

Gattopardismi

di Paolo Rugarli, Ingegnere Strutturista – Milano

15 gennaio 2006

Normative

Indipendentemente da come la si pensi (nonlineare sì nonlineare no, tensioni ammissibili sì tensioni ammissibili no) è ormai opinione dominante che le ultime norme emanate siano inapplicabili perché scritte affrettatamente, e male. Ciò è stato provato al di là di ogni ragionevole obiezione mediante articoli, comparazioni, raffronti. Alcuni degli stessi estensori si sono lamentati della difformità del testo rispetto alle loro intenzioni.

Si badi: non sono inapplicabili i principi ai quali quelle norme si ispirano, ma sono inapplicabili le norme a causa di come sono state scritte. Alla inapplicabilità si aggiungono gli “errori e gli strafalcioni”, ormai noti e documentati.

Possiamo far passare questo fatto come se niente fosse, accontentandoci di constatare che le norme “vanno nella direzione giusta” ?

La mia opinione è che no, non possiamo. Gli Autori delle normative che si sono resi responsabili di un simile pasticcio, come normatori devono essere messi da parte. Il metodo da loro propugnato – emanazione d’impero di norme affrettate, e sia quello che sia – deve essere stigmatizzato e deve scomparire per sempre. E’ stato un metodo eversivo ed ha prodotto più danni che vantaggi, come andrò tra breve a dimostrare.

Di norma, nei paesi civili, chi avendo a che fare con la Cosa Pubblica dà pessima prova, dalla gestione di quella viene allontanato. E le leggi dello stato sono “cosa pubblica”, non cosa privata.

Esperti

Gli esperti si dividono in due categorie. Quelli che per dovere istituzionale hanno la ricerca e la diffusione del sapere, ovvero i professori universitari ed i ricercatori, e quelli che questi doveri non hanno.

La mia sensazione è che non si faccia abbastanza per spiegare, che anzi si tenda a complicare con lo scopo di rendere incomprensibile. Infatti, se si spiegasse, molte cose apparentemente risolutive verrebbero drasticamente ridimensionate, e questo verrebbe a togliere lustro a molti che invece, dalla presunta superiorità del loro lavoro “scientifico”, traggono forza e vantaggi. Albert Einstein diceva che nessuno scienziato pensa per formule: figuriamoci gli ingegneri.

Perché non si fa nulla di serio per diffondere il sapere e invece lo si tiene ben nascosto? Cosa fanno i nostri Docenti Universitari? E visto che ci siamo: lo sappiamo o non lo sappiamo che le nostre università sono tra le ultime del mondo industrializzato? Non è che le due cose sono legate tra loro: desiderio di nascondere il sapere, baronie, concorsi pilotati, associazionismo corporativistico e pessimo livello delle università?

La mia impressione è che ci sia una generazione di Docenti Universitari che sembra essere mancata ai propri doveri verso la società per la quale lavora. Il risultato è che molti ingenuamente credono alle cose che trovano scritte o che ascoltano, e pensano davvero che sia tutto oro colato quello che viene come tale descritto, a causa delle fonti dalle quale proviene.

D'altro canto possiamo chiedere davvero a tutti di leggere il Bathe o il Chopra in lingua originale? Per essere un ingegnere è necessario sapere cosa è un tensore doppio?

E se non possiamo chiedere di leggere testi specialistici sulle tecniche FEM, con che bacchetta magica potremo mai pretendere che gli utilizzatori dei software, in stragrande maggioranza affatto digiuni di problemi numerici e di tecniche FEM, nonché di ingegneria sismica computazionale, possano usare i prodotti software con reale cognizione di causa?

Prevedo l'obiezione: un ingegnere deve poter leggere in lingua inglese e se vuole fare il suo mestiere deve aggiornarsi.

Non sono convinto che ciò sia più possibile in questi termini per tutti. Anche prendendo un puro strutturista (quale ad esempio chi scrive orgogliosamente è) il campo è talmente vasto che è oggettivamente difficile poter essere realmente esperti di tutto. Vorrei sottolineare: realmente. Altro è dare l'impressione di essere esperti dall'esserlo veramente. Essere realmente esperti ad esempio di elementi finiti è un mestiere a sé, ed anche in questo ambito ristretto gli orizzonti sono vastissimi.

