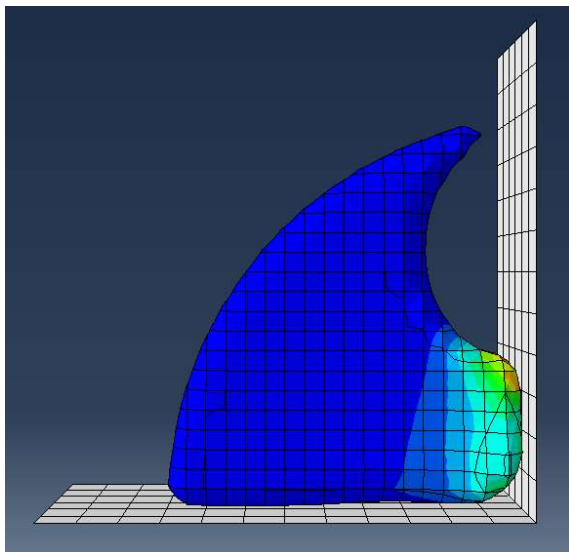


Responskraft från brytande havsvågor – en tillämpning av FE-analys på kustnära konstruktioner

Examensarbetare: Viktor Hallbeck

I takt med ett mer extremt klimat till följd av global uppvärmning förväntas kusterna världen över bli allt mer utsatta då stormars frekvens och intensitet beräknas öka. För att kustnära infrastruktur och personlig egendom ska kunna stå emot dessa intensifierade belastningar behöver stora delar av världens kustskydd rustas upp. För att tillämpa adekvat dimensionering av dessa faciliteter behöver krafterna från morgondagens stormar uppskattas. Med traditionella metoder, härledda genom analytisk datainsamling av vågbeteenden har detta visat sig vara mycket svårt att genomföra på ett tillfredsställande sätt. Olika typer av datorsimuleringar behövs istället för detta ändamål.

I detta arbete undersöks hur krafter överförda från brytande havsvågor mot vertikala kustnära konstruktioner kan förutsägas. Huvudsakligen används digitala modeller men för validering jämförs resultaten mot analytiska metoder framtagna från fysiska mätningar av vågkrafter. Då studien bygger på ett stort antal simuleringar innefattar arbetet även att en semiautomatiserad arbetsgång utformas för att minska tidsåtgången för modelleringsprocessen.



Modell över brytande våg som slår mot vertikal yta.

Frågeställningar i arbetet:

- Hur kan metoden Kopplad Euler- Lagrange-analys (CEL), tillämpas i processen att förutsäga storleken av impuls krafter från brytande havsvågor mot kustnära strukturer genom analys med Finita Element-metoden?
- På vilket sätt kan en automatiserad process effektivisera arbetet?
- Hur väl överensstämmer resultatet från en CEL-analys med resultat från befintliga

empiriska studier av krafter i brytande havsvågor?

- På vilket sätt kan metoden i studien tillämpas under designprocessen för en verklig kustnära konstruktion?

Genom att besvara dessa frågor är målet för arbetet att kunna bidra till en djupare förståelse kring hur datorsimuleringar kan tillämpas under designprocessen för kustnära konstruktioner. Arbetet mynnar slutligen ut i ett tillämpat exempel där metodens applicering illustreras på en tredimensionell bryggkonstruktion.

Analys En parameterstudie har under arbetet genomförts med hjälp av programmet Abaqus och beräkningar enligt Finita Element-metoden. Genom denna metod, där det studerade objektet delas upp i ett bestämt antal mindre element möjliggörs att ungefärliga resultat kan fås av komplicerade fysikaliska problem. Olika parametrars inverkan så som vågors geometri och hastighet samt konstruktionens materialegenskaper har bland annat studerats.

Modellen som användes för detta ändamål bestod av en vertikal vägg samt en våg som rörde sig mot denna. När en våg träffar väggen uppstår tryck på väggens yta och det visade sig att vissa parametrar påverkade detta tryck mer än andra. Totalt genomfördes 104 olika simuleringar och resultaten från dessa jämfördes för att samband skulle kunna identifieras. Bland annat studerades det erhållna maxtrycket samt hur trycket förändrades genomsnittligt över tid utmed väggen.

