



KUNGL. TEKNISKA HÖGSKOLAN
Royal Institute of Technology

2059
2059

TRITA-IP FR 99-51
ISSN 1104-683X
ISRN KTH/IP/FR--99/51--SE

DEPARTMENT OF
INFRASTRUCTURE AND PLANNING

REPORT

A VISCOELASTIC APPROACH TO FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN

Licentiate Thesis

Roger Nilsson

Division of Highway Engineering

Sammanfattning

Under de senaste två decennierna har påkänningar i vägöverbyggnader ökat till följd av bl.a. ökad trafikintensitet och högre tillåtna axellaster. Detta har i sin tur lett till ökad nedbrytning och därmed ökade underhållskostnader för vidmakthållande av en acceptabel vägstandard.

Traditionella dimensioneringsmetoder baseras på linjärelastisk teori och stationära laster. Denna teori kan inte på ett tillfredsställande sätt förutsäga de påkänningar som uppkommer i överbyggnaden. De traditionella dimensioneringsmetoderna kan inte heller beskriva iakttagna skador som t.ex. ytsprickor och permanenta deformationer. Det finns därför ett stort behov av en dimensioneringsmetod som bättre kan beakta såväl de ingående materialens egenskaper som rörliga hjullaster. En sådan metod möjliggör att tillgängliga material utnyttjas på ett effektivare sätt.

I denna licentiatavhandling har en dimensioneringsmetod baserad på VEROAD och COMPASS utvärderats. VEROAD är ett linjär-viskoelastiskt beräkningsprogram som beaktar både de viskoelastiska egenskaperna hos asfaltmaterial och rörliga hjullaster. COMPASS är ett integrerat dimensioneringssystem som möjliggör en funktionell analys av viskoelastiskt/"plastiskt" beteende hos flexibla överbyggnader.

Laboratorieförsök för karakterisering av mekaniska egenskaper hos asfaltmaterial visar att linjär-viskoelastisk teori kan tillämpas för beskrivning av egenskaper hos testade material. Vid dessa försök har erforderliga indata till VEROAD för fem vanliga svenska beläggningstyper bestämts.

Giltigheten hos VEROAD har bedömts genom jämförelse mellan beräknade och uppmätta töjningar. Jämförelsen har visat att töjningar beräknade med VEROAD är i god överensstämmelse med töjningar uppmätta vid fullskaleförsök.

För att få en uppfattning om metodens praktiska tillämpbarhet har en konventionell överbyggnadskonstruktion analyserats. Resultat från denna analys har visat att COMPASS möjliggör en funktionell utvärdering av viskoelastiskt och "plastiskt" beteende hos en flexibel överbyggnad. Denna metod har också visat sig vara ett effektivt verktyg vid utvärdering av egenskaper hos olika beläggningstyper med avseende på deras funktion i överbyggnaden. COMPASS har även visats sig vara kapabelt för utvärdering av modifierade och icke-konventionella beläggningstyper. Denna dimensioneringsmetod ger därför nya möjligheter att analysera överbyggnader samtidigt som den möjliggör förfinad analys av asfaltbeläggningar.

Sammanfattningsvis kan sägas att VEROAD tillsammans med COMPASS visat sig vara ett utmärkt hjälpmedel för förbättrad överbyggnadsdimensionering och ökad kunskap om de mekanismer som beskriver en överbyggnads beteende vid trafikbelastning.

Table of contents

1	INTRODUCTION	1
2	DEFINITIONS	4
2.1	ROAD STRUCTURE	4
2.2	SUBGRADE/EMBANKMENT	5
2.3	PAVEMENT STRUCTURE	5
2.4	PAVEMENT LAYERS	6
3	PAVEMENT RESPONSE AND PERFORMANCE	9
3.1	PAVEMENT RESPONSE	9
3.2	PAVEMENT PERFORMANCE	13
4	LITERATURE REVIEW	16
4.1	GENERAL ASPECTS ON ANALYTICAL DESIGN	16
4.2	RESPONSE MODEL	21
4.2.1	<i>Linear elastic constitutive equation</i>	29
4.2.2	<i>Linear viscoelastic constitutive equation</i>	31
4.3	DESIGN FACTORS	33
4.3.1	<i>Traffic loading</i>	34
4.3.2	<i>Material properties</i>	43
5	VISCOELASTIC APPROACH TO PAVEMENT DESIGN	55
5.1	DESCRIPTION OF VEROAD	55
5.1.1	<i>General approach</i>	57
5.1.2	<i>Material model</i>	58
5.1.3	<i>Load model</i>	60
5.1.4	<i>Pavement model</i>	61
5.2	COMPARISONS OF ELASTIC AND VISCOELASTIC STRAIN SIGNALS	62
5.3	THE COMPASS PROCEDURE FOR MIX / PAVEMENT DESIGN	64
5.3.1	<i>Material modelling and testing</i>	64

5.3.2	<i>Responses and distress types</i>	66
5.3.3	<i>The COMPASS framework</i>	71
6	VALIDATION OF VEROAD	74
6.1	INTRODUCTION.....	74
6.2	DESCRIPTION OF THE FULL-SCALE PAVEMENT TESTING FACILITIES	75
6.3	DEFINITION OF INPUT PARAMETERS.....	77
6.4	COMPARISONS BETWEEN CALCULATED AND MEASURED STRAINS	80
6.4.1	<i>LINTRACK simulation</i>	80
6.4.2	<i>RTM simulation</i>	82
7	EXPERIMENTAL	86
7.1	MATERIALS	86
7.1.1	<i>Bitumen</i>	86
7.1.2	<i>Mix</i>	87
7.1.3	<i>Specimen preparation</i>	88
7.2	CHARACTERISATION OF VISCOELASTIC PROPERTIES.....	92
7.3	RESULTS.....	100
7.3.1	<i>Determination of Burgers' parameters</i>	109
7.3.2	<i>Determination of the bulk modulus</i>	111
8	PRACTICAL APPLICATION OF THE COMPASS PROCEDURE	114
8.1	EVALUATION OF FATIGUE	115
8.1.1	<i>Conventional fatigue approach</i>	115
8.1.2	<i>Energy approach</i>	119
8.1.3	<i>Residual stresses at the pavement surface</i>	120
8.2	EVALUATION OF PERMANENT DEFORMATION	122
8.2.1	<i>Viscous permanent deformation</i>	122
8.2.2	<i>"Plastic" permanent deformation</i>	125
9	DISCUSSION AND CONCLUSIONS	127
	ACKNOWLEDGEMENTS	131
	REFERENCES	132

APPENDIX A	A1-A2
APPENDIX B	B1-B5
APPENDIX C.....	C1-C8
APPENDIX D	D1-D8
APPENDIX E.....	E1-E4
APPENDIX F.....	F1