Rendere dominabile qualcosa di molto complesso è quello che chiamiamo "ingegneria". Altrimenti parliamo di fisica, di statistica, di matematica, ecc. ecc.. Gli ingegneri che si atteggiavano a fisici, matematici, statistici, ecc. tendono a non essere altrettanto bravi, mancando loro la tipica *forma mentis* necessaria alla speculazione pura, e mancandogli evidentemente le basi necessarie.

Allora i casi sono due, e lo dico contro il mio interesse corporativo di strutturista, ma per radicata convinzione.

O stabiliamo per legge che certi calcoli li possano fare solo super esperti (diciamo strutturisti con solide e continuamente rinfrescate basi di meccanica computazionale), ed allora questi dovranno essere convenientemente formati dalle università, nelle quali invece, con rare gloriose eccezioni, ancora oggi gli elementi finiti non si insegnano se non come favoletta semplificata, tanto che si laureano tantissimi ingegneri che non sanno proprio che sia il *drilling dof* o l'elemento di Hughes.

O, se invece dobbiamo accettare che i calcoli strutturali ed i progetti li possano fare anche i non super esperti, allora dobbiamo pervenire a metodologie dominabili e in qualche modo semplificate. E si badi: semplificate non vuol affatto dire peggiori, perché è ancora tutto da dimostrare che "complicato" vuol dire "migliore" in senso assoluto. Semplificate vuol dire "ingegneristiche".

Io penso che se non altro per ragioni economiche non sia possibile dare ai soli strutturisti o assimilabili il diritto di fare certi calcoli. Quanti rimarrebbero sul campo, dopo la selezione? E poi, vogliamo davvero sostenere che uno non possa essere un bravo ingegnere se non sa la differenza tra l'approccio lagrangiano e quello corotazionale?

E allora sorge la seguente domanda.

Dove sono quelli che dovrebbero semplificare e rendere dominabili i risultati della ricerca? In questo Paese dov'è il lavoro di raccordo tra la ricerca e la ingegneria? E' quasi inesistente. Quasi del tutto inesistente.

Esso non paga, non dà lustro né aiuta per la carriera universitaria, e inoltre crea concorrenti nel ricco piatto delle consulenze. Questa, se si vuol dirla davvero, è la tragica verità. Del resto, in altri Paesi le informazioni si trovano a piene mani, gratuite e credibili, qui da noi non si trovano, nemmeno nei siti istituzionali.

I più bravi, i più volenterosi, quelli che hanno già le basi, quelli che possono e riescono, si aggiorneranno sul serio andando alla ricerca di fonti qualificate per lo più straniere, gli altri si affideranno a occhi chiusi ai software.

E qui il problema si fa grave.

Software

Il software è una cosa meravigliosamente seria. Tutti ne parlano, ma pochissimi ingegneri lo praticano o lo hanno praticato davvero, continuamente per anni, in modo professionale e non dilettantistico.

Comincio col dire che il software non è certificabile (con buona pace degli ISO men). Si può fare molto per ridurre la probabilità che esistano difetti (i cd bug), ma questi ci sono sempre. Ripeto: ci sono sempre. Naturalmente bisogna vedere che difetti sono, quando si manifestano, se sono gravi o meno, e cosa fa il produttore per renderli meno probabili.

Affidarsi mani e piedi *solo* a *un* software, un qualunque software, fatto da chicchessia, è semplicemente criminale.

I produttori di software hanno tutti, tutti in qualunque ramo dello scibile, prodotto versioni dei loro programmi che avevano difetti, e chi dice il contrario mente. Chi di questo si stupisce non è un tecnico ma un pericoloso fruitore di favole. Un utente perfetto per il disastro.

