

Inverkan på provförberedning på DSR prover av polymermodifierade bitumen del 2



Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Bakgrund	4
Syfte	5
Metod	6
Resultat.....	8
Diskussion och slutsatser	13
Bilagor.....	15

Förord

Jag vill tacka SBUF som har möjliggjort projektet genom att finansiera en stor del utav dess budget. Övrig finansiering utgjordes av egeninsatser från de deltagande organisationerna i form av det arbete som de utfört.

Eric Gardner

Referensgrupp

Michael Langfjell – PEAB Asfalt

Linus Persson – NCC Industry

Carl Hultin – Nynas

Arbetsgrupp Skanska

Eric Gardner

Madeleine Mattson

Hassan Abedini

Sammanfattning

Projektets syfte är att undersöka om det finns en mätbar påverkan utifrån val av metod för förberedning och applicering utav ett prov i en Dynamic shear rheometer (DSR) utrustning vid mätning utav polymermodifierade bitumen (PMB). Försök har gjorts på ett antal olika polymermodifierade bitumen med två olika metoder och utförda av två olika operatörer på olika laboratorier i ett tidigare projekt delfinansierat av SBUF (SBUF-projekt nr 14088). Resultaten varierade mellan bitumentyp och polymerinblandningsgrad. Siffrorna verkade tyda på att det kunde finnas en tendens till större variation av mätresultatet med större halt polymer i blandningen, speciellt vid höga temperaturer och låga frekvenser. På grund av att det var så många olika blandningar så var det väldigt få prover körda per blandningar, varefter det var för få prover för att dra en säker slutsats om det verkligen slog åt ena hållet eller det andra beroende på hur provet förberedes. I detta projekt kommer det bitumen från föregående projekt som visade störst tendens till skillnad att köras enbart, men med många fler prover för att ge tillräckligt stor datamängd för en statistiskbedömning. Utöver detta körs proverna även ned till en lägre frekvens och högre temperatur för att täcka ytterligheterna som inte kördes i föregående projekt.

Resultatet från denna utökad körning visar att det verkar förekomma en skillnad mellan metoderna i avseende på både komplexmodul och fasvinkel. Denna skillnad är mycket systematisk i hur den syns i mätdata. I båda fallen går skillnaden åt att den ena metoden ger högre värde och allt eftersom temperaturen höjs så vänds detta förhållande till det motsatta. Exakt vart dessa brytpunkter finns är i detta fallet inte intressant då detta troligen varierar beroende på val av bitumen och polymer i blandningen, men det visar att relevanta skillnader i mätdata kan uppstå mellan metoderna. En jämförelse mot standarden (SS-EN 14770:2012) för bitumenprovning i DSR kan göras. Där sätts ett gränsvärde för skillnaden i mätvärde som får förekomma mellan mätplattor av olika dimensioner. Dessa är 15% i differens för styvheten och 3 grader för fasvinkeln givet samma provningsparameterar i övrigt. De största skillnaderna som observerats i dessa försök är 20% för styvheten och 12,2 grader för fasvinkeln. För fasvinkeln så är en differens på upp till 12 grader observerats mellan metoderna under specifika omständigheter.

Bakgrund

Blickandes framåt mot framtidens materialprovning och dimensionering är Dynamic shear rheometer (DSR) ett mätinstrument för att studera materialegenskaperna hos viskoelastiska material så som bitumen med mycket hög noggrannhet vilket skulle kunna ge stora förbättringar inom detta område. I dagsläget är provning med denna teknik av bitumen inte ett krav för de flesta beställare men det är en teknik som är på väg in och att ha goda kunskaper kring denna teknologi kommer att vara nödvändigt för att få ut det mesta ur den. Enligt gällande standard (SS-EN 14770) för provning av bitumen i DSR så finns det i dagsläget flera olika godkända metoder för att förbereda provet för körning.

