



Tåginducerade vibrationer i byggnader

Freddie Theland

KTH Bygghälsa, Brobyggnad



Projektgrupp

Freddie Theland, Doktorand KTH

Prof. Jean-Marc Battini, KTH

Dr. Fanny Deckner, GeoMind KB

Dr. Abbas Zangeneh, ELU konsult & KTH

Prof. Geert Lombaert, KU Leuven, Belgien

Prof. Stijn François, KU Leuven, Belgien



Finansiering

SBUF ®

VINNOVA 

 **TRAFIKVERKET**

Richertska stiftelsen



Innehåll

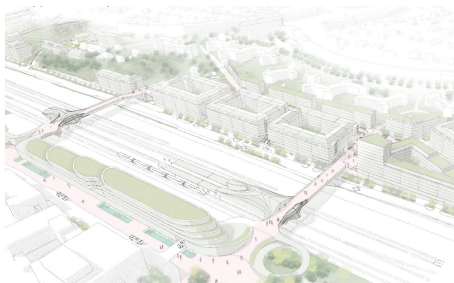
Bakgrund och problemformulering

Projektets mål och syfte

Projektets viktigaste resultat

Utmaningar och behov av ytterliggare kunskap

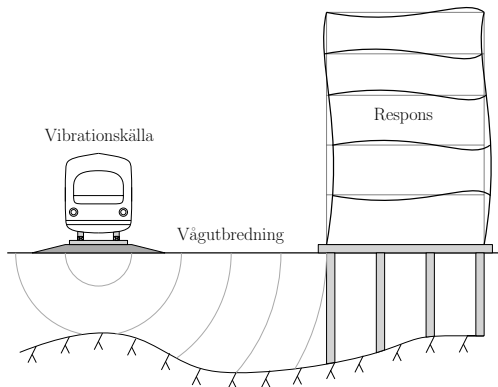
- Förtätning av urbana miljöer
 - Exploatering av tidigare oanvänd mark
 - Utbyggnad av infrastruktur
- Vibrationer i byggnader
 - Komfortstörande för människor
 - Vibrationskänslig utrustning
- Lösa lerjordar på berg
 - Spetsbärande pålar vid grundläggning
 - Höga nivåer av markvibrationer



Visionsbild Väsbys stationsområde (Upplands Väsby kommun, 2021)

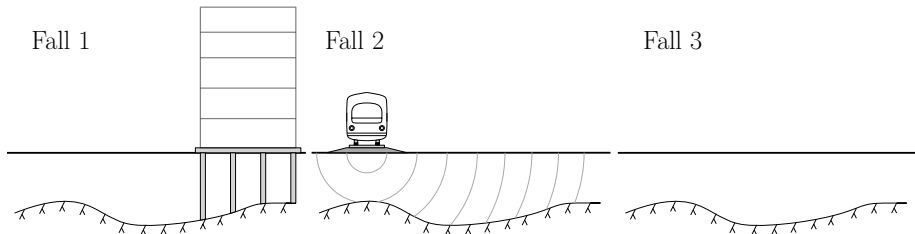
Vibrationer i den byggda miljön kan delas in i tre delproblem:

1. Vibrationskällan som ger dynamisk belastning av jorden
2. Spridning till omgivningen via jorden i form av vågutbredning
3. Respons av byggnaden till följd av vågutbredning



Tre olika fall kan betraktas.

1. Vibrationsgenererande infrastruktur ska anläggas i närhet av existerande byggnader
2. **Byggnad ska uppföras i närheten av existerande infrastruktur**
3. Ett område där både nya byggnader och infrastruktur ska byggas



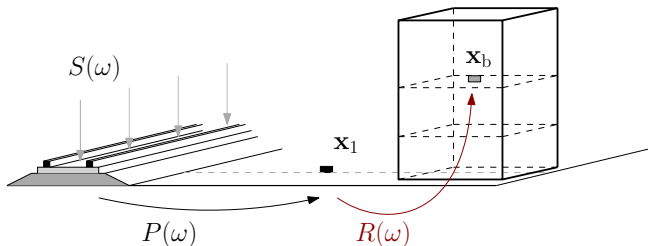
Numeriska modeller

- + Flexibilitet
- + Koppling till fysikaliska principer
- Validitet
- Parametrisk och modell-osäkerhet

Empiriska modeller

- + Kan använda mätdata som tar hänsyn till plats specifika förhållanden
- + Baserade på tidigare observationer
- Begränsade till liknande förhållanden
- Saknar fysikalisk koppling

Hybrida modeller – drar nytta av fördelar med båda modelltyperna.