Possiamo anche metterla in modo apparentemente più rassicurante (e a molti familiare): dato un qualsiasi software di un qualsiasi produttore, avente come oggetto un qualsiasi ramo dello scibile, esiste sempre una probabilità $p > 0$ che il software stesso contenga uno o più difetti che saranno rivelati dopo un intervallo di tempo ΔT funzione del numero di utenti, del tipo di difetto, della competenza di chi usa il programma, e di altre variabili aleatorie ignote. Se volete possiamo anche spingerci fino a dire che la probabilità che esista un difetto deve essere mantenuta al di sotto di 10^{-8} (10^{-9} , 10^{-10} , quello che volete) ad esempio per riga di codice, ma poiché tale probabilità non si può in alcun modo stimare se non in modo convenzionale ed arbitrario, questa regola rimane puramente sulla carta.

Forse a qualcuno questa impossibilità ricorda qualcosa, ma non voglio divagare.

Allora il software è roba da buttare? Assolutamente no, esso è indispensabile e quando è fatto bene è una meraviglia, ma va usato “col paracadute”. Ed il paracadute qual è? E’ il controllo indipendente da esso. L’ideale è un controllo “di testa”, in alternativa almeno occorrerebbe mettere in parallelo software diversi.

Perché il controllo “di testa” sia possibile è però necessario che siano disponibili approcci ingegneristici, e quindi dominabili. Altrimenti ci consegnamo mani e piedi ai software.

La domanda adesso è: se gli utenti che usano i programmi non sono competenti qual è il rischio che i frutti della loro incompetenza o dei bug passino come oro colato? Chi controlla i risultati delle elaborazioni se gli utenti non sono competenti? Possiamo chiudere un occhio? No non possiamo, anche perché molte volte i software sono innocenti ed i responsabili sono gli utilizzatori.

Qual è l’insieme delle nozioni che occorre possedere per usare un software in modo appropriato? E pur ammesso che gli utenti siano competenti, come si fa a validare i risultati di un complicato algoritmo nonlineare applicato a una struttura unica e irregolare (il 95% delle strutture) se non mediante confronto con altri software indipendenti?

Attenzione: le cantonate per noi ingegneri sono sempre dietro l’angolo.

La prassi corrente qual è? Siccome il software lo produce Tizio o Caio, e/o siccome i test Nafems o quelli dello stesso produttore o altri ancora sono stati passati, allora mi fido.

Ma questo, se si vuole dire la verità, non è un ragionamento realmente rigoroso! Una serie di test prova solo che il programma è esente da difetti *in quei test*. Per induzione (in)completa si “conclude” che funzionerà altrettanto bene altrimenti. Ma ciò non è rigoroso. Avete mai provato a vedere la lista dei difetti dei prodotti Microsoft, che pure non è l’ultima software house del pianeta, ma la prima? Crediamo davvero alla favola della Microsoft “cattiva” e che non facciano di tutto per cercare di evitarsi i problemi derivanti da prodotti con difetti?

Danni e vantaggi

Con la frettolosa fuga in avanti fatta dalle ordinanze, argomenti specialistici e ancora soggetti a ricerca (e per alcuni niente affatto affidabili in senso assoluto, come vedremo) sono stati dati in pasto al grande pubblico degli inesperti con la seguente alternativa: o bere o affogare. Il risultato è stato dettato da leggi economiche. Poiché non si voleva passare per inesperti o di seconda qualità (come subito il tam tam si è affrettato a far credere), pena la perdita di quote di mercato, legioni di persone hanno cominciato a praticare quello che forse avrebbero potuto cominciare a comprendere sul serio dopo un paio di anni di studio serio e intenso. In alcuni casi, dopo cinque o sei anni di studio intenso. Le case produttrici, vedendo un nuovo spazio di mercato lo hanno ovviamente occupato, e quindi le analisi nonlineari tipo pushover o con formulazioni ancora più complesse (e magari più serie), sono diventate alla portata di tutti. E' stato un bene?

No, è stato un male.

Ciò che sta avvenendo in questi mesi è la negazione del progresso: è la finzione del progresso. Tutto è cambiato, ma non è cambiato nulla. Anziché preparare con cura un graduale avanzamento, questo è stato imposto per legge, e sia come sia: *todos caballeros*. Nel preesistente deserto di informazioni serie, libri seri, convegni seri, pubblicazioni serie dirette al grande pubblico.

