

Staalgebruik en kosten nauwkeurig te bepalen

Kosten portalen staalbouw eenvoudig beheersbaar

Staalbouwhallen zijn er in vele gedaanten. De kosten ervan worden beïnvloed door onder meer het type constructie, kolommen en liggers, bouwhoogte en overspanning. Sinds begin 2007 zijn via de website van Bouwen met Staal staalgebruik en kosten te berekenen.

Ir. Jan-Pieter den Hollander
Bouwen met Staal

Het aantal hallen in Nederland groeit snel. Ze worden niet alleen opgetrokken op bedrijven- en industrieterreinen voor opslag- en productiedoelstellingen, maar ook in de stad en daarbuiten voor bijvoorbeeld recreatieve doeleinden. Denk aan sporthallen, zwembaden en klimhallen. De constructiekeuze kan per hal verschillen omdat de overspanning en het stramien afhankelijk zijn van de beoogde functie. Negen op de tien hallen heeft een draagconstructie in staal. Verreweg het meest voorkomende constructietype (ongeveer 80 procent van de markt) is een portaal dat bestaat uit walsprofielen, in beide richtingen geschoord door windverbanden in het dak en in de gevels. Voor deze constructie heeft Bouwen met Staal een brochure uitgebracht en een digitaal hulpmiddel ontwikkeld waarmee de ontwerper eenvoudig profielafmetingen, staalgebruik (kg/m²) en kosten kan bepalen.

Digitaal hulpmiddel

De gebruiker kiest een hoogte van de hal (5 m, 6 m, 8 m of 10 m), een afstand hart-op-hart en een type verbinding. Vervolgens leest hij bij de gewenste overspanning het gewicht (kg/m²) van het portaal af in een grafiek. Daarna bepaalt de gebruiker de kosten. Dit kan met de methodiek die de brochure aanreikt maar ook met een eigen werkwijze op basis van het staalgebruik. Op de website van Bouwen met Staal (www.bouwenmetstaal.nl) is een digitaal



Distributiehhal in staalbouw (Foto's: Bouwen met Staal)

hulpmiddel beschikbaar. Daarmee krijgt de gebruiker direct voor elke hoogte en overspanning de kosten van het portaal en de profilering.

Het portaal is opgebouwd uit HEA-kolommen en IPE-liggers in de staalsoort S235. Over het algemeen geldt dat S355 prijstechnisch gunstig is. Het materiaal is weliswaar duurder per kilogram maar de materiaalbesparing weegt hier ruimschoots tegenop. Voor de portalen is vervorming echter vaak bepalend voor de dimensionering waardoor een hogere staalsoort geen voordelen biedt.

Het dakpakket bestaat uit bitumineuze dakbedekking, isolatiemateriaal en daaronder een trapeziumvormige dakplaat. Ook het gewicht van leidingen en armaturen is meegenomen als belasting. De gevels bestaan uit binnendozen met isolatie en een stalen buitenplaat. De belastingcombinaties zijn bepaald volgens NEN6702, voor hallen met industriële functies.

Relatie staalconstructie en investeringskosten

Voor een duidelijk inzicht in de totale investeringskosten is het van belang de kosten van de staalconstructie afzonderlijk te beschouwen. Deze kosten omvatten ongeveer 7,5 procent van de investeringskosten; samen met het dak en de gevel moet men rekenen op 25 procent van de totale investeringskosten in het geval van een standaardhal.

Als de staalconstructie onverhoopt duurder uitvalt, heeft dat slechts een zeer geringe invloed op de totale kosten. Stel, de kosten van de staalconstructie vallen 20 procent hoger uit door een stijging van de materiaalprijzen, dan verhoogt dat de totale investeringskosten met slechts 1,5 procent.

Dit laat ook zien dat een integrale ontwerpbenadering lonend kan zijn. Zo resulteert een besparing van 20% op de kosten van de staalconstructie niet automatisch in de laagste investeringskosten. Als bijvoorbeeld het ontwerp van installaties of fundering minder optimaal is, kan dit de winst van 1,5% op de totale investeringskosten eenvoudig teniet doen.