DSR är ett mätinstrument för att studera material så som bitumen för dess viskoelastiska egenskaper. Material som är viskoelastiska har egenskaper som samtidigt påminner om både fasta och flytande material. Det är viktigt att ha i åtanke när man analyserar egenskaperna hos material av denna typ att de påverkas av både temperatur och tid (frekvens). Vid mätningar med bitumen i DSR kan man observera att när frekvensen ökas så ökar även materialets styvhet och materialet blir mer elastiskt och mindre visköst. Dessa värden brukar anges med en så kallat komplex modul och betecknas med G^* . Detta är en vektor som anger materialets skjuvmodul som då är vektors absolutvärde $|G^*|$, och förhållandet mellan viskositet och elasticitet som kallas fasvinkel med beteckningen δ . Fasvinkeln har ett spann från 0 till 90 grader där ett teoretiskt material med fasvinkel 0 är idealelastiskt och vid 90 grader är det helt visköst.

Praktisk erfarenhet av mätningar utav polymermodifierade bitumen (PMB) med DSR har påvisat att de uppmätta egenskaperna för materialet kan variera kraftigt beroende på hur prover hanteras innan mätningen. Gällande standard lämnar idag en del utrymme för hur man hanterar denna förberedelse utav prover. Vilket potentiellt skulle kunna leda till att prover gjorda på samma material och enligt samma standard skulle ge olika resultat.

I SBUF-projekt nr 14088 "Inverkan på provförberedning på DSR prover av polymermodifierade bitumen" undersöktes inverkan av detta på en rad olika blandningar av bitumen med polymerer, och under olika förhållanden. Den data som togs fram verkade antyda att det kunde finnas en relevant skillnad på mätresultatet beroende på metod, och även att denna varierade beroende på val av bitumen i blandningarna. Då så många olika blandningar undersöktes blev det relativt få mätningar per blandning och metod blev resultatet att även om det indikerade att det fanns en skillnad mellan metoderna så gick det inte att fastställa säkert. Detta projekt grundas då i att pröva med enbart en bitumenblandning med en metod för att få ett tillräckligt stort antal upprepade prover för att ett underlag för en ordentlig jämförelse.

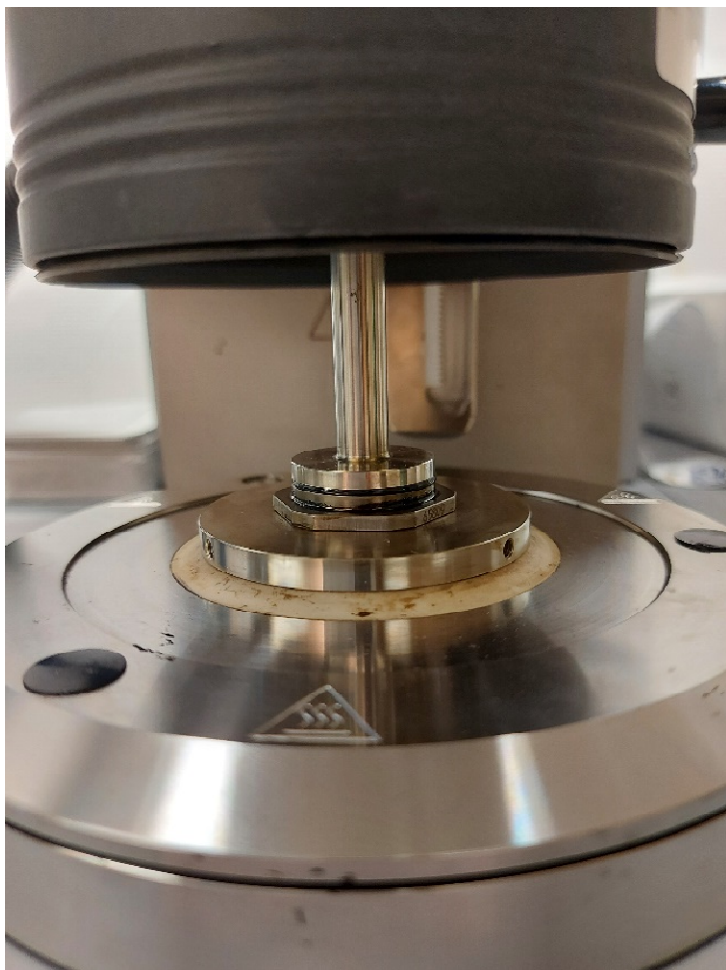
Att förbättra provningsmetoder och dimensioneringsberäkningar är ett evigt pågående arbete för att förbättra vägkonstruktioner. Vinsterna av detta arbete är många speciellt i avseende på ekonomi och miljö, där man kan undvika överdimensionerade konstruktioner där överflödigt material ger onödiga kostnader och miljöbelastning. Även underdimensionerade konstruktioner innebär en risk där en beläggning exempelvis kan behövas lägga om i fall den inte håller tiden ut vid en funktionsentreprenad, vilket även orsakar en stor förlust ur hållbarhetsperspektiv.

