

TOELAATBARE BELASTING KELDERDEK PARKEERGARAGE KONINGSPLEIN

GEMEENTE TILBURG

AFDELING BEHEER EN ONDERHOUD

1 juli 2010

Versie 02

E01034.000083

Inhoud

Leeswijzer	3
1 Inleiding	4
1.1 Algemeen	4
1.2 Werkwijze	4
2 Inventarisatie beschikbare gegevens	5
2.1 Beschrijving van de constructie	5
2.2 Beschikbare gegevens	7
2.3 Inspectie door een constructeur-staticus (constructieve inspectie)	8
3 Herberekening dekconstructie	13
3.1 Voorschriften en normen	13
3.2 Toegepaste rekenprogrammatuur	13
3.3 Materiaalgegevens	14
3.4 Belastingen	14
3.4.1 Permanente belastingen	14
3.4.2 Variabele belastingen	14
3.5 Belastingen combinaties	17
3.6 Geometrie rekenmodel	18
3.7 Doorsnede controle	19
3.8 Beschouwing resultaten	19
3.9 Invloed herziene krachtsverdeling	20
4 Controle evenement	22
4.1 Brandweerauto	22
4.2 Aanbrengen ophoging op de dekconstructie	22
4.3 Dancetour	22
5 Samenvatting / conclusie	24
1 Tekeningen	25
2 Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer	26
3 Doorsnedeberkeningen	27
4 Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer (herziene krachtsverdeling)	28
5 Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer (benodigde E-modulus)	29

Leeswijzer

In het voorliggende document is een controle uitgevoerd van het kelderdek van de parkeergarage gelegen onder het Koningsplein te Tilburg. De opbouw van het document is globaal als volgt weer te geven:

- In de hoofdstukken 1 en 2 is korte omschrijving gegeven van de constructieve opbouw van de parkeerkelder (pagina 4 en 5), de beschikbare gegevens en (pagina 7) en de huidige constructieve status van de parkeerkelder (pagina 8).
- In hoofdstuk 3 is een herberekening uitgevoerd van de kelderdekconstructie. De eisen waaraan de constructie moet voldoen zijn beschreven op de pagina's 13 t/m 18. De daadwerkelijke controleberekeningen en een beschouwing van de eerste resultaten komen terug op pagina 19. In overleg met de gemeente Tilburg zijn er een aantal afspraken gemaakt over de "normale" situaties waarmee moet worden gerekend voor het bepalen van de maximale belastbaarheid (pagina 20). De maximale belastbaarheid van het kelderdek is vermeldt op pagina 21.
- In hoofdstuk 4 worden enkele controles uitgevoerd aan de hand van de maximale belastbaarheid voor een aantal specifieke, door de gemeente Tilburg aangereikte, situaties.
- Als laatste is er in hoofdstuk 5 een samenvatting / conclusie gegeven van de verkregen resultaten.

HOOFDSTUK 1 Inleiding

1.1

ALGEMEEN

Op het Koningplein vinden er regelmatig evenementen plaats waarbij er grote mensmassa's zich op het plein bevinden. Het plein is voor het grootste deel gesitueerd op het dek van een parkeerkelder. De afdeling beheer en onderhoud van gemeente Tilburg wil in verband met het afgeven van vergunningen voor de diverse evenementen, weten wat de maximale belastbaarheid is van het kelderdek.

Via het ingenieursbureau van de gemeente is aan ARCADIS de opdracht gegeven om te bepalen wat de maximale belastbaarheid is van het kelderdek van het heuvelplein. De maximale belasting van het kelderdek wordt bepaald door het uitvoeren van een herberekening van de constructie.

1.2

WERKWIJZE

Om tot een advies te komen over de maximale belastbaarheid worden er een aantal fase doorlopen:

1. Verzamelfase:

Inventariseren van de beschikbare gegevens van de constructie van de parkeergarage. De gegevens worden uit het bouwdoossier van de gemeente Tilburg gehaald. Indien blijkt dat de beschikbare gegevens niet toereikend zijn zal er door ARCADIS worden geadviseerd bij de uitvoering van een materiaalonderzoek. Het uitvoeren van een visuele constructieve inspectie van de parkeergarage. Aan de hand van deze inspectie kan de huidige constructieve status van draagconstructie van de parkeergarage worden vastgesteld. De resultaten van deze inspectie zijn vastgelegd in [paragraaf 2.3](#).

2. Analysefase:

Aan de hand de beschikbare gegevens wordt er een herberekening uitgevoerd van de dekconstructie. In deze herberekening wordt getoetst of de huidige dekconstructie voldoet aan de sterkte eisen van de eurocode 2 (betonconstructies). Er wordt bepaald wat de maximale belastbaarheid is van de dekconstructie. Dit wordt uitgedrukt in een maximale belasting welke mogelijk is op het dek zodat de dekconstructie voldoet aan de sterkte eisen van de eurocode 2. Voor de diverse herberekeningen zien [hoofdstuk 3](#).

3. Adviesfase:

Toetsen of een evenement wat plaatsvindt op het koningsplein past binnen het kader van de maximaal opneembaar belasting. Indien benodigd zal er een advies worden opgesteld voor aanvullende maatregelen welke van kracht zijn voor, na of tijdens het evenement.

