Vejbelægninger

Opgaver til Vej- og Trafikteknik

## Opgave 2 – Dimensionering af belægning

For en 2-sporet vej er dimensioneringstrafikbelastningen (det akkumulerede antal tunge akselpassager i dimensioneringsperioden) anslået til N = 0,7∙106 Æ10-aksler per vognbane.

Vejen ligger på frostsikker sandjordsunderbund, Em = 100 MPa.

Vejbefæstelsen opbygges som et trelags-system, med de E-værdier, der er angivet i Figur 1.

Det dimensionsgivende hjultryk er P = 60 kN, svarende til et kontakttryk på σ0 = 0,70 MPa og et cirkulært kontaktareal med radius 165 mm.

Poissons forhold regnes overalt til 0,35; ν = 0,35.

Det er foreslået at opbygge vejens asfaltlag af 30 mm asfaltbeton (B70/100), 60 mm GAB0 (B70/100) og 100 mm GAB1 (B70/100).

|  |  |
| --- | --- |
| Figur . Opbygning af vejbefæstelsen i opgave 2. | **Hjultryk P = 60 kN**  **Asfalt, E1 = 3000 MPa**  **Stabilt grus, E2 = 300 MPa**  **Underbund (sand), Em = 100 MPa**  **h1**  **h2**  **σ2**  **σ3**  **ε** |

##### Spørgsmål a

Bestem den resulterende E1-værdi af det samlede asfaltlag.

##### Besvarelse

Den samlede tykkelse af asfaltlaget er h1 = 30 + 60 + 100 = 190 mm.

Alle lag har E-værdier på 2000 MPa indtil 100 mm dybde. Derunder har de E-værdier på 3000 MPa.

Den resulterende E-værdi er derfor: E1 = 2000∙100/190 + 3000∙90/190 = 2474 MPa.

##### Spørgsmål b

Bestem tilladelig tøjning i undersiden af asfaltlaget.

##### Besvarelse

Formel [11] giver: εh,Tilladt = 250∙10-6∙(0,7∙106/106)-0,191 = 268∙10-6

##### Spørgsmål c

Bestem tilladelig lodret trykspænding på overfladen af det stabile grusbærelag.

##### Besvarelse

Formel [13] giver: σ2,Tilladt = 0,086∙(300/160)1,06∙(0,7∙106/106)-0,25 = 0,183 MPa

##### Spørgsmål d

Bestem den optrædende tøjning i undersiden af asfaltlaget. Beregn og angiv undervejs asfaltlagets ækvivalente tykkelse (i tøjningsmæssig henseende) samt krumningsradius i oversiden af det stabile grusbarelag.

##### Besvarelse

Størrelsen (h1∙E1)/(a∙E2) antager værdien (190∙2474)/(165∙300) = 9,5 < 10.

Formel [35] giver derfor faktoren: fε = 0,96 + 0,73∙(165∙300)/(190∙2474) = 1,04

Formel [34] giver herefter den ækvivalente tykkelse af asfaltlaget: he = 1,04∙190∙(2474/300)1/3 = 398 mm

Formel [33] giver herefter krumningsradius R =

300∙(165/((1-0,352)∙0,70))∙((1+(398/165)2)5/2)/(1+(1+(3/2∙(1-0,35)))∙(398/165)2) = 483 m

Endelig giver formel [32] den optrædende tøjning εa = 190/(2∙483000) = 197∙10-6

##### Spørgsmål e

Bestem den optrædende lodrette trykspænding på overfladen af det stabile grusbærelag. Beregn og angiv undervejs asfaltlagets ækvivalente tykkelse (i trykspændingsmæssig henseende).

##### Besvarelse

Formel [26] giver faktoren: f1 = 0,99 – 0,07∙190/165 = 0,91

Formel [25] giver den ækvivalente tykkelse: he,2 = 0,91∙190∙(2474/300)1/3 = 349 mm

Formel [19] giver herefter den optrædende lodrette trykspænding σ2 =

0,70∙(1-(1/(1+(165/349)2)3/2)) = 0,183 MPa

##### Spørgsmål f

Vurdér på baggrund af svarene i spørgsmål d og e, hvorvidt asfaltlaget har tilstrækkelig tykkelse og styrke.

##### Besvarelse

Den optrædende tøjning i asfaltlagets underside (197∙10-6) er mindre end den tilladte værdi (268∙10-6). Samtidig er den optrædende trykspænding på det stabile grusbærelag (0,183 MPa) lig den tilladte værdi.

Asfaltlaget har således en tilstrækkelig kombination af tykkelse og styrke.

##### Spørgsmål g

Bestem tilladelig lodret trykspænding på overfladen underbunden.

##### Besvarelse

Formel [13] giver: σ3,Tilladt = 0,086∙(100/160)1,06∙(0,7∙106/106)-0,25 = 0,057 MPa

##### Spørgsmål h

Bestem den nødvendige tykkelse af det stabile grusbærelag. Eftervis, at den optrædende lodrette trykspænding på overfladen af underbunden ikke overstiger den tilladte værdi.

##### Besvarelse

Formel [28] giver faktoren f2 = 0,76 – 0,24∙(100/300) = 0,68

Der antages en tykkelse af det stabile grusbærelag på h2 = 300 mm.

