

VTI notat 11-2005

Long-Life Pavements

En litteraturgenomgång

Författare	Lars-Göran Wågberg
FoU-enhet	Drift och underhåll
Projektnummer	15263
Projektamn	Litteraturstudie tjocka beläggningar
Uppdragsgivare	VTI

Förord

Konceptet ”Perpetual Asphalt Pavements” eller ”Long Life Pavements” har uppmärksammats under senare år både i USA och i några länder i Europa, främst Storbritannien och Nederländerna. Den grundläggande idén med konceptet är att förlänga en asfaltkonstruktions livslängd från 20 år till upp mot 50 år eller mer.

Det nya beläggningskonceptet diskuterades vid en TRB-session år 2001. Det mesta av informationerna i denna rapport härrör från dokumentation, Transport Research Circular Number 503, från denna session. Litteraturgenomgången har finansierats med anslagspengar från VTI

Linköping februari 2005

Lars-Göran Wågberg

Innehållsförteckning

Bakgrund	5
Concepts of Perpetual Pavements	6
Development and Uses of Hard-Grade Asphalt and of High-Modulus Asphalt Mixes in France	7
Design and Assessment of Long-Life Flexible Pavements	8
Av betydelse för design av Long-Life Pavements	12
Sammanfattning	12
Hot-Mix Asphalt Layer Thickness Design for Longer-Life Bituminous Pavements	13
Evaluation of Top-Down Cracking in Thick Asphalt Pavements and the Implications for Pavement Design	14
Study of Long-Lasting Pavements in Washington State	14
Development of Long-Life Overlays for Existing Pavement Infrastructure Projects with Surface Cracking in New Jersey	15
Illinois Extended-Life Hot-Mix Asphalt Pavements	16
Slutsatser av TRB-rapporterna för Sverige	18
Förteckning av bidrag och författare	19

Bakgrund

Konceptet ”Perpetual Asphalt Pavements” eller ”Long Life Pavements” har uppmärksammats under senare år både i USA och i några länder i Europa, främst Storbritannien och Nederländerna. Den grundläggande idén med konceptet är att förlänga en asfaltkonstruktions livslängd från 20 år till upp mot 50 år eller mer.

Konceptet diskuterades vid en TRB-session år 2001. Det mesta av informationerna i denna rapport härrör från dokumentation, Transport Research Circular Number 503, från denna session.

För att lyckas med denna idé krävs en kombination med ett slitstarkt, tätt och stabilt slitlager, ett stabilt och beständigt bindlager samt utmattningsresistent och beständigt asfaltbärlager. Med denna typ av konstruktion, där inga utmattnings-sprickor uppstår i asfaltkonstruktionens underkant, krävs endast ett periodiskt underhåll av slitlagerbeläggningen, vilket gör att underhållsåtgärderna kan göras under relativt kort tidsrymd.

Idén med denna typ av väg/beläggningskonstruktion kommer att bli mycket intressant för underhåll och förstärkning av de tungt trafikerade vägarna i Sverige eftersom dessa inte kommer att ersättas av alternativa sträckningar i lika hög grad som tidigare. Det innebär att de befintliga vägarna måste underhållas och förstärkas.

Concepts of Perpetual Pavements

David E. Newcomb, National Asphalt Pavement Association

Mark Buncher, Asphalt Institute

Ira J. Huddleston, Asphalt Pavement Association of Oregon

Konceptet med s.k. "eviga" eller "långlivade" asfaltkonstruktioner är inte helt nytt. Så kallade "full depth" och "deep-strength" konstruktioner har byggts sedan 1960-talet, framför allt i USA. Full depth konstruktioner byggdes direkt på undergrunden, medan den senare konstruktionen byggdes på ett relativt tunt grusbärlager.

Grundtanken med det koncept som behandlas i detta bidrag är att bygga så tjocka asfaltkonstruktioner på grusbärlager så att dragtöjningen i asfaltkonstruktionens underkant blir så extremt liten att minimal eller ingen utmattning uppstår.

Tjocka asfaltkonstruktioner (>25 cm och eventuellt tjockare beroende på trafikbelastning) måste designas och konstrueras för trafik, klimat och undergrund för varje specifik plats. Eftersom asfaltkonstruktionen anpassas för att klara påfrestningarna i varje lager, specifikt, måste materialval, massasammansättningen och egenskapstester utföras för varje enskilt lager. Asfaltmassans styvhet måste optimeras för att motstå spårbildning och utmattningssprickor beroende på varje enskilt lager och beständigheten är också mycket viktig för varje lager.

1. Asfaltbärlagret måste designas för att motstå utmattningssprickor. Det innebär att asfaltmassan huvudsakligen inriktas mot en hög bindemedelshalt. En finare gradering kan också påverka motståndet mot utmattningssprickor. Detta tillsammans med tillräcklig tjocklek på asfaltkonstruktionen motverkar att utmattningssprickor uppstår i asfaltlagrets underkant.
2. Det mellanliggande asfaltlagret, bindlagret, måste designas för att optimera stabilitet och beständighet. Stabiliteten i lagret kan uppnås genom att designa en massa som bygger på stenkontakt, typ ABS. Stenmaterialet bör bestå av krossat material, bindemedlet bör ha relativt hög viskositet.
3. Kraven på slitlagret beror i första hand på lokala förutsättningar med avseende på stabilitet, vattentätthet, beständighet och slitstyrka om det trafikeras av dubbade fordon. Normalt används SMA (ABS) som slitlager.