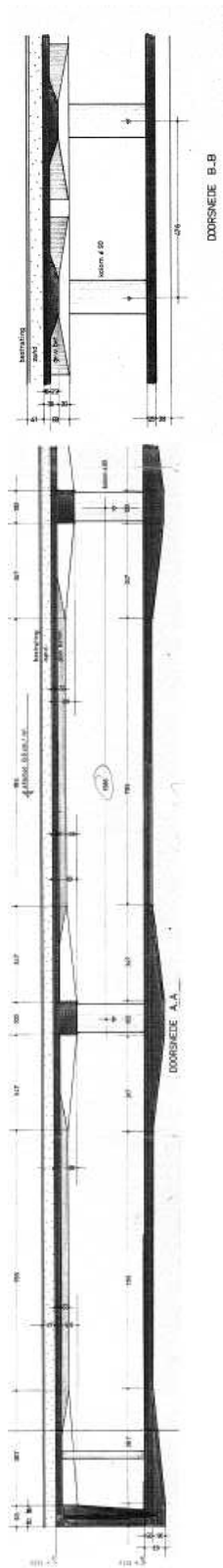
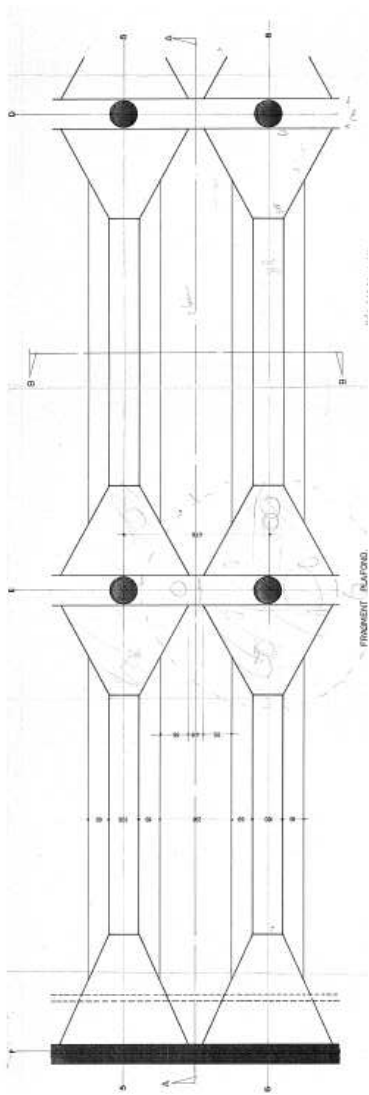
HOOFDSTUK 2 Inventarisatie beschikbare gegevens

2.1

BESCHRIJVING VAN DE CONSTRUCTIE

De parkeergarage onder het Koningsplein te Tilburg is een gewapende betonconstructie uit 1969 welke is opgebouwd uit een op staal gefundeerde ondervloer, wanden langs de randen van de kelder en een door kolommen ondersteunt dek. De totale afmetingen van de parkeergarage zijn grof weg $135 \times 80 \text{ m}^2$ (L x B) en een inwendige hoogte circa 2,5 m. De ondervloer heeft een dikte van 630 mm ter plaatse van de wanden en kolommen. De dikte van de wanden varieert van 500 mm aan de onderzijde tot 650 mm aan de bovenzijde. De kolommen zijn ronden kolommen met een diameter van 900 mm op een stramien van 15,89 x 4,76 m. De dekconstructie is opgebouwd uit balken van $1000 \times 690 \text{ mm}^2$ (B x H) met een h.o.h.-afstand van 15,89 m, welke over de kolommen lopen. Haaks op deze balken zijn balken van $1000 \times 380 \text{ mm}^2$ (B x H) gemaakt welke verlopen naar een schil van 160 mm. Nabij de kolommen zijn deze balken uitgevoerd met een voute welke verloopt van 380 mm naar een dikte van 680 mm op de kolommen.

In de navolgende figuren zijn een aantal karakteristieke doorsnede en een bovenaanzicht van de constructie gegeven.



2.2

BESCHIKBARE GEGEVENS

In het bouwdoosier van de gemeente Tilburg bevinden zich een zeer groot aantal documenten welke betrekking hebben op de parkeergarage onder het Koningsplein. De documenten behoren tot het dossier met de bouwplannen van de “Piustraat 1”. De onderstaande bouwplannen zijn beschikbaar:

Bouwplannummer	Inhoud (globaal)
1968/1806/01/01	Oorspronkelijke tekeningen en berekeningen, 1969
1969/1355/02/01	
1969/1496/03/01	
1969/1497/02/01	
1969/1498/02/01	
1969/1586/02/01	
1969/1681/02/01	
1969/1718/02/01	
1969/1742/02/01	
1969/1883/02/01	
1969/1894/02/01	
1969/1904/02/01	
1969/1942/03/01	
1969/1943/03/01	
1969/1944/02/01	
1969/1945/02/01	
1969/1993/02/01	
1969/2029/03/01	
1970/0042/02/01	Oorspronkelijke tekeningen en berekeningen, 1970
1970/0099/02/01	
1970/0185/02/01	
1970/0401/02/01	
1970/0671/02/01	
1970/0884/03/01	
1970/1082/02/01	
1990/0120/02/01	Oorspronkelijke tekeningen en berekeningen aanpassing, 1990
1990/0480/03/01	
1990/0624/01/01	
1995/1677/01/01	Oorspronkelijke tekeningen en berekeningen aanpassing, 1995
1995/2233/01/01	
1995/2233/03/01	
1995/2233/03/02	

Een (verkleinde) kopie van de relevante tekeningen zijn opgenomen in [bijlage 1](#).

2.3

INSPECTIE DOOR EEN CONSTRUCTEUR-STATICUS (CONSTRUCTIEVE INSPECTIE)

Op 11 juni 2010 tijdens een half bewolkte dag, heeft een visuele inspectie plaatsgevonden.

Gemiddelde tempratuur	18.3 °C
Maximum temperatuur	24.1 °C
Minimum temperatuur	13.4 °C
Gemiddelde luchtvochtigheid	78.3 %
Gemiddelde windsnelheid	5.1 m/s (3 Bft)

Tijdens deze inspectie zijn diverse foto's gemaakt.

De constructie van de parkeergarage onder het Koningsplein is in een goede staat. Ten tijden van de inspectie werd er een groot onderhoud aan de garage uitgevoerd. Ongeveer de helft van de garage was in gebruik voor het publiek. In het andere deel was de in de kelder aanwezige toplaag van de keldervloer verwijderd. Hierdoor was goed zichtbaar dat de dilatatieprofielen aan vervanging toe zijn. Bij een rondgang in het deel waar het onderhoud plaatsvond was ook zichtbaar dat men het dilatatieprofielen aan het vervangen was.



Bovenzijde parkeerkelder, het Koningsplein. Op de dekconstructie is in een latere fase er zogenaamde pergola constructie geplaatst nabij de nieuwe voetgangers ingang van de parkeerkelder.



Typisch aanzicht van de constructie met de in dikte verlopende balken met voue.



Schade aan de onderzijde van een betonkolom, het is zeer waarschijnlijk dat deze schade is ontstaan ten gevolge van aanrijding. Deze schade kan eenvoudig worden gerepareerd.



Ter plaatse van de tandverbinding in de diverse dilataties is zichtbaar dat, waarschijnlijk door het “werken” van de constructie, er scheuren zijn ontstaan in de betonconstructie. Aan de scheuren is zichtbaar dat deze niet zeer recent zijn opgetreden. Bij het onderhoud van de constructie moeten deze schades worden gerepareerd.



