ArcelorMittal

Soluções em contenção

Estacas-pranchas de aço laminadas a quente

Estacionamentos subterrâneos

Índice

Tourcoing
França 4

Haarlem
Holanda 8

New Islington
Manchester, Reino Unido 12

Kolkata
Índia 16

St. Martens Latem
Gent, Bélgica 20

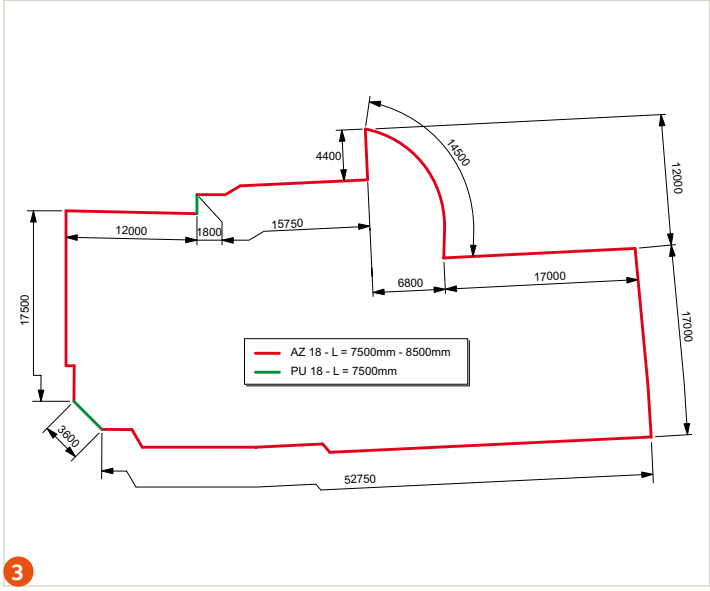
Dadeland
Miami, EUA 24

Tourcoing
França

Tourcoing está situada a 10 km ao norte de Lille, bem próxima da fronteira com a Bélgica. Famosa pela sua indústria têxtil do séc. XIX, a cidade francesa passou recentemente por um grande programa de desenvolvimento conduzido pela comunidade urbana da área metropolitana de Lille para aumentar a atratividade do centro da cidade. O projeto envolve a construção de um shopping center no estilo moderno, um núcleo de transporte usado pelo metrô, transvia e ônibus, bem como o desenvolvimento de áreas residenciais e públicas.

Entre as áreas residenciais a serem desenvolvidas estava um bloco de apartamentos de 40 unidades na esquina da Rue de Chanzy e Rue Lehoucq. Um nível subterrâneo e quatro níveis superiores seriam construídos nos arredores densamente popularizados. Em razão da transvia próxima e das estruturas existentes incluindo um monastério do séc. XIX, o local da construção estava sujeito a uma série de constrangimentos. A deflexão da parede de estaca-prancha estava limitado a 20 mm. Uma vida útil de cinquenta anos tinha de ser garantida para os elementos de aço. Uma barreira de nove metros de altura foi erguida para a proteção de linhas de energia de alta-tensão nas proximidades.

As paredes de contenção em estaca-prancha metálica exigem somente um mínimo de espaço e eram, portanto, a solução ideal para o estacionamento subterrâneo mais recente de Tourcoing. O projeto inicial considerou as estacas-pranchas como elementos de uso temporário, com uma parede de concreto permanente. Posteriormente o projeto foi alterado considerando as estacas-prancha como contenção permanente. Além de contribuir para a impermeabilidade da escavação, a parede de estaca-prancha suporta as cargas horizontais da pressão de terra incluindo as cargas impostas pelo tráfego rodoviário e da transvia.



As cargas verticais da superestrutura residencial foram fixadas em uma fundação profunda de estacas de concreto.

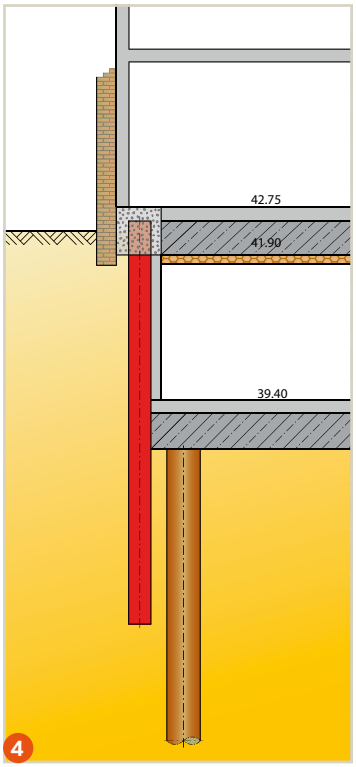
Diversos furos de sondagem foram executados com uma profundidade de 16 m. A análise do solo revelou as seguintes camadas de solo (de cima para baixo):

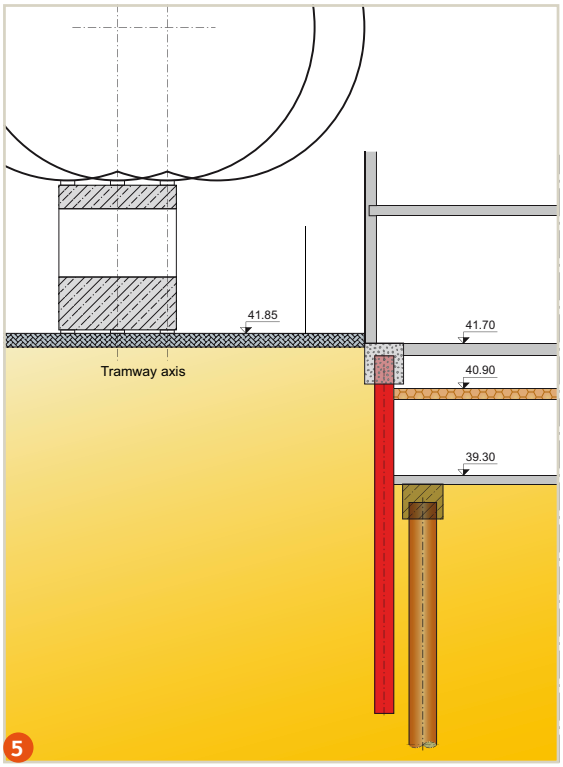
- um metro de aterro
- até sete metros de areia pluvial siltosa para argilosa (ângulo de fricção interna: 20 – 28º, coesão de até 20 kN/m²)
- lençol freático a 1,5 m abaixo do nível do solo (El. +40.30 m)
- substrato de argila cada vez mais rígido até o fundo do furo

Um pré-furo de 460 mm de diâmetro foi executado, a fim de diminuir a resistência da argila para facilitar a cravação. Principalmente perfis AZ 18 foram usados no projeto, bem como diversas estacas-pranchas PU 18, ambos os tipos em grau de aço S 240 GP. As estacas-pranchas AZ e PU, variando de 7,5 a 8,5 m de comprimento, foram instaladas no substrato de argila rígida com um martelo vibratório ABI montado em guindaste (MRZV 925). Para evitar danos aos edifícios vizinhos, as vibrações foram severamente limitadas. Além disso, o canteiro foi equipado com equipamentos de medição de vibração especiais.

Uma vez que as estacas-pranchas tinham sido cravadas no substrato de argila, uma viga de coroamento de concreto reforçada foi lançada no topo das estacas. Tubos de aço de grande diâmetro foram fixados na viga para suportar a reação horizontal das paredes durante a fase de construção (escoramento temporária). Tubos ancorados em dois pares de estacas duplas AZ 18 garantiram a estabilidade dos cantos de escavação. Posteriormente os tubos foram substituídos pela laje de cobertura do estacionamento que passou a trabalhar como escoramento da parede de estaca prancha. Barras de reforço foram fixadas nas estacas-pranchas antes da laje ser executada, assegurando assim uma conexão adequada entre a parede de Estaca-Prancha e Laje. As paredes de contenções da rampa de acesso também foram executadas em estaca-prancha. O comprimento total da parede em AZ 18 foi de aproximadamente 150 m.

Para assegurar a impermeabilidade da escavação e também do futuro estacionamento subterrâneo, diversas medidas de vedação foram implementadas. Os conectores intermediários das estacas duplas AZ 18 foram soldados antes da entrega em Tourcoing. Além disso, os conectores que unem os pares de Estaca Prancha





dentro de seis semanas, apesar da forma complexa da escavação. Iniciada em abril de 2006, a construção de edifícios residenciais em Tourcoing foi concluída até meados de 2007. As paredes de Estaca-Prancha foram revestidas em cores diferentes e são um bônus em termos estéticos para o estacionamento, evitando posterior manutenção e execução de paredes de acabamentos.

cravados abaixo da placa de fundo foram completados com substância de vedação betuminosa chamada Beltan.

Uma vez instaladas as estacas-pranchas metálicas, a escavação foi iniciada. Para permitir trabalhar a seco, foi utilizado um equipamento de rebaixamento do lenço freático, mantendo o nível 2 metros abaixo da cota natural. Após a conclusão dos trabalhos de escavação, os conectores visíveis de dentro da escavação foram soldados. Um pequeno sistema de drenagem horizontal completou o sistema de impermeabilização do estacionamento. Como a estrutura superior é apoiada nas paredes de concreto, não foi necessário que a conexão entre a laje de fundo e as estacas-pranchas suportasse cargas significativas.

Como foram colocadas bombas dentro da escavação, elas tiveram de garantir simplesmente o bombeamento da água que percolava pelos conectores que ainda não haviam sido soldados.

Métodos de construção alternativos frequentemente requerem bombeamento do lençol freático durante todo o período de construção. Isto pode causar um requalque severo, pondo em risco as infra-estruturas das proximidades.

