

TRACTEBEL ENGINEERING N.V.

HASSELT OFFICE
Ilgatlaan, 23 – 3500 Hasselt - BELGIUM
tel. +32 11 28 86 00 – fax. +32 11 28 20
engineering@gdfsuez.com
www.tractebel-engineering-gdfsuez.com

NOTA



Our ref.: RN001KSW
TS:
Imputation: P.007821

Client: Stadsbestuur Beringen
Project: Stabiliteitsonderzoek feestzaal COR
Subject: Onderzoek dak in cellenbeton

00	15/03/24	FIN	K.SWENNEN	J.ICKMANS	R.THEUNKENS	J.ICKMANS
REV.	YY/MM/DD	STAT.	WRITTEN	VERIFIED	APPROVED	VALIDATED

Smart & Sustainable Infrastructure

TRACTEBEL ENGINEERING S.A. – Registered office: Avenue Ariane 7 – 1200 Brussels – BELGIUM
VAT: BE 0412 639 681 – RPM/RPR Brussels: 0412 639 681 – Bank account IBAN: BE74375100843707 – BIC/SWIFT: BBRUBEBB

TABLE OF CONTENTS

Contents

1. INLEIDING	4
2. CONTROLE DRAAGSTRUCTUUR.....	4
2.1. Situatie.....	4
2.2. Schadepatroon dak en oorzaak.....	7
2.3. Ontwerpbelastingen op dak.....	8
2.4. Vervormingen in platen.....	8
2.4.1. Vervormingen gemeten vanaf onderzijde dak.....	8
2.4.2. Vervormingen gemeten vanaf bovenzijde dak	10
2.4.3. Conclusie vervormingen.....	10
2.5. Scheurvorming in platen	11
2.5.1. Onderzijde platen	11
2.5.2. Bovenzijde platen	12
2.6. Balken	13
2.7. Klemmen ramen	13
3. REFERENTIE PROJECT.....	15
4. BESLUIT	18

1. INLEIDING

In 2012 werd door het studiebureau IRS de stabiliteit van het dak van de feestzaal COR beoordeeld in functie van het aanbrengen van een extra gewicht vanwege een PV-installatie en/of isolatie. Er werd daarbij geconcludeerd dat het dak boven de feestzaal, zowel de cellenbetonplaten als de betonnen IV-liggers, niet in staat zijn om bijkomende lasten op te nemen. Daarenboven werden vervormingen tot 40 mm gemeten. Vanwege deze vervormingen is de bezorgdheid ontstaan voor de algehele stabiliteit van het dak in zijn huidige toestand.

Deze nota heeft dan ook tot doel een uitspraak te doen over de huidige toestand en de aan te bevelen maatregelen. Hierbij beroept Technum zich op een visuele controle ter plaatse en kennis uit gelijkaardige dossiers.