Syfte

Projektet utförs i syfte att försöka kvantifiera hur stor påverkan på resultatet provförberedning kan ha i praktiken. För praktiska tillämpningar utav mätdata som tas fram för till exempel dimensionering eller kvalitetskontroll är det givetvis viktigt att den är så träffsäker som möjligt. Målet blir då att undersöka om val av metod behövs ta i beaktning när mätresultat jämförs mellan olika utförare av provningen och resultat mellan olika laboratorier.

Metod

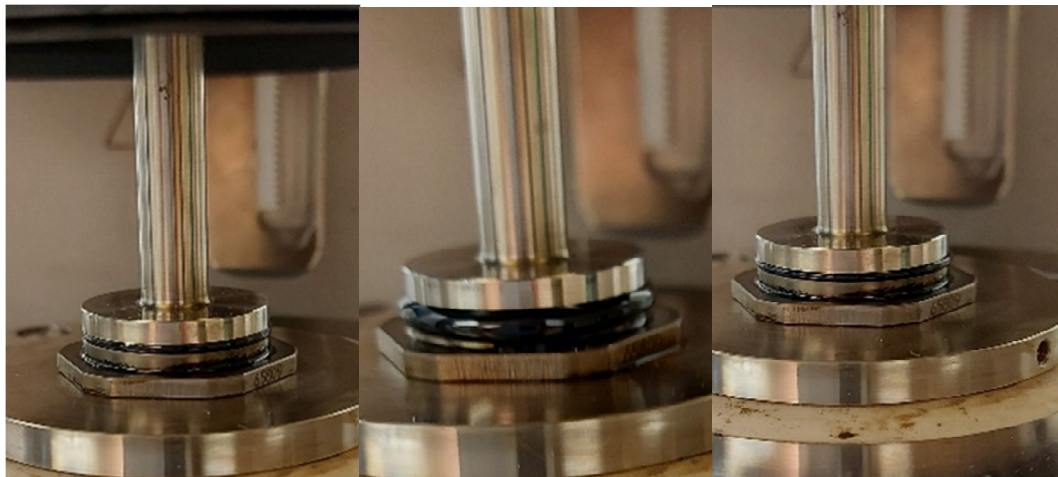
Bitumen provas enligt SS-EN 14770:2012 för skjuvmodul och fasvinkel. Där provkroppar gjuts i silikonformar i två serier om 20 prover. 20 prover med 0,53g och en serie om 20 prover med 0,65g, totalt 40 prover. Anledning till detta stora antal repetitioner på ett material är för att resultatet kan variera mellan körningar med samma förutsättning och är därför nödvändiga för att urskilja en eventuell skillnad mellan metoderna från den generella variationen prover emellan. Efter att proverna vilat i ett till tre dygn körs de i DSR där proverna utsätts för en oscillerande belastning med stigande frekvens och temperatur som redovisas i resultatdelen. Fasvinkel och skjuvmodul registreras vid varje temperatur och frekvenssteg.



