

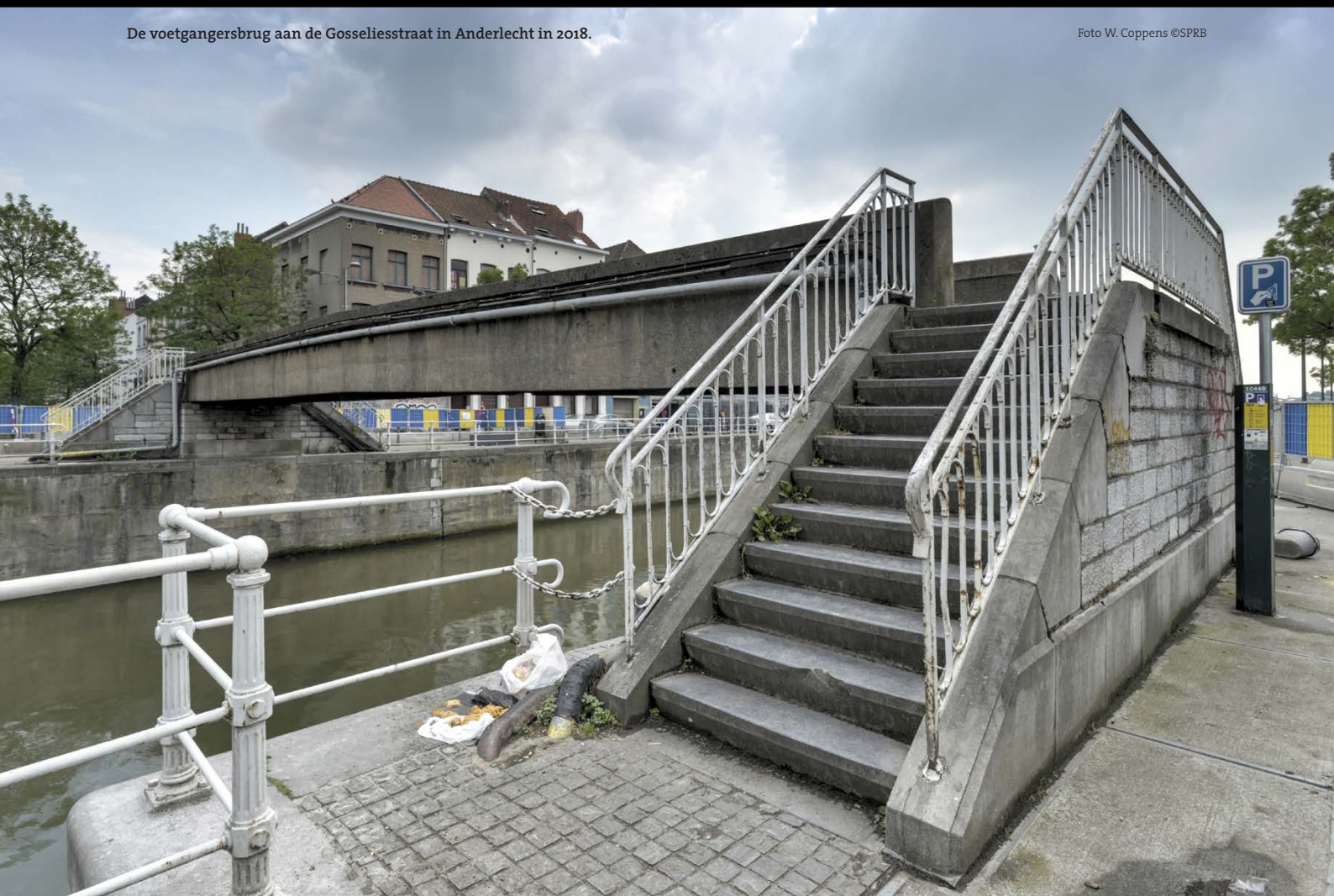
Blik op beton

EXPERIMENTELE DESTRUCTIE VAN DE EERSTE BELGISCHE VOETGANGERSBRUG IN VOORGESPANNEN BETON

De voetgangersbrug over het kanaal Charleroi-Brussel, gelegen aan de Gosseliesstraat in Anderlecht en daterend van 1944, werd in maart 2019 vervangen door een nieuwe verstelbare brug. De redenen waren de toegenomen doorvaarthoogte voor schepen en de mobiliteitsnoden van voetgangers en fietsers.