140 toneladas de estacas-pranchas metálicas laminadas a quente e com uma viga de coroamento foram instaladas

Proprietário: Immobiliária Nord-Artois
Projetista: Arquiteto Allain Bossain
Contratante: Rabot Dutilleul Construction
Perfil utilizado: AZ 18 e PU 18
Conectores: C9, Omega 18, Delta 13
Grau de aço: S 240 GP
Comprimento: 7,5 - 8,5 m
Quantidade total: 140 t

1 O estacionamento subterrâneo abaixo do edifício residencial foi construído com uma parede de contenção de estaca-prancha impermeável.

2|3 A parede de estaca-prancha AZ 18 no perímetro da escavação durante a etapa de construção foi posteriormente deixada no local para servir como uma parede definitiva e acabada do estacionamento subterrâneo.

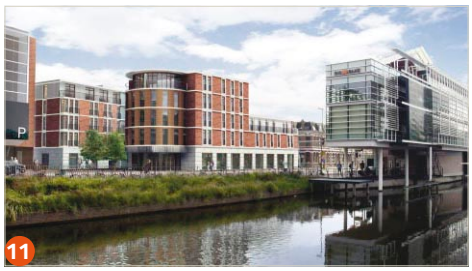
4|5 O estacionamento subterrâneo foi construído em uma área interna da cidade bem próxima de edifícios e infra-estruturas de transporte existentes.

6|7 Uma viga de coroamento de concreto foi colocada na parte superior das estacas-pranchas.

8 Reações horizontais foram suportadas por tubos de aço.

9|10 Estacas-pranchas AZ 18 pintadas como parede acabada do estacionamento e rampa de acesso.

Haarlem
Holanda

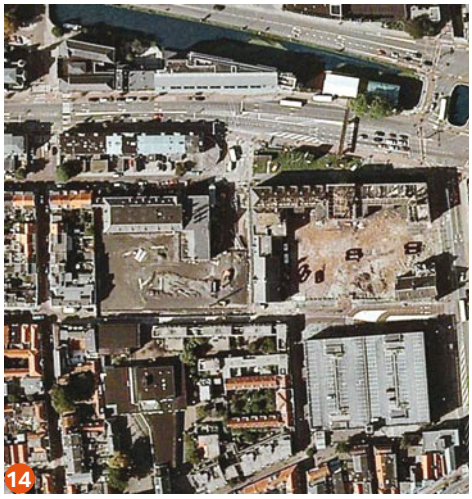

11

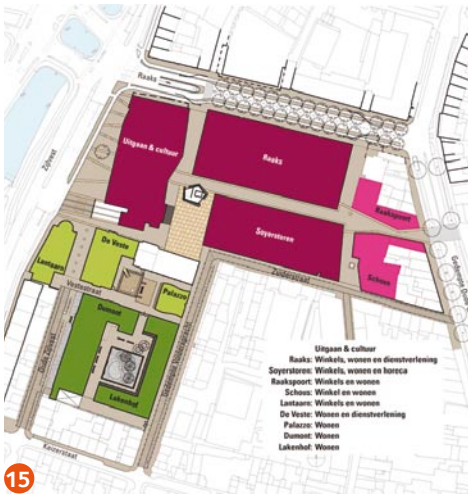
12

13

Haarlem está localizada a 20 km a oeste da capital holandesa, Amsterdão. A decisão de re-projetar uma área interna da cidade de dois hectares como uma reação à falta de espaço de estacionamento, entre outros motivos, foi tomada em 1998. A empresa responsável pelo desenvolvimento Bouwfonds MAB Ontwikkeling e a cidade de Haarlem inauguraram o "Raaksproject" em 2004, que inclui o lançamento de 220 apartamentos e uma área comercial de 20.000 m^2.

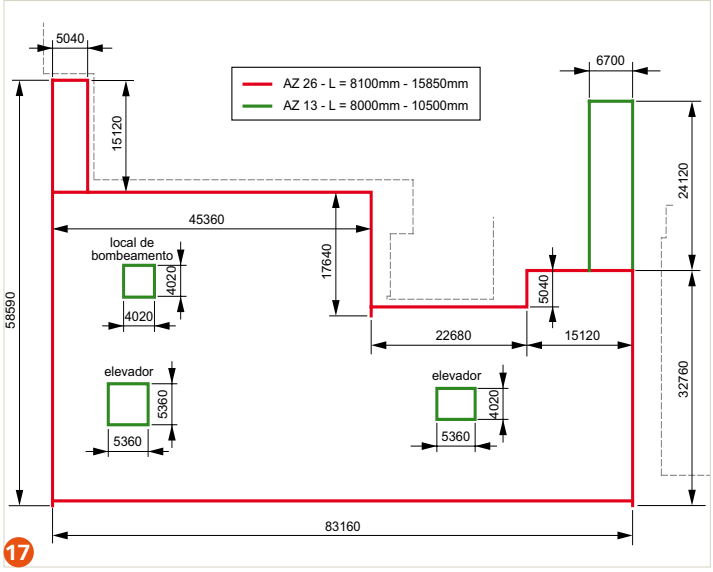
A infra-estrutura existente, um estacionamento público e diversos prédios escolares foram demolidos. A primeira fase do Raaksproject, incluindo um estacionamento de dois níveis, 200 vagas (P2), foi lançada em setembro de 2006. Construído principalmente


14



15

16



17

18

19

20

com paredes de estaca-prancha AZ 26, o estacionamento estará provisoriamente acessível ao público.

A construção do grande estacionamento público de três andares P1 com capacidade para 1.000 veículos, bem próximo do estacionamento menor, começou em janeiro de 2007.
A construção foi dividida em 2 partes: P1A e P1B. A parede de contenção principal que circundava a escavação foi executada com as estacas-pranchas AZ 36-700. A conclusão está programada para 2009, como parte da segunda fase do Raaksproject. Uma vez que o estacionamento maior estiver aberto, seu equivalente menor ficará acessível somente para os proprietários dos apartamentos recém-construídos.

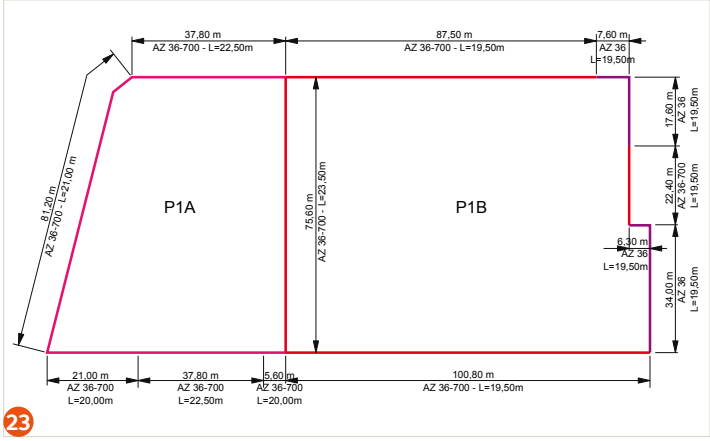
Em ambos os estacionamentos as paredes de Estaca Prancha são permanentes e consideradas como acabamento final.

A análise do solo foi realizada baseada no teste de CPT (Ensaio de penetração do cone), técnica geralmente usada na Holanda. Fornecendo dados em tempo real, o método consiste em um cone de aço que é pressionado para dentro do solo hidraulicamente. Sensores na ponta do cone recolhem dados para classificação de tipos de solo.

A elevação da superfície variava de El. +0,5 para +1,0 m e o lençol freático foi localizado logo abaixo da superfície a El. -0,10 m. A resistência do cone da camada de solo superior era muito baixa (< 2 MN/m^2). A uma profundidade de 6 metros, a resistência subiu para 15 – 20 MN/m^2.
1.670 toneladas de estacas-pranchas AZ 36-700 e 250 toneladas de AZ 36 foram entregues no canteiro em Haarlem. A primeira estaca para a parede de contenção do estacionamento com capacidade para 1000 veículos foi instalada em setembro de 2006. Uma vez que as estacas AZ estavam no solo, ele foi escavado até uma profundidade de El. -1,60 m.

O nível do lençol freático foi rebaixado para El. - 5,3 m antes dos tirantes

21

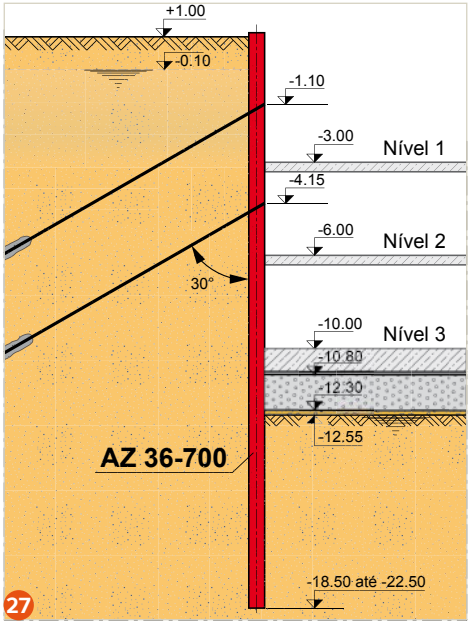


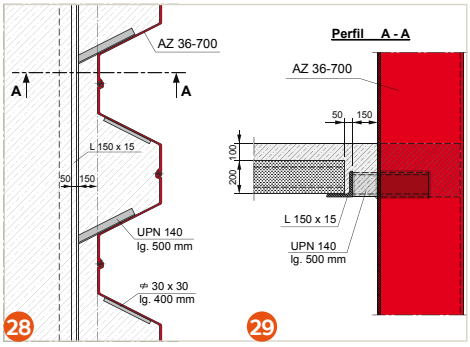
superiores serem fixados a El. -1,10 m. A cada três pares de AZ 36-700 um tirante foi instalado, correspondendo a um espaçamento constante de 4,2 m (c/c = 3,78 m para estacas AZ 36). A escavação continuou e o segundo nível de tirantes foi instalado a El. -4,15 m. O nível de água foi elevado para El. 0,0 m novamente antes da escavação da profundidade de -12,50 m e da colocação de uma camada de pedregulho e uma sub-base de 1.500 mm de concreto submerso. Estacas de Jet Grouting foram executadas para travar a laje de fundo após a drenagem da água.

