

40, rue Berwart, Esch-sur-Alzette (LU)

Plaats_Localisation

Real Estate Enovos Esch, Esch-sur-Alzette (LU)

Oprichtgever_Maitre d'ouvrage

GK Engineering, Esch-sur-Alzette (LU)

Studiebureau_Bureau d'études

CLE, Strassen (LU)

Algemene aannemer_Entrepreneur général

Astron Steel Construction (Lindab), Diekirch (LU)

ArcelorMittal Eurostructures, Sanem (LU)

Staalbouwer_Constructeur métallique

tekst_texte:

Ingénieur diplômé / MBA Christoph Radermacher,

ArcelorMittal Construction

Ingénieur diplômé Marc May,

ArcelorMittal Europe – Long Products

foto's_photos: ArcelorMittal

Parkeergebouw van Enovos

Baanbrekende oplossingen door het gebruik van staal

Op het eerste gezicht lijkt het project op dat van een parking met een klassieke en goed verluchte stalen structuur. Maar als we even van dichtbij kijken, onderscheidt deze zich door het gebruik van een nieuw vloersysteem Cofraplus 220®, aangevuld met Angelina™-liggers, met een open en transparant uitzicht. Een ander vernieuwend aspect is bv. het beperkte gewicht van de liggers en een nauwkeurige voorbuiging, zonder de scheurvormingscontrole te vergeten die dankzij het vernieuwende Cofraplus 220®-vloersysteem met eenvoudige middelen verkregen kon worden.

Beschrijving van het project

De bouw van de nieuwe centrale van de Luxemburgse energieleverancier Enovos op een oud industrieterrein in Esch-sur-Alzette, in het zuiden van Luxemburg, ging samen met de bouw van een half-open parking met een gemengde staal-betonstructuur. Voor deze parking schoof klant verscheidene criteria naar voor: snelheid van uitvoering, schone en beperkte werf, optimalisering van de parkingoppervlakten, budgetvriendelijke oplossing, architectuur en duurzaam bouwen

Le parking d'Enovos

Solutions pionnières d'utilisation de l'acier

À première vue, le projet paraît être celui d'un parking à structure métallique classique et bien aéré. Mais si on l'observe de plus près, il se distingue toutefois par l'utilisation du procédé Astron pour parking silo, combiné au nouveau système de plancher Cofraplus 220®, en complément avec les poutres cellulaires Angelina™, avec une esthétique ouverte et transparente. En outre, il innove par des caractéristiques techniques comme un poids réduit des poutres, un précambrage précis, sans oublier un contrôle de la fissuration, qui, grâce au système de plancher innovant Cofraplus 220® peut être obtenu avec des moyens simples.

Description du projet

La construction de la nouvelle centrale du fournisseur d'énergie luxembourgeois Enovos sur un ancien terrain industriel d'Esch-sur-Alzette, au sud du Luxembourg, a été accompagnée par la construction d'un parking aéré à structure mixte en acier. Pour celui-ci, le client avait besoin d'un projet satisfaisant différents critères : rapidité d'exécution des travaux, chantier propre et réduit, optimisation des surfaces des parkings, solution économique, architecture et durabilité



van het project. Een op maat gemaakte parking van Astron beantwoordde perfect aan de eisen van de klant.

De bijna 400 parkeerplaatsen moesten verdeeld worden over maximaal 5 verdiepingen, met een zogenaamde 'split-level'-structuur (met halve niveaus en dito hellingen) en met drie gescheiden betonnen trappenhuizen.

Om restspanningen te vermijden, zoals die ten gevolge van de thermische uitzettingen, werden de trapkernen buiten de stalen hoofdstructuur gebouwd. Met een afmeting van 32 m x 60 m en een klassieke module van 15,75 m x 5 m, volgt de parking in wezen concepten die hun sporen allang verdiend hebben. Tegelijk profiteert ze van de polyvalente mogelijkheden van een gemengde staal-betonconstructie. Het gepersonaliseerde ontwerp van deze parking nam de noden en de bestaande bezwaren perfect in overweging.