Figur 1 Cyindriskt bitumenprov placerat i DSR för körning. Den övre plattan oscillerar fram och tillbaka enligt förprogrammerad frekvens och deformation. Temperaturregleringselement placerade i bottenplattan och den uppfällda svarta

Bituminet som provas valdes från det bitumen som uppvisade störst skillnader mellan mätningar i del 1 av projektet. Detta är ett penetrationsbitumen av graden 160/220. Bituminet är blandat med 7,5% (beräknat på vikten) av ett polymer

(Kraton SBS D1116 A). Blandningen utfördes vid en temperatur på 180 grader Celsius och med en mognadstid på fyra timmar. Den resulterande blandningen hölls sedan upp i hinkar. Alla prover som användes i projektet togs från samma hink. Denna delades upp i tio stycken pennburkar, och från var och en av dessa burkar förbereds serier om fyra prover för totalt 40 prover.



Figur 2 Jämförelse mellan provgeometri. Till vänster: Ett prov med 0,53g, provet är nästan en perfekt cylinder och behöver knappt trimmas. I mitten: prov med 0,65g innan trimning, ett tydligt överskott av material syns här som buktar utanför provplattans radie. Till höger: Ett trimmat prov, notera likheten i geometri mot prover med 0,53g.

Enligt gällande standard för provning av bitumen i DSR för bestämning av komplexmodul och fasvinkel (SS-EN 14770:2012) finns det en del utrymme gällande provpreparering i avseende till mängd. I projektet valdes det därför försöka simulera extremfallen som kan uppkomma vid provning, i detta syfte förbereddes för varje körning i två serier på 0,53g respektive 0,65g per prov. Dessa mängder är tänkta att likna dessa extremfall, där drygt 0,5g ger en perfekt cylinder på en PP25 platta vid normal provhöjd om 1 mm och 0,65g innebär att mycket material måste trimmas bort innan körning. Som visas på bild 1 finns så gott som inget överskott vid ett gap på 1,05mm där trimning normalt sker, och sedan när gapet sänks till 1mm fås en idealisk provkropp med en mycket lätt konvex form runt kanterna.

0,65 gram som valdes för den andra provserien ger ett mycket stort överskott av bitumen som trimmas bort innan körning av provet. Varefter provet får samma geometri som provet med 0,53g innan provet startas. Då alla prover trimmas blir radie och tjocklek på provet den samma. Skillnaden mellan proverna blir då alltså att vid metod 2 komprimeras provet kraftigt vilket potentiellt skulle kunna ha en inverkan på den interna polymerstrukturen i provkroppen. Den påverkan som sker skulle kunna tänkas likna det tillstånd som armeringen i en förspänd betongkonstruktion är i. Polymernätverket i 0,65g proverna borde då ha en konstant spänning som verkar för att dra ihop provet som förhindras av inspänningen mellan de två metallplattorna. Det skulle kunna anses att den mängd som används i metod 2 ger ett större överskott än vad som normalt skulle

användas, men i syfte att belysa möjlig påverkan på provresultatet så används ett stort överskott.

Frekvenssvepen kör från 30 C till 90 C med diskreta steg på 10 grader. På varje steg körs proverna från 0,1rad/s upp till 100 rad/s. Exakta detaljer för varje frekvenssteg redovisas i tabellerna under resultat.

Data redovisas sedan i avseende på komplexmodul och fasvinkel vid varje givet steg av både temperatur och frekvens, och en jämförelse görs mellan resultaten. Eftersom det inte finns något objektivet korrekt svar här om vilket resultat skulle vara rätt kan en analys endast redovisa om det finns en relativ skillnad mellan metoderna. Om en konsekvent skillnad observeras skulle varje metods lämplighet skulle sedan behövas utvärderas mot funktionella egenskaper i materialen för att avgöra om en metod är bättre än den andra.