Cose come queste si preparano in anni e anni di lavoro, non in sei mesi. La domanda di aggiornamento è balzata alle stelle. Ma intorno non c'era nulla, a parte i corsi che si sono fatti e si stanno facendo (pannicelli caldi), e i nuovi libri della IUSSPRESS, alcuni dei quali peraltro discutibili anche loro.

Dopo la terapia shock, tutti si sono affrettati: ora tutti fanno la *pushover*, e quindi nessuno ha studiato né mai più studierà davvero cosa sia. Passata la buriana, aggiornato il software, divenuti familiari con la procedura, i click e i numeretti da mettere nelle edit box, chi si preoccuperà mai più di studiare cosa sia e quanto sia affidabile la pushover?

Ricordiamoci di Tomasi di Lampedusa: questa è stata una finta rivoluzione. E' stato un colpo di mano utile a certe persone, enti, organizzazioni, non alla Nazione né alla comunità dei tecnici.

Le cose si modificano pian piano, non a colpi di Grida Ministeriali, con il lavoro di tutti i giorni. La cosa più rivoluzionaria è la normalità e la serietà costante.

Eurocodici

Qualcuno dice che l'Ordinanza è molto molto simile all'EC8. L'EC8 e l'Ordinanza sono molto molto diversi. Solo basandosi su criteri tecnici molto elementari, vorrei dire rozzi, oppure solo se per motivi dialettici, polemici, peraltro legittimi ma tecnicamente irrilevanti, si può sostenere che i due testi sono simili.

Eppoi, visto che sono così simili, non è che potevano darci direttamente l'originale? Io avrei senz'altro preferito. Siamo in molti a dirlo.

Perché sugli eurocodici (fuori da anni) ancora non esiste uno straccio di collana di testi paragonabile a quelle dei paesi civili (per esempio in UK) ove le tematiche legate alla loro applicazione siano seriamente discusse? I sostenitori delle norme europee, esperti istituzionali, non dovevano forse scrivere testi esplicativi? Non era lecito attendersi che fosse compito loro? E se no di chi?

Ricordo sempre dei miei quesiti su EC3, molto apprezzati a suo tempo da uno degli estensori della Ordinanza, ma inevasi da tredici anni. Dico tredici anni. E non erano solo miei. E non erano campati per aria.

Pushover e metodi nonlineari.

Chi ha presente cosa esattamente sia il metodo del fattore q , e cosa siano le incertezze in una analisi sismica, non può che sorridere di fronte alla pretesa di qualcuno di “calcolare” il fattore q . Vedete, io posso fare un software che integra l’equazione differenziale dell’Universo (cfr “Noi” di Zamjatin). Però voi, che siete avveduti, non ci crederete. Se devo fare la pushover per calcolare q , allora scusate, ma preferisco una time history nonlineare su una ventina di accelerogrammi che è molto meglio. Secondo alcuni Autori noi dovremmo credere a un metodo che – esemplificando – è come se facesse passare una ballerina di danza classica (una struttura oscillante nel corso di un sisma) per un imbuto (la pushover) pretendendo di ottenere all’altro estremo dell’imbuto qualcosa di simile a quello che avremmo ottenuto contemplando la danzatrice mentre balla liberamente....

E’ che noi dovremmo progettare in modo che la danzatrice balli solo allungando e accorciando il collo, solo in quel modo, in modo da passare per l’imbuto, capito? Chi non ci riesce non è un bravo ingegnere.

Chi si preoccupa, ora che i software fanno tutto, di leggere il report di Chopra che dice (in inglese!) che con la pushover uno può sbagliare a sfavore di sicurezza di un fattore maggiore di 3? Vogliamo leggere? Vogliamo leggere cosa dice sui risultati che ha ottenuto, il *Chopra*, comparando la pushover con i calcoli di time history nonlineare ([1])?