In een groot deel van de parkeergarage is de asfalt toplaag verwijderd van de keldervloer. Er is zichtbaar dat de blootliggende wapening wordt “aangesmeerd” zodat de duurzaamheid van de wapening wordt gewaarborgd.



Kleine (aanrijd-) schade aan een kolom welke is gerepareerd.



De oude dilatatieprofielen worden vervangen door nieuwe profielen.

HOOFDSTUK 3

Herberekening dekconstructie

3.1

VOORSCHRIFTEN EN NORMEN

De volgende normen zijn van toepassing verklaard voor de herberekening:

NEN-EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp - 2002
NEN-EN 1990/NB	Nationale bijlage bij NEN-EN 1990 - 2007
NEN-EN 1991-1-1	Belastingen op constructies
	Deel 1-1 Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen - 2002
NEN-EN 1991-1-1/NB	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-1 - 2007
NEN-EN 1992-1-1	Ontwerp en berekening van betonconstructies
	Deel 1-1 Algemene regels en regels voor gebouwen - 2005
NEN-EN 1992-1-1/NB	Nationale bijlage bij NEN-EN 1992-1-1 - 2007
NEN 6706	Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990
	Verkeersbelasting op bruggen - 2007

Verder is gebruik gemaakt van:

RBBK Richtlijnen beoordelen bestaande kunstwerken – versie 1 – juli 2004

Deze laatste richtlijn is toegepast om een juist inzicht te verkrijgen van de materialen welke zijn toegepast in de constructie. De constructie is in de oorspronkelijke berekeningen namelijk berekend aan de hand van de “Gewapende Betonvoorschriften” de G.B.V. 1962. De RBBK geeft een “vertaling” van de oude G.B.V. 1962 naar de nieuwe betonvoorschriften.

3.2

TOEGEPASTE REKENPROGRAMMATUUR

SCIA Engineer	release 2008 versienummer 8.0.111
DBET	versie 4.1.1 (FEMMASSE BV); Betondoorsnede berekeningsprogramma.
Technosoft	TS/Liggers, V3 (3.72)
Technosoft	TS/Kolomwapening, V5.00

3.3

MATERIAALGEGEVENS

Uit de diverse berekeningen en tekeningen zijn de toegepaste materialen verkregen. In de onderstaande tabellen zijn materialen weergegeven en de “vertaling” van deze oude materialen naar de nieuwe normen.

Op basis van RBBK tabel 4-4 zijn de materiaaleigenschappen van de betonkwaliteit K300 omgezet naar rekenwaarden volgens NEN-EN 1992-1-1. In de berekeningen is de dichtstbijzijnde betonkwaliteit volgens NEN-EN 1992-1-1 aangehouden. (indien in de programmatuur niet een betonkwaliteit is in te voeren) Ook deze eigenschappen zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Betonkwaliteit	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctd}	f_{ctm}	E_b
K300	22	12	1.02	2.11	27750
C20/25	20	13.3	1.03	2.21	30000

Gezien het stichtingsjaar van de parkeerkelder is het erg aannemelijk dat de huidige betonsterkte van de constructie hoger is dan de hierboven vermelde betonsterktes. Indien gewenst en noodzakelijk kan dit worden onderzocht middels een betononderzoek.

De staalkwaliteit van het toegepaste betonstaal is QR 40 (conform RBBK 4.1.2). De materiaaleigenschappen zijn op basis van RBBK tabel 4-6 omgezet naar rekenwaarden volgens NEN-EN 1992-1-1. Zie hiervoor onderstaande tabel 4.2.

Staalsoort	f_{yk}	f_{td}	E_s
QR 40	380	330	200000
FeB400	400	348	200000

In de diverse doorsnede berekeningen zal een $\gamma_m = 1,21$ worden aangehouden voor FeB400 waardoor $f_{yd} = 330 \text{ N/mm}^2$. Wat overeen komt met QR40.

3.4

BELASTINGEN

3.4.1

PERMANENTE BELASTINGEN

Voor het soortelijke gewicht van de materialen is tabel A.1 van NEN-EN 1991-1-1 aangehouden.

De toegepaste soortelijke gewicht is dan:

Gewapend beton $\gamma_b = 25.00 \text{ kN/m}^3$

Rustende belasting dek

Asfalt + zand uitvulling (410 mm) 8.00 kN/m^2
(volgt uit de oorspronkelijke berekening)

3.4.2

VARIABLE BELASTINGEN

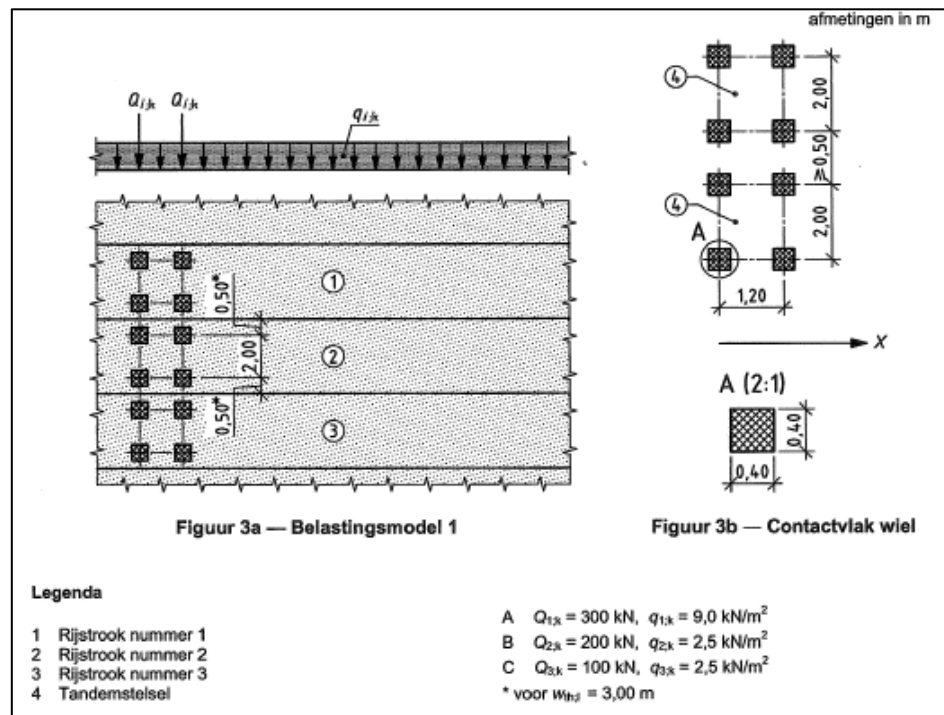
Verdeelde belasting volgens tabel 6.2 van NEN-EN 1991-1-1

Klasse C5 – grote mensenmassa's 5.00 kN/m^2

Wegverkeer verticaal volgens belastingsmodel 1 (LM1) uit de NEN6706.