De voetgangersbrug aan de Gosseliesstraat in Anderlecht in 2018.

Foto W. Coppens ©SPRB



Het oorspronkelijke kunstwerk was bijzonder omdat het de allereerste voorgespannen betonnen “brug” of “voetgangersbrug” van dit type was dat in België werd gebouwd en in dienst genomen, om precies te zijn in oktober 1944.

Vooraleer het af te breken werd beslist het bouwwerk te onderwerpen aan een onderzoeks- en belastingsprogramma met het doel de wetenschappelijke kennis over de duurzaamheid en het gedrag in de tijd van de eerste generatie voorspanbetonconstructies te vergroten. Het betreft meer bepaald het voorspanningssysteem “Blaton-Magnel”, dat tot het begin van de jaren zestig in België op grote schaal werd gebruikt. De recente dramatische instorting van de brug bij Genua bewijst hoe belangrijk wetenschappelijk onderzoek is voor de beoordeling van het reële resterend draagvermogen van voorgespannen betonconstructies die meer dan 40 jaar geleden zijn gebouwd.

©AGR – Archieven van het Ministerie van Openbare Werken – Fotografische dienst, foto's van de bruggen 1934-1953.



De loopbrug aan de Gosseliesstraat in Anderlecht in 1945.

DE BEGINPERIODE VAN VOORGESPANNEN BETON

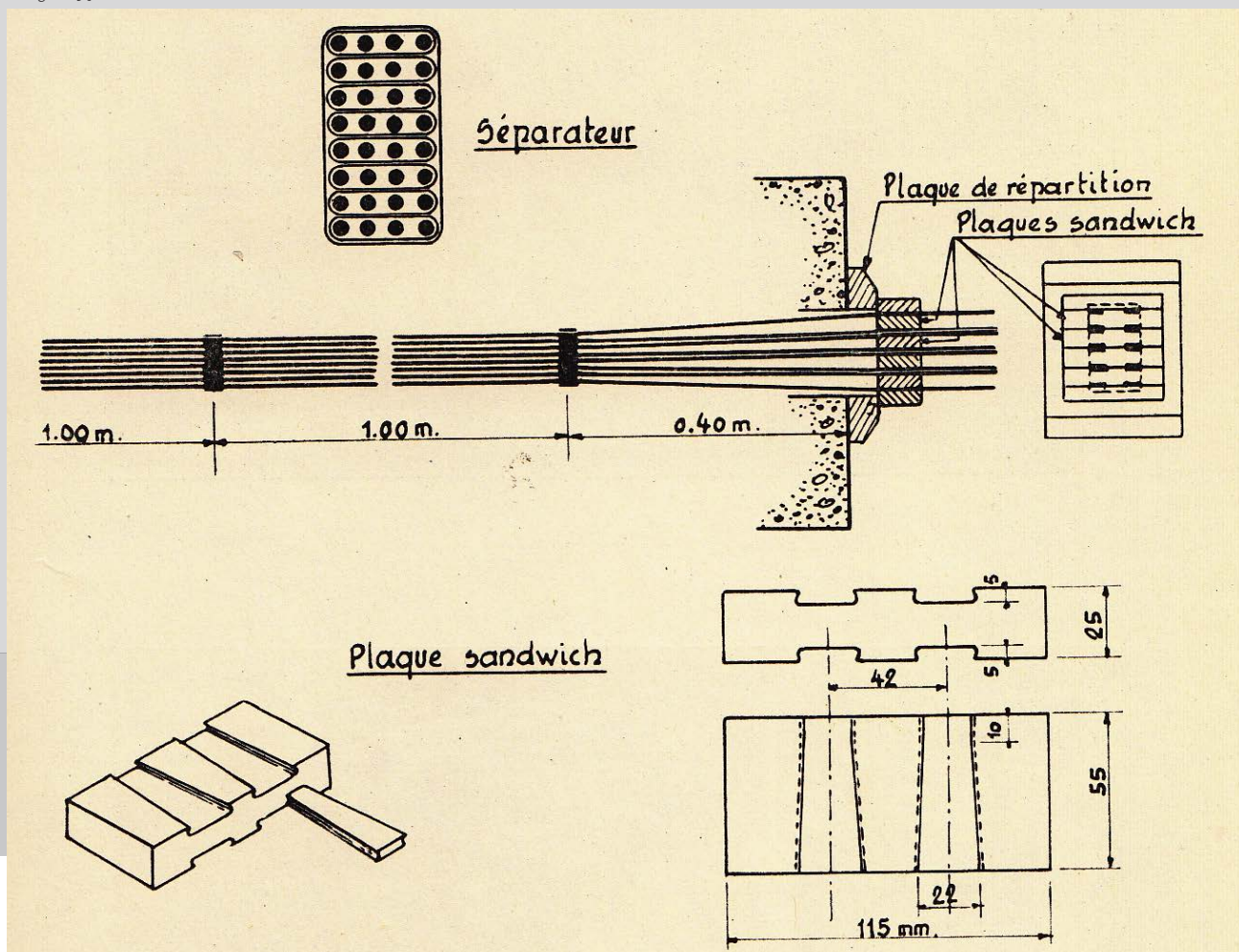
De eerste toepassingen van voorgespannen beton dateren uit de jaren dertig van de vorige eeuw, maar tot 1945 bleven zij vrij experimenteel en uitzonderlijk. Pas in 1939, aan de vooravond van de Tweede Wereldoorlog, ontwierp de Franse ingenieur Eugène Freyssinet de allereerste brug in voorgespannen beton met *post-tensioning* (zie pagina 11) (Luzancy, aan de Marne).