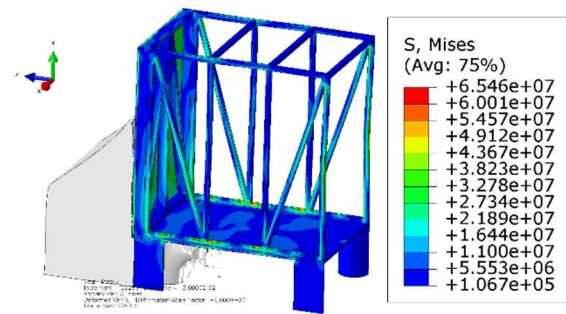
Det visade sig att arbetet med att genomföra det stora antalet simuleringar som studien krävde var mycket tidskrävande. De olika simuleringarna var i stort ganska lika och en automatiserad process för genomförandet av dessa var därför lämplig. Genom att ett program skapades

för att köra simuleringarna sekventiellt kunde en betydande andel tid således sparas då mängden manuellt arbete som processen krävde kraftigt kunde reduceras. Även postprocesseringen, det vill säga den del av arbetet då resultaten från en simulering bearbetas för att effektivt kunna jämföras och presenteras kunde utföras med hjälp av ett liknande program. Dessa program skapades i språket Python.

För validering av de erhållna resultaten från modelleringen i Abaqus valdes tre analytiska metoder ut och användes. Samtliga metoder beskriver den förväntade impulskraften från brytande havsvågor mot vertikala konstruktioner genom olika formler och lämpar sig således väl för jämförelse mot de numeriska resultaten från studien. Genom tidigare studier har två av dessa bedömts underskatta och en bedömts överskatta de faktiska impulskrafterna som uppstår. Metoderna är all framtagna genom verkliga experiment från vågbassänger. Genom beräkning av dessa metoders formler för olika värden på parametrar så som våghastighet och vattendjup kunde olika tryckintervall för de tre metoderna erhållas. Dessa intervall användes därefter för den tidigare nämnda valideringen.

Resultat De erhållna resultaten från simuleringarna i Abaqus och de beräknade intervallen från de analytiska studierna visade sig överensstämma ganska väl. Resultaten från simuleringarna var ofta något högre men denna avvikelse anses vara tillräckligt liten för att den tillämpade metoden ska kunna bedömas som tillförlitlig.

Beträffande parameterstudien visade det sig att vågens hastighet, dess höjd samt vilket material på väggen som användes spelade roll för de erhållna resultaten. Däremot spelade vågens bredd, längd samt applicering av artificiell dämpning endast en försumbar roll för resultatet.



Resultat från en av datorsimuleringarna där tryckdistribution illustreras vid en specifik tidpunkt.

När metodiken tillämpades på den slutgiltiga, mer detaljerade, modellen kunde svagheter i konstruktionen tydliggöras. Utöver detta simulerades den brytande vågen på ett mycket realistiskt sätt vilket främjar den intuitiva förståelsen för vilka processer som äger rum. Med de ansatta materialparametrarna på denna konstruktion i enlighet med furu kunde slutsatsen dras att konstruktionen i befintlig utformning inte skulle kunna stå emot de ansatta krafterna.

En potentiell nackdel som uppdagades med metoden är den omfattande beräkningskapaciteten som krävs för att resultaten ska kunna erhållas. Den slutgiltiga simuleringen av ett 0.2 sekunder långt förlopp krävde en beräkningstid på 8.5 dygn på en vanlig dator. Med hjälp av universitetets datorresurser, (LUNARC), kunde beräkningen reduceras till 28 timmar, vilket fortfarande kan betraktas som lång tid för en så pass kort simulering.

Som slutsats bedöms metoden vara tillförlitlig för ändamålet men andra metoder bör övervägas om beräkningstiden är en viktig faktor.