In onderstaande tabel en figuur is de verticale belasting volgens belastingsmodel 1 (LM1) uit NEN6706 weergegeven.

Tabel 2 — Basisgetalwaarden {...} voor belastingsmodel 1			
Positie	Belastingssysteem met tandemstelsel (TS)	Belastingssysteem met gelijkmatig verdeelde belasting per oppervlakte (UDL)	
	$Q_{i,k} = \{Q_{i,k}\}$ kN	$q_{i,k} = \{q_{i,k}\}$ kN/m ²	$q_{r,k} = \{q_{r,k}\}$ kN/m ²
Theoretische rijstrook nummer 1 ($i = 1$)	300	9,0	—
Theoretische rijstrook nummer 2 ($i = 2$)	200	2,5	—
Theoretische rijstrook nummer 3 ($i = 3$)	100	2,5	—
Overige theoretische rijstroken ($i > 3$)	0	2,5	—
Resterend oppervlak	0	—	2,5
OPMERKING In figuur 3a zijn de hier gegeven belastingen voor het belastingsmodel 1 grafisch verklaard.			



De grootte van de correctiefactoren voor deze constructie kunstwerk zijn:

Correctie factor voor de wiellast:

$$\alpha_{Q_i} = 1.0$$

Correctie factor voor de vlaklast:

bij meer dan 3 rijstroken $\alpha_{q_i} = 1.15$ en
voor $i > 1$ $\alpha_{q_i} = 1.4$

Correctie factor voor de rest vlaklast:

$$\alpha_{q_r} = 1.0$$

Voor de indeling van de stroken is een maatgevende fictieve “wegindeling” op het kelderdek aangehouden. Deze bestaat uit 3 theoretische rijstroken van 3.0 m met de tandemstelsels ($Q_{i,k}$) en de verdeelde belasting ($q_{i,k}$) voor de rijstroken 1 t/m 3. Verder is er een 4^e fictieve rijstrook van 3.0 m aangehouden met de verdeelde belasting ($q_{i,k}$) voor overige

theoretische rijstroken. Voor het resterende vlak is de verdeelde belasting ($q_{r,k}$) voor resterend oppervlak aangehouden.

De belasting uit de tandemstelsels wordt gespreid onder een hoek van 45° over de dikte van het asfalt en de uitvulling (410 mm) tot de systeemlijn (zwaartelijn) van de constructie doorsnede (minimaal 160 mm). Hierdoor ontstaan per tandemstelsel 2 vlaklasten met een breedte van 1380 mm en een totale lengte van 2580 mm met een belasting van $(2 \times 300 / 2) / (1,38 \times 2,58) = 84.3 \text{ kN/m}^2$ voor de 1^e rijstrook, 56.2 kN/m^2 voor de 2^e rijstrook en 28.1 kN/m^2 voor de 3^e rijstrook. Deze tandemstelsel worden op een aantal posities geplaatst waardoor de maximale snedekrachten uit de krachtsverdeling volgen.

De bovenstaande belastingen voor wegverkeer zijn erg zwaar voor een dergelijke constructie. Er is een mogelijkheid om deze te reduceren door een correctiefactor aan te houden waarin de invloed van de verkeersintensiteit is verwerkt. Deze factoren zijn vermeld in de NEN6706. Indien er factoren kleiner dan 1 worden gehanteerd moet dit met de bevoegde instantie, gemeente Tilburg in dit geval, worden vastgesteld.

Tabel 3 — Getalswaarden {...} voor de correctiefactoren: $\alpha_{...} = \{...\} 1$

Aantal vrachtwagens per jaar en per rijstrook ($N_{obs;a,sl}$)	$\alpha_{Q;1}$ en $\alpha_{q,i}$				$\alpha_{q,r}$
	lengte van de overspanning of invloedslengte (L)				
	20 m	50 m	100 m	200 m	
2.000.000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
200.000	0,95	0,88	0,79	0,67	0,90
20.000	0,90	0,82	0,64	0,50	0,80
2.000	0,85	0,76	0,57	0,43	0,70
200	0,80	0,74	0,53	0,40	0,60
OPMERKING De correctiefactoren: $\alpha_{Q;1}$, $\alpha_{q,i}$ en $\alpha_{q,r}$ kleiner dan 1, mogen alleen zijn toegepast wanneer ze door de bevoegde instantie zijn vastgesteld of overeengekomen.					

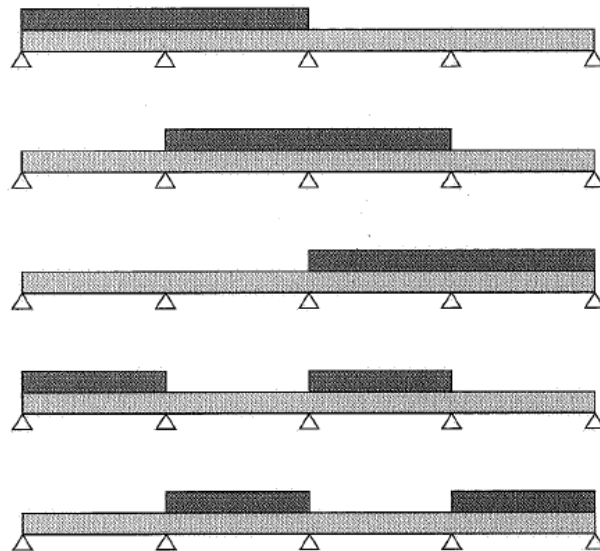
Zoals de tabel zichtbaar is kan de correctiefactor voor de verkeersintensiteit in behoorlijke impact hebben op de totale verkeersbelasting. Als er bijvoorbeeld wordt uitgegaan van een intensiteit van 200 (zware) vrachtwagens per jaar en een reële lengte van 80 m mag er worden gerekend met correctiefactoren van 0.61 voor tandemstelsels (Q_1) en de verdeelde belasting ($q_{i,k}$) en 0.60 voor verdeelde belasting ($q_{r,k}$).