Formel [27] giver den tilhørende ækvivalente lagtykkelse af asfalt- og gruslaget tilsammen:

he,3 = 0,68∙(349 + 300)∙(300/100)1/3 = 637 mm

Formel [19] giver herefter den optrædende lodrette trykspænding: σ3 =

0,70∙(1-(1/(1+(165/637)2)3/2)) = 0,065 MPa

Da den beregnede, optrædende lodrette trykspænding er større end den tilladte (spørgsmål g), må tykkelsen af de overliggende lag øges.

Der antages en øget tykkelse af det stabile grusbærelag på h2 = 350 mm.

Den tilhørende ækvivalente lagtykkelse findes til: 0,68∙(349 + 350)∙(300/100)1/3 = 686 mm og den optrædende lodrette trykspænding bliver: σ3 =

0,70∙(1-(1/(1+(165/686)2)3/2)) = 0,057 MPa

Denne værdi svarer til den tilladte lodrette trykspænding på underbunden.

Tykkelsen af det stabile grusbærelag er således fundet til h2 = 350 mm.

Asfaltlagets tykkelse og styrke fastholdes som beskrevet, mens det stabile grusbærelags tykkelse øges til 400 mm.

Denne befæstelse ønskes vurderet under de ændrede forudsætninger, at det dimensionsgivende hjultryk hæves til P = 70 kN, svarende til et kontakttryk på σ0 = 0,90 MPa og et cirkulært kontaktareal med radius 157 mm. Dimensioneringstrafikbelastningen er uændret N = 0,7∙106 Æ10-aksler per vognbane.

##### Spørgsmål i

Bestem og vurder den tilladte og den optrædende tøjning ε samt de tilladte og de optrædende normalspændinger σ2, σ3 under de ændrede forudsætninger.

##### Besvarelse

Den tilladte tøjning og de tilladte trykspændinger er uændrede:

εh,Tilladt = 250∙10-6∙(0,7∙106/106)-0,191 = 268∙10-6

σ2,Tilladt = 0,086∙(300/160)1,06∙(0,7∙106/106)-0,25 = 0,183 MPa

σ3,Tilladt = 0,086∙(100/160)1,06∙(0,7∙106/106)-0,25 = 0,057 MPa

Ved beregning af den optrædende tøjning i asfaltlagets underside antager størrelsen (h1∙E1)/(a∙E2) værdien (190∙2474)/(157∙300) = 10, hvorfor faktoren fε bliver: fε = 0,96 + 0,73∙(157∙300)/(190∙2474) = 1,03 og den ækvivalente tykkelse af asfaltlaget bliver: he = 1,03∙190∙(2474/300)1/3 = 397 mm. Krumningsradius findes til R =

300∙(157/((1-0,352)∙0,90))∙((1+(397/157)2)5/2)/(1+(1+(3/2∙(1-0,35)))∙(397/157)2) = 399 m

hvorfor tøjningen bliver εa = 190/(2∙399000) = 238∙10-6

Ved beregning af den optrædende trykspænding på det stabile grusbærelag findes faktoren: f1 = 0,99 – 0,07∙190/157 = 0,91. Asfaltlagets ækvivalente tykkelse bliver her: he,2 = 0,91∙190∙(2474/300)1/3 = 347 mm og den optrædende lodrette trykspænding findes til: σ2 =

0,90∙(1-(1/(1+(157/347)2)3/2)) = 0,219 MPa

Ved beregning af den optrædende trykspænding på underbunden findes uændret faktoren: f2 = 0,76 – 0,24∙(100/300) = 0,68. Den tilhørende ækvivalente lagtykkelse findes til: 0,68∙(347 + 400)∙(300/100)1/3 = 733 mm og den optrædende lodrette trykspænding bliver:

σ3 = 0,90∙(1-(1/(1+(157/733)2)3/2)) = 0,059 MPa

Kriteriet om tøjningen i asfaltlagets underside er således opfyldt, mens Kriterierne om trykspænding på grusbærelagets og på underbundens oversider ikke er opfyldt

##### Spørgsmål j

Bestem den akkumulerede Æ10-belastning (»restbæreevnen«), som den beskrevne belægning (190 mm asfaltlag (B70/100) plus 400 mm stabilt grus) kan klare, når det dimensionsgivende hjultryk og kontakttryk er som angivet i spørgsmål i.

##### Besvarelse

Tilladt tøjning (formel [11]) og tilladt trykspænding (formel [13]) er begge afhængig af NÆ10; når den optrædende tøjning og de optrædende trykspændinger er kendt, kan »restbæreevnen« derfor findes ved at regne baglæns i disse formler.

Tøjningskriteriet er allerede opfyldt.

Kriteriet om trykspænding på grusbærelagets overside giver:

N = (0,219∙(160/300)1,06/0,086)-1/0,25∙106 = 0,34∙106

Kriteriet om trykspænding på underbundens overside giver tilsvarende:

N = (0,059∙(160/100)1,06/0,086)-1/0,25∙106 = 0,62∙106

»Restbæreevnen svarer til den mindste af disse værdier, altså N = 0,34∙106.