Resultat

Svepen kördes i två kategorier (0,53 gram respektive 0,65 gram prov vikt) där alla parametrar och förutsättningar var de samma förutom vikten på provet. Tabeller 1 och 2 över genomsnittet från de 20 körningarna av varje metod redovisas i detta kapitel, kompletta provningsdataredovisas i tabellform under bilagor.

Dynamisk skjuvmodul

Data redovisas för provernas absolutvärde av den dynamiska skjuvmodulen vid varje temperatur och frekvens i pascal. Tabell 1 och 2 redovisar snittvärdena för detta värde sett över 20 mätningar gjorda per metod. Mätningarna utfördes vid temperaturerna 30 till 90 grader, med intervall på 10 grader.

30 c/frek	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	4634,8	4166,3	1,11	468,5	696,1
0,215	7817,0	7187,8	1,09	629,1	951,6
0,464	13162,6	12423,5	1,06	739,1	1299,5
1	22401,5	21578,3	1,04	823,2	1964,3
2,15	38888,5	37848,0	1,03	1040,5	3363,1
4,64	68724,4	67004,9	1,03	1719,5	6136,4
10	122400,0	119008,5	1,03	3391,5	11281,9
21,5	217418,0	210750,0	1,03	6668,0	20346,6
46,4	383002,0	370821,5	1,03	12180,5	35660,1
100	666886,0	648207,0	1,03	18679,0	60415,8
40c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	1152,5	1029,6	1,12	122,9	218,0
0,215	1844,6	1641,2	1,12	203,4	324,3
0,464	3077,0	2756,3	1,12	320,8	483,0
1	5208,2	4739,5	1,10	468,7	684,4
2,15	8817,8	8215,8	1,07	602,0	925,7
4,64	14980,3	14311,0	1,05	669,3	1296,1
10	25856,7	25146,3	1,03	710,4	2065,5
21,5	45598,3	44682,9	1,02	915,4	3677,0
46,4	81670,2	80072,3	1,02	1597,9	6794,3
100	147021,0	143801,0	1,02	3220,0	12436,1
50c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	519,1	495,3	1,05	23,8	119,2
0,215	705,4	651,6	1,08	53,9	147,8
0,464	1022,0	927,3	1,10	94,7	193,9
1	1594,0	1435,3	1,11	158,7	273,3
2,15	2630,4	2375,5	1,11	254,9	401,7
4,64	4457,6	4077,7	1,09	379,9	576,8
10	7588,5	7090,0	1,07	498,5	784,4
21,5	12953,1	12390,2	1,05	562,9	1083,7
46,4	22441,3	21834,2	1,03	607,1	1707,0
100	39753,3	38942,7	1,02	810,6	3015,1
60c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	379,4	387,6	0,98	-8,2	105,4
0,215	461,1	453,1	1,02	7,9	122,0
0,464	579,0	552,2	1,05	26,8	139,6
1	770,8	717,6	1,07	53,1	164,1
2,15	1110,8	1016,8	1,09	94,0	207,3
4,64	1734,7	1574,6	1,10	160,2	285,6
10	2864,5	2608,2	1,10	256,3	407,8
21,5	4857,4	4479,8	1,08	377,5	571,6
46,4	8295,8	7803,1	1,06	492,7	782,5
100	14256,5	13692,5	1,04	564,0	1139,7

Tabell 1 Jämförelse skjuvmodul mellan metod 1 (0,53g) mot metod 2 (0,65g)

