

Analysmetoder för vibrationer i geokonstruktioner

Kent Persson, Peter Persson och Alex Spetz

Institutionen för Bygghälsa, LTH, Lunds universitet,

Bakgrund till ansökan

Ansökan till byggrådet gjordes för att bygga upp en verksamhet vid Inst. för Bygghvetenskaper i området rörande analysmetoder för vibrationer i geokonstruktioner. Planerna var att kunna ha minst två doktorandprojekt inom detta område.

Teknisk och vetenskaplig bakgrund

Samhällsutvecklingen går mot alltmer förtätade städer. Infrastruktur i form av vägar och spårbunden trafik dras genom städerna på nya sätt, t ex citytunneln i Malmö, bostäder och kontor placeras nära järnvägar och i många städer planeras att införa spårvagnar. Stora markområden ligger i anslutning till motorvägar och järnvägar och utgör för närvarande skyddszoner mot vibrationer. Samtidigt går utvecklingen mot lättare byggnadskonstruktioner av miljö- och resursskäl. Dessa utvecklingstrender innebär också att mark, grundläggning och byggnad måste betraktas som en samverkanskonstruktion där samverkan måste optimeras i en ny designprocess. Beräkningsmetoder och beräkningsstrategier för samverkan mellan alla delar måste utvecklas. I två projekt som delfinansierats av projektbidraget har det studerats dels, beräkningsmetoder för geokonstruktioner, dels vibrationer i byggnader från trafiklaster.

Arbetet i projektet

Syftet

Syftet har varit att skapa förutsättningar för att kunna prediktera beteende och vibrationer i byggnader på mark genom att utveckla nya beräkningsmetoder för geokonstruktioner och nya strategier för att beräkna och föreslå reduktionsmetoder för vibrationer från omgivande trafiklaster. Genom att beakta hela kedjan från vibrationskälla via jord, grundläggning och struktur kan vibrationer beräknas men även metoder om hur dessa kan minskas genom olika åtgärder i marken och i grundläggningen har beräknats och föreslagits. Olika delar i kedjan har studerats i två separata projekt. Dessa är:

- Utvärdering av åtgärder i mark för minskning av vibrationer
- Samverkansanalys av jord och struktur

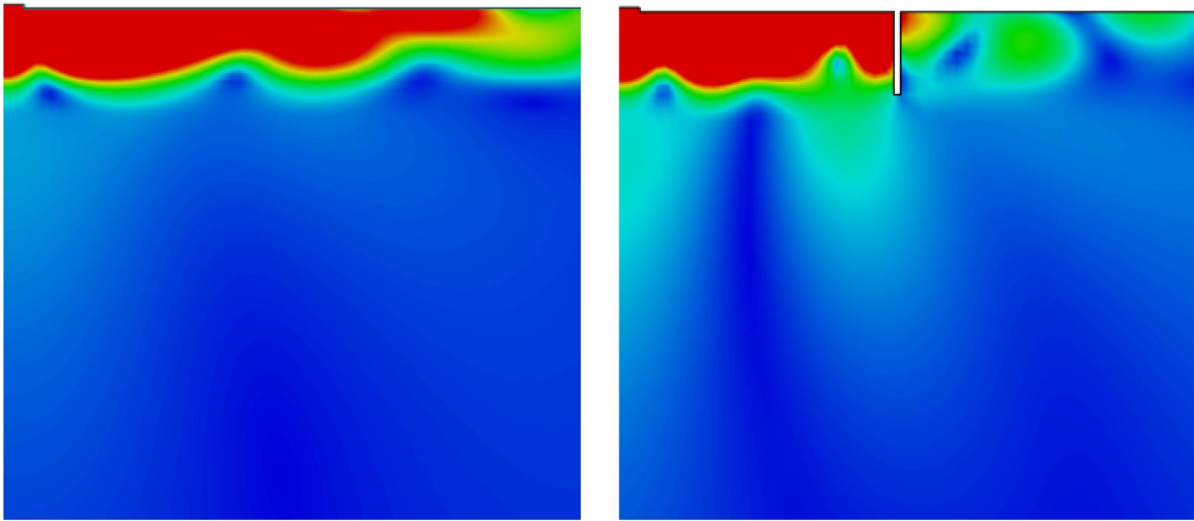
Resultat

Projekt 1: Utvärdering av åtgärder i mark för minskning av vibrationer

Beräkningsmodeller och strategier för att beräkna reduktion av vibrationer genom olika åtgärder har utvecklats i projektet. Modellerna har utvecklats genom studier av dels mätningar av vibrationer på mark från trafik, dels genom studier av egenskaper för jord och dels numeriska lösningsmetoder. Genom att utnyttja de utvecklade modellerna har tre olika metoder för att reducera vibrationer från omgivande trafiklaster utvärderats. Dessa är; (I) Barriär mellan vibrationskälla och byggnad [1,3,6], (II) Vågformat landskap mellan vibrationskälla och byggnad [2,3,4,5], (III) Stabilisering av mark under byggnad [7].

De tre olika åtgärderna som studerats gav en vibrationsreducering på ca 30–40 %, dock enligt de förutsättningar som antogs i undersökningarna. Vid andra förutsättningar, exempelvis andra geotekniska förhållanden, kan andra reduceringsnivåer nås. Därför är det av stor vikt att utföra vibrationsmätningar på aktuell plats så att adekvata förutsättningar kan användas i de utvecklade numeriska modellerna. Åtgärderna att utforma ett vågformat

landskap och stabilisera marken under en byggnad är realiserade i projektet *MAX IV Laboratory* i Lund. Figur 1 visar vågutbredning i mark med respektive utan en barriär i form av ett dike och visar tydligt effektiviteten av detta sätt att reducera externa vibrationer.



