

EDIFÍCIO INDUSTRIAL EM FRÉJUS - FRANÇA

1 - Características gerais da obra

Ano: 2011

Localização: ZI Grand Capitou, Fréjus, Var, França

Tipo: Fundações indiretas por barretas CSM

Área de implantação: 3800 m²

Terreno: Aterro, solos coluvionares e margas gresosas

Dono de Obra: SCI MRJ ; Projetista: Geo-Rumo, S.A. ; Executante: Geo-Rumo, S.A.

2 - Principais objetivos

A principal preocupação na concepção da solução que se apresenta centrou-se na minimização de assentamentos totais e diferenciais da estrutura do edifício a construir. De acordo com o contexto geológico-geotécnico encontrado no local, houve a necessidade de garantir a transmissão dos esforços da estrutura ao substrato de melhores características geomecânicas (margas gresosas), detetado a profundidades variáveis, entre 3 m e 7 m. A solução proposta para a referida transmissão de esforços ao estrato competente consistiu, na generalidade, na execução de uma malha regular de painéis de solo-cimento realizados através da tecnologia de CSM, executados sob uma camada de repartição de 0,60 m de altura em *tout-venant*, sobre a qual assentou a laje terrea do edifício.

O edifício apresenta uma geometria em planta aproximadamente retangular com uma área de implantação de cerca de 3800 m², um piso em altura e a respetiva envolvente é caracterizada pela ausência de construções adjacentes.

3 - Condicionamentos de ordem geológica e geotécnica

A concepção da solução apresentada foi apoiada num estudo geotécnico que incluiu a realização de ensaios de penetração estática (CPT). A análise dos resultados obtidos permitiu identificar uma camada de aterros com cascalho até um metro de profundidade, sobrejacentes a uma camada de solos coluvionares caracterizados por apresentarem reduzidos valores de resistência e deformabilidade elevada, repousando por sua vez num substrato de margas gresosas detetado a profundidades variáveis, entre 3 m e 7 m.

4 - Descrição da solução adotada

A solução adotada para garantir a correta transmissão de esforços ao terreno competente consistiu na execução de 118 painéis de CSM, com secção transversal retangular de dimensões 0,60 m x 2,40 m, dispostos numa malha quadrada em planta. Os painéis CSM foram executados até profundidades variáveis entre 3,5 m e 7,5 m, com vista a garantir um encastramento mínimo de 0,5 m nas margas gresosas. Para permitir um encaminhamento eficaz das cargas para os painéis de CSM foi prevista a execução de capitéis de encabeçamento dos painéis com 1,0 m de altura e uma geometria retangular com dimensões em planta de 3,6 m x 1,8 m, realizados através de uma pré-escavação com a geometria do capitel, posteriormente preenchida pelo refluxo resultante da execução do painel de CSM em profundidade. A solução incluiu ainda a execução de uma camada de repartição de 0,60 m de altura em *tout-venant*, sob a qual foi executada posteriormente a laje de fundo do edifício.

