

B [UILD] **SMART!**

costruire e rinnovare in modo sostenibile e sicuro

RISCHIO SISMICO, NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI E SOCIETA'

Ing. Fabio Lombardini

- Associazione di Promozione Sociale IONONTREMO! -

Milano, 19 marzo 2015

La sicurezza dell'ambiente costruito è un bisogno elementare dell'umanità, cui corrisponde un'attività legislativa e normativa che ha origini antichissime, come testimonia il codice di Hammurabi (1795 - 1750 a.C.), una raccolta di leggi comprendente 282 articoli riguardanti i vari settori del diritto in tutte le situazioni dell'agire umano, contenente leggi anche in materia di sicurezza delle costruzioni.

Il progetto di strutture sismo-resistenti, tuttavia, è un settore dell'ingegneria relativamente recente, i cui primi sviluppi su base scientifica risalgono solo agli inizi del secolo scorso, e le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni sono l'espressione attuale di un rapido progresso tecnologico, avvenuto perlopiù negli ultimi 50 anni.

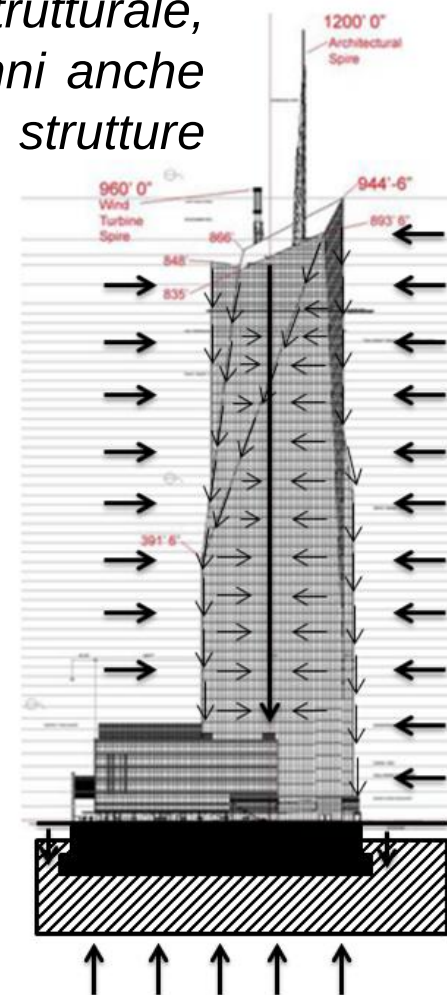


Oggi viviamo in un'epoca in cui il livello degli standard di protezione sismica, dati i rapidi e recenti sviluppi scientifici e normativi, sembra superare la nozione sociale di rischio sismico.

Se è noto a chiunque infatti, in termini generali, che lo scopo delle norme tecniche è quello di regolare la costruzione di edifici sicuri, forse solo gli addetti ai lavori sanno che esse forniscono criteri per la progettazione di edifici **sismo-resistenti**...



... **M**a non necessariamente **a prova di terremoto**. La differenza è significativa, mi riferisco principalmente alle strutture ordinarie come le civili abitazioni, poiché garantire la salvaguardia della vita umana in caso di forti terremoti, tramite la resistenza al collasso strutturale, non esclude affatto che le costruzioni possano subire danni anche estensivi: sia, parzialmente, alle strutture primarie, che alle strutture secondarie, alle partizioni interne...



... **A**gli impianti e in generale a tutti gli elementi non strutturali.

Ciò significa, in estrema sintesi, che le strutture ordinarie, progettate e realizzate secondo le N.T.C., devono:

- resistere a terremoti di bassa intensità senza danni strutturali, sebbene possano essere suscettibili di danni moderati ad alcuni elementi non strutturali;
- resistere ai più severi terremoti di progetto senza collassare e consentendo la sicura evacuazione degli occupanti. Tuttavia è previsto che possano subire interruzioni d'uso e necessitare di interventi di riparazione, anche di grande entità.