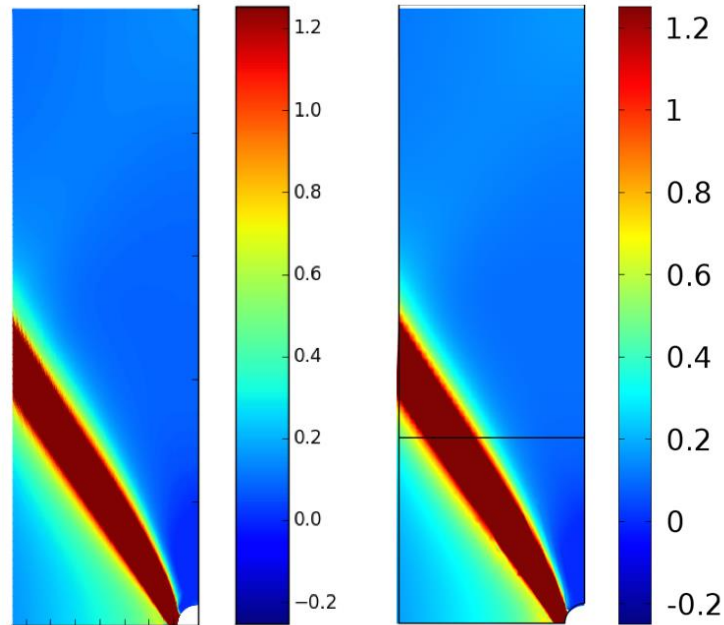
Figur 1: Studie av reduktion av vibrationer från trafik med hjälp av en barriär i form av ett dike. Figuren till vänster visar vågutbredning utan barriär och till höger med en barriär.

Projekt 2: Samverkansanalys av jord och struktur

I projektet har det studerats hur utformningen av geotekniska konstruktioner och grunder kan effektiviseras genom att använda andra metoder än de metoder som vanligen används idag. Fokus ligger på hur interaktionen mellan jord och konstruktion påverkar resulterande designparametrar. Laster överförs mellan strukturer och jord främst genom kontaktytor. Hur denna kontakt utformas kan dramatiskt påverka den totala lastkapaciteten för en struktur och spelar därför en nyckelroll vid dimensionering av konstruktioner. I geotekniska analyser är interaktionen mellan jord och struktur traditionellt modellerad med hjälp av förenklade randvillkor eller interface-element. Dessa förenklingar leder ofta till felaktiga förutsägelser jämfört med det verkliga beteendet och är endast möjliga att använda där kontakten mellan ytorna är känd på förhand. För en rad problem så som installation av pålar och förankrade stödmurar, påverkas dessutom interaktionen mellan jord och struktur av friktion mellan ytorna samtidigt som stora deformationer förekommer. Genom användande av de i projektet nyutvecklade metoderna kan man, till skillnad från med de förenklade metoder som används idag, beakta dessa fenomen på ett tillfredsställande sätt.

Arbete med ovanstående problemformulering har resulterat i:

- Analys av inverkan från koppling mellan jord och struktur vid dimensioneringen av grundplattor [8].
- Utvärdering av isogeometrisk analys för geotekniska simuleringar [9], se figur 2 för exempel på resultat.



Figur 2: Studie av skjuvband i sandsten; I studien jämförs resultat från beräkningar utförda med isogeometrisk analys (till vänster) med resultat från en analys med finita element metoden (till höger). I figuren visas de normaliserade plastiska töjningarna vid en nedåtriktad belastning längs den övre randen.

Slutsatser

Som ett resultat från projektbidraget tillsammans med annan finansiering har flera projekt startats där de två doktorandprojekten beskrivna ovan direkt kan knytas till de ursprungliga ambitionerna i ansökan. Detta har gett möjlighet att beskriva modeller och strategier för att beräkna beteendet för geokonstruktioner utsatta för statiska och dynamisk belastning. Institutionen för Byggetenskaper vill rikta ett stort tack till Byggrådet för det stöd vi har fått genom detta projekt.

Artiklar, publikationer och konferenser inom området

- [1] Persson Peter, Persson Kent, Sandberg Göran. Numerical study of reduction in ground vibrations by using barriers. *Engineering Structures*, Elsevier 2015.
- [2] Persson Peter, Persson Kent, Sandberg Göran. Reduction in ground vibrations by using shaped landscapes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Elsevier 2014.
- [3] Persson Peter. Reduction in ground vibrations by the use of wave obstacles. Licentiate Thesis, Lunds universitet 2013.
- [4] Persson Peter, Persson Kent, Jörstad Per, Sandberg Göran. Vibration reduction by landscape shaping at high-tech facility. 10th World Congress on Computational Mechanics, Sao Paulo 2012.
- [5] Persson Peter, Persson Kent, Jörstad Per, Sandberg Göran. Reduction of ground vibrations by landscape shaping. 25th Nordic Seminar on Computational Mechanics, Lund 2012.

- [6] Persson Peter, Persson Kent, Sandberg Göran. Reduction of traffic-Induced vibrations at high-tech facility using trenches. 24th Nordic Seminar on Computational Mechanics, Helsingfors 2011.
- [7] Flodén Ola, Persson Kent, Sandberg Göran. Analysis of vibration reduction at high-tech facility by stabilising the soil. 24th Nordic Seminar on Computational Mechanics, Helsingfors 2011.
- [8] Spetz Alex, Dahlblom Ola, Lindh Per. Numerical optimisation of geotechnical structures using finite element method. Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics 2014.
- [9] Spetz Alex, Dahlblom Ola. Evaluation of Soil Plasticity using Isogeometric analysis. III International Conference on Isogeometric Analysis 2015.