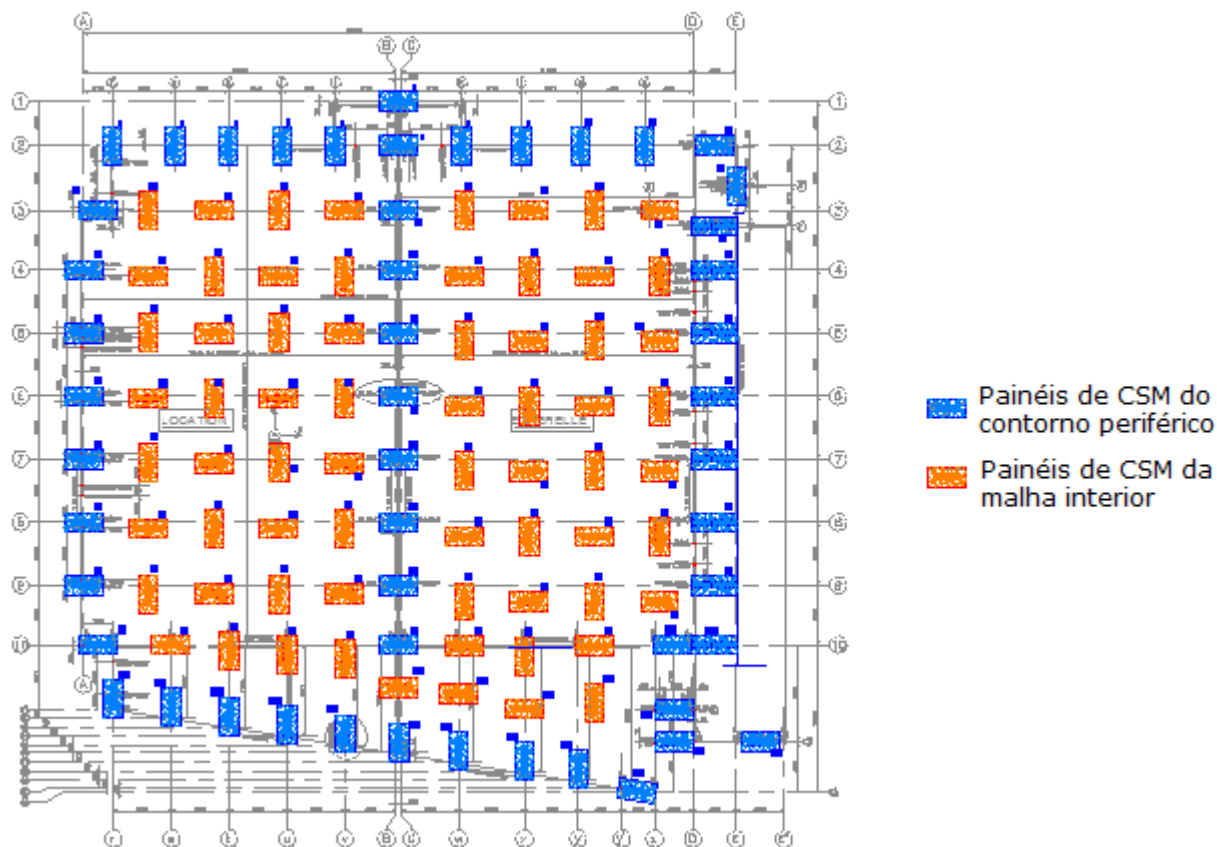


Figura 1 - Planta da solução de melhoria do solo de fundação

5 - Principais aspetos do projeto

Numa fase inicial, a malha de painéis CSM foi definida com base na limitação da tensão de compressão nos painéis de CSM, quando sujeitos a cargas de serviço, ao valor máximo de 1,5 MPa, admitindo-se, pelo lado da segurança, a transmissão de toda a carga do edifício para os painéis de CSM.

Tendo por base a malha de painéis definida na fase inicial do estudo, procedeu-se posteriormente à análise do comportamento da solução em termos de assentamentos, recorrendo a um modelo numérico de elementos finitos. Para a modelação do terreno existente, da camada de *tout-venant* e dos painéis de CSM, recorreu-se ao modelo de comportamento *Mohr-Coulomb*.

Para a avaliação dos efeitos da variação de determinados parâmetros nos valores finais dos assentamentos, foram também efetuadas análises paramétricas. Obtiveram-se distorções angulares inferiores a 1/800 em todas as análises efetuadas, encontrando-se os valores obtidos dentro dos limites estabelecidos como aceitáveis para o bom comportamento da obra. O valor do assentamento total máximo obtido nas análises efetuadas foi de aproximadamente 11 mm.

6 - Principais aspetos da obra

A tecnologia de CSM consiste, de uma forma geral, na mistura mecânica do solo *in situ* com um ligante hidráulico, normalmente calda de cimento, obtendo-se painéis de solo-cimento de secção transversal retangular, dotados de características de resistência e de deformabilidade que permitem a sua aplicação a problemas como o que se descreve no presente documento e em outros casos. A ferramenta utilizada, à semelhança do que acontece na tecnologia de paredes moldadas, é a hidrofresa, constituída por dois conjuntos de rodas de corte que giram em torno de eixos horizontais.

O equipamento utilizado apresenta a versatilidade de permitir o atravessamento de todos os tipos de solos, destacando-se ainda a possibilidade de utilização do terreno *in situ* como material de construção, a minimização do volume de materiais a vazadouro e o conhecimento da geometria exata do material tratado em profundidade.



Figura 2 - Equipamento utilizado para a execução dos painéis de CSM



Figura 3 – Vistas do equipamento durante a execução de um painel de CSM

A obtenção de boas soluções por aplicação da tecnologia de CSM é fortemente condicionada por diversos fatores como por exemplo as características do solo que serve de base ao tratamento, os requisitos específicos de cada projeto, a experiência do projetista, a disponibilidade de equipamento apropriado e de pessoal qualificado, entre outras. As particularidades associadas ao processo de execução da tecnologia de CSM e, sobretudo, a utilização do solo *in situ* como material de construção, tornam fulcral o controlo de qualidade durante a execução. Este controlo é efetuado numa primeira fase durante a execução dos painéis de CSM pelo manobrador do equipamento que através do painel de controlo do equipamento acede em tempo real aos parâmetros de execução. Numa fase seguinte são realizados ensaios de resistência à compressão uniaxial realizados sobre provetes recolhidos dos painéis de CSM.

A utilização de tecnologias que permitem a utilização do solo *in situ* como material de construção, como é o caso da tecnologia de CSM aqui aplicada, constitui uma solução alternativa às mais tradicionais com vantagens técnicas, económicas, ambientais e de tempo de execução.

A integração do solo existente na solução final associada ao aproveitamento do refluxo resultante da execução dos painéis de CSM para materializar os capitéis de encabeçamento, fez com que fosse nula a quantidade de material a vazadouro resultante do processo de execução. A solução apresentada permitiu responder, na generalidade, aos objetivos pretendidos quer em termos económicos e de prazo de execução, quer em termos do seu bom comportamento enquanto solução de melhoramento do solo de fundação.

REFERÊNCIAS

- Ameratunga, J., Brown, D., Ramachadran, R. and Denny, R. (2009). Ground improvement for a large above ground storage tank using cutter soil mixing columns. *Proceedings of the 17th ICSMGE*, pages 2280-2283.
- Bringiotti, M., Dossi, M. and Nicastro, D. (2009). Miscelazione profonda dei terreni: metodi classici e tecnologie innovative – CSM by BAUER. *Geofluid 2009*.
- Gerressen, F. W., Schopf, M. and Stotzer, E (2009). CSM – Cutter Soil Mixing – Wordwide experiences of a young soil mixing method. *Proceedings of International Symposium on Deep Mixing & Admixture Stabilization*, Okinawa, Japan.
- Pinto, A., Albuquerque Nuncio, J., Tomásio, R., Morais Sarmento, M. e Peixoto, A. (2010). Soluções de fundações indirectas no colégio Pedro Arrupe – Parque das Nações. *Actas do XII CNG – Congresso Nacional de Geotecnia*, Guimarães.