3.5

BELASTINGEN COMBINATIES

Voor de belastingcombinaties is gebruik gemaakt van de vergelijkingen 6.10a en 6.10b van NEN-EN 1990 artikel 6.4.3.2. (fundamentele combinaties). Hieruit volgen de maatgevende belastingen. De combinaties en factoren zijn weergegeven in de onderstaande tabel en schematisch in de figuur.

Blijvende en tijdelijke ontwerp-situaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (zo nodig)	Andere
(verg. 6.10a)	$1,35 G_{k,sup}^a$	$0,9 G_{k,inf}$			$1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
(verg. 6.10b)	$1,2 G_{k,sup}^b$	$0,9 G_{k,inf}$	$1,5 Q_{k,1}$		$1,5 \psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
^a Bij vloeistofdrukken met een fysiek beperkte waarde mag zijn volstaan met $1,2 G_{k,sup}$.					
^b Deze waarde is berekend met $\xi = 0,89$.					

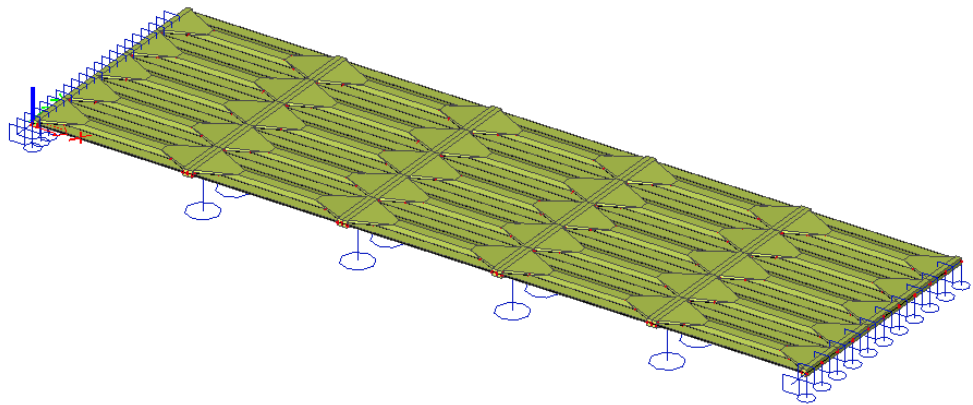


Zoals in de figuur zichtbaar is worden er twee aan elkaar grenzende velden belast, maximaal steunpuntsmoment en dwarskracht, en worden de velden afwisselend belast, zogenaamde schaakbord belasting. Deze laatste genoemde schaakbord belasting is ook als een ruimtelijke variant toegepast, dus twee naast elkaar gelegen stramien om en om belast.

3.6

GEOMETRIE REKENMODEL

In het EEM programma SCIA Engineer is een plaatmodel aangemaakt wat maatgevend is voor de situatie van het Koningsplein. Het model bestaat uit 5 stramien van 4760 mm en 5 stramien van 15890 mm. Aan de uiteinden van de lange zijde van het plaatmodel is de rand van de plaat ondersteund en ingeklemd wat overeen komt met de ondersteuning en de inklemming van de kelderwanden aan het kelderdek. Op de kruispunten van de stramien is een puntvormige ondersteuning ingevoerd wat overeenkomt met de kolommen in de parkeerkelder. Verder zijn de balken van $1000 \times 690 \text{ mm}^2$ (B x H) met een h.o.h.-afstand van 15890 mm ingevoerd en de haaks hierop geplaatste balken $1000 \times 380 \text{ mm}^2$ (B x H) met een h.o.h.-afstand van 4760 mm. Deze laatst genoemde balken verlopen naar een schil van 160 mm in de korte richting en hebben een voute welke verloopt van 380 mm naar een dikte van 680 mm op de kolommen. In de navolgende figuur is een ruimtelijk beeld gegeven van het plaatmodel in SCIA Engineer.



De in paragraaf 3.4 beschreven belasting zijn op maatgevende lokaties op het model geplaatst en met de de in paragraaf 3.5 beschreven opbouw zijn de verschillende combinaties gemaakt. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt dat er een onderscheid is gemaakt in de combinaties met de verdeelbelasting uit personen volgens NEN-EN 1991-1-1 en met combinaties voor de verschillende belastingen uit wegverkeer volgens NEN6706. Hiervoor is gekozen omdat het niet aannemelijk is dat het dek vol staat met personen en verkeer in een normale gebruikssituatie. Ook de controle van de verschillende doorsnede toetsen worden apart uitgevoerd met de maatgevende snedekrachten uit de combinaties met personen en uit de combinaties met verkeer. Deze doorsnedetoetsen worden uitgevoerd in [paragraaf 3.7](#).

De in- en uitvoer van het plaatmodel is bijgevoegd in [bijlage 2](#).

3.7

DOORSNEDE CONTROLE*Algemeen*

De optredende momenten, dwarskrachten en reacties ten gevolge van de verschillende belastinggevallen en combinaties zijn zoals hierboven beschreven met SCIA Engineer berekend en in [bijlage 2](#) van dit rapport opgenomen.

In [bijlage 3](#) van dit rapport zijn doorsnedecontrole berekeningen opgenomen welke gemaakt zijn met DBET, TS/Kolomwapening en handberekeningen. De maxiaemele capaciteit van de beschouwde doorsnede is getoets in de uiterstegrenstoestand (sterkte).

In DBET zijn de maatgevende doorsnede getoetst met betrekking tot de momentcapaciteit van de beschouwde doorsnede. Het programma DBET toetst de momentcapaciteit aan artikel 8.1.1. van NEN6720 (VBC). Deze controle is gelijk aan de controle volgens artikel 6.1 van NEN-EN 1992-1-1. Met handberekeningen is een controle uitgevoerd van de dwarskrachtcapaciteit (art. 6.2) en van de maximaal opneembaar belasting ten gevolge van pons (art. 6.4) in de maatgevende doorsnede. Als laatste is er met TS/Kolomwapening de capaciteit van de maatgevende kolommen bepaald (art. 6.1).

In het navolgende zijn er overzichten van de toetsbelastingen (momenten, dwarskrachten, pons en normaalkrachten) opgenomen. Er zijn twee overzichten gegeven. Een voor de snedekrachten ten gevolge van combinaties met belastingen door personen (NEN-EN 1991-1-1) en de andere voor de snedekrachten ten gevolge combinaties met van verkeer (NEN6706).

