

LEUVEN 07 februari 2019

RAPPORT 2019/02

t.a.v. ir. Edmond de Fabribeckers
Factory Director
LPW Corporate bvba
Nieuwlandlaan 87/b436
B-3200 Aarschot

Bepaling warmteweerstand zwembadkuipen uit vezelversterkt composiet

1 Inleiding

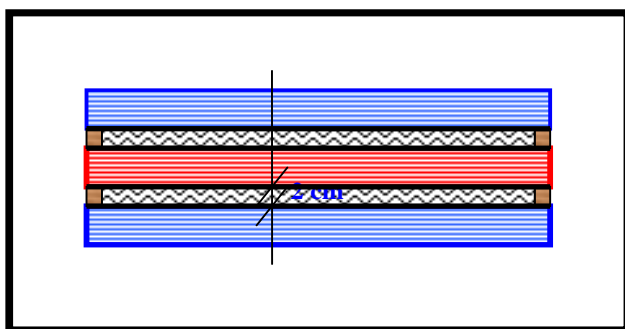
Eind december 2018 is door de heer Edmond de Fabribeckers, Factory Director van LPW Corporate bvba in Aarschot, aan de Afdeling Bouwfysica van de KU Leuven gevraagd om de warmteweerstand te bepalen van drie types wandopbouwen toegepast voor zwembadkuipen. Het eerste type (type A) bestaat uit een 2mm dikke glasvezellaag met hars voorzien van een 1mm dikke gelcoating. Het tweede type (type B) bestaat uit type A aangevuld met een 15mm dik sandwichpaneel uit honinggraatstructuur opnieuw afgewerkt met een 2mm dikke glasvezellaag met hars. Type C, tenslotte, bestaat uit type B, maar nu nog extra voorzien van ongeveer 20mm PUR-schuim. Van elk type werden begin januari 2019 telkens twee monsters aangeleverd, waarvan de warmteweerstand is bepaald. Voorliggend rapport geeft de resultaten van de metingen en bespreekt ze in het kort.

2 Bepaling warmteweerstand

2.1 Meetmethode

De warmteweerstand werd gemeten met het warmtestroommeterapparaat (zie figuur 1) voor monsters 60x60 cm², zoals beschreven in de norm ISO 8302. Dit apparaat bestaat uit een centrale warme plaat met een koude plaat erboven en een koude plaat eronder. Zo kan gelijktijdig op twee monsters gemeten worden. Onderaan de bovenste plaat, aan beide zijden van de centrale plaat en bovenaan de onderste plaat zit centraal een cirkelvormige warmtestroommeter met diameter 10 cm, ingebed in een laag neopreen met dezelfde dikte en warmtegeleidingscoëfficiënt als de warmtestroommeter. In het midden tegen beide kanten van de centrale plaat, in het midden onderaan de bovenste plaat en in het midden bovenaan de onderste plaat worden extreem dunne Cu/Co thermokoppels gekleefd, waarna tussen de onderste en de centrale en de centrale en de bovenste plaat de monsters geschoven worden en we het geheel inpakken in een isolerende kast.

Vóór de meting werden de warmtestroommeters herijkt met behulp van de ijkmonsters van het BCR van de EU.



Figuur 1: Opbouw van de opstelling. De centrale plaat is rood gekleurd, de onderste en bovenste plaat blauw. De zwarte lijn rondom de opstelling wijst op isolatie rondom de opstelling. Die is nodig om het geheel \pm adiabatisch te maken. De zwarte lijnen tegen de drie platen stellen de neopreenlagen voor, waarin de warmtestroommeters ingebed zitten.

De metingen gebeurden bij een temperatuurverschil van 10°C tussen het thermostaatbad dat de onderste en de bovenste plaat op temperatuur houdt en het thermostaatbad dat de middelste plaat op temperatuur houdt. Eenmaal de warmtestroomdichtheid en de temperaturen constant, worden alle waarden om de 10' gelogd en opgeslagen op harde schijf. De verdere berekeningen gebeuren in Excel: omzetting van de 10' waarden in gemiddelden over 3 uren en bepaling van de warmteweerstand met volgende vergelijking:

$$R = \frac{2\Delta\theta}{C_1E_1 + C_2E_2} \quad [1]$$

met:	C_1, C_2	de ijkconstanten van de warmtestroommeters in W/(m ² .mV))
	E_1, E_2	het gemeten elektrische spanningsverschil over de warmtestroom-meters in mV
	$\Delta\theta$	het temperatuurverschil over het monster in K (gemeten met de Cu/Co thermokoppels)
	R	de warmteweerstand van het monster in (m ² .K)/W