70c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	297,5	331,4	0,90	-33,9	95,2
0,215	354,0	372,7	0,95	-18,7	109,8
0,464	427,7	430,0	0,99	-2,4	126,9
1	525,1	510,6	1,03	14,6	144,0
2,15	670,8	636,0	1,05	34,8	162,9
4,64	916,1	852,4	1,07	63,7	190,3
10	1358,0	1248,3	1,09	109,7	238,7
21,5	2164,3	1983,6	1,09	180,7	320,5
46,4	3609,9	3328,8	1,08	281,1	438,9
100	6137,9	5744,7	1,07	393,3	589,3
80c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	150,0	187,1	0,80	-37,1	53,2
0,215	209,6	240,2	0,87	-30,6	68,7
0,464	291,8	310,3	0,94	-18,4	92,9
1	385,2	386,6	1,00	-1,5	119,3
2,15	490,5	475,2	1,03	15,3	142,7
4,64	630,6	598,2	1,05	32,4	165,4
10	849,3	793,3	1,07	56,0	191,7
21,5	1223,1	1130,9	1,08	92,2	229,0
46,4	1890,1	1738,9	1,09	151,3	290,5
100	3077,2	2833,6	1,09	243,6	389,1
90c	0,53	0,65	%	+/-	stdav
0,1	54,6	66,2	0,82	-11,6	19,7
0,215	89,6	103,1	0,87	-13,4	30,9
0,464	149,2	161,7	0,92	-12,5	47,8
1	236,2	243,9	0,97	-7,7	71,3
2,15	344,1	343,5	1,00	0,6	100,4
4,64	466,5	457,9	1,02	8,5	130,1
10	617,5	601,7	1,03	15,8	158,8
21,5	835,1	807,6	1,03	27,6	187,4
46,4	1188,9	1137,1	1,05	51,8	220,1
100	1797,0	1699,3	1,06	97,7	269,2

Tabell 2 Jämförelse skjuvmodul fortsättning.

Vid lägre temperaturer syns en något högre skjuvmodul för metod 1 med 0,53g i formen. Allt eftersom temperaturerna ökar så skiftar förhållandet till det motsatta. Vid högre frekvenser minskar differensen mellan metoderna vilket är konsekvent med att bituminet blir styvare vid snabbare belastning och möjligen syns mer av bituminets egenskaper syns istället för polymerets i mätdata.

Fasvinkel

Data redovisas för provernas absolutvärde av fasvinkeln vid varje temperatur och frekvens i pascal. Tabell 3 och 4 redovisar snittvärdena för detta värde sett över 20 mätningar gjorda per metod. Mätningarna utfördes vid temperaturerna 30 till 90 grader, med intervall på 10 grader. Skillnaden i absolutvärde är röd för att förtydliga att detta är kriteriet för att bedöma skillnaden för detta mätvärde.

30 c/frek	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	60,5	62,5	0,97	2,0	3,2
0,2	61,2	63,7	0,96	2,5	3,1
0,5	62,1	64,4	0,96	2,3	2,5
1,0	63,6	65,2	0,97	1,6	1,5
2,2	65,3	66,1	0,99	0,8	0,7
4,6	66,4	66,6	1,00	0,2	0,2
10,0	66,8	66,7	1,00	-0,1	0,4
21,5	66,4	66,4	1,00	-0,1	0,7
46,4	65,7	65,9	1,00	0,2	0,9
100,0	65,1	65,5	0,99	0,4	1,1
40c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	52,1	49,9	1,04	-2,2	4,4
0,2	56,6	56,2	1,01	-0,3	3,5
0,5	59,7	60,7	0,98	1,0	3,1
1,0	61,4	63,2	0,97	1,9	3,2
2,2	62,4	64,5	0,97	2,2	2,9
4,6	63,6	65,5	0,97	1,9	2,2
10,0	65,3	66,5	0,98	1,2	1,2
21,5	66,8	67,4	0,99	0,6	0,4
46,4	67,8	68,0	1,00	0,2	0,5
100,0	68,0	68,2	1,00	0,2	0,8
50c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	36,4	30,9	1,18	-5,4	5,7
0,2	41,2	37,8	1,09	-3,4	5,4
0,5	47,6	46,0	1,04	-1,6	4,9
1,0	53,9	53,7	1,00	-0,2	4,0
2,2	58,4	59,4	0,98	1,0	3,4
4,6	61,0	62,8	0,97	1,8	3,2
10,0	62,4	64,7	0,97	2,2	3,0
21,5	63,9	65,9	0,97	2,0	2,2
46,4	65,8	67,1	0,98	1,3	1,3
100,0	67,6	68,2	0,99	0,6	0,7
60c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	26,0	19,7	1,32	-6,3	6,2
0,2	28,2	23,3	1,21	-4,9	5,9
0,5	32,9	29,2	1,13	-3,7	6,1
1,0	39,6	37,1	1,07	-2,6	6,1
2,2	47,1	45,8	1,03	-1,2	5,4
4,6	53,8	53,8	1,00	0,0	4,3
10,0	58,5	59,5	0,98	1,0	3,6
21,5	61,3	63,0	0,97	1,8	3,3
46,4	63,0	65,0	0,97	2,1	2,9
100,0	64,9	66,4	0,98	1,5	2,0