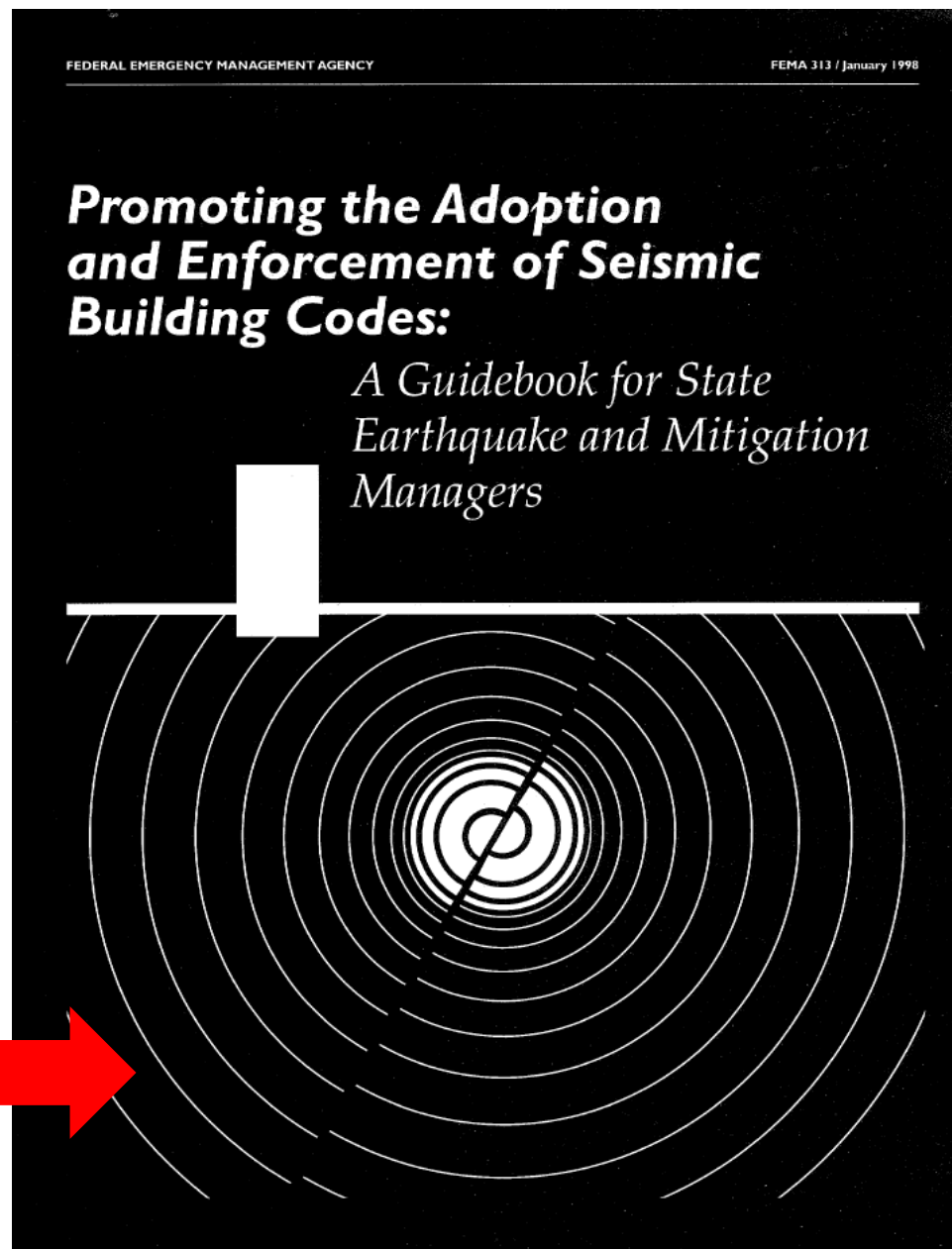
Gli standard di protezione sismica rispecchiano la concezione di “**rischio accettabile**” da parte della società, ossia, il compromesso tra rischio sismico e costi sostenibili - qui sta tutta la questione - per la realizzazione di costruzioni sismo-resistenti.

E' per questo che per progettare un edificio ordinario allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), si definisce un terremoto di progetto che, sebbene sia raro, ha una concreta probabilità di accadere, ossia una probabilità del 10% nel corso della vita utile della costruzione, stabilito in 50 anni.

E' proprio la probabilità dei terremoti di progetto e la definizione dei danni che ne possono conseguire, che rispecchia ***l'attitudine verso il rischio*** della società, o meglio dello stato, che la definisce tramite le Norme Tecniche per le Costruzioni.