5. The SDF estimate of roof displacement due to individual ground motions can be alarmingly small (as low as 0.312 to 0.817 of the “exact” value for the six SAC buildings) or surprisingly large (as large as 1.45 to 2.15 of the “exact” value for Seattle and Los Angeles buildings), especially when P-delta effects are included. The situation is worse than indicated by these data because they do not include several cases where the first-“mode” SDF system collapsed whereas the building as a whole did not.
 6. This large discrepancy arises because for individual ground motions the SDF system may underestimate or overestimate the yielding-induced permanent drift in the “exact” response determined by nonlinear RHA.
- “La stima SDF-PA [la pushover “normale”] dello spostamento del tetto per singoli accelerogrammi può essere pericolosamente bassa (valori tra 0.312 e 0.817 volte il valore “esatto” per gli edifici SAC) o sorprendentemente alta (valori tra 1.45 volte e 2.15 volte i valori “esatti” per gli edifici di Seattle e Los Angeles), specialmente quando l’effetto $P-\Delta$ è incluso. La situazione è peggiore di quanto indicato da questi dati perché essi non includono alcuni casi in cui il metodo SDF-PA basato sul primo modo prediceva un collasso, mentre il calcolo dell’edificio intero, no.
 - Queste ampie discrepanze insorgono perché per singoli accelerogrammi il sistema SDF può sottostimare o sovrastimare lo spostamento permanente dovuto allo snervamento della risposta “esatta” così come determinato dalla time history nonlineare.”

Ma non c’è solo Chopra. In un recente lavoro del marzo 2005 ([2]) del Mid-America Earthquake Center (università di Urbana-illinois) “Limits of Applicability of Conventional and Adaptive Pushover Analysis for Seismic Response Assessment”, si trova scritto nelle conclusioni quanto segue (traduco dall’inglese):

- The results obtained for the 3D SPEAR frame show that both pushover techniques still require further refinement in order to provide reliable estimates of the dynamic response of 3D asymmetrical structures. Torsional effects are not adequately represented in pushover analysis.

“I risultati ottenuti con il telaio 3D SPEAR mostrano che entrambe le tecniche di pushover necessitano ancora di ulteriori miglioramenti al fine di fornire stime affidabili della risposta dinamica di strutture tridimensionali asimmetriche. Gli effetti torsionali non sono rappresentati adeguatamente nella analisi pushover.

- Further research is required in order to validate the adaptive and other forms of advanced pushover techniques as a viable (or even enhanced) tool to replace the estimation of the dynamic response through inelastic time-history analyses.

“Ulteriore ricerca è richiesta al fine di validare le analisi di pushover adattive o avanzate come praticabile (o anche migliore) strumento atto a sostituire la stima della risposta dinamica mediante analisi di time-history nonlineari.”

Nelle premesse di questo lavoro (certo piuttosto *pro* pushover che contro, come vedremo) trovo scritto:

With the proliferation in the use of static inelastic (pushover) methods for seismic assessment and design comes controversy. Many researchers have contributed developments to enhance the performance the pushover technique (e.g. Freeman et al, Bracci et al, Chopra et al amongst others). They, including the authors of this report, advocate the use of pushover, in its various forms, in lieu of dynamic analysis. On the other hand, resistance to the use of pushover analysis comes from two opposing ends of the complexity spectrum. Advocates of simplicity legitimately state that the single load distribution pushover, as discussed in Chapter 2 of this report, fails to capture the actual behavior, and that more advanced versions are too complex for practical applications. Others state, also legitimately, that inelastic dynamic effects cannot be captured by any static method, hence full dynamic analysis is necessary. Work in the literature, with very few exceptions, has focused on developing pushover techniques without assessing their performance comprehensively. This would require application of static pushover to a wide range of structures, ranging from low to high rise, from regular to highly irregular, subjected to a large number of earthquake records covering a wide range of magnitudes, distance, site condition and source mechanism. The objective of this report is to make a contribution to the detailed assessment of

