

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**CONTRIBUCION AL DESARROLLO
DE SISTEMAS DE CONTROL DE
ESTRUCTURAS DE EDIFICACION
MEDIANTE CABLES ACTIVOS**

Autor: Francisco López Almansa
Director: José Julián Rodellar Benedé

Barcelona, Enero de 1988

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En el presente capítulo se presentan las conclusiones más relevantes que pueden deducirse de la presente Tesis y las perspectivas de futuras investigaciones a partir de los resultados obtenidos en la misma.

En el apartado 9.1 se presenta un breve resumen del contenido de la Tesis.

En el apartado 9.2 se presentan las conclusiones de la presente Tesis y en el apartado 9.3 se describen las posibles líneas futuras de investigación.

INDICE

9.1 Resumen de la tesis.9.3

9.2 Conclusiones. 9.4

9.3 Perspectivas.9.7

9.1 RESUMEN DE LA TESIS.

En el capítulo 1 se ha descrito el control activo de estructuras y en el capítulo 2 se ha enmarcado la presente Tesis en el contexto del control de estructuras de edificación mediante cables activos y se han establecido las motivaciones que han sugerido su elaboración y los objetivos que se persiguen con la misma.

En el capítulo 5 se han definido las características generales de los sistemas de control de estructuras de edificación por cables activos que se proponen en la presente Tesis y en los capítulos 3 hasta 6 se ha construido un esquema numérico de simulación del lazo cerrado de control descrito en la figura 6.1. En las experiencias numéricas desarrolladas en la presente Tesis se ha utilizado dicho esquema de simulación, particularizándolo para las características de los sistemas de control descritos en el capítulo 5.

En el capítulo 7 se han realizado ensayos numéricos y simulados sobre un modelo experimental a escala reducida de una estructura de edificación en el que se ha instalado un sistema de control por cables activos del tipo descrito en el capítulo 5.

En el capítulo 8 se han realizado ensayos numéricos sobre 3 edificios de 23 plantas (cuyas características se definen en el apéndice A) en los que se han instalado sistemas de control por cables activos del tipo descrito en el capítulo 5.

9.2 CONCLUSIONES.

Tal como se expone en el apartado 2 del capítulo 2, el objetivo fundamental de la presente Tesis ha sido contribuir al esclarecimiento de algunos de los interrogantes formulados en el contexto de la investigación acerca de sistemas de control de estructuras de edificación mediante cables activos, proponiendo sistemas de control digital en los que se implementa una estrategia de control predictivo. De acuerdo con los análisis contenidos en esta Tesis, la conclusión general de la misma es que dichos sistemas de control son viables para ser instalados en edificios de altura media y ejercer una acción eficaz de control bajo excitaciones sísmicas y del viento.

En los párrafos siguientes se presentan las conclusiones específicas que confirman la conclusión general anterior:

- El esquema de simulación descrito en el capítulo 6 es muy completo pues tiene en cuenta todos los elementos que intervienen en el lazo cerrado de control descrito en la figura 6.1 y a la vez es muy versátil no limitándose su utilidad al contexto de la presente Tesis. La estabilidad del algoritmo numérico está garantizada si se considera un algoritmo de control estable y se implementa el algoritmo SSP (descrito en el capítulo 3) eligiendo adecuadamente los valores de los parámetros que definen dicho algoritmo. La precisión del esquema de simulación se analiza de dos maneras: comparando en el capítulo 3 resultados que pueden ser obtenidos analíticamente con los resultados proporcionados por el algoritmo SSP y contrastando los resultados experimentales obtenidos en el capítulo 7 con resultados numéricos obtenidos a partir del esquema de simulación. Por ambos procedimientos se comprueba que el esquema de simulación es muy preciso.
- La estrategia de control predictivo descrita en el capítulo 4 puede ser aplicada al control activo de estructuras resultando una formulación general en la que se puede tener en cuenta el tiempo de respuesta de los actuadores. Aún en presencia de errores de estimación de las características de la estructura y de los mecanismos actuadores, puede construirse un algoritmo de control que genere una acción de control estable y robusta con una importante reducción de la respuesta. El efecto de la acción de control equivale, en primera aproximación, a un importante

incremento del amortiguamiento y de la rigidez de la estructura. La expresión que permite obtener el valor de la señal de control es sencilla y, consecuentemente, no consume excesivo tiempo de cálculo.