In realtà il giudizio sociale sul rischio sismico accettabile, al di fuori della cerchia dei legislatori e degli addetti ai lavori, è tutt'altro che definito e concorde.

FEMA 313, gennaio 1998 – una delle prime guide rivolte anche ai non esperti, che illustrava le migliori strategie dell'epoca per l'adozione e l'applicazione delle norme sismiche.



is not markedly safer than a structure immediately on the other side. But these maps do represent a consensus of informed scientific opinion on the likelihood of earthquake ground-shaking and its effects. By using these maps as guides to design, we reduce the overall chances of damage to buildings in a region.

Seismic Codes Are Designed to Help Buildings Resist Earthquake Shaking

It is important to understand that seismic codes result in earthquake-resistant buildings rather than earthquake-proof buildings. Their purpose is to protect life safety by preventing building collapse and allowing for safe evacuation. The contents and interiors of buildings, even those of well-designed buildings, may receive extensive damage, and critical functions of a building may cease. And structural damage may occur from major earthquake ground-shaking. According to the Structural Engineers Association of California, structures built according to a seismic code should:

- resist minor earthquakes undamaged,
- resist moderate earthquakes without significant structural damage even though incurring nonstructural damage, and
- resist severe earthquakes without collapse.¹²

Occasionally even a code-designed building may collapse due to unique site conditions or other factors. A report completed by the Earthquake Engineering Research Institute (EERI) just prior to the Northridge, California, earthquake summarized expected earthquake damage to buildings designed according to the 1991 UBC. It stated, for example, that shaking of Intensity VIII could cause moderate damage (easily repairable) to 10 to 30 percent of code-designed buildings, and extensive damage (long-term

closure, difficult to repair) to 0 to 5 percent of code-designed buildings.¹³ This was the intensity level experienced by much of the San Fernando Valley in January 1994, and buildings performed generally as expected.

Seismic Codes Reflect Social Judgments Regarding Acceptable Risk and Cost

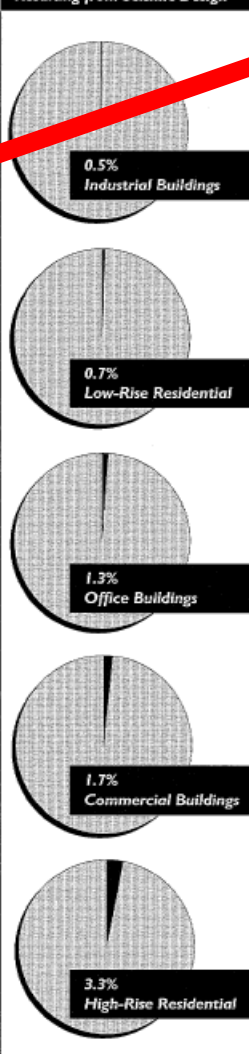
Seismic design standards reflect society's balancing of the risks versus the costs of designing to withstand that risk. They do this in two ways: by designing for (a) an appropriate-sized event and (b) an appropriate performance goal. Society cannot justify the expense of designing for large but highly improbable events. So we select a ground motion event—called the *design event*—that although large and rare has a reasonable chance (10 percent) of being exceeded during a building's lifetime (50 years). The probability selected reflects society's attitude toward risk.¹⁴ This is similar to the philosophy long used for flood protection: Society is willing to absorb the cost of designing for a 100-year flood, but with the exception of critical facilities it would not make economic sense to design for the 500-year or 1,000-year flood.

The goal of seismic codes is to ensure that buildings will not collapse, thereby killing those inside, if shaken by the design event. Seismic codes are for "life safety" and are not aimed at completely preventing damage to existing buildings (see Fig. 3.4). Additionally, it is important to realize that there is a 10 percent chance of an earthquake occurring that exceeds the design event.