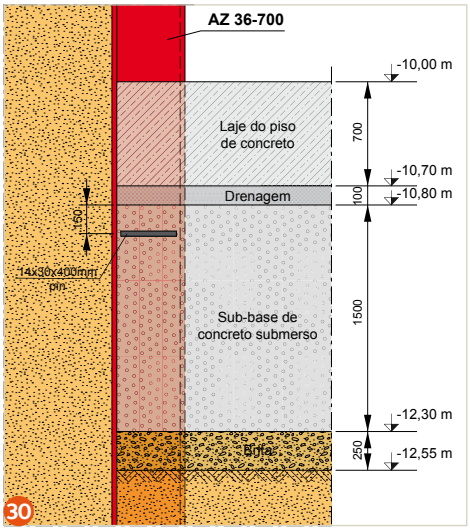
Os seguintes tipos de estacas duplas AZ em grau de aço S 355 GP foram instalados:
P1A: 670 toneladas AZ 36-700 Comprimento de 20-22,5 m
P1B: 250 toneladas AZ 36, comprimento de 19,5 m e 1.000 toneladas AZ 36-700 Comprimento de 19,5 – 23,5 m.

As estacas-pranchas duplas foram entregues já soldadas no conector central. Nenhum outro método de vedação temporária foi usado para impedir trabalhos de soldas posteriores. Uma vez que a cravação estava concluída e a escavação da construção drenada, os demais conectores foram soldados para garantir a impermeabilidade total. A análise de resistência ao fogo demonstrou que nenhuma proteção especial era necessária.

Dois métodos diferentes foram usados para cravação das estacas: as estacas AZ 36 foram cravadas em estacas







quádruplas com um martelo de pressão ABI, modelo HPZ (energia de pressão: 4x800 kN). As outras estacas foram instaladas com um martelo vibratório de alta frequência PVE 2335 VM com valor de momento variável (momento de excentricidade: 0-35 kg/m, força centrífuga: 2000 kN) suspenso por um guindaste de esteira. Um gabarito foi utilizado para posicionar as estacas corretamente; a verticalidade foi verificada com um nível de bolha de ar.

A sub-base também atua como um sistema de escoramento, recebendo a transferência do empuxo da parede de contenção da estaca-prancha, permitindo que a água fosse bombeada da escavação uma vez que o concreto submerso tinha atingido uma rigidez suficiente. Um sistema de drenagem horizontal e uma laje de concreto de 700 mm foram executados a seco, tornando a conexão impermeável. Studs soldados nas estacas AZ transmitem as forças cortantes entre as estacas-pranchas para a laje da base.

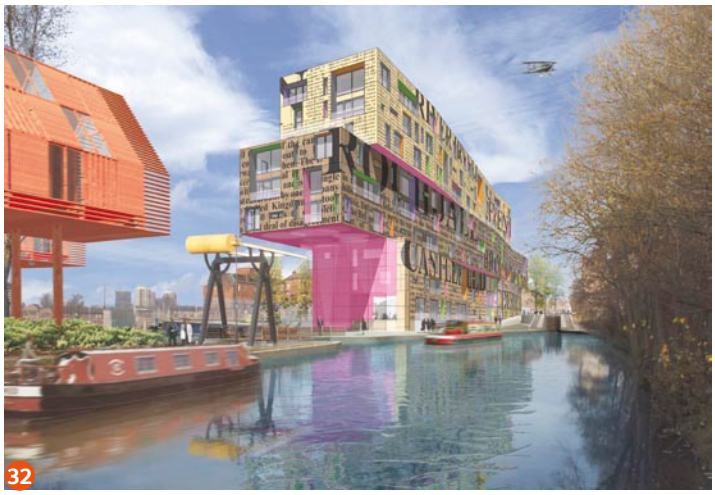
Os três pisos subterrâneos foram construídos na sequência, sendo os tirantes cortados após a execução das lajes dos subsolos. Perfis de UPN com um comprimento médio de 500 mm foram soldados nas almas das estacas AZ para permitir que um perfil em formato L fosse fixado a uma distância padrão de 150 mm dos flanges da estaca-prancha. Uma laje pré-fabricada de 200 mm foi posicionada no perfil L 150*15. Foi colocada uma fôrma nos moldes das estacas-pranchas e outros 100 mm de concreto foram então postos na placa pré-fabricada para obter uma placa forte de 300 mm de espessura permanente. Um sistema de fundação separada foi construído tornando inútil que a conexão periférica transmitisse as altas cargas do estacionamento e dos prédios construídos no topo. A laje superior do 1º nível coincide com o topo das estacas-pranchas a El. +1,0 m.

Um detector de desengate foi usado para garantir que os conectores das estacas duplas AZ estivessem 100% encaixados. Soldado no fundo do conector antes da cravação, o detector está equipado com um pino sensor que é cortado pela estaca seguinte. Estas informações são transmitidas para a unidade de monitoramento na superfície, notificando a contratante se o desengate é um problema no canteiro.

Proprietário: Bouwfonds MAB Ontwikkeling
Projetista: Bolles + Wilson, Bouwfonds MAB Ontwikkeling
Contratante: Dura Vermeer Bouw Haarlemmeermeer BV
Estacas-pranchas de aço: AZ 36-700, AZ 36
Comprimento: 19,5 – 23,5 m
Grau de aço: S 355 GP
Quantidade total: 1.920 t

11|12|13 O "Raaksproject" inclui a construção de 220 apartamentos e de uma área comercial
14|15 O projeto é um plano de reurbanização para uma área interna da cidade de 2 hectares.
16 Um gabarito de aço assegurou o posicionamento correto das estacas-pranchas AZ.
17|18|19 Estacionamento P2: 2 níveis, capacidade para 200 carros, estacas-pranchas AZ 13 e AZ 26.
20 O estacionamento P1 foi construído em duas fases separadas por uma parede de estaca-prancha AZ 36-700 provisória.
21 Estacionamento P1: 3 níveis, capacidade para 1000 carros, estacas-pranchas AZ 36-700
22|23|24 1.920 toneladas de estacas-pranchas foram usadas para suportar a escavação (11,5 m de profundidade nos locais)
25|26 As estacas AZ foram instaladas com um martelo vibratório PVE com momento variável
27 2 níveis de tirantes foram utilizados na parede de contenção AZ 36-700 durante a fase de construção.
28|29 Detalhe de conexão de estaca-prancha para estacionamento.
30 Suportes soldados nas estacas AZ 36-700 garantiram a conexão adequada à laje de fundo.
31 A contratante reduziu as emissões de ruído e vibração efetivamente pela pré-perfuração do solo antes da cravação das estacas-pranchas

New Islington
Manchester, Reino Unido


32

33

O New Islington Millenium Village, a uma pequena distância ao leste do centro da cidade de Manchester, é algo nada convencional como pode sugerir as formas "Chips" dos esquemas residenciais planejados. O designer do projeto, o arquiteto britânico Will Alsop, é famoso por desenhar edifícios de formas não-usuais distintas pelo seu uso vibrante de cores. Rodeada de água dos três lados, sua última invenção promete ser um dos prédios mais notáveis de Manchester, com formas e revestimentos dramáticos. Com altura de nove andares, a edificação faz ziguezague ao longo da borda do Canal Ashton como um grupo de elementos de três andares ("Chips") empilhados uns sobre os outros. Desenvolvidos pela Urban Splash, os "Chips" - totalizando 142 apartamentos - é o primeiro projeto disponível para vendas particulares em New Islington.

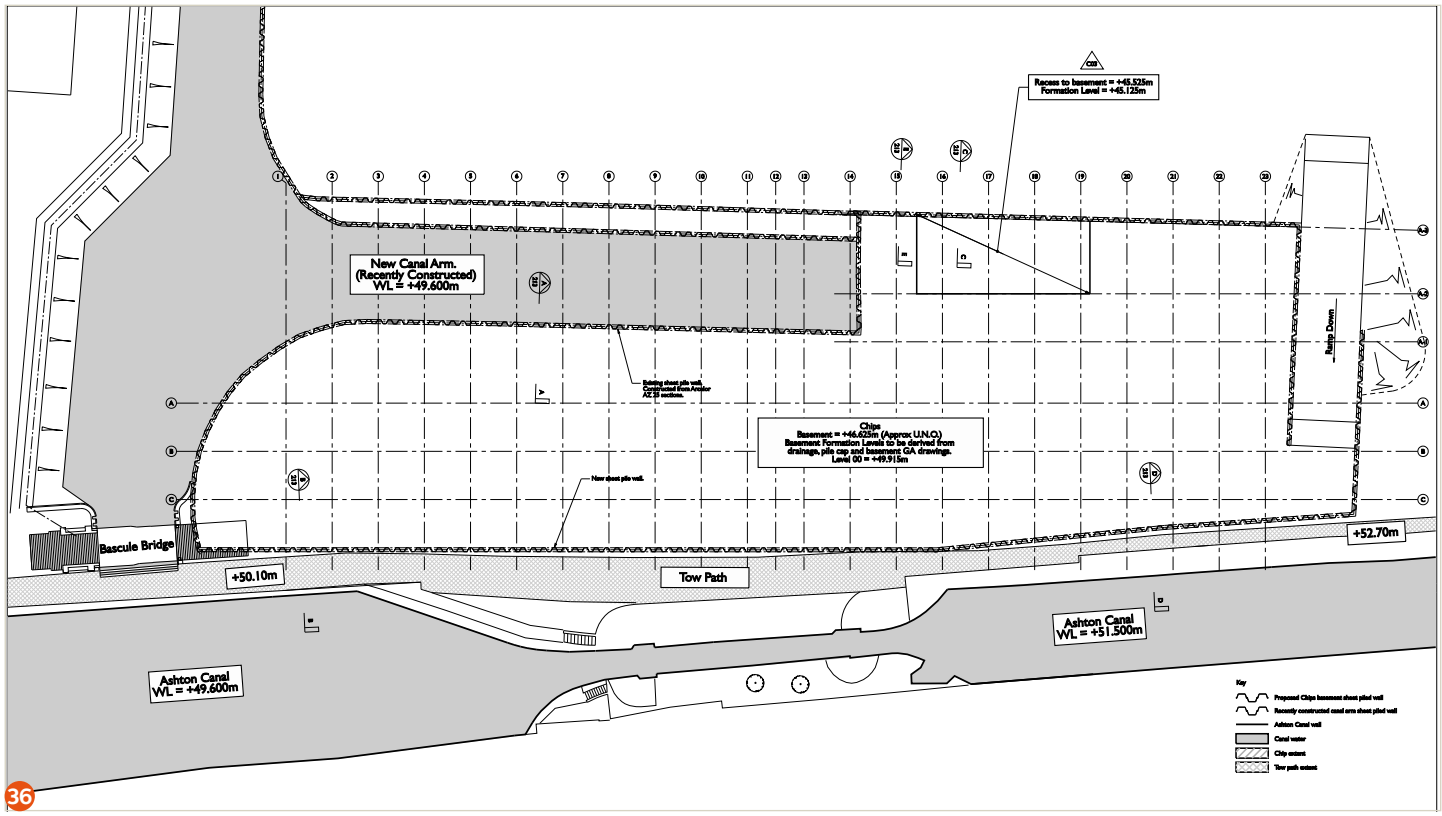
Lançados em dezembro de 2005, as casas, espaços de trabalho e estacionamento subterrâneo têm previsão de conclusão para o final de 2008. As estacas-pranchas foram estabelecidas como a solução ideal para estender os canais de New Islington e foram ainda a escolha natural para a parede de contenção do estacionamento subterrâneo de um nível da edificação.