2. CONTROLE DRAAGSTRUCTUUR

2.1. Situatie

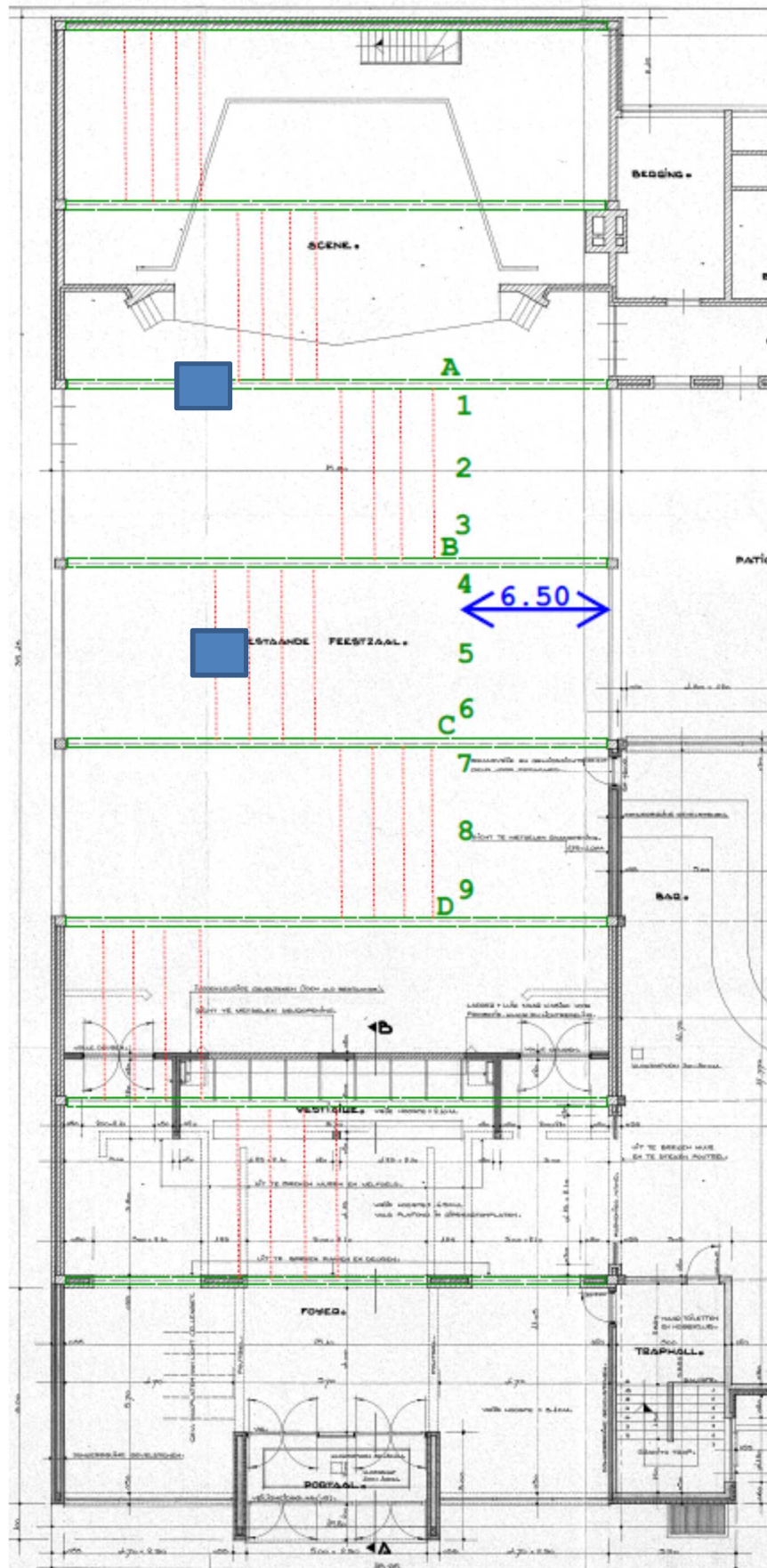
Deze nota beperkt zich tot uitspraken over de dakplaat van de feestzaal, gebouwd in 1975. De naastliggende bibliotheek werd niet nader geïnspecteerd of bestudeerd. Echter, kijkend over het dak, zijn er geen merkbare vervormingen waar te nemen, dit in tegenstelling tot de feestzaal.

Onderstaande figuren geven een zicht op de dakopbouw van de feestzaal. Deze bestaat uit geprefabriceerde IV-liggers alle 5 m (zie groene aanduiding). Op deze IV liggers zijn cellenbetonplaten met een dikte van 15 cm geplaatst. Er is geen druklaag op de platen aanwezig. De dakdichting bestaat uit de originele dichting van meerlaagse roofing met hierop een recentere dichting. Er is geen isolatie aanwezig.

Nacalculatie op zich is moeilijk omdat we de wapening in de platen niet kennen, verder kunnen we zonder bijkomend onderzoek geen uitspraak doen over de graad van degradatie. Een visuele inspectie is echter wel mogelijk.

Om een visuele inspectie en een opmeting van de vervormingen mogelijk te maken, werd aan de onderzijde van het plafond een strook van het vals plafond verwijderd en een stelling voorzien. De onderzijde van het dak is volledig zichtbaar in de zone boven het podium en de regiekamer.

Op het dak werd op strategische plaatsen een stuk van de dakdichting weggenomen. Ook op het dak werden de relatieve vervormingen opgemeten.



