

Effektiviserad jordpackning med frekvensstyrning

Packning med vibrationsvält utförs normalt vid en fast vibrationsfrekvens. Nu visar resultat från ett forskningsprojekt att packningen kan effektiviseras betydligt med hjälp av frekvensstyrning, det vill säga att frekvensen anpassas efter de specifika förutsättningarna. Resultaten visar att antalet överfarter kan minskas avsevärt och dessutom minska maskinslitage, bränsleförbrukning och miljöpåverkan.

Bakgrund

Jordpackning med vibrationsvält har de senaste decennierna upplevt betydande framsteg inom bland annat kontrollsystem, säkerhet, bränsleeffektivitet, miljöpåverkan och förarkomfort. Till exempel har introduktionen av yttäckande packningskontroll möjliggjort en kontinuerlig kontroll av underlaget för att säkerställa en jämn packningsgrad. Dock har mycket liten utveckling av fundamentala packningsparametrar undersökts sedan 1960-talet. En sådan parameter är vältens vibrationsfrekvens, det vill säga hur många cykler per sekund massan i vältens roterar för att skapa de vibrationer som packar underlaget. Frekvensen har en avgörande betydelse i alla dynamiska system och för vibrationspackning finns därför en optimal packningsfrekvens. I ett doktorandprojekt vid KTH har vibrationsfrekvensens inverkan studerats i fullskaleförsök (*Figur 1*). Försöken utfördes i Dynapacs packhall i Karlskrona och baserades på resultat från laboratorieförsök med en vibrerande platta.

Syfte

Projektet syftade till att studera frekvensens inverkan på packning av underlaget för att hitta en optimal packningsfrekvens. Hypotesen var att resonans, vilket inträffar vid en viss frekvens och orsakar en vibrationsförstärkning, kan utnyttjas för att uppnå en mer effektiv packningsprocess.



Figur 1. Packningsförsök med vibrerande enkelvalsält.

Genomförande

Med stöd från SBUF, PEAB, Trafikverket, Dynapac och Fredrik Bachmans minnesfond har arbetet utförts av KTH i samarbete med Dynapac. Fullskaleförsöken gjordes med en Dynapac CA3500D 12 tons enkelvalsält som normalt har en fast frekvens. Vältens normala arbetsfrekvens är 31 Hz men den modifierades så att packning kunde ske i frekvensområdet 15-35 Hz. Materialet som packades var välgraderat bärlagergrus i fraktionerna 0-32 mm, vilket luckrades till ett djup av 60 cm mellan varje försök. I projektet ingick även packningsförsök i laboratorium med en vibrerande platta. Dessa visade att den optimala packningsfrekvensen var nära resonansfrekvensen och dessa resultat användes som grund till fullskaleförsöken.

Resultat

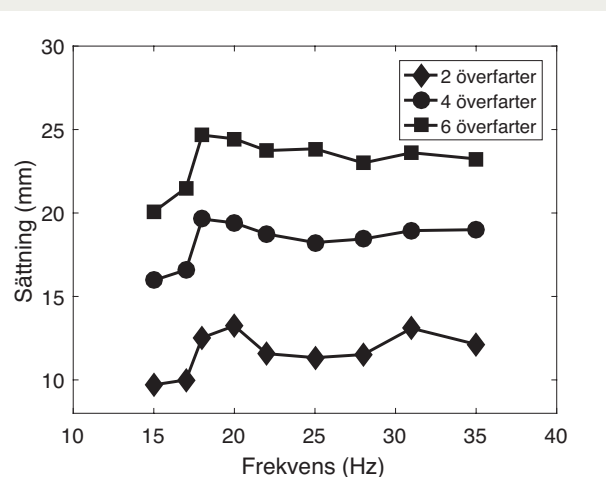
Resultaten visar att packning med vibrerande jordpackningsvält kan effektiviseras genom att sänka packningsfrekvensen. *Figur 2* visar sättningen som funktion av frekvensen där varje försök föregåtts av två förberedande överfarter. Figuren visar därför en mindre del av den totala packningen men med en jämn densitets-

fördelning före försöken. Den mest effektiva packningen sker vid 18 Hz som är mycket nära resonansfrekvensen medan vältens normala arbetsfrekvens är 31 Hz. Kompletterande försök utfördes vid två frekvenser vilka visade att samma packning kan uppnås vid 20 Hz och 12 överfarter som vid 31 Hz och 16 överfarter, en besparing i vältens drifttid med 25 procent. Till detta kan tilläggas den betydande besparingen i bränsleförbrukning som erhålls vid en lägre frekvens samt en förlängd livstid av välten och dess komponenter – upp till fyra gånger.