Voorgespannen beton biedt tal van voordelen ten opzichte van gewapend beton, waaronder een aanzienlijke winst in het gebruik van zowel staal als beton (en dus ook cement), materialen die tijdens de oorlog beperkt voorradig waren,

en waarop men ook tijdens de "Wederopbouwperiode" zoveel mogelijk wenste te besparen.

Al in 1941 begon het Brusselse bouwbedrijf Blaton-Aubert op initiatief van en in samenwerking met de Gentse hoogleraar Gustave Magnel de mogelijkheden te verkennen om de techniek van voorspanning door *post-tensioning* in België te introduceren. In de jaren 1942-1944 ontwikkelden zij een specifiek Belgische techniek van voorspanning door middel van nagerekt staal, die onder de naam "Sandwich" of "Blaton-Magnel bekend" zou worden.

©Magnel, 1948



"Sandwich"-systeem van voorspanning met nagerekt staal.

DE CONTEXT VAN DE BRUGCONSTRUCTIE

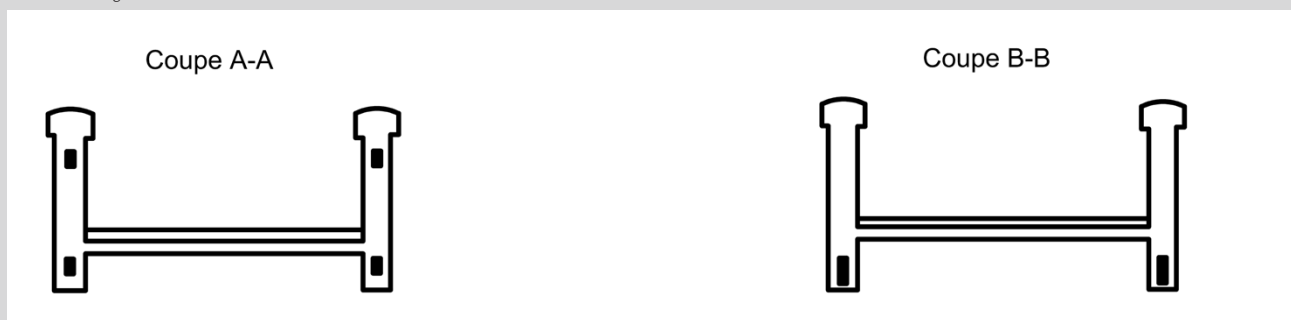
Op de plaats van de voetgangersbrug in voorgespannen beton bevond zich een brug in gewapend beton, die gebouwd was in 1930 en vernield in 1940. Aanvankelijk was het de bedoeling om ze in gewapend beton te herbouwen volgens het oorspronkelijke model, maar Blaton-Aubert en professor Magnel stelden begin september 1943 een compleet alternatief project in voorgespannen beton voor, dat werd aanvaard.