Utförandet av asfaltkonstruktioner av detta slag ställer höga krav på allt material och byggandet måste ske med hög kvalitet från undergrund till slitlager. Separation, exempelvis, måste minimeras i alla lager. Om inte hela vägkonstruktionen håller hög kvalitet förloras värdefull livslängd. Därför är det viktigt att kvalitetskontroller av olika slag tillämpas.

Development and Uses of Hard-Grade Asphalt and of High-Modulus Asphalt Mixes in France

Jean-Francois Corté

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

Användningen av asfaltmassor med högviskösa bindemedel, penetration lägre än 25/10 mm vid 25°C har ökat allt mer under de senaste tjugo åren. Anledningen har varit att lösa problemen med spårbildning orsakad av tung trafik i slitlager och underliggande asfaltlager. Produktionen av asfaltmassor med högviskösa bindemedel i Frankrike var 39 000 ton år 1990 och sedan ökat till 100 000 ton år 2000. Denna rapport består av två delar, den första delen handlar om det högviskösa bindemedlet, den andra om asfaltmassor med hög styvhetsmodul.

Nuvarande rekommendationer för val av bindemedelstyp beroende på klimatzon är enligt följande:

Zon 1: Dominerande atlantklimat ($T_{\max} \leq 27^{\circ}\text{C}$ och $T_{\min} \geq 0^{\circ}\text{C}$)

Zon 2: Dominerande medelhavsklimat ($T_{\max} > 27^{\circ}\text{C}$ och $T_{\min} \geq 0^{\circ}\text{C}$)

Zon 3: Dominerande inlands- och bergsklimat ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$)

Tabell för normalt val av bitumenviskositet för slitlagerbeläggningar på högtrafikerade vägar:

Klimattyp	1	2	3
Höjd över havet < 500 m	Pen 35/50	Pen 35/50	Pen 35/50
Höjd över havet 500–1 000 m	Pen 50/70	Pen 50/70	Pen 50/70
Höjd över havet > 1 000 m	Inte relevant	Pen 50/70	Pen 70/100

Högviskösa bitumen definieras genom penetrationsgraderna; 15/25, 10/20 och 5/10. Den senaste är fortfarande i ett försöksstadium medan de tidigare har använts rutinmässigt i flera år. Typiska egenskaper för högviskösa bitumen framgår av följande tabell:

Viskositetsgrad	15/25	10/20	5/10
Kula & ring °C	66	62–72	87
Pfeiffer IP	+0,2	+0,5	+1,0
Dynamisk viskositet vid 170°C (mm ² /s)	420	700	980
Young moduluss vid 7,8 Hz (MPa)	425	700	980
Modul vid 0°C	180	300	570
Modul vid 10°C	70	110	300
Modul vid 20°C	0,4	0,7	7
Modul vid 60°C			

Asfaltmassor med högvisköst bitumen har använts i Frankrike i nära tjugo år och har utgjort, för franska klimatförhållanden, en mycket intressant teknisk lösning för att förhindra spårbildning pga. plastisk deformation i slit- och bindlager samt för att utföra styva AG-lager. Uppföljning av vägobjekt har inte visat någon känslighet för lågtemperatur eller temperaturberoende utmattning. Däremot har problem med dålig beständighet observerats på beläggningar med oxiderat

bitumen. För högt penetrationsindex som skapas genom oxidation är fördömande med avseende på beständigheten.

De mekaniska egenskaperna hos högviskösa bindemedel är i hög grad beroende av produktionsprocessen eftersom den direkt påverkar den kolloidala strukturen av bituminet. Reologiska tester har visat att modul och fasvinkel kan variera stort mellan bitumen som har samma penetrationsgrad vilket kan resultera i olika lågtemperaturegenskaper. Det krävs fortsatt forskning för att bättre kunna bedöma de faktorer som orsakar de misslyckanden som uppträder ibland.

För att dra fördelar av användningen av högviskösa bindemedel krävs att asfaltmassan får rätt sammansättning, anpassad till bindemedlet. Det räcker inte med att bara byta bindemedel till en standardmassa.

Konceptet för högviskösa asfaltmassor som utvecklats i Frankrike är asfaltbasmassorna (AG) sammansatta med hög bindemedelshalt och lågt hålrum. Detta görs med avsikten att kompensera för eventuella problem med utmattning, det hårda bituminets sämre förmåga att självläka jämfört med mjukare bindemedel.

Högviskösa bindemedel har huvudsakligen använts i AG- och bindlagermassor tillsammans med ett slitlager som skyddar för klimatpåkänningar. Erfarenheten är mindre när det gäller användning av högviskösa bindemedel i tjockare slitlagerbeläggningar, framför allt under inverkan av låga temperaturer. Eventuellt måste bindemedlet då modifieras med polymerer eller bestå av s.k. multigrade asfalt.

Design and Assessment of Long-Life Flexible Pavements

Michael Nunn

Brian W. Ferne

Transport Research Laboratory

United Kingdom

Förbättrade strategier beträffande design och tillståndsvärdering för asfaltkonstruktioner som bär den största volymen av tung trafik krävs för att minska underhållsbehovet och därför minska hinder för trafikanterna. De nuvarande filosofierna och kriterierna för design ses över mot bakgrund av alla data om tillståndsförändringen som samlats in sedan den senaste revisionen 1984.

