

# **Analysis on the diaphragm design as one storey stiffening method against lateral loads**

Author: David Fabregas Cabrera

Tutor: Alfredo Arnedo Pena

## **ABSTRACT**

A certain building typology, the one storey steel framed buildings with purlins as a secondary structure, is a popular solution for industrial and storage buildings. In order to avoid stability problems in the portal frames, a proper stiffening of the frames and purlins is necessary. The diaphragm design is one of the available methods to stiffen buildings globally against lateral loads, as wind or small cranes.

The diaphragm design uses the roof as a deep plate girder to transmit the external forces on the side of the buildings to the stiffened portals, normally placed at the end of the building, reducing the horizontal load in the frames and its side displacement. This transmission is done by means of two processes: loading at shear the corrugated metal sheets and compressing and tensioning the purlins of the secondary structure. A typical metal diaphragm includes several corrugated steel sheets, fastened to each other and to the secondary structure of the building.

This dissertation covers three big issues in order to evaluate the suitability of this method:

An introduction to the calculation methods for corrugated sheets in bending, a needed step to understand the behaviour and limitations of the corrugated metal sheets. On a second step, the whole theory of Bryan/Davies is developed, which is the tool to calculate the strength and flexibility of a diaphragm in a shear field. There is a detailed explanation of the formulation presented in the ECCS recommendation. A comparison with the Schardt/Strehl theory is also developed.

The second objective was to point the limits of the diaphragm capacities. A whole set of calculations with different metal sheets, purlins spacing, buildings dimensions, fastening patterns and fasteners has been performed to give the brighter scope possible on all the conceivable configurations. A detailed analysis on the data obtained has been performed. Two objectives were pursued: set limits and reference values for flexibility and strength of the shear cells and identify which are the relevant factors and its influence in the design.

The third part of the dissertation analyses the interaction between the diaphragm and the building. A procedure, in order to calculate the effects of the external loads in the building, was done for two different configurations: symmetric rigid frames in both ends or just one rigid frame in one of the building's ends. Resume tables are given for both cases, so that the designer is able to calculate on a given case the load share on the diaphragm and frames, and its deformation. The load distribution is controlled by one parameter : the relative flexibility between the diaphragm and the portals. With the results of the previous analysis a range of maximum bays on the building and maximum external loads is proposed.

# **Análisis del efecto diafragma como arriostramiento de naves mononivel frente a cargas laterales**

Autor: David Fabregas Cabrera

Tutor: Alfredo Arnedo Pena

## **RESUMEN**

Una cierta tipología de edificio, la de naves de una sola planta con estructura de acero y con correas de cubierta como estructura secundaria es una solución muy típica para naves industriales y de almacenaje. Para evitar problemas de estabilidad en los pórticos, es necesaria una estabilización adecuada de los pórticos y las correas. El efecto diafragma es uno de los métodos que existen para arriostrar globalmente edificios frente a cargas laterales, como viento o grúas ligeras

El efecto diafragma usa la cubierta como una viga de gran canto, que transmite las fuerzas laterales del edificio hacia los pórticos rigidizados, normalmente colocados en la cabecera del edificio. Con este efecto se reduce tanto la fuerza horizontal que deben absorber los pórticos como su desplazamiento transversal. La transmisión se realiza mediante dos elementos: la chapa, que transmite los esfuerzos por cortante, y las correas de cubierta, que se solicitan a esfuerzos normales. Un diafragma metálico consiste en diversas chapas grecadas unidas entre ellas y a su vez unidas a la estructura secundaria del edificio.

Esta tesina se divide en tres bloques para evaluar la idoneidad del uso del efecto diafragma:

En primer lugar una introducción a los métodos de cálculo de las chapas grecada a flexión, un paso necesario para entender el comportamiento y las limitaciones de éstas. En un segundo paso, se desarrolla la teoría de Bryan/Davies, que es la teoría que permite el cálculo de la resistencia y la flexibilidad del diafragma solicitado a cortante. Hay una explicación detallada de la formulación presentada en la recomendación del ECCS. Se presenta también una comparación con otras teorías, como puede ser el modelo Schardt/Strehl,

Un segundo objetivo era marcar unos límites en la capacidad de los diafragmas. Para ello se ha realizado una serie de cálculos con diferentes chapas grecadas, espaciados de correas de cubierta, dimensiones del edificio, patrón de fijaciones y tornillos, para dar una visión global de todas las posibles configuraciones. Se ha realizado un posterior análisis sobre estos datos, persiguiendo dos objetivos: marcar los valores límite y medios de la resistencia y flexibilidad de las células a cortante e identificar en un segundo paso los factores que influyen en el diseño y en que grado lo hacen.

La tercera parte de la tesina analiza la interacción entre el diafragma y el edificio. Se han desarrollado las herramientas que permiten analizar esta interacción en dos tipologías específicas de edificio, aquella en que hay dos pórticos de cabecera arriostrados frente a desplazamiento lateral y aquella en la que solo hay un pórtico rígido en uno de los extremos. Se proporcionan tablas resumen para ambos casos para calcular los esfuerzos y deformaciones en los casos en que una acción exterior actúa sobre el edificio. Este reparto de fuerzas depende del valor de un parámetro: la flexibilidad relativa del diafragma frente a la de los pórticos.