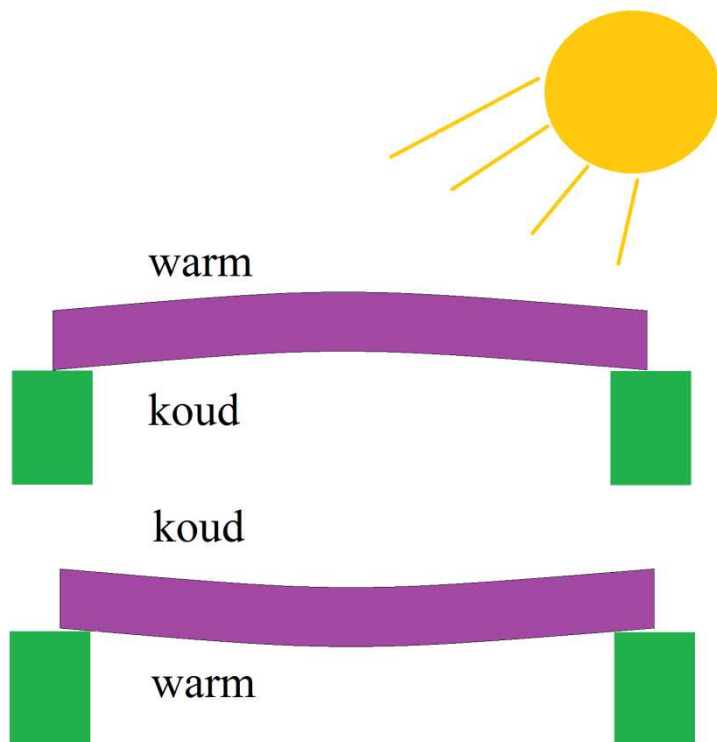
2.2. Schadepatroon dak en oorzaak

Een eerste verschijnsel (en mede een aanleiding tot dit onderzoek) zijn de grote vervormingen van de cellenbetonplaten. Daarenboven is bij de visuele inspectie een excessieve scheurvorming waargenomen aan de onderzijde van de platen.

Een oorzaak van de grote vervormingen is het gebruik van dakplaten uit cellenbeton. Deze platen werden vroeger geprezen omdat ze een isolerende functie hebben, en werden dan ook zonder bijkomende isolatie geplaatst. Dit in tegenstelling tot een systeem van bijvoorbeeld klassieke welfsels met een afzonderlijke isolatieschil.

Echter, door afwezigheid van een extra isolatielaag op de cellenbetonplaten, zijn deze platen op zich extra gevoelig aan temperatuurschommelingen. Wanneer de bovenzijde van de plaat opwarmt, zal de plaat naar boven opbollen. Nadien bij afkoeling neemt de plaat terug zijn oorspronkelijke vorm aan en bolt deze naar onder. Vanwege deze variërende vervormingstoestand ontstaat er, door afwezigheid van bovenwapening in de plaat, een steeds verder optredend scheurpatroon en degradatie aan de bovenzijde van de plaat.

Ook krimp van de platen kan door afwezigheid van wapening de scheurvorming in de hand werken. Als deze factoren zorgen voor een minder performant cellenbeton in de druklaag, en dus een lagere stijfheid en draagvermogen van de plaat.



2.3. Ontwerpbelastingen op dak

De minimaal aanwezige belastingen op het dak worden hieronder opgesomd. Wij gaan er van uit dat het dak destijds ontworpen is voor deze waarden. Deze waarden geven een kijk op de verhoudingen eigengewicht, afwerking en overlast. Ook in geval van een eventuele vervanging van het dak geven ze een zicht op de huidige en nieuwe belastingstoestand.

- Windbelasting: Niet bepalend
- Sneeuwbelasting: 40 kg/m² (aan te bevelen waarde bedraagt 50 kg/m²)
- Bestaande dakdichting: 15 kg/m²
- Bestaande cellenbetonplaten *: 720 kg/m³ x 0.15 m = 108 kg/m²
- Bestaande vals plafond : 15 kg/m²

(*) De geteste cellenbetonplaten te in referentie project (10cm dik) wegen 72 kg. Dit geeft een soortelijk gewicht van 720 kg/m³.