Tabell 3 Jämförelse fasvinkel mellan metod 1 (0,53g) mot metod 2 (0,65g)

70c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	30,3	19,5	1,55	-10,8	8,4
0,2	27,8	19,4	1,43	-8,3	6,8
0,5	27,4	21,4	1,28	-6,0	6,0
1,0	30,0	25,8	1,16	-4,2	6,1
2,2	35,3	32,3	1,09	-3,0	6,4
4,6	42,3	40,5	1,04	-1,7	6,1
10,0	49,5	49,0	1,01	-0,5	5,3
21,5	55,6	56,1	0,99	0,5	4,3
46,4	59,7	61,0	0,98	1,3	3,7
100,0	62,0	63,9	0,97	1,9	3,3
80c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	59,6	47,4	1,26	-12,2	10,6
0,2	52,7	41,0	1,29	-11,7	10,1
0,5	43,8	33,9	1,29	-9,9	8,2
1,0	36,8	29,6	1,24	-7,2	6,5
2,2	34,5	29,7	1,16	-4,8	6,1
4,6	36,3	33,3	1,09	-3,0	6,2
10,0	41,1	39,4	1,04	-1,7	6,2
21,5	47,4	46,7	1,01	-0,7	5,6
46,4	53,5	53,6	1,00	0,1	4,8
100,0	58,3	59,1	0,99	0,8	4,1
90c	0,53	0,65	%	+/-	stdav alla
0,1	75,8	70,9	1,07	-4,9	5,2
0,2	71,1	65,5	1,09	-5,6	6,4
0,5	63,9	57,8	1,11	-6,1	7,3
1,0	54,8	48,9	1,12	-5,9	7,3
2,2	46,1	41,5	1,11	-4,6	6,3
4,6	40,7	37,5	1,08	-3,2	5,6
10,0	39,6	37,5	1,06	-2,1	5,6
21,5	42,2	40,7	1,04	-1,5	5,6
46,4	47,1	46,1	1,02	-1,0	5,3
100,0	52,8	52,3	1,01	-0,5	4,8

Tabell 4 Fortsättning jämförelse utav fasvinkel

Differens är beräknad på medelvärdet av metod 2 minus medelvärdet på metod 1. Ett positivt värde indikerar alltså en högre fasvinkel för metod 1 vid en given frekvens och temperatur och ett negativt indikerar motsatsen.

En tydlig trend syns där differensen är som störst vid de låga frekvenserna och vid höga temperaturer. Vilket håll som differensen är åt varierar däremot, med en invers på detta som sker runt 40 graders temperatur. Den största differensen syns vid 80 celsius och en frekvens på 0,1 rad/s med 12,2; 59,6 för metod 1 jämfört med 47,4 för metod 2.