Kolommen en liggers bepalend voor kosten

Met de brochure bepaalt de gebruiker de kosten van kolommen plus liggers. Op basis daarvan kan de kostendeskundige de totaalprijs van de staalconstructie inschatten. Grofweg bepalen de kolommen en de liggers het merendeel van het staalgebruik. De andere onderdelen, zoals kipsteunen, wandregels en dak- en gevelverbanden hebben een geringer aandeel in de kosten. Dit wordt geïllustreerd in tabel 1. Voor beide hallen uit de tabel is ongeveer 77% van het staal nodig voor kolommen en liggers samen.

Met het gegeven dat de kosten van kolom en ligger zo'n 60% à 70% bedragen, zijn de totale kosten van de staalconstructie van een geschoorde hal te berekenen. Dit is een hal zonder 'accessoires' als ophangconstructies voor sprinklers, verdiepingvloeren, magazijnstellingen en bouwkundig staal. De kosten per kilogram staal variëren met de grootte van de hal; hoe groter de hal, hoe lager de kosten per kilogram. Voor een hal van 5 m x 10 m zijn die kosten 1,8 euro tot 2,0 euro per kg, voor een hal van 10 m x 24 m is dat 1,2 euro tot 1,4 euro per kg (zie tabel 2). Wel neem het staalgebruik toe bij grotere overspanningen. Dit betekent dat de prijs per vierkante meter kan



Brandweergarage in staalbouw

toenemen. Dit is immers de vermenigvuldiging van kilogramprijs met kilogram per vierkante meter.

Invloed variatie in geometrie op kosten

Onderzocht is de invloed van een verandering van de geometrie op de kosten van de staalconstructie. Zo is gekeken naar een variatie in de hoogte van de hal, de overspanning van de liggers en de afstand hart-op-hart van de portalen. Verder is bekeken wat de kosten zijn van de twee typen verbindingen, een flexibele en een scharnierende verbinding tussen kolom en ligger. De getallen geven een indicatie en dienen om aan te geven welke kant het op gaat. Per project is aan te raden preciezer mogelijke besparingen te onderzoeken. De gewichten onder de volgende kopjes betreffen het gewicht van kolom plus ligger.

Investeren in hogere hal voor extra verdieping kan lonen

De hoogte van de hal heeft invloed op het gewicht van de kolommen. De kolom wordt langer en de windbelasting is hoger als de hal hoger wordt. Voor windgebied I neemt het staalgebruik toe van 11 kg/m² bij een hoogte van 5 m tot een staalgebruik van 27 kg/m² bij een hoogte van 10 m. Dit geldt bij een gelijkblijvende overspanning van 10 m. Bij een overspanning van 24 m neemt het staalgebruik toe van 24 kg/m² bij een hoogte van 5 m tot 32 kg/m² bij een hoogte van 10 meter.

Op meer manieren kosten besparen

Het verschil is bij grote overspanningen duidelijk lager dan bij kleine overspanningen. Dit valt te verklaren door een groot aandeel van het gewicht van de kolommen bij relatief hoge hallen. Zo is het staalgebruik per vierkante meter bij een hal met een hoogte van 10 m en een overspanning van 10 m ongeveer gelijk aan het gebruik bij een hal met een overspanning van 19 m en dezelfde hoogte. Uitgangspunt voor deze beschouwing is een hart-op-hart afstand van 5 m en scharnierende verbindingen tussen kolom en ligger. Verder blijkt een hal van 6 m hoog betrekkelijk weinig extra staal (ongeveer 3 kg/m²) nodig te hebben vergeleken bij een hal van 5 m. Het is daarom voor opdrachtgevers een serieuze optie de hal 6 m hoog te bouwen, zodat in een later stadium eventueel een tussenverdieping aangebracht kan worden. Bij een hal van 5 m hoog is dat niet mogelijk. Zeker bij hoge grondprijzen kan het voor de opdrachtgever interessant zijn deze extra investering te doen met het oog op flexibiliteit voor de toekomst.