- Geen druklaag of hellingsbeton aanwezig.
- Geen isolatie aanwezig.
- Geen rolgrind aanwezig

Nieuwe belasting te overwegen:

- Nieuwe stalen dakplaten: 15 kg /m²
- Roofing + isolatie: 20 kg/m²
- Zonnepanelen met ondersteuning en met ballast: 40 kg/m²

2.4. Vervormingen in platen

2.4.1. Vervormingen gemeten vanaf onderzijde dak

Aangezien het vals plafond over een afgesproken strook werd verwijderd voor visuele inspectie, was het ook mogelijk om de doorbuigingen van de dakplaten vanaf de onderzijde te meten.

De doorbuiging van de platen werd nagegaan door de afstand van vloer tot plaat aan de randen van de plaat te vergelijken met het midden van de plaat. Ook de niveaus van de balken werden nagegaan.

Voorafgaandelijke werd de vlakheid van de vloer (referentie) gecontroleerd. Een toelaatbare en bruikbare maximale afwijking van 0.5cm werd vastgesteld.

De gemeten relatieve doorbuigingen van de platen lopen op tot 4.5 cm.

Positie	A	1	2	3	B	4	5	6	C	7	8	9	D
cm t.o.v. vloer	/	524,1	520,8	524,4	450,9	524,7	521	525,3	451,8	525,7	521,1	522,7	449,7
cm gemiddelde rel. vervorming t.o.v. balken			3,5				4				4,5		

Voorafgaande visuele inspecties van het vals plafond deden grote doorbuigingen vermoeden. Inspectie van de ophangstructuur van dit vals plafond doet echter vermoeden dat de merkbare doorhang van het houten plafond niet één op één te wijten is aan de vervormingen van de betonnen dak structuur. Het is echter de minder conservatieve manier van ophanging van het plafond, die afzakking van het plafond niet uitsluit. De ophanging bestaat immers uit stalen staven, aan de bovenzijde verankerd in of aan (geen druklaag!) de cellenplaten en aan de onderzijde verankerd door om te plooien en te fixeren met een krom geslagen nagel.



2.4.2. Vervormingen gemeten vanaf bovenzijde dak

De waargenomen relatieve vervormingen van de platen t.o.v. de balken variëren van 3 cm in de uiterste velden tot 6 cm in de middelste velden.

Het vervormingspatroon is duidelijk zichtbaar vanop het dak. De balken tekenen zich duidelijk af (zie groene pijlen).

De werknemers van de technische dienst die de openingen in de dakdichting maakten, konden bevestigen dat de vervormingen niet altijd zo uitgesproken waren, maar de laatste jaren zijn toegenomen. Dit bevestigt de vooropgestelde theorie welke aanneemt dat de schade voortschrijdend is.



2.4.3. Conclusie vervormingen

Metingen op boven en onder zijde van de dakplaten ingecalculeerd, kunnen we spreken van vervormingen tot 1/100 van de overspanning (1 cm vervorming bij 100 cm overspanning, of 5 cm vervorming bij 500 cm overspanning).

De oude normen van vervorming waren: 1/300 onmiddellijk na plaatsing.

Vandaag bedragen de normen voor plaatvervormingen 1/400 onmiddellijk na plaatsing en 1/250 op lange termijn.

2.5. Scheurvorming in platen

2.5.1. Onderzijde platen

Aan de onderzijde van de platen is zeer duidelijk, en over het algemeen voor alle platen een scheurpatroon zichtbaar. Dwarse scheuren komen, zoals men kan verwachten, het meest voor in de midden zone van de platen. Dwarse scheuren zijn waarneembaar alle 20 tot 50 cm.

Deze scheuren aan de onderzijde op zich hoeven niet meteen te wijzen op een probleem met de stabiliteit. De treksterkte beton in gewapend beton wordt aan zijn getrokken zijde (in dit geval de onderzijde van de platen) niet meegerekend. Aan de getrokken zijde worden de krachten immers opgenomen door de wapening en kan het beton per definitie gescheurd zijn.

Toch wijst scheurvorming op belastingen van en op de platen die te groot is in verhouding tot de dikte en de wapening van de plaat. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de degradatie van de gedrukte zijde. Een vloeien van de wapening kan hiermee bijvoorbeeld gepaard gaan.