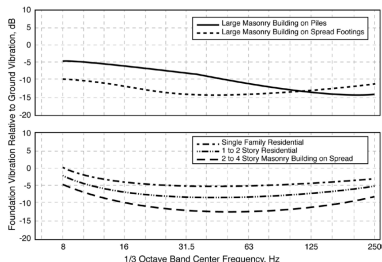
Numeriska modeller

- + Flexibilitet
- + Koppling till fysikaliska principer
- Validitet
- Parametrisk och modell-osäkerhet

Empiriska modeller

- + Kan använda mätdata som tar hänsyn till plats specifika förhållanden
- + Baserade på tidigare observationer
- Begränsade till liknande förhållanden
- Saknar fysikalisk koppling

Hybrida modeller – drar nytta av fördelar med båda modelltyperna.





Spetsbärande pålar och svensk geologi

Pålgrundläggning kan ha en stor inverkan på en byggnads dynamiska respons

- Majoriteten av studier avser friktion/kohesionspålar och jordbävningstillämpningar
- Teoretiska resultat indikerar påtaglig reduktion av vibrations transmission till följd av interaktion mellan pålar och jord
- Praktisk tillämpning kräver experimentell validering



Innehåll

Bakgrund och problemformulering

Projektets mål och syfte

Projektets viktigaste resultat

Utmaningar och behov av ytterliggare kunskap



Syfte och omfattning

Syftet med projektet är att

- Öka förståelsen för överföringen av markvibrationer till pålade fundament under svenska jordförhållanden
- Utvärdera numeriska modellers förmåga att beskriva det dynamiska verknings sättet för spetsbärande pålar
- Belysa viktiga aspekter och osäkerhetsfaktorer som kan ligga till grund för praktiska rekommendationer

Detta uppnås genom att

- Validera teoretiska beräkningsmodeller genom en utförlig fältstudie av slagna spetsbärande betongpålar
- Utföra numeriska analyser med den validerade modellen som utgångspunkt

Metod

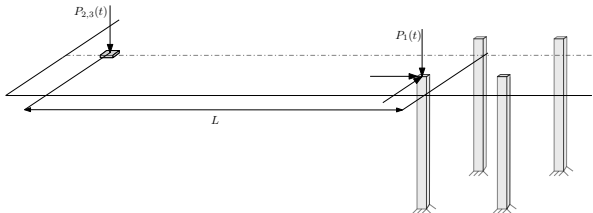
Experimentell setup

Steg 1



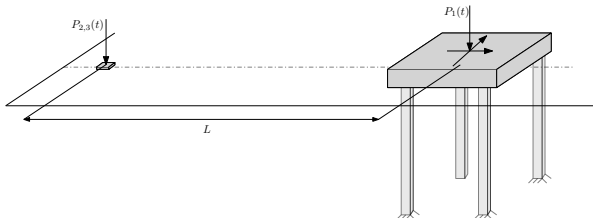
$\mathbf{u}_{ff}(\omega)$

Steg 2



$\mathbf{u}_{pj}(\omega)$

Steg 3



$\mathbf{u}_{pg}(\omega)$



Innehåll

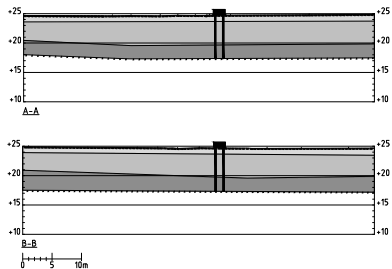
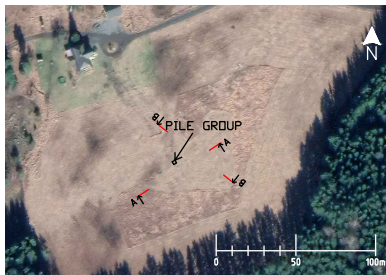
Bakgrund och problemformulering

