
Jordbävningars Påverkan på Byggnader Kan Minimeras med Mattemetod

Emil Vladu

Institutionen för Reglerteknik, Lunds Universitet

Jordbävningar skakar om världen när de inträffar och förödelsen kan vara stor. I särskilt utsatta områden kan byggnader utrustas med speciella apparater som ska förhindra kollaps. Hur man ställer in dessa apparater är helt avgörande för hur pass väl de presterar, och olika metoder kan tillgripas för att uppnå tillräcklig prestanda. Men tänk om man kunde vaska fram den inställning som ger den bästa prestandan. I denna uppsats visar vi att man under vissa förhållanden kan göra precis detta.

När ett jordskalv inträffar gäller det att våningsplanen i en byggnad inte förskjuts alldeles för långt ifrån varandra. Om detta händer uppstår sprickor i strukturen och de tyngdbärande pelarna kan knäckas, med följd att byggnaden rasar. Målet är alltså främst att hålla avståndet mellan intilliggande våningsplan så kort som möjligt.

För att uppnå detta handlar det inte bara om att designa byggnaden och välja material på rätt sätt, utan även om att ta hjälp av diverse anordningar. Det kan exempelvis handla om cylindrar fyllda med trögflytande vätska (dämpare) som skjuts in mellan angränsande våningsplan. Om marken skakar är tanken att anordningen ska bromsa upp och dämpa oönskade rörelser. Men det kan också handla om mer sofistikerad apparatur som fungerar lite som en människa: sensorer registrerar avståndet mellan två våningar likt ögon och skickar denna info till maskinens hjärna. Här avgörs hur stor kraft dess stålarmar ska belasta strukturen med för att stabilisera den. Tänk dig alltså Herkules kämpa med att återföra ovanvåningen till dess ursprungsläge!

Hjärnans mest centrala del utgörs av en så kallad styrslag. Styrslagen är en regel för hur avstånd mellan våningsplan automatiskt ska översättas till en kraft i stålarmarna. Denna regel konstrueras av oss, och det är av största vikt att den väljs rätt för att vårt mål ska kunna uppnås.

Men målet komplicerades precis! Det är nämligen så att apparaturen vi nyss införde är kapabel till så stora krafter att den kan skada sig själv eller byggnaden. Vårt nya mål är alltså att försöka hålla avståndet mellan våningarna kort och klara detta utan att använda för stora krafter.

Det finns redan många metoder som syftar till att välja en lämplig styrslag för detta ändamål. Problemet är att man inte på förhand vet vilken metod som ger bäst resultat. Det innebär exempelvis att även om en metod resulterar i en acceptabel styrslag, så finns risken att vi går miste om en betydligt mer effektiv styrslag från en annan metod om vi nöjer oss. Man hade alltså haft nytta av att veta till vilken gräns anordningen kan förmås prestera. Då hade man helt plötsligt kunnat jämföra och utvärdera hur pass effektiv ens styrslag faktiskt var och därefter avgöra om man bör testa en ny metod eller nöja sig.

Denna uppsats behandlar just optimala styrslagar. Vi visar att problemet att finna en optimal styrslag för ändamålet egentligen är ett så kallat konvext optimeringsproblem i förklädnad. Detta är riktigt bra nyheter: lyckas man föra över sitt problem på denna matematiska form tar nämligen kraftfulla datormetoder vid och garanterar en lösning på problemet.

Hur tillämpas då detta i praktiken? I uppsatsen testas metoden på en femvåningsbyggnad som utsätts för ett skalv i form av ett kraftigt ryck. Vi tar bl.a. fram grafer som jämför vår önskan att minimera våningsavståndet med den motstridiga önskan att använda minimal muskelkraft för att uppnå detta. Graferna visar precis vad som måste offras i prestanda för att minska kraften som apparaturen utövar på byggnaden. Slutligen jämförs prestandan som följer av en optimal styrslag med prestandan som dämpare lyckas uppnå. Det visar sig bl.a. att en apparat med optimal styrslag klarar av att hålla ihop våningarna lika bra som en dämpare – men med krafter som är över 200 gånger mindre!

Å andra sidan fungerar metoden än så länge bara i begränsade sammanhang. Resultaten ovan är dock en bra början, och med förbättringar kan metoden göras mer tillgänglig i framtiden.