Daarenboven is er ter hoogte van de scheuren sneller roestvorming van de wapening mogelijk.

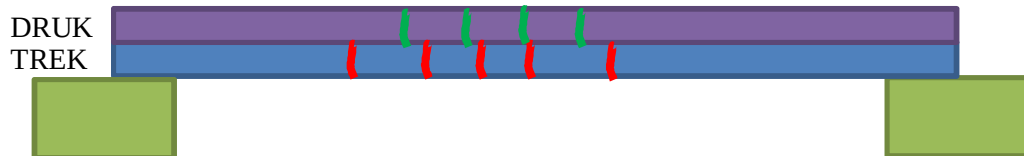
Op enkele plaatsen is er ook roestvorming zichtbaar en tekent de wapening zich hierdoor af. Door deze expansieve roestvorming begint het beton hierdoor reeds af te springen. Op dit moment is dit nog niet zorgwekkend, maar op langere termijn betekent dit degradatie van beton en wapening. In zones waar geen vals plafond aanwezig is, kunnen deze brokstukken ook gevaarlijk zijn wanneer ze op personen vallen.



2.5.2. Bovenzijde platen

Aan de bovenzijde van de platen werd op 2 plaatsen de dakdichting weggenomen.

Een eerste locatie was in het midden van een plaat (centraal tussen twee balken). Hier zijn bij opwarmen de grootste momenten. Een scheurvorming, degradatie of het afbrokkelen van beton werd niet direct waargenomen. Echter, de gebrande roofing op de platen maakte inspectie moeilijk. Bovendien zijn scheuren in de gedrukte zijde van de platen in theorie niet waarneembaar, aangezien deze worden dichtgedrukt (groen).



Een tweede locatie betreft het uiteinde van een plaat (boven de balk). Hier was wel duidelijk een scheur waarneembaar, welke gezien zijn aard en ligging wijst op een overschrijding van de dwarskrachtcapaciteit of een inklemmingsprobleem. In tegenstelling tot scheuren aan de onderzijde van de plaat, vertoont dit type scheur echter wel stabiliteit technische problemen. De platen zijn namelijk niet voorzien van beugels of bovenwapening, waardoor de stabiliteit na breuk van het beton enkel nog kan verzekerd worden door afschuifkrachten in de onderwapening. Aangezien de permanente lasten relatief laag zijn, blijven de spanningen in deze onderwapening relatief laag, vandaar dat er nog geen breuk is opgetreden. Toch is dit een situatie die men niet onopgelost kan laten.



2.6. Balken

De bestaande balken (hoogte 800mm / breedte 240mm) zijn IV-liggers uit voorgespannen beton, in afmetingen vergelijkbaar met de hedendaagse types IV 750/240 en IV 875/240 van ERGON. De balken hebben klassiek een variabele hoogte, onderzijde is vlak, bovenzijde met hellingen in dakstructuur, wat meteen de helling voor afwatering van het dak geeft.

De balken vertonen geen zichtbare gebreken.

Rekennota van studie bureau IRS heeft evenwel reeds aangetoond dat de balken echter geen bijkomende belasting kunnen dragen.

In geval van een vervanging van de cellenbetonplaten door een steeldeck met isolatie en zelfs een PV installatie, zal dit een ontlasting betekenen van de IV liggers.



2.7. Klemmen ramen

Een bijkomende bezorgdheid was het klemmen van de ramen. Men zou kunnen beweren dat te wijten is aan de stabiliteitsproblemen van het dak.

De vervorming van de cellenbetonliggers heeft echter geen invloed op de ramen. Stabiliteit technisch heeft het een niets met het ander te maken.

Het klemmen kan echter veroorzaakt worden door vochtigheid, temperatuur, schilderwerken, sporadisch gebruik, ...

De balken boven de ramen vertonen evenwel een aanzienlijk scheurpatroon en dienen in kader van een eventuele bijkomende studie of vervanging van de cellenbetonpanelen nader bestudeerd te worden. Gezien er hierover geen (wapenings-) plannen bestaan, is een destructief onderzoek aangewezen.