BESCHRIJVING EN STAAT VAN HET BOUWWERK

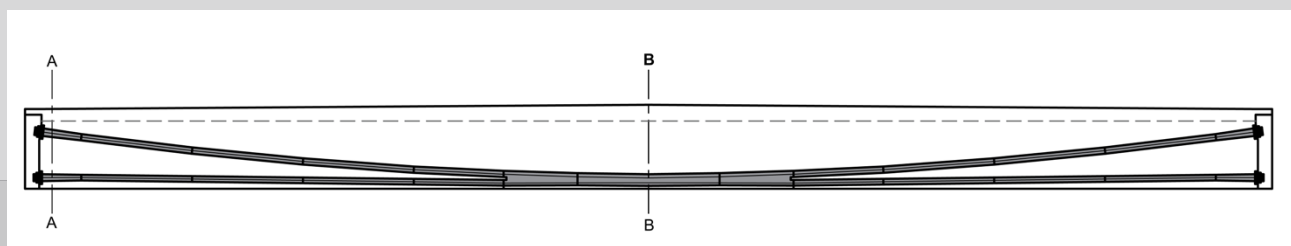
Het uit te voeren project bestond uit twee hoofdliggers met een overspanning van 20,94 m in voorgespannen beton met daarop een brugdek in gewapend beton. De hoogte van de liggers in het midden van de overspanning is 1,5 m, wat niet gerechtvaardigd is in termen van draagvermogen of stijfheid voor een dergelijke overspanning, maar wel omwille van hun rol als brugleuning. Elke ligger is voorgespannen door *post-tensioning* met behulp van twee kabels, die beide zijn opgebouwd uit 40 staaldraden met een diameter van 5 mm. De ene kabel volgt een rechte lijn, de andere loopt volgens een hangende parabolische kromme. De twee kabels komen in het centrale deel samen en vormen één enkele kabel van 80 draden. De draden van de liggers werden eind oktober 1944 aangespannen. Zij zitten vervat in rechthoekige plaatstalen kokers van 0,6 mm dik. Deze behuizing is na het aanspannen van de draden geïnjecteerd met een sterk alkalische cementgebonden gietmortel ("grout") om de wapening te beschermen tegen corrosie.

Een visueel onderzoek van de brug had aangetoond dat die in zeer goede staat was en dat er geen betonschade of zichtbare corrosie van de wapening was. De vervanging van de brug, die reeds een paar jaar eerder was gepland, hield dan ook geen verband met verouderingsproblemen, maar veeleer met de noden van de scheepvaart en het gebruiksgemak voor voetgangers en fietsers.

©B. Delsaute volgens documenten uit het Blaton Archief



Dwarsdoorsneden ter hoogte van de oplegpunten (A-A) en halfweg de overspanning (B-B).



Langszicht van de voetgangersbrug met aanduiding van de kabels in de liggers.

DE TESTS

Omdat het testen en vernielen van de loopbrug niet boven het kanaal kon gebeuren, werd deze 's nachts getransporteerd naar een testlocatie en op daartoe gemaakte steunzolen geplaatst. Eerst werd ze zorgvuldig schoongemaakt met een hogedrukreiniger.

