticamente.

La medición se ha efectuado en el punto de aplicación de fuerza:

$$w = 2,02 \text{ mm}$$

El cálculo se basa en los siguientes datos.

Módulo de elasticidad:

$$E = 205000 \text{ N/mm}^2$$

Longitud de canto del pórtico en U:

$$a = 600 \text{ mm}$$

Momento de inercia de la superficie para una sección de 10 x 20:

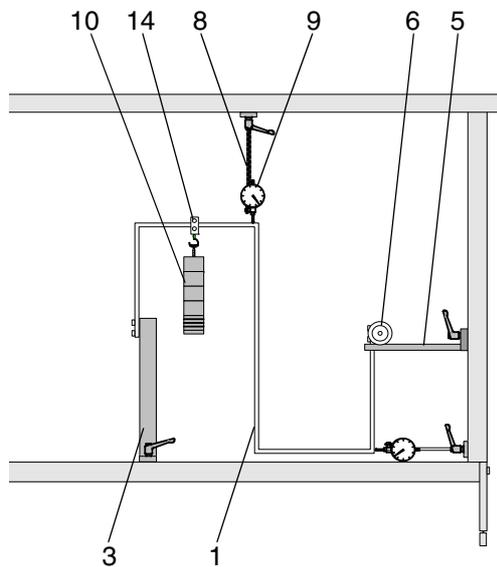
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{20 \cdot 10^3}{12} = 1667 \text{ mm}^4$$

Del cálculo resulta, para el punto de aplicación de fuerza, un desplazamiento:

$$w = \frac{7}{48} \cdot \frac{F \cdot a^3}{E \cdot I} = \frac{7 \cdot 20 \cdot 600^3}{48 \cdot 210000 \cdot 1667} = 1,84 \text{ mm}$$

El grado de coincidencia es bueno. La diferencia es menor que el 10%.

5.4 Objeto de ensayo Pórtico en S con esfuerzo vertical



1	Pórtico en S
3	Columna de empotramiento larga
5	Placa de apoyo
6	Apoyo libre con poleas de reenvío
8	Soporte de reloj de comparación
9	Reloj de comparación
10	Colgador portapesas
13	Gancho

Fig. 5.3

- Fijar la columna de empotramiento larga (3) sobre el elemento inferior del bastidor. La distancia hasta el elemento vertical derecho del bastidor es de 750mm.
- Montar en el lado derecho del pórtico en S (1) el apoyo libre con polea (6).
- Atornillar el pórtico en S (1) a la columna de empotramiento larga (3).
- Fijar la placa de apoyo (5) al elemento vertical derecho del bastidor, de manera que el pórtico se introduzca por la parte inferior a través de la ranura y la polea del apoyo haga contacto ligeramente sobre la parte superior de la placa de apoyo.
- Para ejercer un esfuerzo vertical, colocar el gancho (13) en el punto de ataque de la fuerza y enganchar el colgador portapesas (10).
- Fijar al bastidor el soporte del reloj de comparación (8) con el reloj de comparación (9) y alinear el reloj de comparación respecto al punto de medición deseado.

Se pueden ejercer asimismo esfuerzos horizontales o combinados.

La deformación se puede medir también en dos puntos al mismo tiempo, ya que el suministro del equipo incluye dos relojes de comparación.

6 Anexo
6.1 Datos técnicos
Bastidor

Forma:	U o S
Longitud de canto:	600 mm
Sección:	10mm x 20 mm
Momento de inercia de la superficie:	1667 mm ⁴
Material:	acero
Módulo de elasticidad:	205000 N/mm ²

Relojes de comparación

Rango:	0...20 mm
Resolución:	0,01 mm

Juego de pesas

Colgador portapesas, peso propio:	1 N
Juego de pesas:	8 x 1 N
	6 x 5 N

6.2 Lista de símbolos de las fórmulas

Símbolos en las fórmulas	Magnitudes matemáticas/físicas
a	Longitud de canto del bastidor
A	Fuerza de apoyo
b	Anchura
C	Módulo de elasticidad
F	Fuerza horizontal
h	Altura
I	Momento de inercia de la superficie
M	Momento
v	Desplazamiento real
w	Desviación horizontal