3. REFERENTIE PROJECT

Technum heeft in Vlaanderen reeds gelijkaardige expertise uitgevoerd voor cellenbetonplaten op daken. Conclusies hiervan worden hieronder samengevat.

Het plat dak van een betreffende project was gezien zijn leeftijd (40 jaar, in jaar 2002) aan een renovatie van de dakdichting toe. Echter, vanwege problemen met de cellenbetonpanelen, werd aan Technum gevraagd om onderzoek uit te voeren aangaande de kwaliteit van de dakplaten en een inschatting te maken over de veiligheid hiervan. Onderstaande optredende problemen zijn van zelfde aard als deze merkbaar bij de feestzaal COR:

- Ernstige vervormingen: 2 tot 3 cm voor platen van 3 meter lengte = 1/100.
- Scheuren in de panelen
- Afbrokkelen van kleine cellenbetondelen (grootteorde in de centimeters) voornamelijk afkomstig van de zijkanten in een voeg en aan de opleg van de panelen. In mindere mate merkbaar bij de feestzaal.

Er werd bevonden dat de dakplaten Siporex (dikte 10 cm) voor de overspanning zeer gevoelig zijn voor doorbuiging, een gekend probleem voor dit soort platen.

Een 30 tal dakplaten werden gezien hun schade onmiddellijk verwijderd. Hiervan werden er 10 beproefd (4 door Geos en 6 door Ytong) met een 4puntsbuigproef zoals voorzien in NBN B15-214.

Bij de visuele inspectie van de zes dakplaten werd opgemerkt dat alle zes de dakplaten een zelfde scheurpatroon vertonen aan de bovenzijde van de dakplaten: dwarse scheuren over de volledige breedte van de dakplaten en over 95% van de dikte van de plaat en dit alle 20 à 25 cm. Aan de onderzijde waren deze scheuren slechts sporadisch terug te vinden.





Testresultaten kunnen we als volgt samenvatten.

Beoordeling Breukmomenten

Plaatnr	Optredend breukm.	Theor.breukm.	Gereduceerd teor. Breukm.	Beoordeling
Y11	3.04 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	OK aan vermin.veiligheid
Y12	3.34 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	OK aan vermin.veiligheid
G3	2.606 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	Niet OK
G11	2.76 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	Niet OK
G12	2.482 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	Niet OK
G13	4.14 kNm	3.98 kNm	2.98 kNm	OK aan normale veiligh.

Beoordeling Doorbuiging: Vereiste 1/300 bij vollast

Plaatnr	Optredend doorbuiging.	Doorb. onbelast	Theor.doorbuiging	Beoordeling
Y11	1.96 cm	0.62 cm	1 cm	Niet OK
Y12	1.89 cm	0.67 cm	1 cm	Niet OK
G3	-	1.40 cm	0.77 cm	Niet OK
G11	-	1.40 cm	0.9 cm	Niet OK
G12	-	1.90 cm	0.9 cm	Niet OK
G13	-	1.10 cm	0.9 cm	Niet OK

Beoordeling Druksterkte

Plaatnr	gemeten fck.	Spreiding	Theor	Beoordeling
Y11	-	1 N/mm ²	3 N/mm ²	
Y12	-	1 N/mm ²	3 N/mm ²	
G3	3.4 N/mm ²	1 N/mm ²	3 N/mm ²	Niet OK met spreiding
G11	2.4 N/mm ²	1 N/mm ²	3 N/mm ²	Niet OK
G12	2.6 N/mm ²	1 N/mm ²	3 N/mm ²	Niet OK
G13	3.9 N/mm ²	1 N/mm ²	3 N/mm ²	+/- OK met spreiding

Beoordeling Corrosie

Plaatnr	wapening gecorrodeerd	Beoordeling
Y11	geen opmerking	OK
Y12	lichte corrosie aan uiteinde bij laspunten	matig OK
G3	corrosie aan uiteinde over 10 cm	Niet OK
G11	corrosie aan uiteinde over 10 cm	Niet OK
G12	lichte corrosie bij laspunten	matig OK
G13	corrosie aan uiteinde over 10 cm	Niet OK