Diskussion och slutsatser

Vid den provning som gjordes i del 1 sågs en antydning till en differens mellan metoderna beroende med avseende på både fasvinkel och styvhet på bituminet. Problemet var att även om proverna i del 1 delades upp på två mycket tydliga grupper baserade på provmängden, så kunde detta inte upprepas när några extra försök gjordes för att verifiera resultatet. Istället samlades alla resultat i en kluster. Då projektet var utspritt på så många olika blandningar och försökstyper blev det för få prover för att kunna dra någon ordentlig slutsats med så tvetydiga resultat. I detta projekt har 20 ytterligare prover utförts med varje metod, vilket ger ett betydligt bättre underlag för en analys. Dessutom har frekvensen utökats nedåt och temperaturen uppåt (1 till 0,1 rad/s och 70 till 90 C) för att ge en bättre bild av hur materialet beter sig i de här omständigheterna. Resultaten här verkar tyda på detta då det systematiskt syns över ett större antal mätningar. Högre temperaturer verkar mycket riktigt öka differensen mellan metoderna både för fasvinkel och skjuvmodulen, men det finns även en differens i andra riktningen vid de lägre temperaturerna. För skjuvmodulen syns en skillnad på upp till 20% mellan metoderna och för fasvinkeln är denna siffra 12 grader.

Hur relevant denna differens är för mätresultaten och praktiska tillämpningar av materialdata är oklart. Initialt verkar upp till cirka 20% på materialets dynamiska skjuvmodul som en märkbar skillnad, men med hänsyn till hur mycket denna egenskap varierar över temperaturspannet är det en relativt liten skillnad. Mätdata för det i projektet provade bituminet ligger från cirka 60 till 600 000 pascal, en skillnad på fyra storleksordningar, då blir 20% försvinnande litet, men detta är extremen när man tar hänsyn till båda förändringar i temperatur och frekvens. Ser man på det rent isokront så ligger spannet istället på 60 till 4400 pascal vid 0,1 rad/s, men även då ser vi en skillnad på två storleksordningar. För beräkning av materialdata kan det ha märkbar inverkan på resultaten beroende på vilket temperaturspann man befinner sig i. Från 60 till 70 grader förändras styvheten från 383 pascal till 314 i medelvärde över alla mätningar. En 20% skillnad skulle i detta fallet leda till en förskjutning av en beräknad materialegenskap på över 10 grader vilket är en avsevärd skillnad.

För fasvinkeln är den största observerade skillnaden på strax över 12 grader. För att sätta det i kontext så på den skala där det mäts från 0 till 90 grader där 0 innebär idealelastiskt och 90 ett helt visköst, då är 12 grader en avsevärd skillnad. Vid de förhållanden som det uppstod alltså vid 80 grader 0,1 rad/s var detta skillnaden på ett snitt på 59,6 till 47,4. I praktiken är detta en skillnad på 25% i elasticitet på materialet. Hur rimligt detta är i praktiken är ifrågasättbart då 80 grader inte är en temperatur som

Hur det typiska polymermodifierade bituminet agerar beroende på behandling (i detta fallet provmängd) går inte att säga från enbart dessa försök, men de visar tydligt att det kan ha en avsevärd inverkan åtminstone vid vissa kombinationer av basbitumen och mätförhållanden. Det kan därför vara värt att ta i beaktning vid jämförelse av mätdata hur mycket bitumen som användes till att tillverka provkroppen även om överflödet trimmas bort innan körning. Om det ena resultatet är bättre än det andra kan inte utläsas från denna data. Det skulle dock kunna vara av intresse att jämföra resultat från mätningar utförda med olika provmängd mot uppmätta funktionella egenskaper i färdig asfalt. Givet att de största differenserna i båda skjuvmodul och fasvinkel syns vid låga frekvenser vilket motsvarar

långtidsbelastningar borde denna skillnad vara mest märkbar vid till exempel busshållplatser och lastplatser.

Bilagor