Seismic Codes Are Inexpensive

Seismic codes add relatively little to the costs of a structure. To assess the costs of the NEHRP Provisions (seismic provisions), the BSSC in 1985 contracted seventeen design firms from nine U.S. cities to per-

Increase in Cost by Building Type Resulting from Seismic Design



Seismic Codes Reflect Social Judgments Regarding Acceptable Risk and Cost

Seismic design standards reflect society's balancing of the risks versus the costs of designing to withstand that risk. They do this in two ways: by designing for (a) an appropriate-sized event and (b) an appropriate performance goal. Society cannot justify the expense of designing for large but highly improbable events. So we select a ground motion event—called the *design event*—that although large and rare has a reasonable chance (10 percent) of being exceeded during a building's lifetime (50 years). The probability selected reflects society's attitude toward risk.¹⁴ This is similar

Né gli strumenti del calcolo delle probabilità, né le analisi statistiche, né le previsioni sismiche, sono sufficienti, nella vita reale, a liquidare il tema della valutazione e della percezione del rischio; in primo luogo per carenze formative e per scarsa informazione, in secondo luogo perché ogniqualvolta si prospetta uno scenario di pericolo, i nostri istinti entrano in conflitto con i nostri ragionamenti.

L'insieme complesso delle nostre "irrazionalità" – che comprende bias cognitivi, pregiudizi, paure e aspettative – è stato studiato a fondo da neurofisiologi, psicologi, sociologi ed economisti.

Susan E. Hough

Prevedere l'imprevedibile

La tumultuosa scienza
della previsione dei terremoti

La previsione dei terremoti: fallimenti e apparenti successi.
Susan E. Hough, nella traduzione dei sismologi dell'INGV
Lucia Margheriti e Francesco Pio Lucente,
racconta i perché di tragedie come quella de L'Aquila

Fondamentali, a questo riguardo, sono le ricerche di Daniel Kahneman ed Amos Tversky, premi Nobel per l'economia nel 2002, per avere integrato i risultati della ricerca psicologica nella scienza economica, specialmente in merito al giudizio umano in condizioni d'incertezza.

Essi hanno dimostrato che le nostre decisioni sono influenzate dal modo in cui la questione è formulata ('il bicchiere è mezzo pieno o mezzo vuoto?'), che ci comportiamo diversamente in situazioni d'incertezza a seconda che ci siano o meno in gioco previsioni di perdite, e che tendiamo a trarre conclusioni generali a partire da eventi statisticamente non significativi.

Questo purtroppo accade anche per gli eventi sismici.

'Ma anche se oggi il meglio che i sismologi possono dire è che il "Big One" (il probabile futuro terremoto californiano di magnitudo superiore a 7 – n.d.r.) potrebbe colpire domani come fra trent'anni, quando ci si deve preparare, se non oggi stesso?'

- Susan Hough, autrice di "Prevedere l'imprevedibile" – Springer 2012

L'opinione pubblica spesso ha una percezione distorta delle previsioni sismiche, poiché ignora che nel valutare il rischio e nel decidere della sua accettabilità pubblica e privata, è sempre più necessario avere il coraggio di fare uso degli strumenti della ragione; nella piena consapevolezza che la fallibilità delle previsioni non deve comportare una minor fiducia negli standard minimi di protezione sismica.

Mark Buchanan, fisico e divulgatore scientifico statunitense, sottolinea come un diffuso errore cognitivo in materia di rischio, porti spesso a confondere l'accuratezza delle previsioni con l'efficacia delle soluzioni (in questo caso le NTC).