Men stelde vast dat beide liggers alleen al door het eigengewicht van de brug, in het midden en tot op een tamelijk grote hoogte een scheur vertoonden. De scheurwijdte bedroeg in dit stadium 0,8 mm. Hieruit blijkt dat het dimensioneringsprincipe duidelijk niet het verwachte resultaat heeft opgeleverd en scheurvorming niet heeft kunnen vermijden. Dit verbaast ons niet, want uit talrijke studies blijkt inmiddels dat de dimensioneringsconcepten voor voorgespannen beton, alhoewel ze lange tijd en wellicht tot de jaren tachtig werden gebruikt, de "verliezen" in de voorspanning door krimp en kruip van het beton en relaxatie van de voorspanwapening sterk onderschatten.

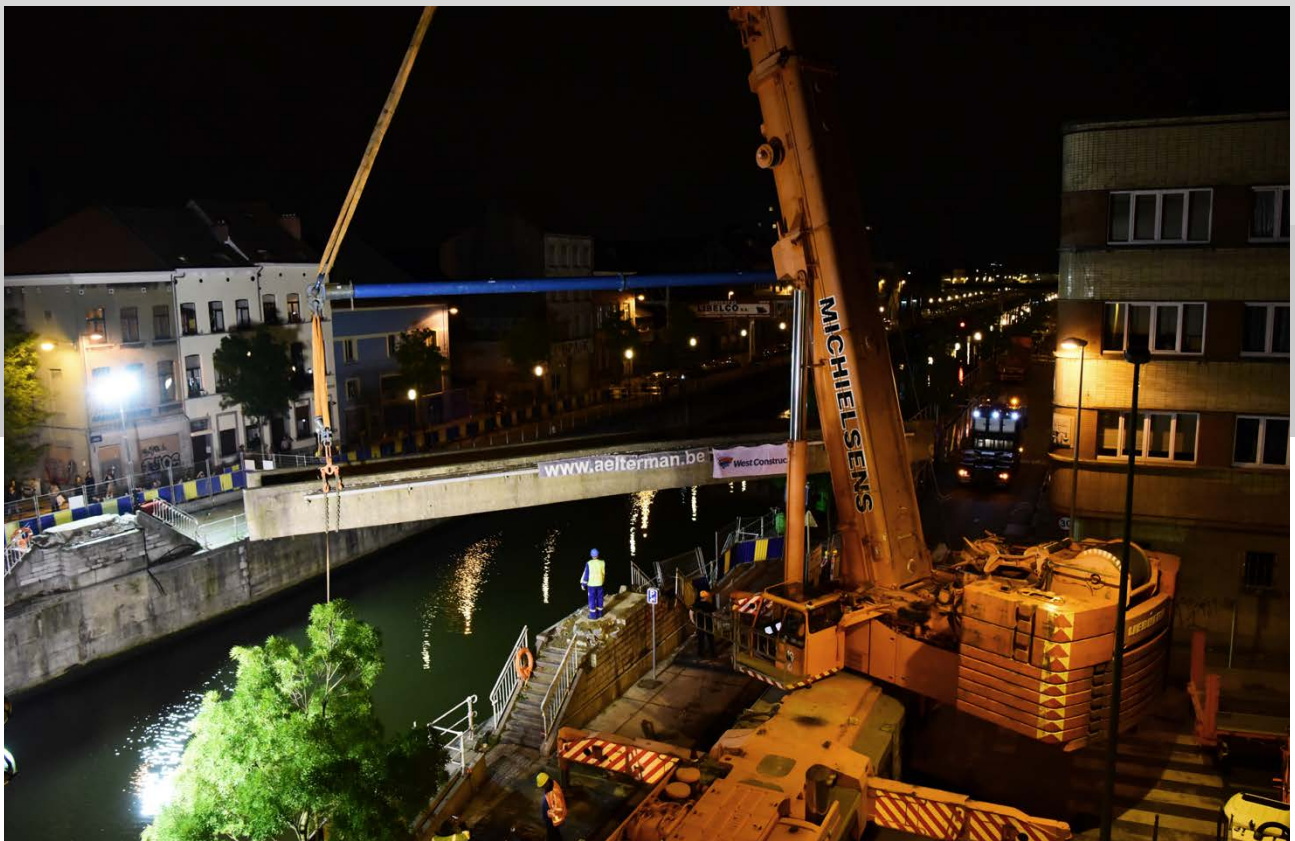
Deze "rekenfout" vormt over het algemeen geen probleem voor het draagvermogen, maar zij kan het gedrag van civieltechnische constructies tijdens het gebruik beïnvloeden, en in ernstige gevallen vervanging onvermijdelijk maken.