“Con la proliferazione dell’uso del metodo pushover per la verifica sismica ed il progetto, è nata una controversia. Molti ricercatori hanno prodotto sviluppi atti a migliorare le performance della tecnica di pushover (per esempio Freeman e altri, Bracci e altri, Chopra e altri tra vari altri ancora). Essi, inclusi gli autori di questo report, sostengono l’uso della pushover, nelle sue varie forme, in luogo della analisi dinamica. D’altro canto, resistenze nell’uso della pushover sono nate da entrambi gli estremi, nello spettro dei sostenitori di vari livelli di complessità. *I sostenitori della semplicità legittimamente asseriscono che la pushover a distribuzione di carichi singola¹, come*

¹ Ovvero la più ampiamente descritta metodologia e segnatamente quella descritta nell’Ordinanza [ndt].

discussa nel capitolo 2 di questo report, manca di cogliere il comportamento reale, e che versioni più avanzate del metodo sono troppo complesse per le applicazioni pratiche. Altri asseriscono, anche loro legittimamente, che gli effetti dinamici nonlineari non possono essere colti da qualsiasi metodo statico, e quindi che una analisi dinamica completa è necessaria. Il lavoro svolto in letteratura, con pochissime eccezioni, si è focalizzato nello sviluppare tecniche di pushover senza stabilire le loro performance in modo generale. Ciò avrebbe richiesto l'applicazione della analisi di pushover ad un ampio insieme di strutture, dalle basse alle alte, da regolari a irregolari, soggette ad un elevato numero di accelerogrammi registrati i quali fossero andati a coprire un ampio intervallo di magnitudo, distanze, condizioni del sito e meccanismi sorgenti.”

Punto. Prego rileggere.

Allora si può non pensare che allo stato attuale delle conoscenze l'uso di questo tipo di non linearità sia meglio di una onesta analisi modale ed a spettro di risposta. Non è più credibile. Meno che meno l'uso indiscriminato, su strutture irregolari o torsionalmente cedevoli come le strutture esistenti spesso sono. Se si dice di fare una time history non lineare, allora credo che sia meglio di una modale più spettro, ma la pushover no. Del resto lo spiega Chopra, che ha pure studiato e proposto la MPA (modal pushover analysis, molti imbuti e non uno), avendo il coraggio civile e la grandezza di studioso di pubblicare risultati dai quali emergeva che andava male pure la MPA: mi permetto di credergli.

L'ho già scritto in varie sedi e lo riscrivo ora. L'Ordinanza 3274 è l'unica norma che non avvisi, prevedendola esplicitamente come una delle possibilità, che la pushover può essere a sfavore di sicurezza (non così EC8, FEMA, Codice Modello dei Caraibi). Perché il paragrafo dell'EC8 che lo diceva è stato cassato dalla Ordinanza (che secondo alcuni è molto simile all'EC8)? Dobbiamo credere che i normatori non lo sapessero? No, non è possibile crederlo. E allora come si spiega? Come definireste questa “svista” sopravvissuta a tutte le versioni della Ordinanza?

I metodi non lineari sono promettenti e interessanti. Ma come la mettiamo ad esempio (poche questioni delle molte):

- A) Con le leggi costitutive del calcestruzzo (quello reale, non quello dei laboratori), che sono una volenterosa serie di pallide ipotesi (cfr. Collepari).
- B) Con l'impossibilità di conoscere gli accelerogrammi in anticipo, che infatti devono essere per legge rispettosi dello.....spettro di risposta (cfr EC8).
- C) Con le incertezze di formulazione che ancora sono oggetto di discussione e di ricerca (per chi legge e studia, per gli altri bastano pochi click).
- D) Con tutte le incertezze sui dati, che comunque vanificano la precisione che pensiamo di ottenere.

Non si dica che abbiamo il metodo semiprobabilistico a metterci al riparo perché ciò è ridicolo, essendo noi privi di campionature attendibili per la grande maggioranza delle variabili aleatorie con le quali abbiamo a che fare, alcune delle quali neppure sappiamo che ci sono.

Noi siamo ingegneri, alle favole non dobbiamo credere più del necessario. Noi abbiamo di fronte le strutture *reali*, non i modelli di calcolo soltanto.