De rápida instalação, as estacas-pranchas são os elementos de contenção mais econômicos para canteiros dentro das cidades enfrentando restrições de espaço ou altos níveis de lençóis freáticos.

A primeira fase do projeto – construção de um novo braço de canal a partir do Canal Ashton – foi realizada em 2003. 415 toneladas de estacas-pranchas AZ 25 em grau de aço S 270 GP, variando de 6 a 11 m de comprimento, foram instaladas como uma parede de contenção em Cantilever (sem utilização de ancoragem) suportando os aterros do novo canal. Além disso, diversas estacas especiais com perfis de canto Omega 18

34

35



36

37

e C 9, oito estacas dobradas (ângulo de dobra: 11°) foram usadas para construir os cantos e curvas do canal. Uma viga de coroamento de concreto reforçada foi fixada no topo das estacas-pranchas. O solo atrás do braço do novo canal foi removido três anos depois, deixando a parede AZ 25 como a única separação entre a água do novo canal e a escavação da fundação do edifício Chips.

A segunda fase foi lançada investigando a geologia do local do antigo Hospital Ancoats. Isto foi feito pela Coffey Geotechnics (antiga Edge Consultoria). Diversos furos de 30 m de profundidade foram perfurados para prever a cravabilidade das estacas-pranchas. Os registros dos furos mostraram três metros de aterro cobrindo argila arenosa rígida em valores SPT com média de 20 golpes a uma profundidade de 13 m. Mais no fundo, os valores aumentam para 40 golpes onde prevalece uma mistura de areia densa e granular. O lençol freático foi encontrado alto em razão dos diversos canais de New Islington.

A completa vedação da fundação foi atingida com soldagem dos conectores. As estacas AU 25 e AZ 25 são os únicos

38

39

40

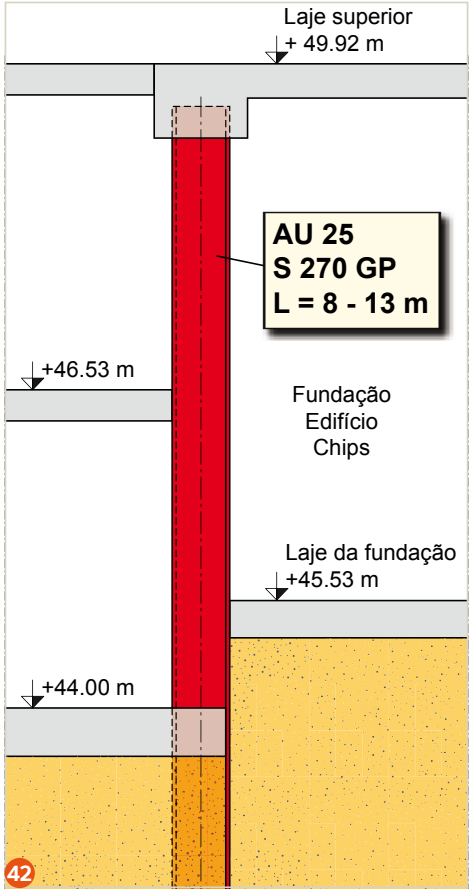
elementos que separam a fundação dos diversos meios – solo e água do canal – e, portanto, minimizam a perda de espaço. A fundação do edifício Chips compartilha uma parede com o empreendimento adjacente.

As estacas-pranchas da segunda fase foram tranportadas de caminhão do laminador em Luxemburgo para Manchester em março de 2006. A contratante das estacas, Stent Foundations Limited, usou uma aparelhagem da ABI encaixada com um martelo vibratório para instalar as 312 estacas individuais AU 25 de até 13 m de comprimento. Um poço de 5 m de profundidade foi então escavado para executar a laje de concreto reforçado com uma conexão impermeável na parede de estaca-prancha. Os 250 mm superiores das estacas AU foram distribuídos na viga de coroamento ao longo de toda a parede de contenção. Assim como as estacas-pranchas AZ, os conectores das estacas AU foram vedados com solda para obter uma parede impermeável em cada lado do subterrâneo. Uma laje superior de 300 mm de espessura completou a estrutura subterrânea.

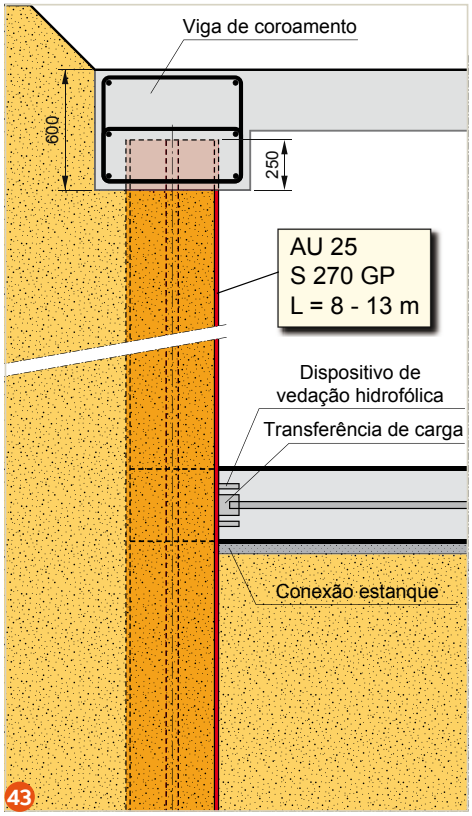
A fundação do edifício Chips foi projetada pela Martin Stockley Associates, uma consultora de Manchester. A verificação de engenharia de incêndio comprovou que nenhuma proteção contra incêndio era necessária para a maioria das estacas-pranchas, na medida em que foram instaladas próximo aos canais. No entanto, para a parte superior da parede comum também ao edifício vizinho foi necessário providenciar um reforço de concreto nos moldes da estaca-prancha na posição das colunas acima, uma vez que não havia nenhum solo para permitir uma fonte de frio adequada.

As estacas foram limpas com jato de areia para permitir uma superfície limpa e regular, e depois deixadas para enferrujar. Não foram revestidas para manter uma aparência industrial do aço – um reconhecimento do passado da cidade. Em razão dos diferentes elementos atrás das estacas-pranchas (p. ex., solo, água ou ar), a aparência da superfície das estacas varia.

41



42



43

44

45

All shown images of the Chips building received from Urban Splash Ltd are credited to the photographer Mr.Joel Chester.

Proprietário: Urban Splash Ltd.

Projetista:
Martin Stockley Associates (MSA)

Contratante:
Urban Splash Construction Ltd.,
Stent Foundations Ltd.
(Subcontratante de estacas)

Estacas-pranchas de aço:
AZ 25 (Fase 1), AU 25 (Fase 2)

Comprimento:
6-11 m (Fase 1), 8-13 m (Fase 2)

Grau de aço: S 270 GP

Quantidade total:
415 t (Fase 1), 320 t (Fase 2)

32|33 Projetado pelo arquiteto britânico Will Alsop, o surpreendente edifício Chips é um dos principais traços do desenvolvimento da New Islington Millenium Village de Manchester.

34|35 Novos braços de canal foram construídos em New Islington em 2003 usando estacas-pranchas de aço AZ 25 como elementos de contenção.

36|37 O solo atrás destas estacas AZ 25 foi removido em 2006 para deixar as estacas-pranchas como a única separação entre a escavação e o novo braço do canal.

38|39 As estacas-pranchas AU 25 foram instaladas durante a segunda fase de construção como a parede externa permanente da fundação de nível individual do edifício Chips

40|41 As paredes de estacas-pranchas para contenção do solo e da água permitiram construção a seco dentro da escavação.