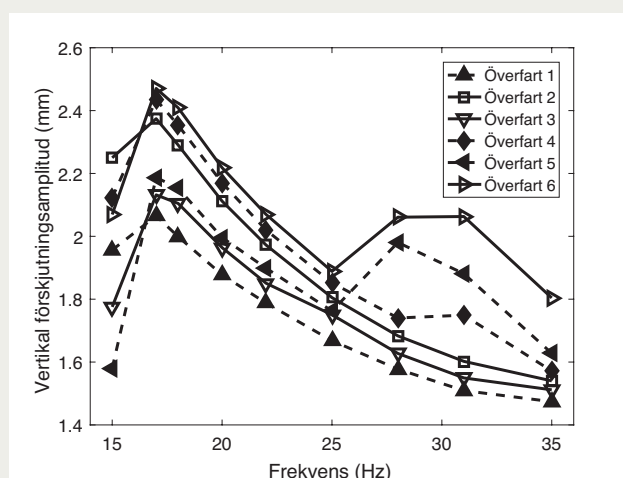
Resonansfrekvensen beror på både vältens och jordens egenskaper och det är därför nödvändigt att bestämma var resonans inträffar för att välja lämplig packningsfrekvens. För att tillämpa konceptet i praktiken krävs därför en metod som kan bestämma resonansfrekvensen utifrån givna förutsättningar. En beräkningsmodell har utvecklats som bygger på en så kallad ekvivalentlinjär metod, där resonansfrekvensen kan förutsägas baserat på jordens och vältens egenskaper. En mer tillförlitlig metod skulle vara att variera frekvensen under packningen och hitta den frekvens där störst dynamisk förskjutningsamplitud erhålls, vilket ger resonansfrekvensen. För detta krävs dock vältar med variabel frekvens, något som redan används inom asfaltspackning men som är ovanligt för jordpackningsvältar. Dock görs i nuläget vibrationsmätningar på valsen som används för packningskontroll, och dessa kan även användas för frekvensstyrning. *Figur 3* visar den dynamiska förskjutningsamplituden vid olika frekvenser och resonansfrekvensen är här 17 Hz. De förstärkningar som fås vid höga frekvenser och ett högre antal överfarter beror på så kallat dubbelhopp, vilket är ogynnsamt både för packningseffektiviteten och för maskinen, och således bör undvikas.

Slutsatser

Jordpackning med vibrationsvält, som den utförs idag, kan effektiviseras betydligt med hjälp av frekvensstyrning. Resultat från fullskaleförsök visar att mest effektiv packning erhålls nära resonansfrekvensen och att packningsfrekvensen idag kan vara betydligt högre än så. En hög frekvens innebär hög energi- och bränsleförbrukning, större maskinlitage och riskerar oönskade effekter såsom dubbelhopp. Det finns därför många fördelar med att sänka frekvensen, och med en effektiv frekvensstyrning kan det säkerställas att välten alltid arbetar nära resonans.



Figur 2. Sättning av underlaget vid olika frekvenser. Mest effektiv packning nära resonansfrekvensen.



Figur 3. Förskjutningsamplituden är som störst vid resonansfrekvensen och indikerar den optimala packningsfrekvensen.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Carl Wersäll, KTH, tel 08-7908024, e-post: carl.wersall@byv.kth.se

Nils Rydén, PEAB, tel 0733-374936, e-post: nils.ryden@peab.se

Litteratur:

- Wersäll, C., 2016, *Frequency Optimization of Vibratory Rollers and Plates for Compaction of Granular Soil*, PhD Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
Finns att ladda ner från www.sbuf.se, under projekt 12944.