Door het ontbreken van details voor de zoneplanning bij het begin van het project, moest rekening worden gehouden met de externe randvoorwaarden en de mogelijke toekomstige ontwerpopties. Het terrein vereiste bijvoorbeeld paalfunderingen waarvan de omvang beperkt kon worden dankzij een onderlinge afstand tussen de liggers van 5 m. Bij de plaatsing van de hellingen binnen tussen de halve verdiepingen werd rekening gehouden met een mogelijke uitgang van de parking op de eerste verdieping aan de zuidkant.

Bovendien konden in deze zone voorlopig slechts 3 verdiepingen gebouwd worden, doordat een hoogspanningslijn de bouwhoogte beperkte. Maar, wetende dat deze lijn in een nabije toekomst spanningsloos gemaakt zal worden en vervolgens afgebroken, was het mogelijk om de bouw van een vierde en vijfde verdieping eenvoudig te voorzien, dankzij het gebruik van een stalen structuur.

Origineel vloersysteem en sinusoidale raatliggers

In dit parkingproject schuilt de vernieuwing in het originele vloersysteem Cofraplus 220® dat gebruikt werd samen met de Angelina™-liggers. De afstand tussen de openingen van de liggers werd bepaald door de breedte van de

environnementales du projet. Le choix d'un parking silo sur mesure Astron répondait parfaitement aux exigences du client.

Les presque 400 places devaient être réparties sur un maximum de 5 étages, avec une structure dite de 'split-level' (demi-rampes) et desservies par trois cages d'escaliers séparées en béton.

Pour éviter les contraintes résiduelles, comme celles des dilatations thermiques, les noyaux d'escaliers ont été érigés en dehors de la structure principale en acier. Avec une dimension de 32 m x 60m et une structure tramée classique de 15,75 m x 5m, le parking correspond dans ses traits principaux à des concepts ayant fait leurs preuves et profite des possibilités polyvalentes de la construction mixte en acier. La conception personnalisée de ce parking a parfaitement pris en compte les besoins et contraintes existants.

Comme la planification détaillée de la zone n'étaient pas encore terminée au début du projet, il a fallu prendre en compte les contraintes externes et les options possibles de planification a posteriori. Par exemple, le terrain exigeait des fondations par piles dont l'étendue a pu être réduite grâce à une distance entre les poutres de 5 m, ce qui a permis de réduire le nombre desdits éléments. La disposition des rampes internes entre les demi-niveaux prenait en compte une sortie possible du parking au 1er étage côté sud.

En outre, il n'a été possible de réaliser dans cette zone que seulement 3 étages, car une ligne de haute tension limitait la hauteur constructible. Toutefois, comme cette ligne doit être mise hors service et démontée dans un proche avenir, il a été possible de planifier la construction postérieure des 4ème et 5ème étages de manière simple, grâce à l'utilisation d'une structure métallique Astron.

Système de plancher original et poutres cellulaires sinusoidales

Dans ce projet de parking, l'innovation réside dans le système original de plancher Cofraplus 220® utilisé en conjonction avec les poutres cellulaires Angelina™. La distance entre les ouvertures des poutres s'est calquée sur la largeur des profilés



vloerprofielen om zo een rijzige draagstructuur met een modern uitzicht tot stand te brengen.

Dankzij de grote gebogen openingen in de liggers kon t.o.v. 'vollelijf'-liggers een uitzicht over meerdere niveaus worden verkregen. De aldus verkregen transparantie met minder schaduw verleent de parking, dankzij een vrije doorgang van 2,20 m (onder de onderrand van de liggers), een ruimtelijk open gevoel en een klaarheid, die de gebruiker een comfortabel gevoel geeft en tegelijk voor een grotere veiligheid zorgt.

Beperkt tonnage aan staal en een uiterst nauwkeurige voorwielving

De fabricatie van de Angelina™-liggers is vergelijkbaar met die van raatliggers of raatvormige structuren. Een warmgewalst profiel wordt in de lengte doorgesneden om er halve T-liggers van te maken die daarna op elkaar gelast worden. Bij Angelina™-liggers wordt volgens een doorlopende sinusoidale lijn gesneden waarvan de precieze vorm aan de behoeften van het project kan worden aangepast.