Resultaten visar att nedbrytningen av tjocka, välkonstruerade asfaltkonstruktioner inte är strukturell och att nedbrytningen i regel startar i beläggningssytan i form av sprickor (top-down) och spårbildning. Med all säkerhet är det så att utmattning och strukturell nedbrytning från asfaltkonstruktionens undre del inte är förhärskande vad nedbrytningen beträffar. Resultaten visar också att kunskapen om de förändringar som sker av de strukturella egenskaperna i en asfaltkonstruktion över dess livslängd är nödvändig för att förstå hur asfaltkonstruktionen förändras. Mycket tyder på att en väg som konstruerats med en tjock asfaltkonstruktion med tillräcklig styrka kommer att vara i gott strukturellt tillstånd under mycket lång tid, förutsatt att en god tillståndsuppföljning och underhållsstrategi tillämpas så att "top-down" sprickor och ytlig spårbildning upptäcks och åtgärdas innan de kan påverka asfaltkonstruktionens strukturella tillstånd.

Denna rapport behandlar olika designkoncept och sammanfattar den senaste informationen från fullskaliga tester av asfaltkonstruktioner, studier av nedbrytningens mekanistiska nedbrytning från verkliga vägar, deflektionsmätning på motorvägar och andra tillståndsbedömningar. Alla dessa uppgifter krävs för att det skall vara möjligt att ta fram en designmetod och underhållsstrategi för vägar som förväntas att uppnå en livslängd på minst 40 år utan att något strukturellt underhåll behöver göras.

Om trafiken fortsätter öka i samma eller högre takt som den gjort under de senare decennierna måste vägkonstruktionerna, av ekonomiska skäl, designas så att deras strukturella livslängd blir betydligt längre.

Spårbildning

Spårbildning är ett resultat av deformation i ett eller flera lager i vägkonstruktionen. En variant är att deformationen uppstår i de övre asfaltlagren vilket benämns ”ytlig spårbildning” i England. En annan orsak är att huvuddelen av deformationen uppstår i de obundna lagren eller undergrunden. Denna form av spårbildning kallas för ”strukturell deformation”.

I rapporten redovisas spårbildningen på ett relativt stort antal tungt belastade vägar.

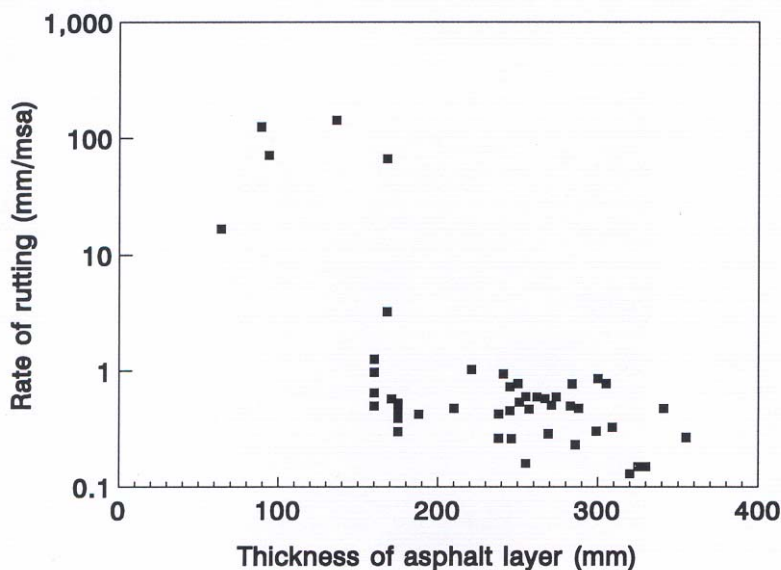


FIGURE 2 Rate of rutting of trunk roads.

Den vertikala axeln visar spårbildningen i mm per miljoner standardaxlar, den horisontella axeln visar tjockleken på asfaltkonstruktionen. Diagrammet visar ett diskontinuerligt samband mellan spårbildningen och asfaltkonstruktionens tjocklek där data samlas i två kluster. Vägar med asfaltkonstruktioner vars tjocklek understiger 180 mm deformeras i betydligt högre grad än de tjockare asfaltkonstruktionerna. Den snabba förändringen vid ca 180 mm tyder på att det där finns en tröskeleffekt. Mellan de asfaltkonstruktioner som är tjockare än 180 mm finns ingen uttalad korrelation mellan spårbildningens utveckling och asfaltkonstruktionens tjocklek. Detta kan tolkas så att nästan all spårbildning i de tjockare konstruktionerna beror på deformation i de övre asfaltlagren och att den

tunga trafiken inte förorsakar deformationer beroende på vertikala påfrestningar på de obundna lagren och undergrunden.

Utmattning

Asfaltbärlagret är det viktigaste asfaltlagret ur strukturell synpunkt. Alla moderna analytiska designmetoder av asfaltkonstruktioner bygger på ett kriterium, baserat på laboratoriestudier, som skall förhindra möjligheten att utmattningssprickor uppstår i underkant på asfaltkonstruktionen. Dessa metoder utgår från att utmattningssprickor uppstått i underkant av asfaltkonstruktionen på grund av upprepade belastningar av tung trafik. Undersökningar av utmattningsmekanismen i fullskaliga vägkonstruktioner är mycket svårare att genomföra jämfört med laborieförsök men det har visat sig att det finns inga bevis på utmattningssprickor i asfaltbärlagret på verkliga vägar. Däremot observeras ofta ytliga sprickor (top/down). Dessutom är det känt att styvheten i en asfaltkonstruktion ökar med tiden och påverkar därmed konstruktionens resistens mot utmattningssprickor.