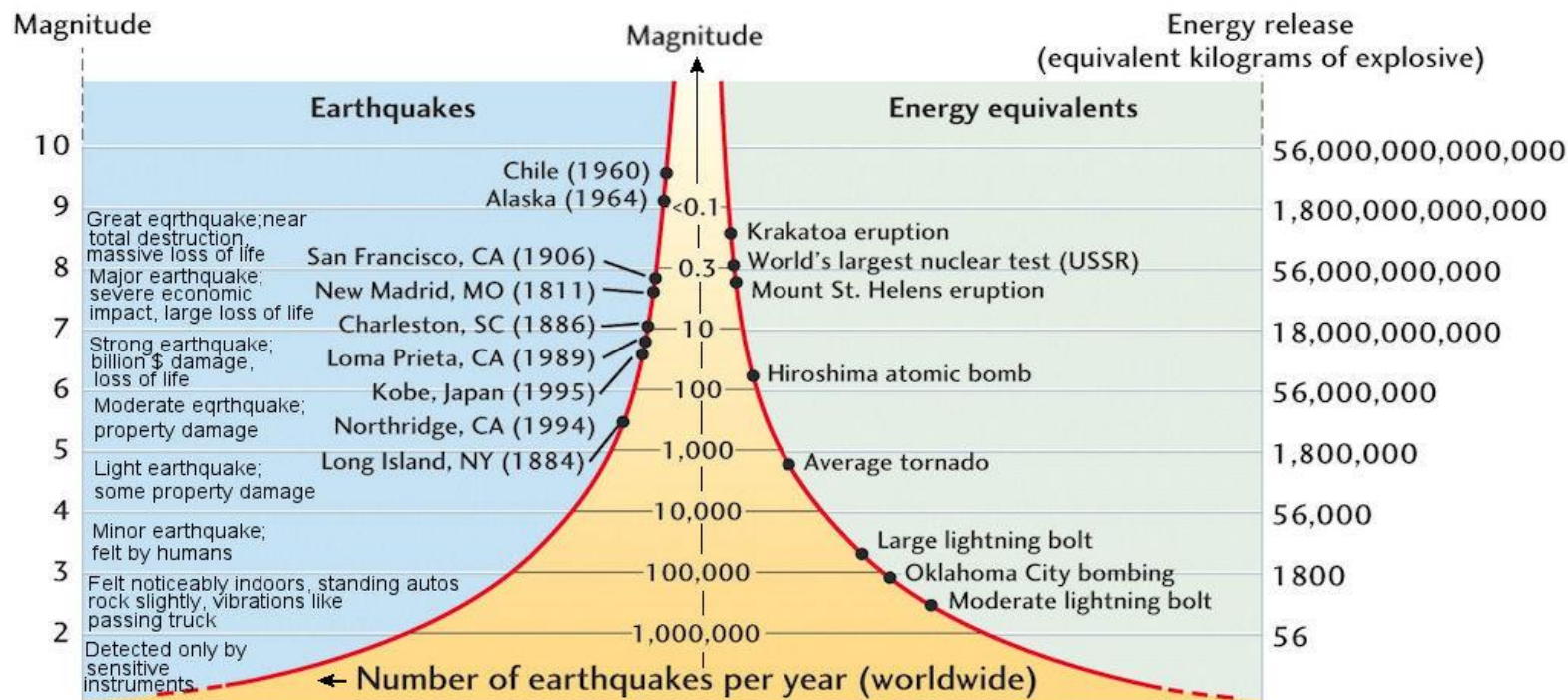
‘Alcuni dei più potenti eventi naturali, come i terremoti, restano impossibili da prevedere, persino dopo secoli di studi’, afferma Buchanan, facendo un illuminante parallelo tra alcune recenti catastrofi naturali e il crollo finanziario del 2008, che ha sancito la crisi del pensiero economico finora dominante.