42 O edifício adjacente tem uma parede de estaca-prancha comum ao edifício Chips

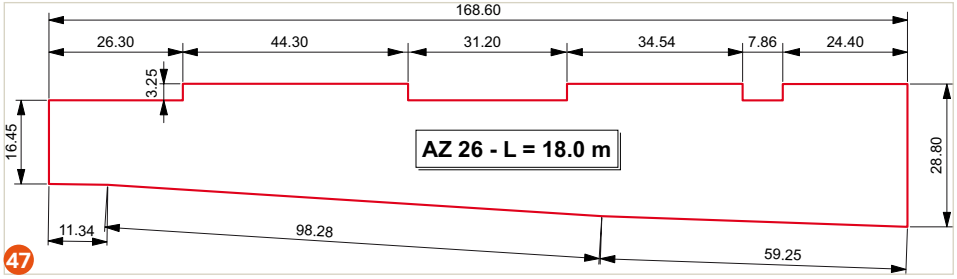
43 Uma conexão impermeável da laje de fundo à estaca-prancha e os conectores vedados com solda asseguram que nenhuma gota d'água irá penetrar no estacionamento subterrâneo

44 O projeto da Splash deverá estar concluído até 2008

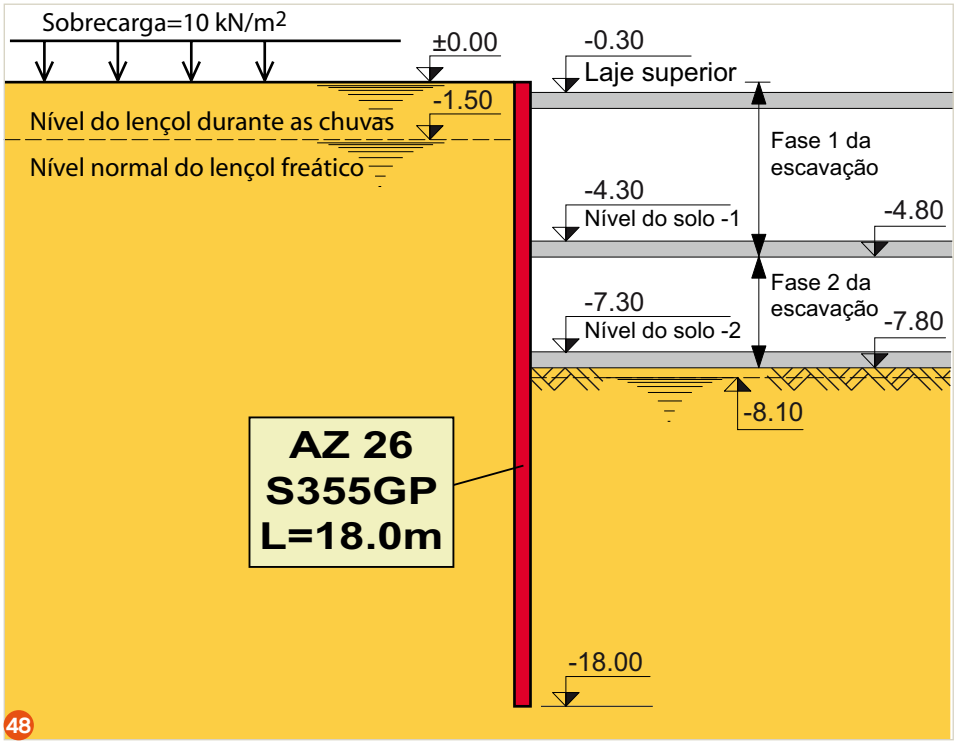
45 As estacas-pranchas foram limpas com jatos de areia, depois deixados sem revestimento para manter a aparência industrial de aço

Kolkata
Índia

46



47



48

Kolkata, antes conhecida como Calcutá, é a quarta maior cidade da Índia, um famoso marco histórico e a capital do estado de Bengala Ocidental. Houve um período de estagnação econômica depois da independência do país décadas atrás. Este período foi substituído por um "boom" que gerou rápido crescimento em todos os setores, incluindo o tráfego rodoviário. A população da mega-metrópole indiana oriental atualmente excede 15 milhões.

Parte da expansão da cidade incluiu um novo shopping center subterrâneo com estacionamento integral a ser construído no meio de um denso desenvolvimento urbano. Este empreendimento consiste em um shopping center no nível -1 e o primeiro estacionamento do país equipado com sistema de estacionamento automatizado no nível -2. Está localizado bem próximo à estrutura de herança do New Market de tijolos vermelhos na Lindsey Street, famosa por sua fabulosa torre do relógio. Os dois níveis subterrâneos de 4.000-m^2 foram construídos com o método top-down. A fundação foi circundada por uma parede de estaca-prancha, sendo esta solução a alternativa de construção mais rápida e econômica para a estrutura subterrânea. O shopping center foi inaugurado oficialmente após o período de construção de quatro anos. O estacionamento vem desde então atraindo muita atenção em razão de seu sistema de estacionamento eficiente oferecendo pallets totalmente computadorizados movimentando até 280 carros para suas vagas.

A construção do shopping center e do estacionamento foi iniciada com uma investigação do solo realizada pelas empresas locais Geotest e Drillers & Engineers. Foi necessária uma atenção

49

50

especial em relação aos níveis de lençóis freáticos que regularmente elevam de seu nível habitual de El. - 1,5 m abaixo do nível do solo para El. 0,0 m ou mais durante o período de monção.

O departamento técnico da ArcelorMittal apresentou um projeto preliminar de parede de estaca-prancha para o proprietário. As estacas-pranchas atuam unicamente como uma parede de contenção. As cargas verticais da estrutura superior de concreto são suportadas por um sistema de fundação separado. Como a estrutura foi construída com o método top-down, as lajes de concreto a El. -0,3 m e El. -4,3 m e, na laje do fundo, a El. -7,3 m atuam como suporte transmitindo reações horizontais da parede de contenção. A vantagem principal do sistema top-down, a liberação rápida da área de construção do subsolo foi importante na medida em que a praça acima da construção devia ser reaberta o mais rápido possível para o público.

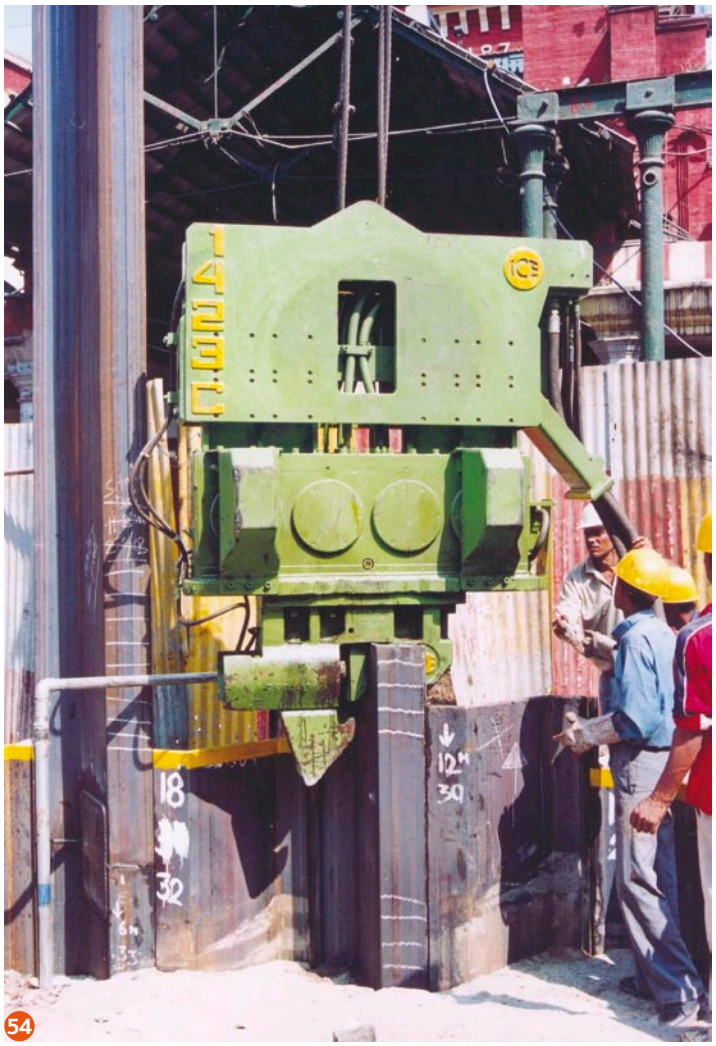
O projeto preliminar foi realizado de acordo com teorias EC 3: comparação da tensão de aço permissível existente e máxima como o critério principal para escolha dos perfis de estaca-prancha. No entanto, fatores de segurança parciais não foram considerados e o resultado do projeto foi julgado contra um coeficiente de segurança global mínimo de 1,50. A influência da pressão da água em razão da percolação abaixo da estaca-prancha foi levada em conta estabelecendo diagramas de pressão da água determinados com gradações hidráulicas. A verificação do momento de tensão do aço foi feita para as quatro seguintes fases, bem como para a etapa final, considerando a perda na espessura do aço em razão de corrosão após uma vida útil de 50 anos.

- Fase 1: Escavação e rebaixamento do lençol freático a El. -4,80 m laje superior a El. -0,30 m
- Fase 2: Escavação e rebaixamento do lençol freático a El. -7,80 m laje a El. -4,30 m, nível da água a El. -1,50 m
- Fase 3: Conforme a fase 2, nível da água a El. 0,0 m (período de monção)

51

52

53



54

- Fase 4: Etapa final, laje de fundo a El. - 7,30 m, nível máximo da água sob condições hidrostáticas

O valor máximo do momento fletor (465 kNm/m) e de flexões (63 mm) ocorrem durante a fase 4. O departamento técnico propôs uma estaca-prancha AZ 26 de 18 m de comprimento em grau de aço S 355 GP como o perfil adequado. A verificação do AZ 26 caracterizado por um módulo elástico de 2.600 cm^3/m mostrou uma tensão máxima de 179 N/mm^2, sendo o valor máximo permitido em função do tipo de aço igual à 355 N/mm^2, resultando em um fator de segurança de 2,0.

A verificação após uma vida útil considerada de 50 anos é baseada na perda de espessura de aço em razão de corrosão apresentada nas tabelas em EC 3. Como a parte interna da estrutura da fundação é revestida, a perda de espessura teve de ser considerada somente na parte externa. Uma perda de 1,75 mm foi determinada considerando a presença de solo natural agressivo. O módulo elástico reduzido recalculado da estaca-prancha AZ 26 em razão de corrosão foi de 2.300 cm^3/m. O fator de segurança após uma exposição de metade de um século para solo natural agressivo é de 1,76.