Hoe groter de overspanning hoe lager de kilogramprijs

Ook de overspanning heeft invloed op de prijs: hoe groter de overspanning, hoe lager de kilogramprijs. De materiaalkosten blijven in de regel gelijk maar de kosten voor fabricage, afwerking en montage dalen per kilogram. De kosten dalen van 1,80 euro bij 10 meter overspanning tot 1,29 euro bij 24 meter overspanning van een hal van 5 meter hoog en van 1,40 euro bij 10 meter tot 1,25 euro bij 24 meter voor een hal van 10 meter hoog. In het algemeen

Tabel 1 Opbouw staalgebruik van stalen hallen

	Afmeting 20 m x 45 m Oppervlak ca. 900 m ²	Afmeting 15,6 m x 31,2 m Oppervlak ca. 450 m ²
	Aandeel (%)	Aandeel (%)
Kolom	29	31
Ligger	48	46
Kipsteun	6	3
Dakverband	4	3
Gevelverband	2	2
Dakrandligger, wandregel	11	15
Totaal	100	100

Tabel 2 Kosten voor drie formaten stalen hallen

	Euro per kg*
Kleine hal (5 m x 10 m)	1,8-2,0
Middelgrote hal (8 m x 17 m)	1,3-1,5
Grote hal (10 m x 24 m)	1,2-1,4

* Prijspeil juni 2006; staalsoort S235; incl schroeftoeslag; incl. bouten en moeren, hulpstaal en verbindingmateriaal; fabricage incl. tekenwerk en zeeg; afwerking met een eenlaags verfsysteem; max. 100 km transportafstand naar de bouwplaats.

geldt dat bij lage hallen de kilogramprijs sneller afneemt als de overspanning groter wordt dan bij hoge hallen.

Grotere afstand hart-op-hart heeft lager staalgebruik

Een grotere afstand hart-op-hart van de portalen levert een besparing op van het staalgebruik. Zo is het staalgebruik bij een afstand hart-op-hart van 5 m 18,5 kg/m², terwijl het staalgebruik bij een afstand hart-op-hart van 7 m 15,5 kg/m² is. Dit geldt bij een overspanning van 10 m en een hal met een hoogte van 8 m. Bij een overspanning van 24 m is het staalgebruik 27,5 kg/m² (hart-op-hart van 5 m) en 23,5 kg/m² voor een afstand hart-op-hart van 7 m. Een ander voordeel van een grotere afstand hart-op-hart is een beperking van het aantal onderdelen dat het staalconstructiebedrijf op de bouwplaats moet monteren. Daarnaast zijn minder funderingselementen als poeren en heipalen nodig.

Kosten verbinding versus materiaalgebruik

Als verbinding zijn een scharnierende en flexibele versie mogelijk. De scharnierende verbinding bestaat uit hoekstalen die met bouten aan het lijf van de ligger en de flens van de kolom worden bevestigd. De flexibele verbinding is een kopplaat die aan de ligger wordt gelast. Dit maakt de verbinding duurder dan een met hoekstalen waardoor de kilogramprijs hoger ligt. Er staat echter een besparing in gewicht tegenover omdat de ligger meestal een profiel lichter kan. Of het portaal in zijn geheel goedkoper wordt, verschilt per project. Het kan lonend zijn de twee alternatieven naast elkaar te zetten.

Toch hebben sommige staalbouwers een voorkeur voor een verbinding met hoekstalen omdat dan niet aan de ligger gelast hoeft te worden. Bovendien kan de staalbouwer de profielen voorgeboord en al bij de staalhandelaar bestellen. Op deze manier hoeft de staalbouwer geen bewerkingen in de werkplaats meer uit te voeren en slechts te monteren.

Dit artikel is gebaseerd op de brochure 'Stalen portalen voor hallenbouw.

Ontwerpinstructies voor de staalconstructie van een portaal', uitgave Bouwen met Staal, ISBN 978-90-72830-70-8, Zoetermeer, 2007.

Behalve informatie over kosten behandelt de brochure ontwerpaspecten zoals wateraccumulatie en brand. De brochure is te bestellen op www.bouwenmetstaal.nl en kost € 17,50. Voor leden van Bouwen met Staal en studenten is de prijs € 15.