På grund av dessa resultat startade TRL en undersökning av återstående livslängd, med avseende på utmattning, på asfaltbärlager från tungt och lätt trafikerade delar av samma motorvägar (olika körfält). Syftet var att på laboratorium jämföra de strukturella egenskaperna på prov av asfaltbärlager med vägnas tillstånd. Denna undersökningens resultat ökade förståelsen av mekanismen för strukturell nedbrytning.

Resultatet av jämförelsen av återstående livslängd mellan körfält med olika belastning av tung trafik redovisas i tabellen nedan:

Objekt	Körfält	Antal prov	Relativ återstående livslängd av asfaltbärlagret
M4	1	80	1,0
	3	76	1,5
M5	1	35	1,0
	3	33	0,7
M1	1	19	1,0
	3	11	1,6
M62	1	28	1,0
	3	31	1,1
Medelvärde	1	162	1,0
	3	151	1,1

Körfält 1 trafikeras av den tunga trafiken medan körfält 3 huvudsakligen utgörs av personbilstrafik.

Om nedbrytningen av asfaltbärlagret skulle ha orsakats av den tunga trafiken borde den återstående livslängden, med avseende på utmattning, vara signifikant lägre i hjulspåren på körfält 1, där den tunga trafiken går, jämfört med återstående livslängd i körfält 3 där proven dessutom togs mellan hjulspåren.

Alla proven uppvisade kortare livslängd med avseende på utmattning än prover tillverkade med nytt material på laboratorium. Även om trafikbelastningen inte kan lastas för reduktionen i proverna från vägen så måste ändå åldringen utgöra en viktig faktor.

Strukturell värdering

Strukturell värdering av asfaltkonstruktioner har inte visat några indikationer på utmattningssprickor i asfaltbärlager. Det finns inga seriösa rapporter om sprickor som vandrar nerifrån och uppåt.

I en studie utförd av Road and Hydraulic Engineering Division i Nederländerna undersöktes 176 borrprov för att verifiera Nederländernas designmetod. Denna undersökning visade att i asfaltkonstruktioner som var tjockare än 160 mm initierades sprickorna i ytan och de trängde inte ned till botten av asfaltkonstruktionen. I mindre tjocka asfaltkonstruktioner visade en strukturell analys att sprickorna även där initierades i ytan men de trängde sedan ofta ned hela vägen till asfaltkonstruktionens underkant.

Konklusionen av undersökningen var, att konventionell utmattning i ett asfaltbärlager inte är den primära orsaken till vägens nedbrytning, men sprickbildning i beläggningsytan är det huvudsakliga skälet till strukturella skador.

Ytsprickor (Top-down)

Ytsprickor på relativt gamla tjocka asfaltkonstruktioner är förhållandevis vanliga. I regel uppträder de som längsgående sprickor i hjulspåren. Detta har ofta tolkats som utmattningssprickor som har initierats i asfaltkonstruktionens underkant och sedan propagerat uppåt i konstruktionen. Emellertid så har det konstaterats, genom uttag av borrprov i sprickområdet, att sprickpropageringen gått uppifrån och ner. Ytsprickorna är inte alltid längsgående. På vissa objekt har tvärgående sprickor observerats i flera körfält. Liksom för längsgående sprickor har de tvärgående penetrerat max 100 mm ned i asfaltkonstruktionen.

Mekanismen bakom ytsprickornas utveckling är komplex och det finns idag ingen helt godtagbar förklaring till detta fenomen. Beräkningar av de trafikorsakade spänningarna i beläggningsytan är komplicerade eftersom de vertikala kontaktspänningarna är olikartade och radiella horisontella krafter finns också närvarande. Det är emellertid troligt att horisontella dragspänningar genereras i beläggningsytan. Termiskt betingade spänningar kan också utlösa initiering och propagering av ytsprickor. Detta gäller framför allt tvärgående sprickor. Åldring av bindemedlet i slitlagrets översta 5 mm har också en inverkan.

Bituminets åldrande

Det är sedan länge känt att bituminet i framför allt varmblandade asfaltmassor dels åldras vid tillverkningen, dels med tiden i vägen. Denna åldring som gör bituminet styvare är ofta positivt i de asfaltlager som har betydelse för det strukturella tillståndet i en asfaltkonstruktion. Åldring av bituminet i ett slitlager har dock en klart negativ effekt. Undersökningar som TRL utfört på olika vägar visar att ett bitumen med en viskositet av 70 pen (vid 25°C) i samband med utförandet har sjunkit till 20–50 pen (vid 25°C) efter ca 15 år.

Långsiktig strukturell styrka

Det faktum att den elastiska styvheten och därmed förmågan till god lastfördelning i tjocka, välbyggda asfaltkonstruktioner ökar med tiden medför att den trafikbetingade nedbrytningen i tjocka asfaltkonstruktioner minimeras. Denna

förbättrade lastfördelningsförmåga borde innebära en minskad deflektion med vägens ålder.