O proprietário do projeto eventualmente optou por estacas-pranchas AZ 26 em 6 e 12 m de comprimento para permitir o embarque em contêineres. As estacas foram juntadas ponta a ponta no canteiro. Cerca de 1.110 toneladas de estacas individuais AZ 26 de 18 metros de comprimento em grau de aço S 355 GP foram instaladas. Conectores C 9, C 14 e Ômega 18 foram usados para unir as estacas nos cantos da parede. Os AZ 26 foram cravados com um martelo vibratório isento de ressonância, suspenso a partir de um guindaste rastejante. Eles formam um paralelogramo de 167 m de comprimento com uma largura de 15 a 27 m e um perímetro de 376 m. As cargas verticais da superestrutura são suportadas por colunas de concreto de 500 mm de diâmetro.

A face exposta das estacas AZ dando sobre o Shopping Center e o estacionamento foram pintadas por motivos de estética. O primeiro estacionamento totalmente automático de Kolkata foi impermeabilizado por vedação com solda dos conectores Larssen das estacas-pranchas AZ 26. Uma análise de incêndio demonstrou que uma proteção contra incêndio poderia ser assegurada por um sistema comum de aspersor de incêndio.

Proprietário:
Simpark Infrastructure Pvt Ltd.
Contratante: Simplex Projects Ltd.
Consultoria:
Aronsohn Constructies, Rotterdam
Estacas-pranchas de aço: AZ 26
Comprimento: 18 m
Grau de aço: S 355 GP
Quantidade total: 1.110 t

55

56

57

58

46 A estrutura subterrânea de dois níveis irá oferecer um shopping center e um estacionamento
47 A parede de contenção tem cerca de 380 m de comprimento no total
48 Diversas etapas de construção foram consideradas ao projetar a parede de estaca-prancha
49 A solução de Estaca Pranca é a melhor alternativa para canteiros em espaços restritos
50 A parede do perímetro do estacionamento foi construída com 628 estacas-pranchas AZ 26
51|52 O método top-down reduziu o período durante o qual a área de construção estava indisponível para o uso público
53|54 As estacas-pranchas foram instaladas com um martelo vibratório isento de ressonância
55|56 Um sistema de fundação separado suporta as cargas verticais principais
57|58 As estacas-pranchas dos níveis do estacionamento e do shopping center foram vedadas com solda e revestidas com pintura.

St. Martens Latem

Gent, Bélgica

59

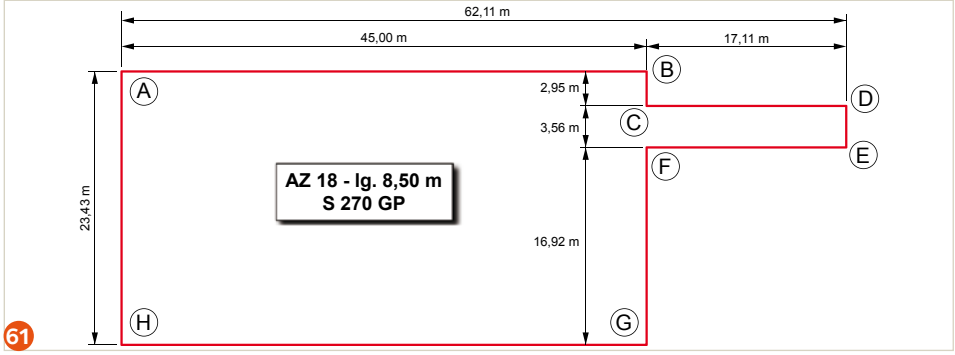
60

Saint-Martens-Latem é uma pequena cidade de 8.000 habitantes localizada na província belga de East Flanders. A rua Kortrijksesteenweg é a casa da Mercedes-Benz e do revendedor da Smart. Dois novos showrooms, um workshop e um estacionamento subterrâneo são incluídos entre os novos prédios de serviço de vendas e pós-vendas construídos em 2002.

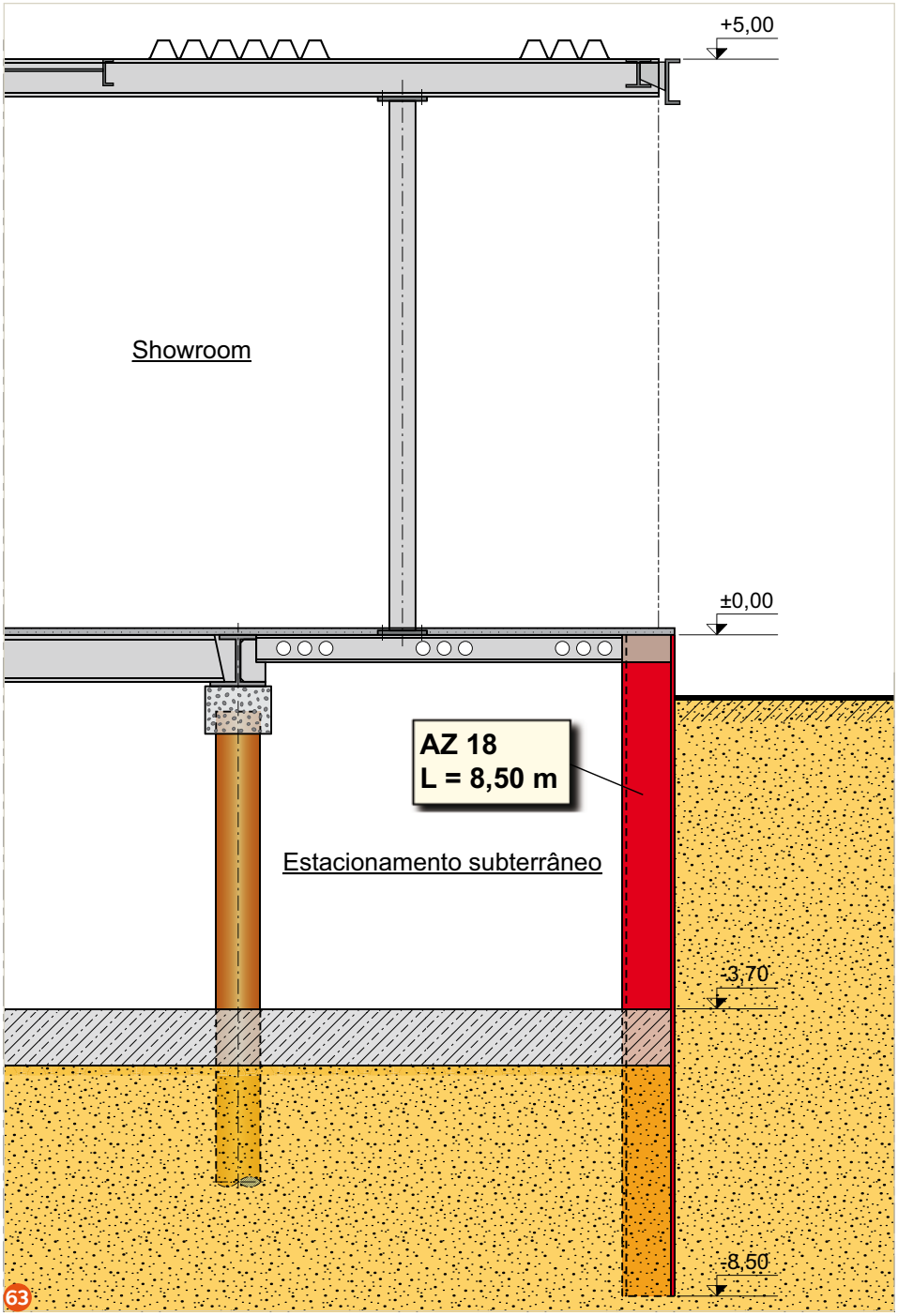
A parede externa do estacionamento subterrâneo de um nível foi projetada como uma parede de contenção de estaca-prancha e servem como um cerco impermeável para a escavação, além disso suportam as cargas verticais provenientes da estrutura do showroom acima, e por último, mas não menos importante, como elementos visíveis permanentes, elas contrinuem de maneira importante à estética para o parque de estacionamento.

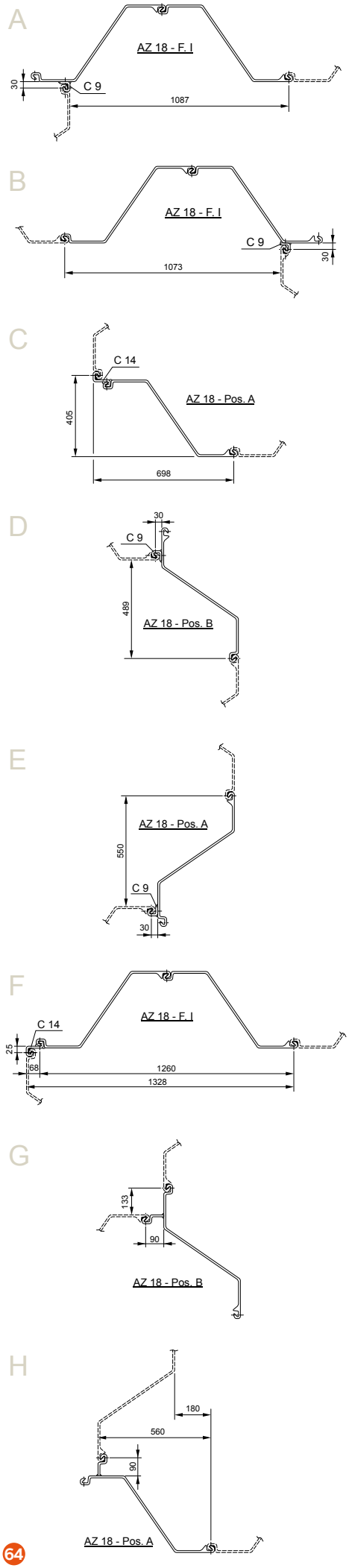
O departamento interno de design da ArcelorMittal realizou uma análise estática preliminar e propôs estacas-pranchas AZ 18 de 8,5 m em grau de aço S 270 GP com um módulo elástico de 1.800 cm^3/m como elementos de parede de contenção. A fundação retangular, de 45 m de comprimento e 23,5 m de largura, oferece uma rampa de acesso de 15 m de comprimento. Os cantos foram executados com conectores C 9 e C 14 e com a ajuda de duas estacas especiais.

