

Glasonderzoek aan de Universiteit Gent

Dieter Callewaert, Didier Delincé, Jan Belis en Rudy Van Impe
dieter.callewaert@ugent.be

Laboratorium voor Modelonderzoek – Universiteit Gent

1. ABSTRACT

Door de toenemende vraag naar transparante constructies, wordt glas steeds vaker als een dragend element toegepast. Het Laboratorium voor Modelonderzoek draagt bij aan deze evolutie door zowel het uitvoeren van fundamenteel onderzoek als het wetenschappelijk ondersteunen van realisaties. Het doel van deze bijdrage is een duidelijk overzicht bieden van het glasonderzoek aan de Universiteit Gent.

Er is reeds een doctoraatsonderzoek voltooid in verband met het kipgedrag van glazen liggers. Met behulp van talrijke experimenten en numerieke simulaties is het belang van het fenomeen kip aangetoond bij het gebruik van slanke balken uit gelamineerd glas, rekening houdend met de invloed van de initiële vormfout, de glasdikte en -hoogte en het type tussenlaag (het traditionele PVB en een stijvere ionoplast tussenlaag). Op basis van continue vlakheidsmetingen en vele driepuntsbuigproeven op liggers met een lengte van drie meter, werd een betrouwbaar model opgesteld voor het eindig elementen pakket Abaqus[®]. Hiermee zijn er bruikbare tabellen opgemaakt met de maximale belasting van heel uiteenlopende, glazen liggers.

Op dit ogenblik loopt er bovendien een FWO-onderzoeksproject naar het mechanisch gedrag van gelamineerd glas met een ionoplast tussenlaag (SentryGlas[®] Plus), voor het gebruik als platen en als liggers. Ook de invloed van breuk van één of meerdere glasplaten door overbelasting of vandalisme wordt onderzocht. Voor dit onderzoek werd er een geoptimaliseerde torsieproefopstelling gebouwd op basis van een bestaande proefopstelling uit de literatuur en numerieke simulaties met verschillende ondersteuningstypes. Op dit ogenblik worden er bovendien drie- en vierpuntsbuigproeven uitgevoerd in een klimaatruimte waarin de temperatuur en de vochtigheid gecontroleerd worden. Verdere vergelijking van deze testresultaten bij verschillende temperaturen zouden een volledig beeld moeten geven van de stijfheid van gelamineerd glas met deze recent ontwikkelde, ionoplast tussenlaag. Dit zal gebruikt kunnen worden als basis van een veilige, maar economische ontwerpaanbevelingen voor gelamineerd glazen componenten.

Het ontbreken van eenduidige regelgeving in verband met constructief glas, zorgt er op dit ogenblik voor dat de correctheid van het ontwerp bij elke realisatie, experimenteel bewezen moet worden. Het Laboratorium voor Modelonderzoek heeft op dit vlak al diverse ontwikkelingen en realisaties bijgestaan, waaronder 1) het controleren van de sterkte van Freeformglass[®] (gepatenteerd productieproces van koud gebogen, gelamineerd gehard glas) bij een kromtestraal van slechts 3m, 2) het meewerken aan door de federale overheid ondersteund prenormatief onderzoek over het gebruik van gelamineerd glas in constructieve toepassingen en 3) het beproeven van de sterkte en stijfheid van gevangenisbeglazing voor en na glasbreuk.

2. INTRODUCTION & OBJECTIVES

Due to the increasing question for transparent constructions, glass is more and more applied as a load-carrying structural component. The Laboratory for Research on Structural Models tries to stimulate this evolution by conducting both fundamental and applied research in the field of “Structural Glass”. The aim of this contribution is to offer a clear overview of the major topics of glass research at Ghent University.

3. PROGRESS & ACHIEVEMENTS

3.1 Buckling

A doctoral research concerning the buckling behaviour of glass beams has already been completed. Using many experiments and numerical simulations the importance of the phenomenon buckling has been shown for the use monolithic and laminated glass beams, taking into account the influence of the initial shape imperfections, the glass thickness and height and the type of interlayer (the traditional PVB and more rigid SGP interlayer).

Based on a continuous measurement of the shape imperfections and numerous 3-point bending test on beams with a length of three meters, a reliable finite element model was established in Abaqus[®]. With this, useful tables have been generated with the maximum load for very divergent glass beams.