Av betydelse för design av Long-Life Pavements

Konklusionen från genomgången av tillståndsutvecklingen av Long-Life asfaltkonstruktioner i Storbritannien är att konstruktionerna inte kommer att brytas ned strukturellt under avsevärt lång tid framåt förutsatt att den ickestrukturella nedbrytningen, i form av ytsprickor och deformation, upptäcks och åtgärdas innan det påverkar asfaltkonstruktionens strukturella grundtillstånd. För att uppnå en lång livslängd är det också viktigt att vägkonstruktionen är välkonstruerad med god kvalitet på asfaltkonstruktionen och underbyggnaden så att inte nedbrytningen orsakas av dålig konstruktion, dåligt utförande eller dåliga material.

Lägsta styrka, bitumenhärdning och trafikbelastning

Bituminets härdning betyder att asfaltkonstruktionen är mest sårbar när den är nylagd innan konstruktionens styrka har förbättrats. Förutsatt att vägen är byggd med tillräcklig styrka från början så att inte de lager som är viktiga ur strukturell synpunkt försvagas av tung trafik. Bituminets härdning kommer successivt förbättra lastfördelningen och därmed göra konstruktionen mindre sårbar av trafikbetingad strukturell nedbrytning.

Vägar som konstrueras och byggs idag med krav på att tåla dagens trafikbelastning, vilken kan vara 10–20 gånger högre än äldre vägar, måste göras betydligt starkare vid byggandet för att undvika nedbrytning under de första åren. En försiktig beräkning av den nödvändiga strukturella styrkan indikerar att en väg med en asfaltkonstruktion överstigande 260 mm kan uppnå en mycket lång livslängd på en väg med 5 miljoner standardaxlar per år medan en asfaltkonstruktion med 270 mm tjock asfaltkonstruktion skulle vara tillräcklig för hur stor trafikbelastning som helst.

Ytsprickor

Ytsprickor i en asfaltkonstruktion som är byggd bara lite över den minimistyrka som krävs för en konstruktion med lång livslängd kan försvaga asfaltkonstruktionen och accelerera den strukturella nedbrytningen. Ytsprickorna måste åtgärdas i tid innan de påverkar det strukturella tillståndet, sprickorna får som mest propagera 100 mm ned i asfaltkonstruktionen. Ett försiktigt antagande är att materialet ned till sprickbotten inte bidrar till lastfördelningen. Detta skulle betyda att en väg konstruerad med en asfaltkonstruktion med en tjocklek av 370 mm kan tåla ytsprickor som propagerar 100 mm ned i konstruktionen även om effekten av bituminets härdning är liten.

Sammanfattning

Den designmetod som behandlas i denna rapport från TRL innebär att slitlager i framtiden med jämna mellanrum byts ut medan de underliggande lagren anses som vara permanenta. Det innebär att underhållskostnaderna begränsas till slitlagret i avsikt att säkerställa säkerheten och komforten för trafikanterna.

Den nedbrytning av asfaltkonstruktionen som orsakas av ytsprickor som propagerar ned i konstruktionen har inte uppmärksamats av forskare. Därför krävs en bättre förståelse för denna nedbrytningsmekanism vilken kan leda till

användning av bättre material och konstruktion för att fördröja även dessa problem.

Hot-Mix Asphalt Layer Thickness Design for Longer-Life Bituminous Pavements

Harold L. Von Quintus

Fugro-Brent Rauhut Engineering, Inc.

En varmblandad massas tillståndsutveckling/förändring ur strukturell synpunkt är beroende av samverkan mellan vägkonstruktionens styrka och styvhetsmodul i de olika lagren. Belastning från tunga fordons hjul skapar spänningar och töjningar i varje lager vilket kan orsaka skador i både bundna och obundna lager. Den samlade effekten av skador i de olika lagren kan visa sig i beläggningsytan i form av spårbildning, sprickbildning och ojämnheter. Strukturell nedbrytning yttrar sig vanligen som spårbildning och sprickbildning. Dessa två skadetyper har historiskt styrt valet av asfaltkonstruktionens tjocklek med målet att motstå strukturella skador.

I denna rapport presenteras en metod som har använts för att designa asfaltkonstruktioner av "Long-Life-typ" på vägar med mycket tung trafik. Designmetoden bygger på att begränsa töjningen i asfaltkonstruktionens underkant och den vertikala töjningen på de obundna lagren. En asfaltkonstruktion som benämns som "Long-Life" definieras i denna rapport som en konstruktion som håller längre än 40 år utan att allvarliga strukturella skador uppstår. Asfaltkonstruktionerna är designade för mer än 40 miljoner ekvivalenta standardaxlar. Designmetoden tar hänsyn till den sammanlagda effekten av utmattning (trafikrelaterad sprickbildning) och nedbrytning/förändring av de obundna lagren. Årstidsberoende och annan variation i materialens egenskaper, inkluderat styvhetsmodulen i asfaltlagren, tas i beaktande genom användning av konceptet "ekvivalent modul". Två andra kriterier används för den mekanistiska/empiriska tjockleksdesignen. En baseras på en begränsning av den maximala ytdeflektionen under belastningen och den andra baseras på en begränsning av förhållandet mellan modulen på underliggande obundna lager.

Denna designmetod omfattar på detta vis tre viktiga mål som är relaterade till utmattning i tjocka asfaltkonstruktioner. Det första målet är att definiera en "utmattningsbegränsning" för designen av asfaltkonstruktionens tjocklek. Det andra målet är att lokalisera var i konstruktionen sprickor på grund av trafikrelaterade laster uppstår (i asfaltkonstruktionens underkant eller i beläggningsytan). Det tredje målet är att bekräfta asfaltkonstruktionens utmattningskaraktistika för att designa asfaltkonstruktionens tjocklek.