- El esquema de instalación de los cables activos en una estructura de edificación descrito en el capítulo 5 permite ejercer en puntos prefijados de la misma un sistema arbitrario de fuerzas horizontales de control. Consecuentemente, dicho sistema es potencialmente útil para ejercer una acción efectiva de control.
- El sistema de control instalado en el modelo experimental considerado en el capítulo 7 reduce sensiblemente la respuesta de éste bajo excitaciones sísmicas sin un consumo excesivo de energía. La estabilidad y la robustez de la acción de control (entendiéndose esta última respecto de errores en la estimación de las características del sistema de control y de la estructura y respecto del trabajo de los cables activos en condiciones de saturación) se analizan mediante ensayos numéricos.
- En los edificios de 23 plantas considerados en el capítulo 8 pueden instalarse sistemas de control por cables activos que obedezcan a la tipología general descrita en el capítulo 5 y tales que, frente a excitaciones sísmicas o del viento, sean capaces de reducir las oscilaciones horizontales (y, consecuentemente, las tensiones máximas en las barras de la estructura) de los mismos sin introducir en sus estructuras fuerzas verticales indeseadas que comprometan su estabilidad y resistencia. La reducción de la respuesta dinámica se alcanza con un consumo razonable de energía y sin que aparezcan solicitaciones sobre el sistema de control que no puedan ser resistidos por alguno de sus elementos componentes. Puesto que los 3 edificios considerados en el capítulo 8 son representativos de las tipologías estructurales más frecuentemente consideradas en edificios de similar altura, las conclusiones anteriores pueden hacerse extensivas al conjunto de todos los edificios de altura media. La moderada altura de los edificios considerados en la presente Tesis hace que las pérdidas de tensión de los cables debida al rozamiento en las poleas no constituya un problema relevante.
- La estabilidad y la robustez de los sistemas de control considerados en el capítulo

Se verifican mediante análisis numéricos a partir del esquema de simulación descrito en el capítulo 6 en los que se constata que dichos sistemas de control pueden implementarse para generar sistemas estables y robustos.

- La mayor o menor rigidez de los edificios que deben ser controlados no representa ninguna variación cualitativa importante en las características de la acción de control. Por el contrario, un factor que modifica profundamente dichas características es la ausencia o presencia de un núcleo rígido (habitualmente, caja de ascensores y escaleras) que condicione la rigidez horizontal del edificio: en edificios que incorporan un elemento de tales características es posible ejercer una acción efectiva de control con una única fuerza horizontal aplicada en la planta superior mientras que en edificios cuya rigidez horizontal se debe exclusivamente a su estructura resistente, es preciso ejercer un número más elevado de fuerzas de control (y, consecuentemente, diseñar un sistema de control más sofisticado, más costoso y que ocupe un mayor espacio) para generar una acción de control de similar eficacia.

9.3 PERSPECTIVAS.

A partir de los resultados obtenidos en la presente Tesis, pueden proseguirse las investigaciones sobre sistemas de control de estructuras de edificación mediante cables activos, realizando ensayos experimentales y ensayos de simulación numérica con el objetivo final de instalar sistemas de control por cables activos en edificios reales. Las experiencias de simulación pueden desarrollarse a partir del modelo descrito en el capítulo 6 y los ensayos experimentales pueden realizarse sobre modelos a escala reducida similares al modelo considerado en el capítulo 7.

En ambos tipos de experiencias el algoritmo de control puede ser formulado en coordenadas modales.

Los ensayos experimentales pueden hacerse sobre modelos a escala reducida con varios grados de libertad en los que se instalan mecanismos actuadores por cables activos capaces de ejercer varias fuerzas horizontales de control sobre la estructura. Es importante considerar las oscilaciones horizontales en dos direcciones ortogonales, las oscilaciones debidas a la torsión y el posible acoplamiento entre ambas bajo excitación sísmica y del viento.

En los modelos experimentales considerados en el párrafo anterior pueden realizarse experiencias de sistemas de control híbridos (descritos en el apartado 1.5). Puede ser particularmente interesante analizar la combinación entre sistemas de aislamiento de base (descritos en el apartado 1.2) y cables activos, la cual ha sido ya considerada en la referencia [118] del capítulo 1.

Las experiencias numéricas pueden realizarse sobre estructuras de edificación de distintas alturas considerando, en cada caso, las tipologías estructurales más frecuentes para dichas alturas. Las instalaciones de control descritas en el capítulo 5 pueden ser modificadas para controlar las oscilaciones horizontales en tres dimensiones teniendo en cuenta los fenómenos de acoplamiento entre las oscilaciones de torsión y las de flexión. En edificios muy altos el rozamiento en las poleas puede constituir un fenómeno relevante.

Es interesante desarrollar sistemas de control semi-activo (descritos en el apartado 1.4) cuyos mecanismos actuadores estén constituidos por cables activos. Mediante ensayos simulados y experimentales puede desarrollarse en dicho campo una actividad semejante a la descrita para los sistemas activos.

Para garantizar que la acción de control nunca pueda convertirse en desestabilizadora es necesario diseñar sistemas de seguridad que regulen los criterios de puesta en marcha del sistema de control. La investigación en dicho campo puede desarrollarse mediante ensayos experimentales y mediante simulación numérica.