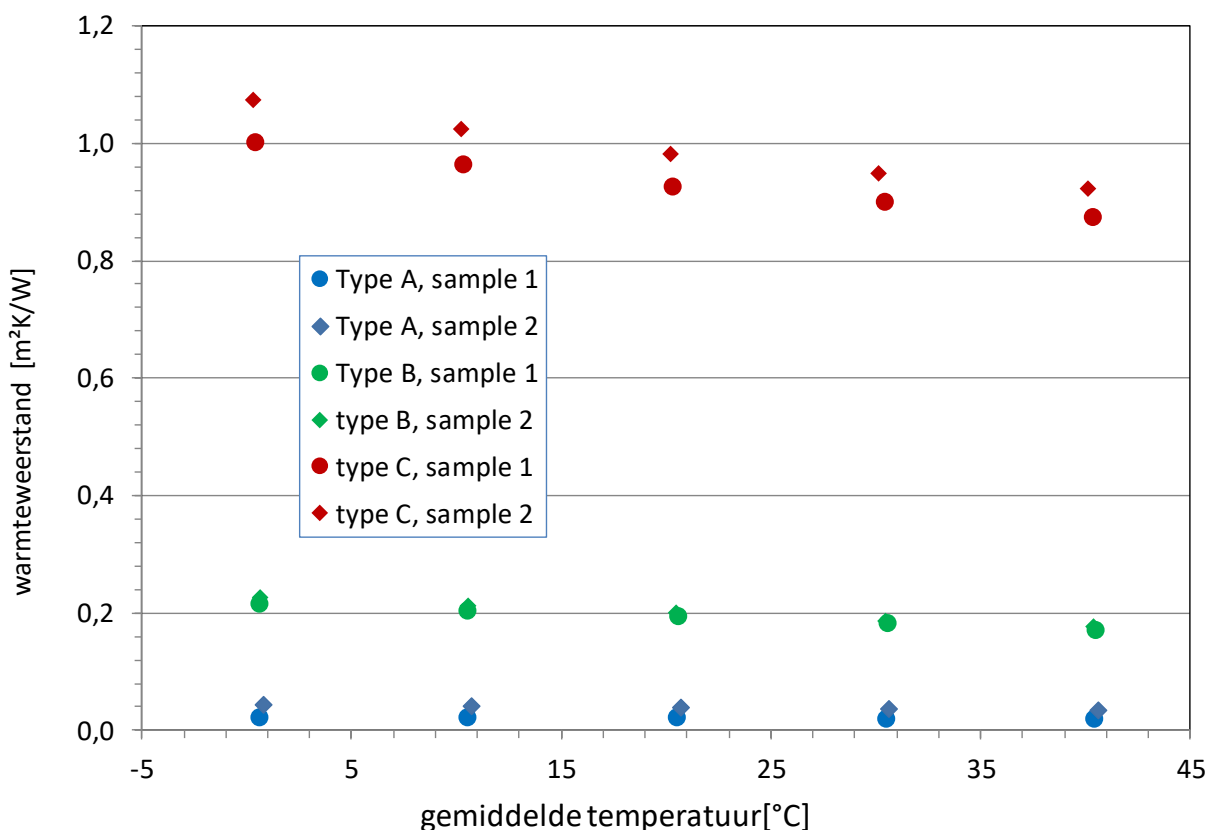
2.2 Meetresultaten

De meetresultaten op de zes monsters worden weergegeven in onderstaande tabel.

type	monster	dikte (mm)	gemiddelde temperatuur (°C)	temperatuur verschil (°C)	R-waarde (m ² .K)/W
A	1	3.97	0,61	0,98	0,021
			10,57	0,99	0,021
			20,53	0,99	0,020
			30,52	1,02	0,020
			40,47	1,02	0,019
A	2	4.99	0,79	2,00	0,044
			10,74	1,98	0,042
			20,71	1,97	0,040
			30,65	1,96	0,037
			40,59	1,93	0,035
B	1	21.32	0,63	4,10	0,216
			10,58	4,06	0,203
			20,62	4,04	0,193
			30,56	3,98	0,182
			40,54	3,92	0,171
B	2	22.20	0,63	3,73	0,228
			10,57	3,68	0,212
			20,49	3,63	0,199
			30,45	3,58	0,187
			40,40	3,53	0,176
C	1	42.08	0,43	7,33	1,001
			10,38	7,36	0,962
			20,36	7,39	0,926
			30,43	7,45	0,898
			40,41	7,48	0,873
C	2	42.8	0,33	6,92	1,074
			10,26	6,92	1,025
			20,20	6,92	0,983
			30,15	6,92	0,948
			40,11	6,92	0,922

Een foutenanalyse op de meetresultaten geeft een maximale relatieve fout op de gemeten R-waarden tot 25% voor type A, tot 12% voor type B en tot 5% voor type C. Merk op dat de monsters niet helemaal vlak waren (en type C varieerde door de gespoten PUR in dikte over het oppervlak), wat de meetresultaten kan beïnvloeden door een slechter contact tussen meetmonster en plaat. Dit zal het meest uitgesproken effect hebben voor de monsters met de laagste warmteweerstand.

De opgemeten warmteweerstand uitgezet in functie van de gemiddelde temperatuur voor de zes monsters levert dan volgende grafiek op:



Figuur 2. Relatie tussen de warmteweerstand en de gemiddelde temperatuur voor de zes monsters.

3 Bespreking en besluit

Zoals ook te zien op Figuur 2, daalt de warmteweerstand van een (droog) materiaal in functie van de gemiddelde temperatuur. Dit kan meestal beschreven worden via een relatie van de vorm:

$$R = a - b \cdot \bar{\theta}$$

Berekenen we de vergelijking per monster, dan vinden we als rechte:

Monster A.1	Monster A.2	Monster B.1	Monster B.2	Monster C.1	Monster C.2
$R = 0.022 - 0.0001 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.99$	$R = 0.044 - 0.0002 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.99$	$R = 0.216 - 0.0011 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.99$	$R = 0.227 - 0.0013 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.99$	$R = 0.997 - 0.0032 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.99$	$R = 1.068 - 0.0038 \cdot \bar{\theta}$ $r^2 = 0.98$

Dit geeft als gemiddelde rekenwaarde per type bij 23°C:

Type A (basismateriaal): $R = 0.030 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Type B (type A + honinggraat): $R = 0.194 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Type C (type B + PUR): $R = 0.952 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$

Leuven, 7 februari 2019

Staf Roels
Gewoon Hoogleraar