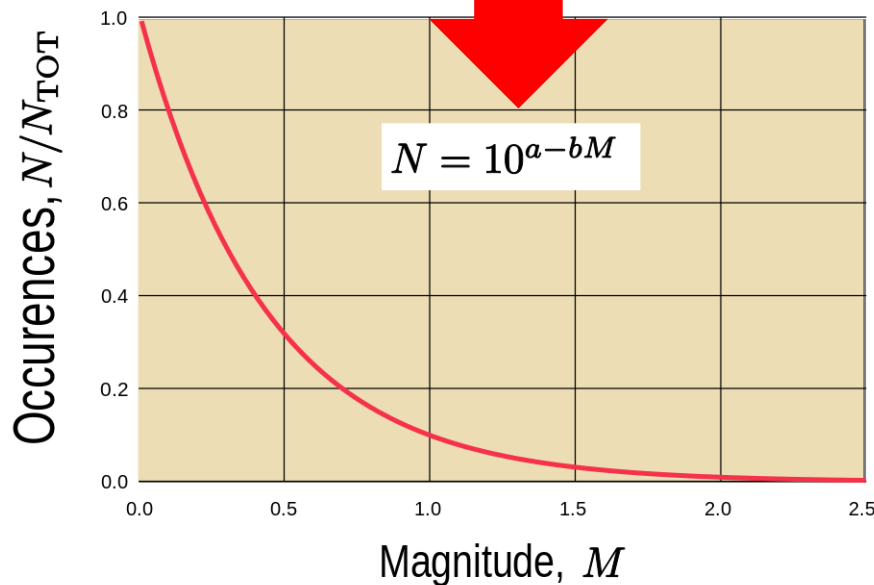
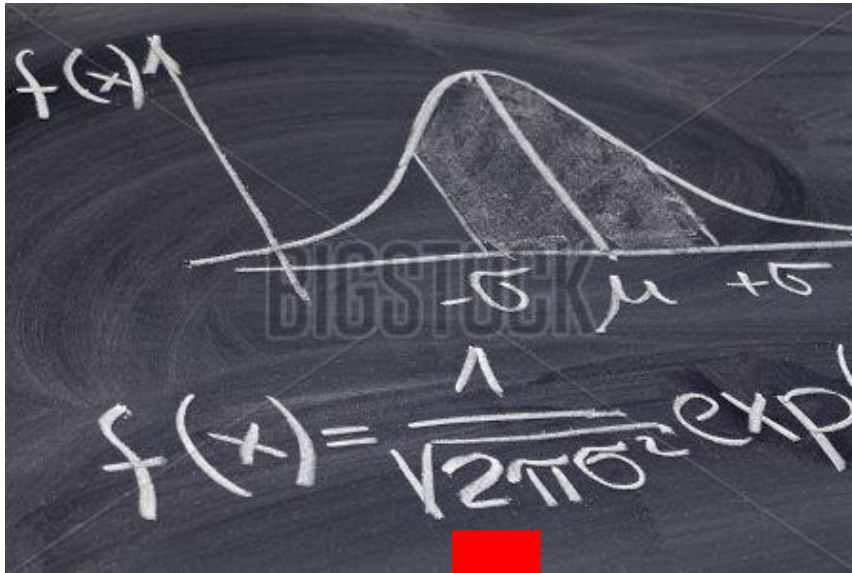
‘Nel 1997 il geofisico Robert Geller dell’università di Tokyo scrisse un lungo articolo per sintetizzare lo stato dell’arte sulla predizione dei terremoti e concluse che nessuna tecnica di previsione, da chiunque fosse stata tentata, avesse mai funzionato: “La ricerca nella previsioni sismiche è stata condotta per più di 100 anni senza palesi successi”.

Il punto di vista di Geller sui terremoti non è molto lontano da quello dell’economia moderna, secondo cui l’unica cosa certa sui mercati è che siano generalmente imprevedibili. Al di là di questa debole analogia, ci sono somiglianze matematiche sinistre tra terremoti e fluttuazioni di mercato. In entrambi i casi l’imprevedibilità coesiste con profonde regolarità che emergono dalle statistiche di molti eventi. E si può imparare molto da tali regolarità, perché essere imprevedibili non equivale ad essere casuali’.

(“PREVISIONI”, Mark Buchanan – Malcor D’ editore – 2014)

I terremoti non si raggruppano per tipo, ma obbediscono ad una semplice regola: i più forti sono decisamente meno comuni dei più deboli. Questo modello statistico è chiamato **“legge di potenza”**, perché la probabilità è semplicemente proporzionale alla dimensione elevata a qualche potenza. Più specificamente, qualora si misuri la dimensione di un terremoto attraverso la quantità di energia da esso rilasciata, si osserverà che il numero dei terremoti è inversamente proporzionale all’energia al quadrato. E’ semplice e vero sia per i più piccoli tremori che per i più imponenti megaterremoti’. (PREVISIONI”, Mark Buchanan – Malcor D’ editore 2014)