Designmetoden som beskrivs i denna rapport tros representera "the state of art" inom design av Long-Life asfaltkonstruktioner. Designmetoden består av många relativt komplicerade ekvationer för att beräkna modulförhållanden för obundna lager, kriterier för utmattningssprickor, kriterier för permanent deformation i undergrunden, termisk sprickbildning m.m.

Evaluation of Top-Down Cracking in Thick Asphalt Pavements and the Implications for Pavement Design

*Leslie Ann Myers
ERES Consultants*

*Reynaldo Roque
University of Florida*

Längsgående sprickor i hjulspåren som initierats från ytan och propagerar nedåt (top-down) har observerats både på balkar och borrprover uttagna från vägar med asfaltkonstruktion. Sprickbildningen dokumenterades i både tunna och tjocka asfaltkonstruktioner och mekanismen för ytsprickor fastställdes.

En ansats gjordes med en kombination av brottmekanik och en modell med hjälp av finita element för att analysera en sprucken asfaltkonstruktion och för att prognosera hur beläggningen påverkades nära sprickans ytläge och vidare längre ner i asfaltkonstruktionen. En uppskattning av asfaltkonstruktionens respons indikerade att mekanismen som styr spricktillväxten var huvudsakligen dragspänningar och att inverkan av asfaltkonstruktionens uppbyggnad och belastningsmönster är signifikant. Belastningens position och asfaltkonstruktionens styvhet vid olika temperaturer visade sig ha den största effekten på sprickpropageringen tillsammans med asfaltkonstruktionens och de obundna lagrens styvhet.

Study of Long-Lasting Pavements in Washington State

*Joe P. Mahoney
University of Washington*

Tre olika studier av asfaltkonstruktioner med förväntad lång livstid har genomförts på vägar i Washington State (WSDOT). Resultaten av dessa studier summeras i denna rapport. Resultaten visar att asfaltkonstruktioner som är tjockare än 160 mm har en lång livslängd. De slitlagerbeläggningar som används i WSDOT kan dock förbättras. Strategin att fräsa och ersätta slitlagerbeläggningarna vid rätt tidpunkt ser ut att vara mycket effektiv.

Längsgående sprickor i, eller strax utanför hjulspåren, har observerats på många vägar i WSDOT. Forskning i USA och i många andra länder har visat att denna typ av sprickor har initierats i beläggningssytan och sedan propagerat ned i asfaltkonstruktionen.

WSDOT genomförde ett omfattande program där borrprov togs på vägar i östra Washington. Borrproven togs i samband med rutinmässiga besiktningar för tillståndsbedömning. Samtidigt genomfördes fallviktsmätningar. De flesta av de undersökta asfaltkonstruktionerna med större tjocklek än 160 mm uppvisade ytsprickor om det över huvudtaget fanns sprickor. Detta bedöms vara en mycket intressant iakttagelse eftersom vid en viss minimitjocklek på en asfaltkonstruktion motstår konstruktionen utmattningssprickor.

Tidigare studier och nyligen genomförda studier med finita elementmetoder visar att dragtöjning uppstår i beläggningssytan och som sedan leder till ytsprickor. Åldring av bituminet är också en bidragande orsak till ytsprickor.

Development of Long-Life Overlays for Existing Pavement Infrastructure Projects with Surface Cracking in New Jersey

*Geoffrey Rowe
Abatech, Inc.*

*Robert Sauber
New Jersey Department of Transportation*

*Frank Fee
Citgo, Inc.*

*Nassef Soliman
Parsons-Brinkerhoff-FG, Inc.*

Existerande vägkonstruktioner representerar ett stort kapital inom samhällets infrastruktur. Ett effektivt underhåll av vägarna säkerställer att infrastrukturen underhålls på ett kostnadseffektivt sätt. Vägkonstruktionerna i New Jersey har utsatts för en omfattande värdering i avsikt att använda optimala underhållsmetoder och strategier för att säkra en lång livslängd av vägkonstruktionerna.

En väg, Interstate I-287, uppvisade i början på 1990-talet tydliga tecken på diverse skador. Inför åtgärden gjordes en omfattande utvärdering av vägkonstruktionens strukturella styrka som avslöjade att bituminet hade åldrats/förhårdnats avsevärt och att det fanns mycket ytsprickor. Graden av ytsprickor utvärderades genom omfattande borrhävningar och materialundersökningar vilket också kompletterades genom fallviktsmätningar.

Den befintliga vägkonstruktionens asfaltkonstruktion visade sig vara en mycket styv konstruktion, varför endast det övre lagret med sprickor togs bort till det djup som sprickorna trängt ned och ersattes sedan med ett nytt asfaltlager med polymermodifierat bindemedel. Asfaltkonstruktionens tillstånd är fortfarande efter ca 10 år mycket bra och förväntas fungera i många år till innan den behöver underhållas.

Den ursprungliga vägkonstruktionen utgjordes av en asfaltöverbyggnad med följande lager:

- 7,5 cm asfaltlitlager
- 17,5 cm bundet asfaltbärlager
- 20 cm obundet bärlager av krossat stenmaterial
- 25 cm sand
- Undergrund (siltig sand).

Inga underhållsåtgärder genomfördes mellan byggandet och år 1993 (26 år), med undantag av små lappningar på lokala ytor ur trafiksäkerhetssynpunkt.