Oltre al metodo computazionale c'è un criterio analogico, c'è la sistematica adesione a standard di buona pratica, ci sono i controlli di esecuzione, c'è la qualificazione professionale a partire dalla manodopera in su, c'è la distruzione delle costruzioni abusive (e non le relative sanatorie), ecc. ecc..

Chi è così ingenuo da credere che i morti siano in maggior parte determinati dalla mancata applicazione dei metodi nonlineari?

Il nostro è il mestiere più bello del mondo anche perché lavoriamo con cose che non possiamo quantificare ma solo stimare mediante altri tipi di ragionamento, diversi da quello puramente numerico. Se veniamo privati della possibilità di fare queste stime e veniamo costretti a credere ciecamente a quello che calcola una macchina, allora l'ingegneria diventerà un'altra cosa.

Dopo un lungo periodo di transizione è possibile che i metodi automatici e i calcolatori riescano a pervenire a sufficienti gradi di affidabilità *da soli*. E' possibile. Tuttavia noi siamo solo all'inizio di questo periodo di transizione, e se è vero che è giusto (e anche entusiasmante, lo posso testimoniare) studiare le implicazioni del calcolo automatico, è anche vero che sarebbe sbagliato bandire o ridicolizzare (come con leggerezza criminale qualcuno va facendo) i metodi coi quali ancora oggi è tranquillamente possibile progettare strutture sicure, anche in zona sismica.

Penso che sia giusto andare avanti: personalmente sono uno che dal 1989 lavora quotidianamente con la meccanica computazionale e la programmazione, il calcolo numerico e i modelli agli elementi finiti, e trovo tutto meravigliosamente affascinante.

Ma attenzione a non confondere ingegneria reale e numeri di tabulato: sono due cose diverse, la prima essendo più vasta e più generale dei secondi, tanto è vero che, come tanti hanno giustamente notato, la si pratica mediamente *con successo* da molto, molto prima che esistessero i calcolatori.

Mi chiedo cosa sia meglio per la collettività, parlando di rischio sismico.

Ipotesi paese progredito.

Tante persone sono in grado di applicare regole semplici e dominabili che consentono di avere costruzioni sicure. Il sapere viene diffuso ed è alla portata di molti. I risultati della ricerca si trasformano gradualmente in metodologie alla portata di tutti con le quali prevenire i crolli dovuti ai terremoti. Le case abusive di recente costruzione non vengono sanate ma abbattute. Il personale che lavora nei cantieri viene istruito sulle conseguenze di certi errori, ma senza usare parole complicate, in modo che sia comprensibile ciò che gli si dice. I docenti universitari ingegneri più meritevoli e stimati sono quelli che propongono metodologie semplici, capaci di essere applicate da molti e utili per dare risultati concretamente a favore di sicurezza.

Ipotesi paese arretrato.

Si usano metodologie molto complicate che solo pochissimi sanno maneggiare per davvero. Gli altri le usano ma non si sa bene con quali esiti e con quale attendibilità. Non si fa nessuna attività seria e capillare per diffondere i risultati della ricerca in modo che siano comprensibili da un vasto insieme di persone, anche non super esperte. Il personale che lavora nei cantieri può essere preso direttamente dalle navi dei clandestini. Nessun controllo di esecuzione. Le case abusive vengono sanate per raggranellare soldi per le casse dello Stato. I docenti ingegneri più stimati sono quelli che, utilizzando i metodi più formidabilmente complessi ed inapplicabili a mano, riescono *talvolta* a stimare correttamente situazioni molto molto particolari, ipotizzando che siano tutti esatti i dati di partenza.

E allora: Paese progredito o arretrato?

Riferimenti

[1] Chopra A., Goel R., Chintanapakdee C. "Statistics of SDF-System Estimate of Roof Displacement for Pushover Analysis of Buildings", Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER 2001/16, December 2001

[2] Vassilis K. Papanikolaou, Amr S. Elnashai, Juan F. Pareja, "Limits of Applicability of Conventional and Adaptive Pushover Analysis for Seismic Response Assessment", Mid-America Earthquake Center, Civil and Environmental Engineering Department, University of Illinois at Urbana-Champaign, March 2005