O design da parede de retenção é baseada na geometria definida pela ELD Partnership e nos registros de sondagem da Bureau Geosonda, que realizou diversos testes de penetração por cone in situ (CPT's). Os arquivos do registro verificaram limo macio sem coesão (CPT = 4 MPa) a uma profundidade de 15 m. A perfuração foi interrompida quando uma densa camada


62,11 m
45,00 m
17,11 m
2,95 m
3,56 m
23,43 m
16,92 m
A
B
C
D
E
F
G
H
AZ 18 - lg. 8,50 m
S 270 GP
61

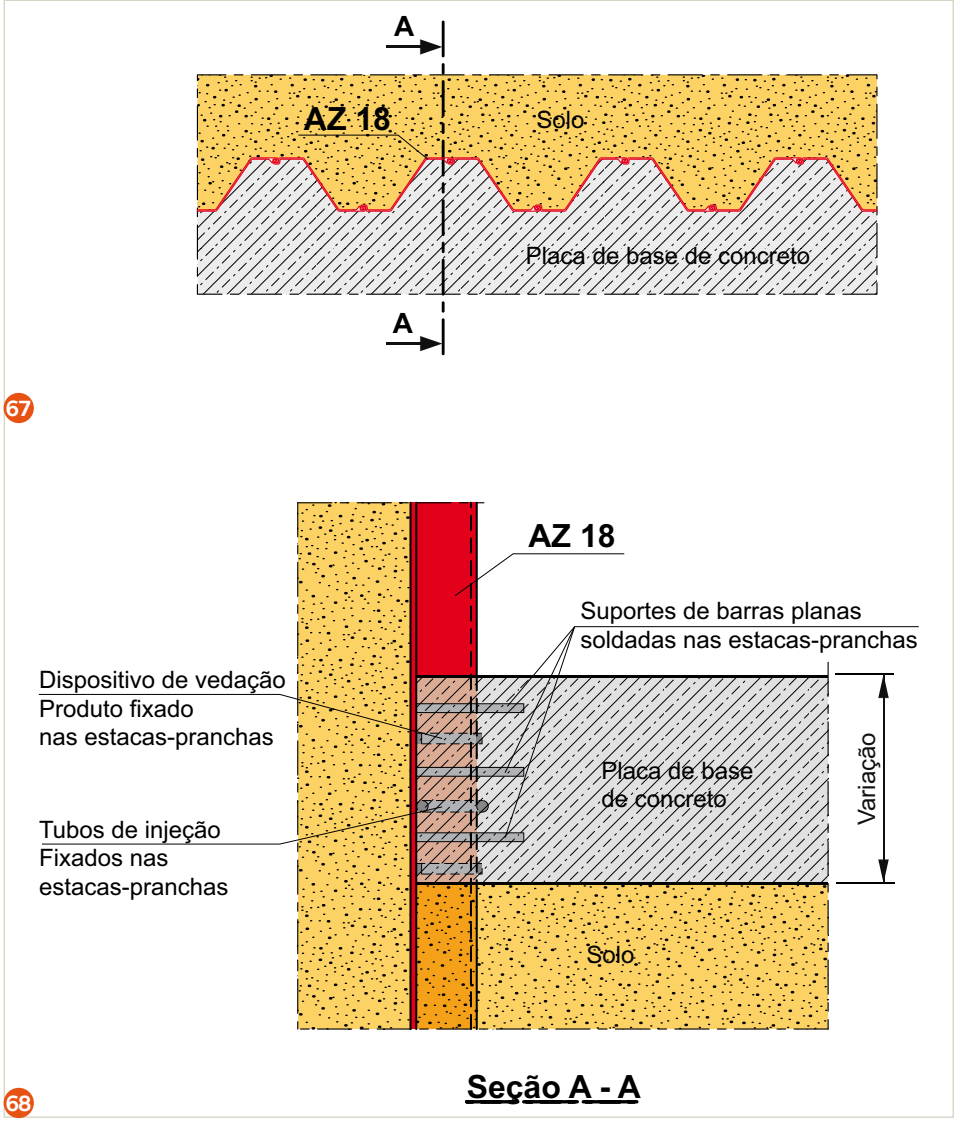
62


+5,00
Showroom
±0,00
AZ 18
L = 8,50 m
Estacionamento subterrâneo
-3,70
-8,50
63


A
AZ 18 - F. I
30
C 9
1087
B
AZ 18 - F. I
C 9
30
1073
C
C 14
AZ 18 - Pos. A
405
698
D
30
C 9
489
AZ 18 - Pos. B
E
AZ 18 - Pos. A
550
C 9
30
F
AZ 18 - F. I
C 14
25
68
1260
1328
G
133
90
AZ 18 - Pos. B
H
180
560
90
AZ 18 - Pos. A
64

65

66



de areia foi atingida logo abaixo a El. -15 m. Foi encontrado lençol freático logo abaixo da superfície (El. -0,5 m).

Em razão da proximidade de edifícios existentes, as estacas-pranchas tiveram de ser instaladas com um mínimo de vibração. Um método praticamente sem vibração utiliza prensas hidráulicas. A contratante usou uma prensa hidráulica ABI equipada com quatro pinças para prender as quatro estacas individuais de uma só vez. Uma das quatro estacas é pressionada para o solo sob pressão ajustável enquanto as outras três estacas fornecem a reação necessária.

A drenagem do lado externo da escavação do edifício foi proibida para evitar o recalque das estruturas nas proximidades. Ancoragens verticais para prender a laje de fundo no lugar foram instaladas primeiro. O futuro estacionamento foi então escavado e a laje de fundo de concreto foi executada. Uma conexão especial com studs, tubos de injeção e dispositivos de vedação assegura a completa impermeabilidade da estrutura construída abaixo do nível do lençol freático. A construção do estacionamento e dos showrooms prossegue no sistema a seco. Os conectores das estacas-pranchas AZ 18 foram vedados com solda para atingir 100% de impermeabilidade. Um revestimento de pintura foi aplicado por motivos estéticos.

Proprietário: Mercedes-Benz Gent NV
Projetista: Bureau Jaspers
Gerência de projeto e engenharia: ELD Partnership
Contratante: Democo NV, Wedam Bvba.
Estacas-pranchas de aço: AZ 18, conectores C 9 e C 14
Comprimento: 8,5 m
Grau de aço: S 270 GP
Quantidade total: 175 t

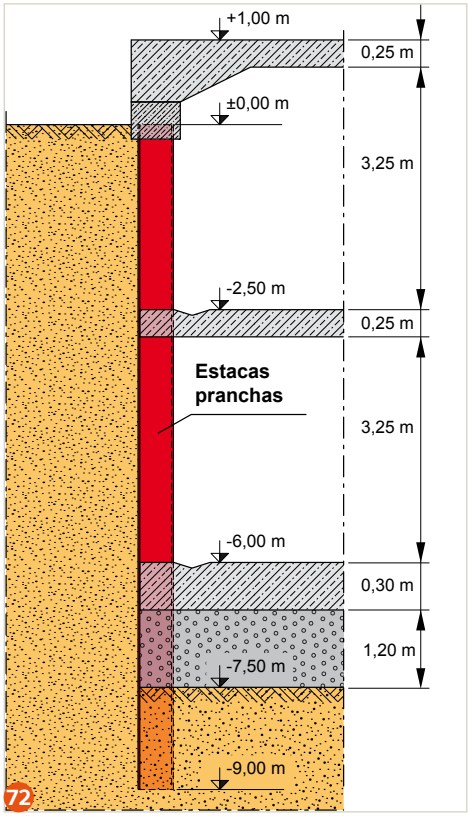
59 A Mercedes-Benz e a Smart dealer em Sint-Martens-Latem construíram um estacionamento subterrâneo em 2002
60 As estacas-pranchas foram instaladas com equipamento hidráulico ABI permitindo instalação sem vibração de quatro estacas individuais de uma vez.
61|62 175 toneladas de estacas-pranchas AZ 18 foram usadas para construir o estacionamento subterrâneo de 45 por 23,5 m
63 As estacas AZ permanecem visíveis
64 Os cantos da parede da fundação usaram conectores e estacas-pranchas especiais
65|66 Antes de escavar a parte interna , ancoragens foram instaladas para prender a laje de fundo de concreto no lugar
67|68 Foi projetada uma conexão impermeável entre a parede de estaca-prancha e a laje de fundo de concreto
69 As estacas-pranchas AZ foram vedadas com solda e revestidas com pintura para melhorar o aspecto estético.

Dadeland

Miami, EUA

70

71



72

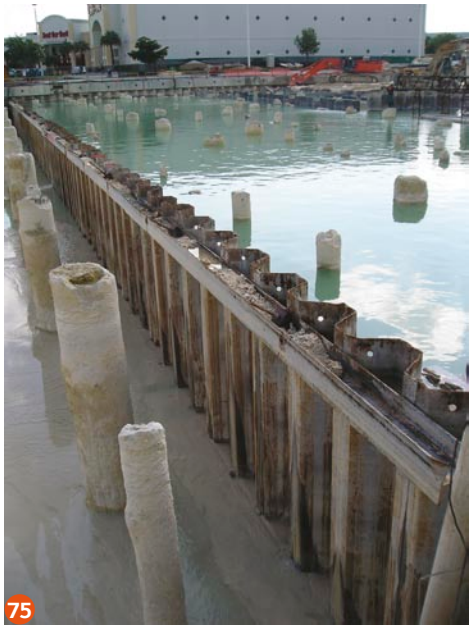
Dadeland está localizada no sul de Miami, Flórida, EUA. O contrato para construir o projeto "Centro de Dadeland" de $170 milhões, um desenvolvimento de reurbanização de uso misto localizado no North Kendall Drive do lado oposto do Shopping de Dadeland, foi concedido para a contratante geral local Miller & Solomon. O projeto de destaque de 30.000-m² no sul da Flórida é uma "vila dentro de uma cidade" incluindo 416 residências em condomínio, uma área de varejo de 11.500-m² um amplo estacionamento subterrâneo para 970 carros, todos formando sete pequenos edifícios. O projeto foi concluído na primavera de 2005.