Dit proces maakt het mogelijk om profielen te maken met een hoogte van ongeveer 1,5 keer die van de originele liggers. Het materiaalverlies blijft beperkt tot het afzagen van de uiteinden van de ligger, zodat geoptimaliseerde raatliggers verkregen kunnen worden.

du plancher, afin de créer une structure porteuse élancée à l'esthétique moderne.

Les grandes ouvertures courbées des poutres permettent, par rapport aux poutres de plancher à ame pleine, d'obtenir une vue embrassant plusieurs niveaux. La transparence ainsi obtenue au niveau des poutres ainsi que la réduction de l'ombre portée confère au parking, malgré un passage libre de 2,20 m (bord inférieur des poutres), un sentiment spatial d'ouverture et de clarté, procurant une sensation de confort pour l'utilisateur tout en favorisant la sécurité.

Tonnage d'acier réduit et précastrage d'une extrême précision

La fabrication des poutres Angelina™ est similaire à celles des poutres ou structures cellulaires. On découpe un profilé laminé à chaud pour former des demi-poutres qui sont ensuite soudées entre elles pour former des « sections en T » sur les montants. Toutefois, la découpe des poutres Angelina™ suit une ligne sinusoidale continue pouvant être adaptée en fonction des particularités du projet.

Ce processus permet de rehausser les profilés d'environ 1,5 fois la hauteur originale. Les pertes en matériaux se réduisent aux coupes en longueur des extrémités des poutres, ce qui permet d'obtenir des poutres cellulaires optimisées.

Voor wat de grote overspanningen betreft, zijn de Angelina™-liggers van het Enovoproject gebaseerd op een IPEO 400 in S460M-staal en/of op een IPEA 330 in S460M-staal voor de ietwat kortere liggers, in de buurt van de steunen van de hellingen. Bij het bepalen van de snijlijn die uiteindelijk de geometrie bepaalt van de openingen en de nieuwe hoogte van de ligger, is rekening gehouden met de breedte van de constructie en dus met de afstand van 750 mm tussen de ribben in het lijf van het profiel, en met alle statische verplichtingen en de hoogte van de hele plafondstructuur.

De uiteindelijke hoogte van de liggers bedraagt 575 mm en de toelaatbare belasting is vergelijkbaar met die van een IPE 550. De vereiste constructieve waterafvoer maakte bovendien een aanzienlijke voorwielving van de ligger nodig, die in de bouwfase 210 mm bereikte. Uiteindelijk daalde die tot 110 mm door het eigengewicht van het beton na het storten.

Grote draagwijdtes en geringe scheurbreedtes

De draagstructuur bestaat uit kolommen en balken uit warmgewalste staalprofielen. Alle onderdelen werden op maat gemaakt. De vooorgemaakte gaten en de geboutte verbindingen lieten een snelle en nauwkeurige montage op de werf toe.

Specifiek aan de Astron-constructie zijn de overspanningen van 16 m. Daardoor komt ruimte, om gemakkelijk de wagen te parkeren en de autodeuren te openen, dit zonder gehinderd te zijn door kolommen.

Het goedgekeurde Cofraplus 220®-vloersysteem (Duitse Zulassung Z-26.1-55) is gebaseerd op een additief concept voor het bepalen van de afmetingen dat zijn bruikbaarheid ruimschoots heeft bewezen. Daarvoor gebruikt men als werkplatform een geprofileerde plaat met een hoogte van 220 mm na montage tussen de liggers. De plaat neemt tijdens de bouw de belastingen van de wapening en van het gestorte beton op.

Afhankelijk van de dikte van de plaat (1 mm, 1,13 mm of 1,25 mm) en van de hoogte van het gebruikte beton, is het mogelijk om

Les poutres Angelina™ du projet Enovos se basent, pour ce qui est des grandes portées, sur un IPEO 400 en S460M et / ou sur un IPEA 330 en S460M pour les poutres un peu plus courtes adjacentes aux supports des rampes. La ligne de découpe, qui détermine finalement la géométrie des ouvertures des poutres et la nouvelle hauteur de la poutre, prend en compte la largeur de construction et donc la distance de 750 mm entre les nervures de la tôle du profilé, tout comme les obligations statiques et la hauteur de construction de l'ensemble de la structure du plafond.