Projektets mål och syfte

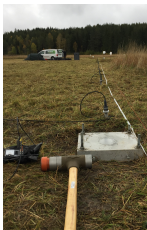
Projektets viktigaste resultat

Utmaningar och behov av ytterliggare kunskap

- Etablering av test-site för valideringsstudier



- Etablering av test-site för valideringsstudier
- Identifiering och validering av jordmodell för att beräkna vibrationer i jorden

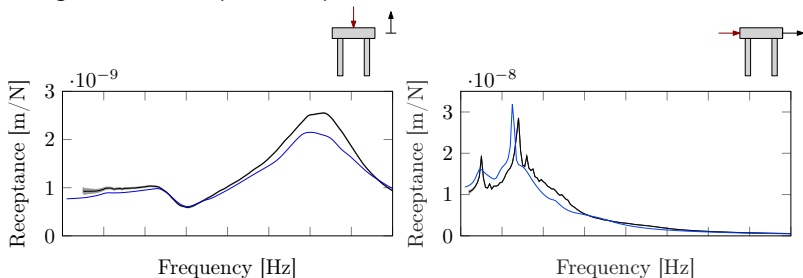


Theland F., Lombaert G., François S., Pacoste C., Deckner F., Battini J.-M.
Assessment of small-strain characteristics for vibration predictions in a Swedish clay deposit.
Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 150 (2021)

- Etablering av test-site för valideringsstudier
- Identifiering och validering av jordmodell för att beräkna vibrationer i jorden
- Installation och instrumentering av en 2×2 pålgrupp med spetsbärande betongpålar (SP1)



- Etablering av test-site för valideringsstudier
- Identifiering och validering av jordmodell för att beräkna vibrationer i jorden
- Installation och instrumentering av en 2×2 pålgrupp med spetsbärande betongpålar (SP1)
- Validering av modell för pålar och pålfundament



Theland F., Lombaert G., François S., Pacoste C., Deckner F., P. Blom, Battini J.-M.

Dynamic response of driven end-bearing piles and a pile group in soft clay: an experimental validation study.
 Engineering Structures, 267 (2022)



Sammanfattning av resultat

- Interaktion mellan jord och spetsbärande pålfundament kan modelleras med relativt god noggrannhet
- Jordens mekaniska egenskaper närmast ytan har stor inverkan på dynamisk styvhet
- Resultat från steg 3 återstår att analyseras och publiceras, men preliminära resultat tyder på:
 - God överrensstämmelse mellan mätningar och modell
 - Omfattande reduktion av vibrationer på (ca. 70-80 % för det studerade fallet) som beror av pålfundamentets utformning



Innehåll

Bakgrund och problemformulering

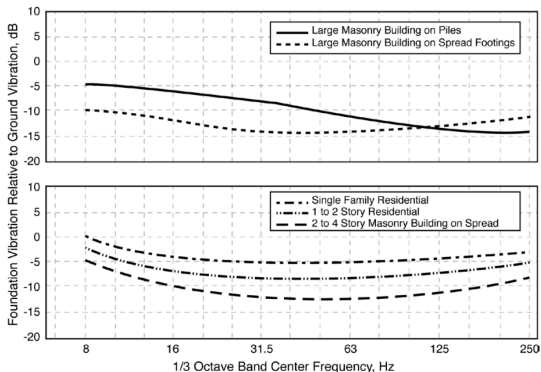
Projektets mål och syfte

Projektets viktigaste resultat

Utmaningar och behov av ytterliggare kunskap

Utmaningar och steg för implementering

- Relatera uppmätta vibrationsnivåer i marken till fundament
 - Interaktionsfaktorer som beror av jordegenskaper och typ av fundament
 - Samband kan användas för vägledning i design och i förenklade prediktionsmodeller





Utmaningar och steg för implementering

- Relatera uppmätta vibrationsnivåer i marken till fundament
 - Interaktionsfaktorer som beror av jordegenskaper och typ av fundament
 - Samband kan användas för vägledning i design och i förenklade prediktionsmodeller

Utmaningar

- Behov av referensprojekt för att validera i full skala för analys av en byggnad
- Hantera osäkerheter realiterade till jord och modellering → behov av flera referensprojekt för att verifiera generella trender

Infra Sweden