Doorsnede controle met de snedekrachten door personen

Artikel	Snede	Eis	Berekend	unity-check
6.1	Veld 3: 0.5*L	$M_u > M_{Ed} = 510 \text{ kNm/m}$	$M_u = 703 \text{ kNm/m}$	0,73
6.1	Veld 3: 0.5*L (dwars)	$M_u > M_{Ed} = 25 \text{ kNm/m}$	$M_u = 42 \text{ kNm/m}$	0,59
6.1	Steunpunt 3	$M_u > M_{Ed} = 950 \text{ kNm/m}$	$M_u = 1514 \text{ kNm/m}$	0,63
6.2	Steunpunt 3	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 792 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 1338 \text{ kN}$	0,59
6.4	Steunpunt 3 (pons)	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 2254 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 2707 \text{ kN}$	0,83
6.1	Steunpunt 3 (kolom)	$A_{s,aanw} > A_{s,ben} = 3990 \text{ mm}^2$	$A_{s,aanw} = 12315 \text{ mm}^2$	0,32

Doorsnede controle met de snedekrachten door verkeer

Artikel	Snede	Eis	Berekend	unity-check
6.1	Veld 2: 0.5*L	$M_u < M_{Ed} = 995 \text{ kNm/m}$	$M_u = 703 \text{ kNm/m}$	1,42
6.1	Veld 2: 0.5*L (dwars)	$M_u < M_{Ed} = 75 \text{ kNm/m}$	$M_u = 42 \text{ kNm/m}$	1,78
6.1	Steunpunt 3	$M_u > M_{Ed} = 1300 \text{ kNm/m}$	$M_u = 1514 \text{ kNm/m}$	0,86
6.2	Steunpunt 3	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 1320 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 1338 \text{ kN}$	0,99
6.4	Steunpunt 3 (pons)	$V_{u,Rdc} < V_{Ed} = 3524 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 2707 \text{ kN}$	1,30
6.1	Steunpunt 3 (kolom)	$A_{s,aanw} > A_{s,ben} = 7727 \text{ mm}^2$	$A_{s,aanw} = 12315 \text{ mm}^2$	0,63

In de tabellen zijn de unity-checks welke groter zijn dan 1,00 (doorsnede voldoet dus niet) vet weergegeven.

3.8

BESCHOUWING RESULTATEN

Uit de diverse controles blijkt dat de constructie voor alle doorsnede voldoet ten aanzien van de belasting door personen. De maatgevende controle is de ponscontrole en heeft een

restcapaciteit van $1,00 - 0,83 = 0,17 = \pm 17\%$. De invloed van de rustende belasting op de maximale oplegreactie is 1730 kN. Met de huidige belasting van $5,00 \text{ kN/m}^2$ door personen is de oplegreactie van de variabele belasting $2254 - 1730 = 524 \text{ kN}$. De maximale toelaatbare belasting is 2707 kN waaruit volgt dat de maximale oplegreactie ten gevolge van de variabele belasting gelijk is aan $2707 - 1730 = 977 \text{ kN}$. Hieruit kan globaal worden opgemaakt dat de variabele belasting door personen kan worden vergroot met 50% tot $7,5 \text{ kN/m}^2$. Hierbij is de veiligheidsfactor van 1,5 in rekening gebracht. Er dient echter wel een aangepaste krachtsverdeling worden uitgevoerd om de totale invloed van belasting verhoging te beoordelen. Deze is uitgevoerd en omschreven in [paragraaf 3.9](#).

Uit de controles aan de hand van de snedekrachten welke ontstaan door het verkeer (belastingsmodel 1 (LM1) uit NEN6706) volgt dat deze belasting voor een aantal gevallen te groot is. Duidelijk zichtbaar is dat de grootste overschrijding volgt uit de momentcapaciteit van het veld in beide richtingen. De invloed van de rustende belasting op het maximale veldmoment is 250 kNm/m^1 . Indien we nu uitgaan van het maximale veldmoment in de langsrichting betekent dit dat het moment ten gevolge van verkeer moet worden verlaagd tot $(703-250)/(995-250) = 0,60 = \pm 60\%$. Zoals beschreven in [paragraaf 3.4.2](#) is er ook een mogelijk om een correctiefactor toe te passen in verband met de verkeersintensiteit. Dit moet echter wel met de bevoegde instantie, gemeente Tilburg in dit geval, worden vastgesteld. In [paragraaf 3.9](#) is er nogmaals een krachtsverdeling uitgevoerd en omschreven om dit te toetsen.

3.9

INVLOED HERZIENE KRACHTSVERDELING

Zoals in het voorgaande beschreven is er nogmaals een krachtsverdeling uitgevoerd van het plaatmodel met aangepaste belastingen. In deze krachtsverdeling zijn, in overleg met de gemeente Tilburg, de volgende zaken gewijzigd:

- De verdeelde variabele belasting ten gevolge van personen is vergroot van $5,00 \text{ kN/m}^2$ (zoals is voorgeschreven conform NEN-EN 1991-1-1 Klasse C5) naar $7,50 \text{ kN/m}^2$.
- De belasting ten gevolge van verkeer is in overleg met de gemeente Tilburg, verlaagd met de correctiefactoren zoals omschreven in [paragraaf 3.4.2](#). Omdat het hier een plein betreft waar heel sporadisch zwaar vrachtverkeer op wordt toegelaten is de laagste verkeersintensiteit van 200 aangehouden zoals omschreven in tabel 3 van NEN6706. Ook de voorgeschreven correctiefactoren van voor de vlaklasten bij meer dan 3 rijstroken zijn op 1,0 gesteld. Hierdoor worden de correctiefactoren welke moeten worden toegepast 0,61 voor tandemstelsels (Q_1) en de verdeelde belasting (q_{ik}) en 0,60 voor verdeelde belasting (q_{rk}). $\alpha_{q1} = 1,0$ en $\alpha_{qi} = 1,4$. De belastingen welke in rekening worden gebracht worden hierdoor voor het tandemstelsel op de 1^e rijstrook 2 vlaklasten met een breedte van 1380 mm en een totale lengte van 2580 mm met een belasting van $(2 \times 0,61 \times 300 / 2) / (1,38 \times 2,58) = 51,4 \text{ kN/m}^2$ met een verdeelde belasting van $0,61 \times 9,0 = 5,50 \text{ kN/m}^2$ voor de 1^e rijstrook. Voor de 2^e t/m de 4^e rijstroken een verdeelde belasting van $0,61 \times 2,5 \approx 1,50 \text{ kN/m}^2$ en voor de overige rijstroken een verdeelde belasting van $0,6 \times 2,5 = 1,50 \text{ kN/m}^2$.
- In tegenstelling tot NEN6706 zijn er maar aslasten ingevoerd voor de 1^e en 2^e rijstrook. Deze beperking komt voort uit de gedachte dat er op het plein maar één zware vrachtwagen mag komen met ernaast een opgestelde kraan.