O projeto foi iniciado no começo de 2004 com a contratante local Ebsary Foundation indicada como subcontratada para as obras de fundação, incluindo a instalação de estacas-pranchas. A larga experiência da contratante com projetos de fundação no estrato de solo altamente variável do sul da Flórida se comprovou inestimável.

Investigações geológicas do canteiro do centro de Dadeland foram realizadas pela Kaderabek Company, empresa de consultoria geotécnica de Miami. Foi encontrada água três metros abaixo do solo dentro da camada superior de 4 m de profundidade, uma camada de calcário de Miami caracterizada pelos valores do SPT variando de 30 a 50 golpes. Abaixo da camada de calcário de Miami, 3 m de areia fofa (SPT: 10-20 golpes) pesam sobre denso calcário e arenito onde os testes SPT atingiram 100 golpes. As camadas de roca do sul da Flórida em conjunto com o alto lençol freático com frequência exigiam construções subterrâneas caras e lentas.

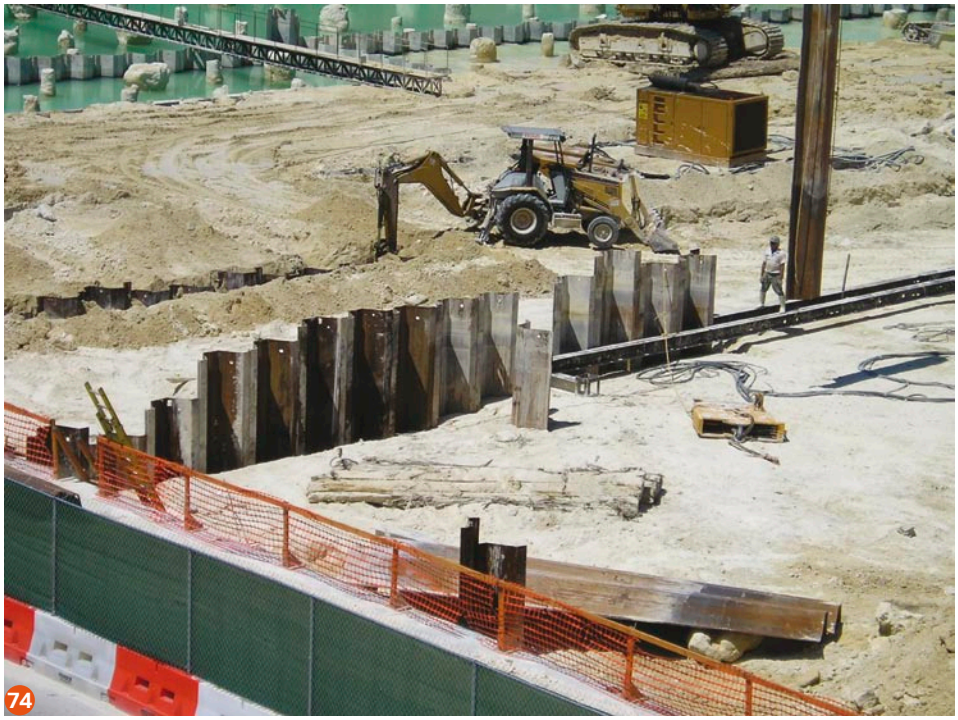
Uma solução de estaca-prancha de bottom-up foi escolhida para o projeto ao invés de suporte de escavação provisório e convencional e de uma parede de concreto in-situ em razão do custo significativo e prazo de execução no programa a que ela induzia. As estacas-pranchas usadas como elementos de contenção permanentes simplificam de modo considerável o processo de construção. O sistema de fundação separada consistindo em colunas portantes de concreto para os sete prédios de sete andares foi construído

73



75

76



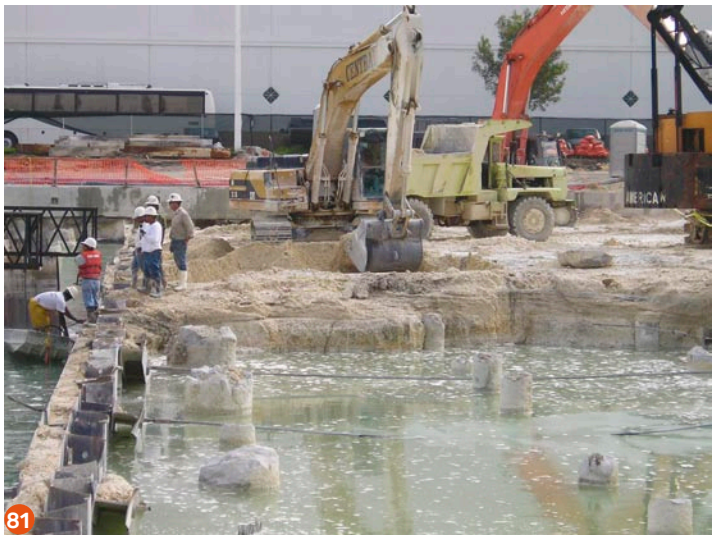
74

77

78

79

80


81

82

83

primeiro. As estacas-pranchas da parede de contenção para a escavação de 7,5 m de profundidade para o estacionamento subterrâneo de dois níveis tiveram de ser cravadas através do calcário para atingir a elevação do projeto.

ArcelorMittal forneceu um pacote de fundação completo incluindo recomendações de design, especificação dos perfis de estaca-prancha e orientação in-situ para a equipe de construção. A solução inovadora envolvia o uso de estacas-pranchas de aço como elementos de contenção permanente, uma vez que a escavação foi concluída e com paredes de separação provisória dividindo o canteiro em um número de baías de construção. A subdivisão em diversas secções primariamente reduziu o lançamento de concreto para a laje de fundo em tamanhos manejáveis.

Cerca de 3.000 toneladas de estacas-pranchas de aço foram instaladas com um martelo vibratório montado em guindaste usando um gabarito de um nível para orientação. Aproximadamente metade das estacas permaneceu no solo no final da construção como parede externa permanente da estrutura da fundação.

Estacas-pranchas AZ 26 de 9 m de comprimento com uma espessura de

alma / flange de 12,2 / 13,0 mm foram escolhidas para assegurar a penetração através das camadas de solo rígido à profundidade requerida no projeto. Uma estaca HP encaixada com uma proteção de cravação foi inserida diante da linha de estacas-pranchas para fragmentar a roca, permitindo que as estacas-pranchas fossem cravadas sem causar danos.

Uma vez que a cravação da estaca estava concluída, a forma de concreto foi montada na cabeça das estacas-pranchas e uma viga de concreto foi executada. A viga de coroamento incorporou o sistema de ancoragem provisório para suportar os esforços até a instalação da laje do piso. O interior da primeira baía foi escavado a El. -7,5 m. Os mergulhadores inspecionaram e onde necessário limparam as estacas-pranchas no fundo da escavação para assegurar uma conexão adequada com a placa de fundo. Concreto submerso foi executado para criar uma laje de 1,2 m de espessura que permitiu uma vedação suficiente para que a construção começasse dentro de uma escavação a seco. As estacas-pranchas, que estavam sob pressão, com o bombeamento da água interna, transferiram o esforço para o concreto, vedando assim de modo eficiente a água que tentava percolar pela junta concreto-aço.

Os conectores das estacas duplas AZ 26 tinham sido soldados antes da instalação. Uma vez que o lençol freático era bombeado para fora da escavação, os conectores restantes eram vedados com solda. Quando a vedação estava concluída, as estacas servindo como paredes permanentes foram limpas e uma pintura estética foi aplicada. Os requisitos de vida útil e os outros resultantes da análise de incêndio foram facilmente atendidos pela solução de estaca-prancha exposta.

Proprietário: Gulfside Development
Contratante:
Miller & Solomon, Ebsary Foundation
Projetista: CEC Consultants
Estacas-pranchas de aço: AZ 26
Comprimento: 9 m
Grau de aço: A572 Gr 50

70 3.000 toneladas de estacas-pranchas de aço foram usadas como elementos de contenção permanentes e temporários.
71 O complexo residencial construído em Dadeland, Miami, inclui um estacionamento subterrâneo para 970 carros
72 As estacas-pranchas para a estrutura de dois níveis foram cravadas no calcário rígido de Miami
73|74 Um gabarito de cravação foi usado para guiar as estacas AZ 26
75|76|77 As colunas de concreto da fundação dos prédios residenciais foram construídas antes da instalação das estacas-pranchas
78|79 Uma viga de coroamento incorporando os tirantes provisórios foi colocada na cabeça das estacas AZ 26
80|81 O concreto submerso da laje de fundo foi inserido com um tubo
82|83 Os conectores das estacas foram limpos e vedados com solda para assegurar impermeabilidade na escavação
84|85 Estacas-pranchas provisórias separando partes diferentes da escavação foram mantidas com longarinas
86 As paredes de estacas-pranchas revestidas adicionam um aspecto estético para acabamento do estacionamento

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Sheet Piling

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette
Luxembourg

T +352 5313 3105
F +352 5313 3290
E sheet-piling@arcelormittal.com
www.arcelormittal.com/sheetpiling

ArcelorMittal Aços Longos
Estaca-Prancha Metálica

Alameda Santos Nº 700 - 11º andar
CEP 01418-100 – Cerqueira Cesar
São Paulo - SP - Brasil
T 0800 015 1221
www.arcelormittal.com/br

4-13-08-1-P