Beoordelingsmatrix

Plaatnr	breukmoment	vermind breuk	doorbuiging	druksterkte	corrosie
Y11	Niet OK	OK	Niet OK	-	OK
Y12	Niet OK	OK	Niet OK	-	OK
G3	Niet OK	Niet OK	Niet OK	OK	Niet OK
G11	Niet OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK
G12	Niet OK	Niet OK	Niet OK	Niet OK	OK
G13	OK	OK	Niet OK	OK	Niet OK

Er werd besloten dat geen enkel proefstuk volledig voldeed aan alle eisen. We kunnen uit deze proefname concluderen dat de veiligheid op breuk die door de norm is vastgelegd niet wordt gehaald en dat bij vermindering van veiligheid tot een materiaalfactor van 1.5 ipv 2 voor 33% van de proefstukken deze ook niet wordt gehaald. De oorzaak van de breuk ligt in het begeven van de cellenbeton onder druk hetgeen verklaart dat de proefstukken met verminderde drukweerstand ook niet voldoen aan de breukmomenteis. Het optreden van een lichte corrosievorm wijst op het door de tijd verdwijnen van de coating op de wapening hetgeen op langere termijn tevens tot draagkrachtverlies van de dakplaten kan leiden.

De platen werden dan ook niet geschikt gevonden om met voldoende veiligheid de vooropgestelde bijkomende levensduur van 20 jaar te voldoen. Er werd dan ook beslist om alle platen te vervangen door een steeldeck.

4. BESLUIT

Op basis van een visuele inspectie ter plaatse kunnen we concluderen dat er grote vervormingen optreden tot 4.5 cm, zijnde 1/100.

De scheurvorming waargenomen op de onderzijde van de platen wijst op een belastingstoestand welke te groot is in functie van de plaatdikte en wapeningshoeveelheid. We vermoeden dat degradatie van het beton hierbij aan de oorzaak ligt.

Verder werd bij een lokale inspectie op de bovenzijde van de platen een ernstige dwarskracht of inklemming scheur vastgesteld. Het is vooral deze scheur, die op één testlocatie reeds onmiddellijk gevonden werd, die zorgen wekt.

Wij concluderen dat het dak van de feestzaal niet meer voldoet aan de huidige regelgeving door de schade en vervormingen die zijn opgetreden.

Door de vermindering in veiligheid (tevens vanuit eerdere praktijkervaringen bij gelijkaardige dossiers) en de extensieve doorbuiging van de dak structuur kunnen met name sneeuwval en wateraccumulatie leiden tot het bezwijken van het dak.

Technum adviseert daarom ook de dak structuur van cellenbetonnen platen zo snel mogelijk te vervangen door een lichte structuur van steeldeck, isolatie en een waterdichting.

Wat betreft de hoofdgordingen (IV-ligger) hebben wij geen wezenlijke gebreken kunnen vaststellen. Deze zouden bij een vervanging van de dakplaten dan ook behouden kunnen worden.

Bij vervanging van de cellenbetonplaten door een steeldeck, is er vanwege de gewichtsvermindering op de IV liggers, vermoedelijk de mogelijkheid om een PV installatie op het dak te voorzien. Configuratie en puntlasten dienen evenwel afgestemd op de gebruikte steeldeck. Een nader onderzoek met onder andere inbegrip van de windlasten op de panelen en gebouw dient in dat geval echter uitgevoerd te worden.

In het geval niet onmiddellijk begonnen kan worden aan een vervanging van de dakplaten, is het noodzakelijk (bij geval van afwezigheid) met urgentie nooduitlaten in de dakrand of standpijpen te voorzien, zodat wateraccumulatie vermeden wordt. Verder dient men het dak zoveel mogelijk vrij te houden van sneeuw. Zeker geen ophopingen van sneeuw toelaten. Verder is het uitgesloten om bijkomende apparatuur aan het plafond te hangen.

Een alternatief met een testprocedure en monitoring door een onafhankelijk labo, geeft geen garanties op goede resultaten (in tegendeel, zie referentieproject) en wordt door Technum voor dit dak dan ook niet geadviseerd. Gezien de beperkte dakoppervlakte is het zeer waarschijnlijk dat het maken van kosten voor dit testprogramma niet opwegen t.o.v. een integrale vervanging welke tevens het isoleren toelaat.