- År 1993 uppgick ÅDT 110 190 fördelat på två körfält
- År 2013 beräknas ÅDT uppgå till 170 830
- Totalt 22 % lastbilar varav 9 % tunga
- Ekvivalenta standardaxlar (ESALs) under 20 år beräknas till 50 000 000 st.

Före åtgärden 1993 gjordes en tillståndsbedömning av den då 26 år gamla vägen. Det visade sig att samtliga körfält hade sprickor (nedifrån och upp) som orsakats av utmattnings. Sprickbildningen var, inte oväntat, mer omfattande i de körfält som hade mest tung trafik. De första indikationerna var att sprickorna gått genom hela asfaltkonstruktionen. Efter uttag av borrprov visade det sig att sprickorna hade startat i ytan och i regel stoppat upp vid asfaltbärlagret, ca 7,5 cm ned i konstruktionen. Inga sprickor i de undersökta borrproven visade på att sprickor trängt genom hela asfaltkonstruktionen. Som en konsekvens av den upptäckten togs ett beslut att genomföra ytterligare undersökningar för att försöka klarlägga orsaken till sprickbildningen och värdera asfaltkonstruktionens tillstånd innan en ny åtgärd designades och genomfördes. Arbetet bestod i att testa materialens egenskaper och fallviktsmätning på den befintliga konstruktionen.

Under utförandet av den nya beläggningen genomfördes en mängd olika materialtester och kontroller av asfaltmassan och den färdiga beläggningen.

Konklusioner

Studien av vägkonstruktionen vid Morristown, New Jersey, visade att det är mycket viktigt att ta hänsyn till omfattningen av ytsprickor inför design och utförande av en rehabilitering av vägkonstruktionen. Projektet demonstrerade vikten av att utveckla en rehabiliteringsåtgärd som tar hänsyn till den typ av befintliga skador som finns på det aktuella vägobjektet.

De specifika punkter som upptäcktes i denna studie var följande:

- Fallviktsmätningar bekräftade att de underliggande lagren hade tillräcklig bärighet för designen av belägningsåtgärden.
- Beslutet av belägningsåtgärden inbegrep utvärdering av fallviktsmätningar och användningen av polymermodifierade bindemedel i slitlagerbeläggningen.

Illinois Extended-Life Hot-Mix Asphalt Pavements

Eric Harm

Illinois Department of Transportation

På begäran av asfaltindustrin initierade Illinois Department of Transportation (IDOT) ett arbete för att utveckla möjligheter till kontrakt för design och utförande av s.k. ”Long-Life Pavements”. ”Asphalt Pavement Alliance” har definierats som en vägkonstruktion som är resistent mot spårbildning, vattentät, med en slitstark ytbeläggning (slitlager), ett deformationsbeständigt bindlager ett utmattningsresistent och beständigt bundet bärlager.

Arbetet bedrevs som ett samarbete mellan IDOT och andra aktörer i branschen. Detta arbetssätt medförde att den bästa informationen, kunskap och erfarenhet

bidrog till att utveckla en specifikation för Illinois. I arbetsgruppen var följande parter representerade:

- IDOT
- Entreprenörer
- Asfaltleverantörer
- Stenmaterialleverantörer
- Universitet/högskola
- Branschrepresentanter
- Nationella experter.

Vid det första mötet fastlade gruppen att de viktigaste målen var att ägna arbetet mot följande fyra mål:

- Vägkonstruktionens obundna lager
- Materialens beständighet och vidhäftningsegenskaper
- Analys av lagrens utmattningsegenskaper och designen av det undre beläggningsslagret
- Slitlager med 20 års livslängd.

Den första utmaningen i utvecklingsarbetet var att bestämma lämplig tjocklek på vägkonstruktionen och lagertjocklekarna för de tre asfaltlagren, bundna bärlager, bindlagret och slitlagret. Sedan 1989 har IDOT tillämpat en mekanistisk designmetod som går ut på att begränsa den maximala töjningen i det understa asfaltlagret och att begränsa den vertikala töjningen på undergrunden. Den designmetod som IDOT tillämpar resulterar i töjningsnivåer som är lägre än vad designexperter föreslår, t.ex. 0,60 microstrain för Long-Life Pavements.

IDOT beslutade också att utveckla en s.k. ”Rich Bottom Base”, dvs. ett bindemedelsrikt bundet bärlager med ett relativt mjukt bindemedel som skall resultera i ett mycket utmattningsresistent lager.

Efter att ha utrett de befintliga specifikationerna för bindlagerbeläggningar så fastslogs att de var tillräckligt bra för att kunna användas i Long-Life Pavements.

För att uppnå målet för 20 års livslängd på slitlagerbeläggningen valdes användning av ”stone matrix asphalt”, SMA eller liknande svenska ABS. Tjocklekar för slitlagerbeläggningarna bestämdes enligt följande:

Trafikmängd	Tjocklek av SMA/ABS, mm
Låg	50
Medel	100
Hög	150

För en väg med högt antal ekvivalenta standardaxlar bedömdes 150 mm SMA/ABS vara tillräckligt för att undvika spårbildning orsakad av tung trafik.

Även om trafikmängden inte slutligen definierats så finns en indikation på att trafikmängden ”hög” kan innebära 25 miljoner standardaxlar (ESALs) under 20 år.