Fig. 1 - Continuous measurement of the shape imperfections

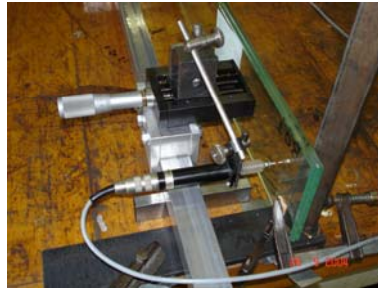


Fig. 2 - Detail of the test set-up

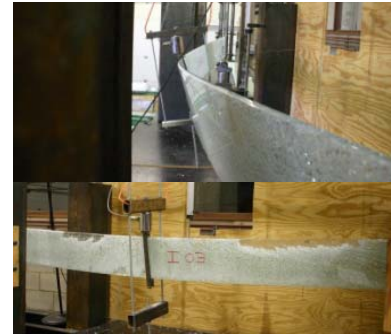


Fig. 3 - Toughened glass beam with one broken glass ply



Fig. 4 - Buckled beam before and after the breakage of one sheet



Fig. 5 - Broken laminated, annealed floatglas



Fig. 6 - Broken reinforced laminated, annealed floatglas

3.2 Current research

Currently a research project, supported by the Research Foundation - Flanders (FWO) is in progress which deals with the mechanical behaviour of glass laminated with an ionoplast interlayer (SentryGlas[®] Plus, or shortly SGP), for the use as both plates and beams. Also the influence of a crack in one or more glass plates due to overload or vandalism is examined. For this research an optimised torsion test set-up was built on the basis of an existing test set-up from literature and numerical simulations with several support types. Now there are also three and four-point bending tests carried out in temperature and humidity. Further comparison of these test results at several temperatures should give a complete picture of the stiffness of laminated glass with ionoplast interlayers. This will be used as a basis of safe but economic design recommendations for laminated glass/SGP components.

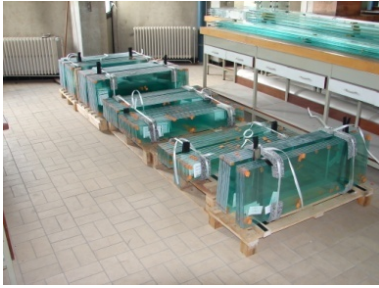


Fig. 7 - Test specimens



Fig. 8 - Destructive four-point bending test on a laminated glass plate

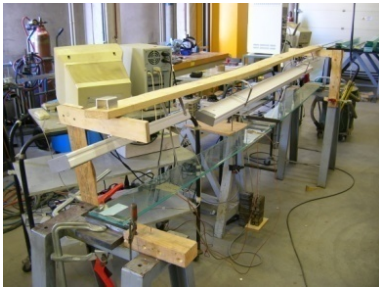


Fig. 8 - Three-point bending test with infrared heaters



Fig 9 - Torsion test set-up in climate-controlled chamber

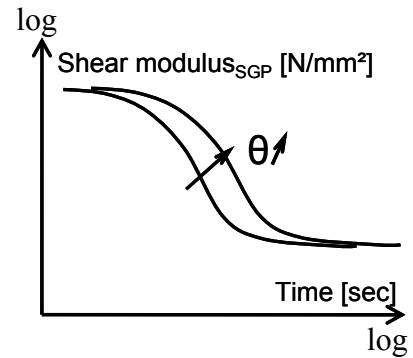


Fig 10 - The principle of the time and temperature dependent behaviour of SGP

3.3 Applied research

Due to the lack of official design rules concerning the structural use of glass, full scale laboratory tests are often required for each realisation to prove the correctness of the design. The Laboratory for Research on Structural Models has assisted in the development of several realisations, among which 1) an investigation of the bending parameters and load-bearing capacity of cold bent, laminated toughened glass (Freeformglass[®] patented system) with a radius of only three metres, 2) a study into the structural behaviour of laminated glass beams for a government-supported prenormative research on the use of laminated glass in structural applications and 3) testing the strength and stiffness before and after glass failure of different prison glazing systems under static loading conditions.



Fig. 11 - Cold bending of laminated hardened glass.



Fig. 12 - Unloaded, loaded, one ply broken, both plies broken.



Fig. 13 - Broken prison glazing after static loading test



Fig. 14 - Principle of the load-deformation diagram



Fig. 15 - Detail of the zone where a concentrated load was applied

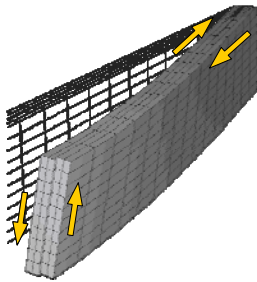


Fig. 16 - Shear deformations during the buckling of a laminated glass beam (only half a beam is shown)

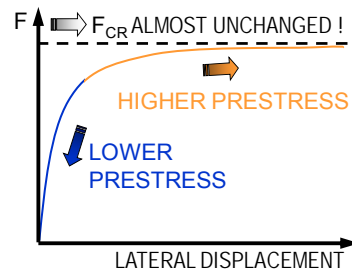


Fig. 17 - Lateral displacements as a function of a concentrated load F at mid span: Influence of the glass prestressing (schematic overview)

4. CONCLUSIONS & ACKNOWLEDGEMENTS

4.1 Conclusion

With this glass research, the Laboratory for Research on Structural Models is contributing to the further development of load-bearing glass and transparent structures.

4.2 Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the support of FWO-Flanders, the Laboratory for Research on Structural Models at Ghent University, Lerobel, BRS, DuPont, Solutia, Pilkington, Glaverbel and van Noordenne glasgroep to our glass research.