Foto auteurs, 2018



Scheur in het beton als gevolg van het eigengewicht, onderaan de ligger, halverwege de overspanning. Meting van de scheurwijdte (0,8 mm).

Foto W. Coppens ©SPRB



Nachtelijke verhuis van de brug, juni 2018.

Foto W. Coppens ©SPRB



Plaatsing van de voetgangersbrug op het testterrein.

Foto auteurs, 2018



Schoonmaken van de brug met hogedrukreiniger.

Voor de belasting van de voetgangersbrug in oktober 2018 werd gebruikgemaakt van zakken grind van anderhalve ton. Hun aantal werd geleidelijk opgevoerd tot 54 zakken, t.t.z. vijf keer de nuttige last. In het midden van de overspanning werd de doorbuiging gemeten en het ontstaan van scheuren genoteerd, alsook de scheurwijdte. Zonder in detail in te gaan op de resultaten, kunnen we stellen dat het gedrag van deze pioniersconstructie in voorgespannen beton na 74 jaar dienst wel degelijk bevredigend is gebleken en in overeenstemming met de huidige eisen inzake draagvermogen en gedrag tijdens gebruik.

Ook de uiteindelijke destructie van de voetgangersbrug was zeer leerzaam: de voorspanwapeningen, waarvan vaak wordt gevreesd dat ze onderhevig zijn aan corrosie, waren in perfecte staat en hadden niets van hun mechanische prestaties verloren.

Foto's W. Coppens ©SPRB



Belasten van de voetgangersbrug met zakken grind van ongeveer 1,5 ton.



De volledig belaste brug: ongeveer vijf maal de nuttige gebruikslast.

Foto W. Coppens ©SPRB



Meting van de scheuropening aan de zijkant van een van de liggers.

Foto W. Coppens ©SPRB



Aanduiding in krijt van de scheuren op de zijkant van een van de liggers.

Foto auteurs, 2018



Vrijgemaakt eindanker van een kabel tijdens de afbraak.

Foto auteurs, 2018



Doorgezaagde metalen behuizing in het centrale deel van een van de liggers na verwijdering van de betondekking.

Foto auteurs, 2018



Voorspankabels in het centrale deel van een van de liggers na verwijdering van de metalen beschermkoker. Cementmortel beschermt de staalkabels.

Foto auteurs, 2018



De doorgezaagde voorspankabels in het centrale deel van een van de liggers. Let op de cementmortel die gebruikt werd om de wapeningskabels te beschermen en de perfecte staat waarin deze zijn bewaard.

CONCLUSIES

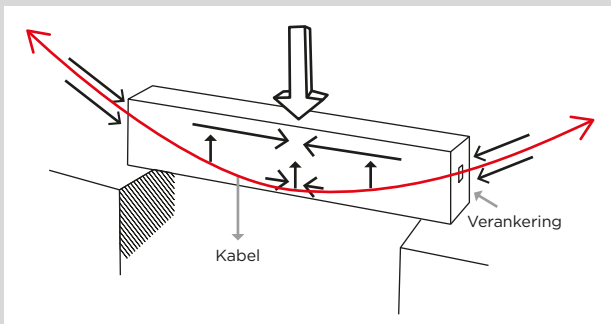
Tegenwoordig wordt de staat van betoninfrastructuur vaak bekritiseerd. Soms is dit terecht gezien de lage initiële kwaliteit van de constructie of het gebrek aan onderhoud. Soms leiden het voorzorgsbeginsel of politieke keuzes tot de afbraak van bouwwerken die in principe nog lang niet het einde van hun levensduur hebben bereikt. Een grondig onderzoek van de voetgangersbrug aan

de Gosseliesstraat heeft aangetoond dat een zeer oude voorgespannen betonnen constructie – waar was er een oudere structuur van dit type te vinden? – nog altijd zeer performant kan zijn. Het verlengen van de levensduur van oude betonnen constructies levert zodoende vanuit het oogpunt van koolstofvoetafdruk een positieve bijdrage aan duurzaam bouwen.