Användning av polymermodifierat bitumen i både bundet bärlager och bindlager ansågs inte vara kostnadseffektivt. Det beslöts däremot att polymermodifierat bitumen skall användas i slitlagret (SMA/ABS).

I Illinois används normalt vidhäftningsmedel i vätskeform men arbetsgruppen beslöt att använda släckt kalk till Long-Life Pavements.

För att förbättra beständigheten och förlänga livslängden på vägkonstruktionerna föreslogs följande åtgärder:

- Öka minsta lagertjockleken till mellan 3 och 6 gånger den maximala stenstorleken, i första hand för att förbättra packningsgraden
- Kräva bättre kontroll av finmaterialhalten (filler) i asfaltverken för bättre produktionsstyrning
- Kräva klistring med polymermodifierat bitumen mellan varje asfaltlager för att förbättra bindningen mellan lagren
- Förbjuda användning av återvunnet asfaltmaterial i det understa asfaltlagret, dvs. det bundna bärlagret. Detta för att undvika variationer i styvhetsvariation i massan
- Granska densitetstestningen på vägen vid utläggningen för att säkra en jämn densitet över hela beläggningen
- Öka kraven på densitet för bindlagret till en hålrumsporcet till mindre än 7 volymprocent.

Arbetsgruppen diskuterade också att förbättra livslängden för långsgående beläggningssfogar. Problem med långsgående fogar kan leda till förkortad livslängd på Long-Life Pavements. Diskussionen slutade med tre rekommendationer:

1. Förbättra kvaliteten på materialet nära fogen genom att kräva användning av tillräcklig breddning av screeden och förbättra utläggningstekniken
2. Ändra densitetskontrollen genom att i högre grad kontrollera densiteten ca 50 cm från fogen
3. Kräva användning av polymermodifierat klisterbitumen på den vertikala delen av beläggningssfogen i alla beläggningsslag.

Slutsatser av TRB-rapporterna för Sverige

Den tunga trafikens påfrestning på våra vägar ökar ständigt i form av antal tunga fordon, större axellaster, högre totalvikt, högre ringtryck samt användning av Super-singelhjul. Det nuvarande medel- och högtrafikerade svenska vägnätet är dimensionerat och byggt för betydligt mindre belastningar. Våra nuvarande vägar kommer heller inte att ersättas av nya vägar vilket var vanligt förr. Det innebär att våra mellan- och högtrafikerade vägar inom en snar framtid måste rehabiliteras eller förstärkas i det gamla befintliga vägutrymmet, många gånger under trafik. Det krävs därför nya strategier, nya dimensioneringsmetoder, längre dimensioneringstider, nya arbetsmetoder, nytt planerings sätt m.m. för att genomföra dessa rehabiliterings- eller bärighetshöjande åtgärder på ett, för både väghållare och väganvändarna, kostnadseffektivt sätt. Grundtanken med "Long Life Constructions" är att bygga asfaltkonstruktionen så tjock att inga, eller marginella, dragtöjningar uppstår i asfaltlagrets underkant. På så sätt uppstår inga utmattningssprickor vilka söker sig nedifrån och upp mot ytan. Asfaltkonstruktionen kan förses med ett relativt tunt slitlager. Detta lager fräses bort, och ersätts av ett nytt, när det slitits för mycket eller om det uppstår sprickor som börjar i ytan och söker sig nedåt. VTI har lämnat en projektansökan till Vägverket för år 2005. Ett sådant projekt utgör en mycket viktig förberedelse för framtida förutsättningar.

Huvudmålet i projektansökan för 2002 är att delta i projektet ELLPAG som drivs i FERHLs regi.

Förteckning av bidrag och författare:

Mark Buncher
Director of Field Services
Asphalt Institute
P.O. Box 14052
Lexington, KY 40512
859-288-4972
Fax: 859-288-4999
mbuncher@asphaltinstitute.org

Jean-François Corté
Technical Director
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Route de Bouaye
44340 Bouguenais
France
+33-2408-45815
Fax: +33-2408-45994
Jean-Francois.Corte@lcpc.fr

Frank Fee
Asphalt Pavement Technologist
Citgo Asphalt Refining Company
401 Woodward Road
Moylan, PA19063
610-565-6863
Fax: 610-565-1694
Ffee@citgo.com

Brian W. Ferne
Transport Research Laboratory
Infrastructure Division
Old Wokingham Road
Crowthorne, Berkshire RG45 6AU
United Kingdom
+44-1344-770668
Fax: +44-1344-770356
bferne@trl.co.uk

Eric Harm
Engineer of Materials—Physical Research
Illinois Department of Transportation
126 East Ash Street
Springfield, Illinois 62704-4766
217-782-7202
Fax: 217-782-2572
harmee@nt.dot.state.il.us

John T. Harvey
Pavement Research Center
1353 South 46th Street, Building 480
University of California–Berkeley
Berkeley, California 94804
510-231-9513
Fax: 510-231-5688
Jharvey@newton.berkeley.edu

Kevin Herritt
Supervising Transportation Engineer
California Department of Transportation
1120 N Street, Room 2208
P.O. Box 942874 MS-28
Sacramento, CA 94272-0001
916-653-3170
Fax: 916-653-1905
kevin_herritt@dot.ca.gov

Ira J. Huddleston
Executive Director
Asphalt Pavement Association of Oregon
5240 Gaffin Road SE
Salem, OR 97301
503-363-3858
Fax: 503-363-5571
jhudd@apao.org