La hauteur finale des poutres est de 575 mm et leur charge admissible est comparable à celle d'un IPE 550. Le drainage exigé en matière de construction a nécessité en outre un précambrage important de la poutre, qui atteint 210 mm en phase de construction. Celui-ci est finalement réduit à 110 mm par le poids propre du béton après coulage.

Grandes portées et faibles largeurs de fissuration

La construction de la partie porteuse est constituée de poteaux et de poutres en acier profilés à chaud. Tous les composants sont fabriqués sur mesure. Les trous pré-perçés et les connexions boulonnées permettent un montage rapide et précis sur chantier.

Spécificité du procédé de construction Astron, les solives offrent des portées libres de 16 m. L'espace ainsi libéré permet de se garer aisément sans être dérangé par des poteaux et d'ouvrir les portières facilement.

Le système de plancher Cofraplus 220® (Avis technique Zulassung allemand Z-26.1-55) agréé pour la construction se base sur un concept additif de dimensionnement ayant fait ses preuves. Pour ceci, on utilise la tôle de profilé d'une hauteur de 220 mm après montage entre les poutres comme plateforme de travail. La tôle reprend, lors de la construction, les charges de l'armature et du béton frais.

En fonction de l'épaisseur de la tôle de 1 mm, 1,13 mm ou 1,25 mm et de la hauteur du béton utilisé, il est possible d'obtenir des portées de





overspanningen te verkrijgen van meer dan 5,50 m zonder extra ondersteuning bij de montage. Bij gebruik van de speciale montagesutten kan men overspanningen tot 10 m verwezenlijken.

Het parkingproject van Enovos had bij de montage geen enkele ondersteuning nodig dankzij de overspanning van de vloer van 5 m. De hoogte van de vloer boven de ribben bedraagt slechts 80 mm (na goedkeuring), hoewel volgens de Zulassung en het gebruik van 'Wing 20' de betonhoogte boven de staal-betonliggers 100 mm had moeten zijn.

Voor de montage werden de platen geplaatst in wat men 'stalen Wing-steunen' noemt, die men op de ligger vastmaakt vooraleer ze met behulp van zelfborende schroeven te bevestigen. Als alternatief kan men ze onderaan met bouten bevestigen door gebruik te maken van de verzwaring van de plaatranden. Dit type plaatsing maakt een continuïteitseffect mogelijk van de betonribben om zo het effect van een doorlopende vloer te verkrijgen, aangezien het beton boven de plaat en binnen in de steunen rechtstreeks in contact staat met het lijf van de liggers.

Daarnaast maakt dit type plaatsing van de profielplaten een vrije schikking van de gelaste

plus de 5,50 m sans étaielement supplémentaire au montage. Si l'on emploie l'étaielement de montage spécialement conçu, on peut obtenir une portée jusqu'à 10 m.

Le projet de parking Enovos n'a nécessité aucun étaielement au montage grâce à la portée de plancher de 5 m que nous avons évoquée. La hauteur du plancher au-dessus des nervures est de 80 mm après autorisation, bien que selon l'avis technique Zulassung, et l'utilisation de 'Wing 20' la hauteur de béton au-dessus des poutres mixtes aurait dû être de 100 mm.

Pour le montage, les tôles ont été placées dans ce qu'on appelle des supports en acier 'Wing' fixés sur la poutre avant d'être fixés à l'aide de vis auto-perçantes. Alternativement, on peut les boulonner par-dessous en profitant de la surépaisseur. Ce type de mise en place permet un effet de continuité de la nervure du béton et donc d'obtenir un effet de plancher continu, car le béton au-dessus de la tôle et à l'intérieur des supports est en contact direct des âmes de poutres.