De in- en uitvoer van deze herzien krachtsverdeling zijn opgenomen in [bijlage 4](#).

In het navolgende zijn er wederom overzichten van de toetsbelastingen (momenten,

dwarskrachten, pons en normaalkrachten) opgenomen voor de snedekrachten ten gevolge van combinaties met belastingen door personen (NEN-EN 1991-1-1) en voor de snedekrachten ten gevolge combinaties met van verkeer (NEN6706).

Doorsnede controle met de snedekrachten door personen

Artikel	Snede	Eis	Berekend	unity-check
6.1	Veld 3: 0.5*L	$M_u > M_{Ed} = 646 \text{ kNm/m}$	$M_u = 703 \text{ kNm/m}$	0,92
6.1	Veld 3: 0.5*L (dwars)	$M_u > M_{Ed} = 40 \text{ kNm/m}$	$M_u = 42 \text{ kNm/m}$	0,95
6.1	Steunpunt 3	$M_u > M_{Ed} = 1050 \text{ kNm/m}$	$M_u = 1514 \text{ kNm/m}$	0,69
6.2	Steunpunt 3	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 1056 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 1338 \text{ kN}$	0,79
6.4	Steunpunt 3 (pons)	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 2618 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 2707 \text{ kN}$	0,97
6.1	Steunpunt 3 (kolom)	$A_{s,aanw} > A_{s,ben} = 3621 \text{ mm}^2$	$A_{s,aanw} = 12315 \text{ mm}^2$	0,29

Doorsnede controle met de snedekrachten door verkeer

Artikel	Snede	Eis	Berekend	unity-check
6.1	Veld 2: 0.5*L	$M_u < M_{Ed} = 743 \text{ kNm/m}$	$M_u = 703 \text{ kNm/m}$	1,05
6.1	Veld 2: 0.5*L (dwars)	$M_u < M_{Ed} = 45 \text{ kNm/m}$	$M_u = 42 \text{ kNm/m}$	1,07
6.1	Steunpunt 3	$M_u > M_{Ed} = 1050 \text{ kNm/m}$	$M_u = 1514 \text{ kNm/m}$	0,69
6.2	Steunpunt 3	$V_{u,Rdc} > V_{Ed} = 950 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 1338 \text{ kN}$	0,71
6.4	Steunpunt 3 (pons)	$V_{u,Rdc} < V_{Ed} = 2847 \text{ kN}$	$V_{u,Rdc} = 2707 \text{ kN}$	1,05
6.1	Steunpunt 3 (kolom)	$A_{s,aanw} > A_{s,ben} = 7089 \text{ mm}^2$	$A_{s,aanw} = 12315 \text{ mm}^2$	0,58

In de tabellen zijn de unity-checks welke groter zijn dan 1,00 (doorsnede voldoet dus niet) vet weergegeven.

Uit de diverse controles blijkt dat de constructie voor alle doorsnede nog juist voldoet ten aanzien van de belasting door personen indien deze is vergroot tot $7,5 \text{ kN/m}^2$.

Uit de controles aan de hand van de snedekrachten welke ontstaan door het gereduceerde verkeer volgt dat deze belasting voor een aantal gevallen circa 5 á 7% te groot is. Deze overschrijding is zeer gering gezien de lage intensiteit waarmee het verkeer het de dekconstructie belast. De invloed van de verdeelde belasting behorende bij deze belastinggevallen is circa 23%. Indien ervoor wordt gezorgd dat de verdeelde belasting op een veld wordt gereduceerd zijn alle unity-checks kleiner dan 1.00.

Dit houdt in dat er rondom de maximaal 2 voertuigen op het plein een straal van 15 m moet worden vrijgemaakt van overige belastingen (grote groepen personen e.d.), zodat altijd de overspanning van 15,89 m ontlast is van de verdeelde belasting.

HOOFDSTUK

4 Controle evenement

4.1

BRANDWEERAUTO

De belasting van de brandweerauto is gelijk aan 200 kN met bijbehorend 75 kN op minimaal 2,5 m en maximaal 5,5 m. Achterste stempels staan op een afstand van 10 m en zijn respectievelijk 75 kN en 25 kN. In vergelijking met de aslasten conform NEN6706 zijn de onderlinge afstanden van de voorste tot de achterste stempels zodanig dat het voldoende is om enkel de voorste stempel in rekening te brengen. De voorste stempels hebben een totale gecombineerde aslast van 275 kN. Het maximale belastingsysteem van belastingmodel 1 (LM1) uit de NEN6706 bestaat uit een tweetal aslasten van 300 kN. In totaal is dit $2 \times 0.61 \times 300 = 366$ kN inclusief toegepaste correctiefactoren (zie paragraaf 3.9). Gezien de grote onderling afstanden van de verschillende stempels is het akkoord om dit voertuig toe te laten op de dekconstructie. Het is hierbij wel vereist dat, net als bij de “normale” verkeersbelasting er rondom de brandweerauto op het plein een straal van 15 m wordt vrijgemaakt van overige belastingen (grote groepen personen e.d.).