VOORGESPANNEN BETONNEN BALKEN

Aangezien beton niet bestand is tegen trekkrachten, worden balken vooraf aan druk onderworpen in de zones die in de gebruiksfase door trekspanningen worden belast. Bij een voldoende grote druk worden alle trekspanningen in het beton opgeheven en is de sterkte van de balk gegarandeerd. Twee voorspanningstechnieken zijn gangbaar; het verschil zit in het tijdstip waarop de wapeningskabels worden aangespannen:

- voorspanning met voorgerekte staal: de wapening (draden of strengen) die tussen ankers is voorgespannen wordt ingebetonneerd onafhankelijk van de te realiseren balk. Wanneer het uitgeharde beton een voldoende sterkte heeft bereikt, wordt de verankering van deze gerekte wapening vrijgemaakt. Hierdoor worden de aanvankelijke trekkrachten in de wapening door hechting overgedragen op het beton dat hierdoor aan druk wordt onderworpen.
- voorspanning met nagerekte staal (*post-tensioning*): in dit geval wordt de voorspanwapening (kabels van draden of strengen) in een koker geplaatst die in de bekisting wordt gemonteerd vooraleer het beton te storten. Na het storten en verharden van het beton worden de kabels aangespannen door een kracht uit te oefenen op de balkuiteinden, en verankerd. De trekkrachten in de kabels worden op deze manier omgezet in drukkrachten op het beton.



Meestal loopt de kabel bij *post-tensioning* volgens een hangende kromme. Bij het aanspannen heeft de kabel de neiging om een meer horizontaal verloop te volgen, waardoor de balk naar boven wordt geduwd. Een deel van de belasting waaraan de balk is blootgesteld, wordt hierdoor gecompenseerd.

Voorspanning heeft dus een dubbel effect: enerzijds het verminderen van de krachten op de balk en anderzijds het samendrukken van de zones die in de gebruiksfase onder trekspanningen zouden komen te staan. Voorgespannen betonnen liggers zijn daarom performanter dan balken van gewapend beton.

De voorspanningstechniek wordt vandaag in veel constructies gebruikt, zowel in de burgerlijke bouwkunde als in gebouwen. De techniek ontstond net voor de Tweede Wereldoorlog en is sindsdien niet gestopt met evolueren.

Voorgespannen constructie-elementen met voorgerekte staal worden gebruikt in toepassingen als:

- holle vloerplaten en welfsels,
- lateien met de hoogte van een betonmetselblok,
- pre-lateien en liggers (balkjes en potten) die door hun geringe gewicht bijzonder geschikt zijn in renovaties,
- I- of omgekeerde U-balken ...

Grotere structuren bevatten vaak nagespannen elementen zoals:

- balken voor grote overspanningen,
- kokervormige brugdelen (al of niet geprefabriceerd) die met behulp van nagespannen kabels aan elkaar vastgezet worden,
- ter plaatse gegoten vloeren met grote overspanningen ...

BIBLIOGRAFIE

Santilman, H.N.F., 1948: Note sur l'emploi du béton précontraint dans la construction des passerelles de la rue de Gosselies et de Malheide sur le Canal de Charleroi à Bruxelles. *Annales des Travaux Publics de Belgique*, pp. 127-141, 309-340.

Magnel, G., 1948: *Le béton précontraint*. Gent: Fechey.

Culot, M., Devos, R., Espion, B., et al., 2017: *Blaton, Une dynastie de constructeurs, Een dynastie van bouwers*. Brussel: edities AAM en CIVA.



Originele lino'snede door Eric Schelstraete, op basis van foto's gemaakt op de werf.

Tekst:

Bernard Espion
Prof. Dr. Ir. Ecole Polytechnique
Université Libre de Bruxelles
Joint Research Group ULB-VUB
"Construction histories Brussels"

Michel Provost
Hoogleraar Université Libre de Bruxelles
Joint Research Group ULB-VUB
"Construction histories Brussels"
Associate Origin Architecture & Engineering