En outre, ce type de mise en place des tôles de profil permet une libre disposition des goujons

stiftdeuvels mogelijk. De steunen zijn eenvoudige gevormde stukken metaalplaat met een dikte van 3 mm in gewoon staal S235JR. Ze zijn in het atelier van de constructeur op het lijf van de liggers gelast tijdens de mechanische bewerking om vervolgens aan dezelfde corrosiewerende behandeling onderworpen te worden als de ligger zelf. Tijdens het Enovos-project werd de volledige structuur warm verzinkt, zoals dit gewoonlijk het geval is bij de bouw van parkeergarages.

Het gedrag bij belasting van het doorlopende vloersysteem vergt, ondanks een nominale betondekking (c_{nom}) van 50 mm, geen extra wapeningen van roestvast staal, en onderscheidt zich door een zeer goed gedrag t.a.v. scheurvorming, vooral in de zone met negatieve momenten boven de ligger. Het belastingsgedrag van het Cofraplus 220®-vloersysteem is vergelijkbaar met dat van een doorlopende ribbenvloer.

In niet-gebarsten toestand is de ruwheid van de vloer in de overspanningen praktisch gelijk aan die boven de liggers. Om aan de wens van de Bouwheer te voldoen op het vlak van duurzaamheid, heeft men de breedte van de gemiddelde scheur boven de ligger berekend op 0,1 mm.

Om met deze extra eis rekening te houden, werd een eenvoudige passende wapening boven de ligger aangebracht, die deels bijdraagt aan het continuïteitseffect van het vloersysteem. Dit heeft als resultaat dat, zelfs na het stralen van het oppervlak van het beton ter voorbereiding van de bekleding met OS8, geen enkele achteraf te behandelen scheur is ontstaan boven de liggers.

De samenstelling van het gebruikte beton voor de weerstandsklasse C35/45 bevatte aggregaten met een maximumgrootte van 16 mm en 400 kg cement per m³ zonder additieven. Voor het pompen van het beton in een leiding van 50 m lang werd de nodige consistentie verkregen door het toevoegen van een verdunner. De verkregen vloeibaarheid werd op de bouwplaats gecontroleerd door de leverancier van de stortklare betonspecie.

Dankzij de staalconstructie kon de bouwheer zijn project al exploiteren vooraleer de definitieve afwerking.

soudés. Les supports sont des pièces formées simples en tôle métallique d'une épaisseur de 3 mm en acier conventionnel S235JR. Elles sont soudées sur l'âme des poutres dans l'atelier du constructeur lors du processus d'usinage avant d'être soumises au même traitement anticorrosion que la poutre elle-même. Lors du projet Enovos, l'ensemble de la structure a été galvanisée à chaud, comme cela est classique lors des constructions de parking.

Le comportement en charge du système de plancher en continuité, malgré un recouvrement de béton de son armature de c_{nom} = 50 mm, ne nécessite pas d'armatures supplémentaires en acier inoxydable, et se distingue par un très bon comportement à la fissuration, tout particulièrement dans la zone de moments négatifs au-dessus de la poutre. Le comportement en charge du système de plancher Cofraplus 220® est similaire à celui d'un plancher continu nervuré.

En état non fissuré du béton, les rigidités du plancher dans les portées et au-dessus des poutres sont pratiquement égales. Pour ce qui est de la durabilité, on a limité, pour répondre au souhait du maître d'ouvrage, la largeur de fissure moyenne calculée au-dessus de la poutre à 0,1 mm.

Cette exigence supplémentaire a pu être prise en compte par une armature correspondante simple au-dessus de la poutre, qui est en partie la raison de l'effet de continuité du système de plancher. Ceci a eu pour résultat que, même après le grenailage de la surface du béton qui a été effectué pour la préparation du revêtement OS8, aucune fissure nécessitant un traitement postérieur n'est apparue au-dessus de la poutre.

La composition de béton utilisée pour la classe de résistance C35/45 contenait des agrégats d'une taille maximale de 16 mm et du ciment à 400 kg/m³ sans additifs supplémentaires. Pour le pompage du béton dans la conduite mesurant presque 50 m, la consistance nécessaire a été obtenue par ajout de fluidifiant. La fluidité obtenue a été surveillée sur le chantier par le fournisseur du béton prêt à l'emploi.

Grâce à la construction métallique, maître d'ouvrage pouvait tirer profit de son projet avant la mise à disposition définitive.