4.2

AANBRENGEN OPHOGING OP DE DEKCONSTRUCTIE

De gemeente Tilburg is voornemens om op het westelijke deel van het Koningsplein een ophoging aan te brengen ten behoeve van groenvoorziening (planten, struiken, bomen e.d.). De ophoging zal voornamelijk met grond worden uitgevoerd. Aan de hand van de maximaal opneembare variabele belasting van 7.50 kN/m^2 wordt bepaald wat de maximale hoogte is van de ophoging. Hierbij wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de ophoging wordt uitgevoerd met grond en dat er een resterende variabele belasting van 2.50 kN/m^2 moet blijven. Met inachtneming van de geldende veiligheidsfactoren wordt de resterende verdeelde belasting gelijk aan $((7.50 - 2.50) \times 1.5) / 1.2 = 6.25 \text{ kN/m}^2$. Indien er voor grond een reële soortelijke massa van 20 kN/m^3 wordt aangehouden, leidt dit tot een maximale hoogte van het grondpakket van $6.25 / 20 = \pm 315 \text{ mm}$. Dit zal niet voldoende zijn om bomen te planten in de groenvoorziening. Een oplossing hiervoor kan zijn een uitvulling met een laag eigengewicht (denk aan tempex) met een dunne laag grond ten behoeve van begroeiing en ter plaatse van de bomen een dikker grondpakket boven de kolommen. Indien de exacte indeling van deze groenvoorziening bekend is moet dit nader worden onderzocht.

4.3

DANCETOER

De capaciteit in de uiterste grenstoestand constructie is voldoende om de voorgeschreven belasting voor grote mensenmassa's (klasse C5) op te nemen. Uit bezoekers aantallen en het aantal beschikbare m^2 volgt een globale verdeelde belasting van $(12000 \times 85 \text{ kg} / 2880 \text{ m}^2) 3.55 \text{ kN/m}^2$ het geen kleiner is dan de voorgeschreven 5.00 kN/m^2 . Echter ten gevolge van de bruikbaarheidsgrenstoestand blijkt dat de optredende vervorming, ten gevolge van de quasi-blijvende combinatie conform NEN-EN 1990 artikel 6.5.3, van de dekconstructie ervoor zorgt dat de eigen frequentie kleiner is dan gestelde eis

voor “dansvloeren” van 5 Hz. De maximaal toelaatbare doorbuiging om te voldoen aan de gestelde eis met betrekking tot de eigen frequentie is gelijk aan 13 mm. Om hieraan te voldoen is er een elasticiteitsmodulus (lees stijfheid) van 75000 N/mm^2 benodigd. Dit is een zeer hoge stijfheid welke normaliter voortkomt uit een stekte klasse van circa C500. De aanwezige/benodigde elasticiteitsmodulus moet worden vastgesteld aan de hand van een nog uit te voeren materiaalonderzoek.

5

Samenvatting / conclusie

Samenvattend wordt uit de diverse controle berekeningen en beschouwingen het navolgende geconcludeerd:

- De maximale toelaatbare verdeelde belasting op de dekconstructie van de parkeerkelder onder het Koningsplein is $7,5 \text{ kN/m}^2$ (750 kg/m^2).
- Op het plein maximaal 2 zware voertuigen met een aslast van 200 kN (20000 kg). Rondom de 2 voertuigen op het plein een straal van 15 m vrijmaken van overige belastingen (grote groepen personen e.d.). Voor de lay-out van de aslasten wordt verwezen naar belastingsmodel 1 van NEN6706.
- De aangegeven brandweerauto kan worden toegelaten op het Koningsplein. Ook hierbij is het vereist dat rondom de brandweerauto op het plein een straal van 15 m wordt vrijmaken van overige belastingen (grote groepen personen e.d.).
- De toekomstige ophoging voor groenvoorziening op het westelijk deel van het Koningsplein mag, indien enkel grond wordt toegepast, een hoogte hebben van 315 mm.
- De stijfheid van de dekconstructie van de parkeerkelder onder het Koningsplein is, vanwege trillingen, niet voldoende toereikend om het evenement Dancetour plaats te laten vinden. Voor de stijfheid zijn de gegevens aangehouden welke verkregen zijn uit het bouwdoossier. Middels materiaalonderzoek kan de werkelijke stijfheid van de dekconstructie worden bepaald, maar het is zeer onwaarschijnlijk dat het dek voldoende stijfheid heeft om te fungeren als een dansvloer.

BIJLAGE 1

Tekeningen

In deze bijlage zijn de relevante tekeningen uit het bouwdoossier van de gemeente Tilburg.

Inhoudsopgave

- 1510 – 21 – platte grond kelder
- 1510 – 22 – platte grond dek
- 1510 – 24 – doorsnede etc. van het konstruktiesysteem
- 689 – 10c – wapening kolommen
- 689 – 51a – Riegel en Voutewapening
- 689 – 55a – Dek onderwapening
- 689 – 3c – netten + wapening dek

Aantal pagina's in deze bijlage: 7

BIJLAGE 2

Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer

In deze bijlage zijn de invoergegevens en resultaten van gegeven van het programma SCIA Engineer.

Aantal pagina's in deze bijlage: 28

3 Doorsnedeberoeeningen

In deze bijlage wordt de constructie ter plaatse van de maatgevende punten getoetst aan de door de normen / richtlijnen gestelde eisen.

Inhoudsopgave

- Maximaal veldmoment personen
- Maximaal veldmoment (dwars) personen
- Maximaal steunpuntsmoment personen
- Maximaal veldmoment verkeer
- Maximaal veldmoment (dwars) verkeer
- Maximaal steunpuntsmoment verkeer
- Maximaal opneembare dwarskracht (personen en verkeer)
- Maximaal opneembare ponskracht (personen en verkeer)
- Kolomwapening personen
- Kolomwapening verkeer

Aantal pagina's in deze bijlage: 20

BIJLAGE 4

Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer (herziene krachtsverdeling)

In deze bijlage zijn de invoergegevens en resultaten van gegeven van het programma SCIA Engineer van de herziene krachtsverdeling.

Aantal pagina's in deze bijlage: 28

BIJLAGE 5

Invoergegevens en resultaten met SCIA Engineer (benodigde E-modulus)

In deze bijlage zijn de invoergegevens en resultaten van gegeven van het programma SCIA Engineer van de herziene krachtsverdeling.

Aantal pagina's in deze bijlage: 3

COLOFON

TOELAATBARE BELASTING KELDERDEK PARKEERGARAGE
KONINGSPLEIN**OPDRACHTGEVER:**

GEMEENTE TILBURG
AFDELING BEHEER EN ONDERHOUD

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

Ing. M.H.M. van Nielen PMSE

GECONTROLEERD DOOR:

Ir. E. Boekholt

VRIJGEGEVEN DOOR:

Ir. E. Boekholt

1 juli 2010

Versie 02

ARCADIS NEDERLAND BV
Utopialaan 40-48
Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Tel 073 6809 211
Fax 073 6144 606
www.arcadis.nl
Handelsregister
9036504

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden veelevoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.