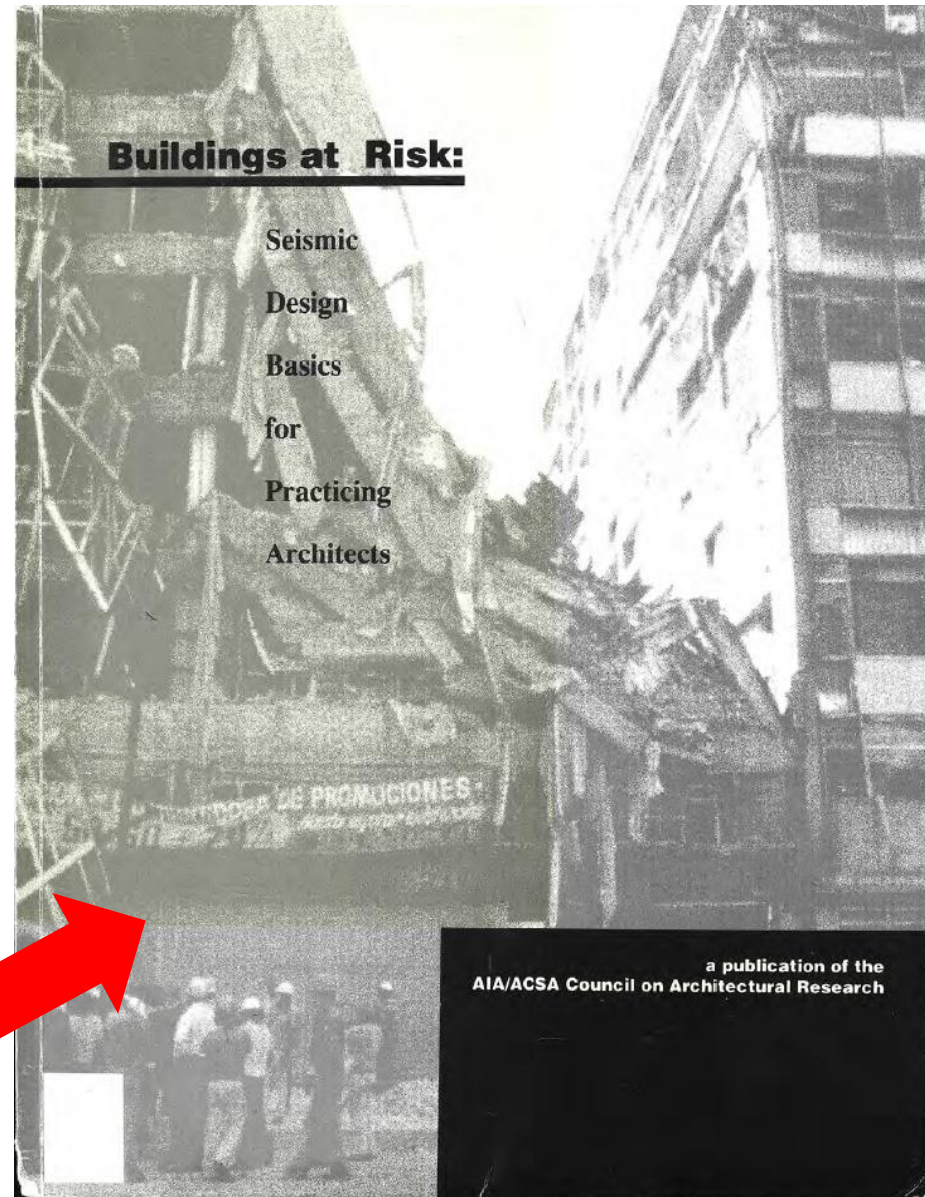
Pertanto, gli eventi sismici, a dispetto della nostra incapacità di prevederli, si conformano a una sorprendente semplicità statistica. Il carattere non intuitivo della legge di potenza è oggi ampiamente apprezzato, ma continua a mettere in difficoltà il nostro intuito, fondato su un altro modo di pensare. Sfortunatamente, secoli di scienza e di tradizione matematica, concentrati sulle statistiche normali (distribuzioni gaussiane) di cose come peso, altezza e punteggi nei test ci hanno abituato a guardare il mondo in modo a volte scorretto.

Dunque gli istinti dettano, spesso indisturbati, il giudizio in materia di rischio sismico.

Ciò comporta, insieme con la vaga percezione degli standard di protezione sismica, una scarsa considerazione per le norme tecniche.

Ne consegue la cronica marginalizzazione della progettazione sismica, accentuata anche dallo sviluppo storico delle moderne norme, avvenuto negli ultimi 50 anni, che rispecchia la crescente divisione disciplinare tra la pratica architettonica e la pratica ingegneristica.

“Buildings at Risk”, pubblicato dall’ American Institute of Architects, nel 1994.



Negli ultimi decenni, soprattutto negli S.U.A., sono stati tentati numerosi rimedi alla mancanza di comunicazione collaborativa nell'ambito del processo edilizio, come testimonia la pubblicazione di 'Building at risk', dell'American Institute of Architects.

Chapter 3: Building Configuration: The Architecture of Seismic Design

BUILDING CONFIGURATION EFFECTS

Experience in earthquakes has shown that the architectural form of a building has a major influence on its performance under ground motion. This influence is the result of the three dimensional interaction of all the structural systems and architectural components under earthquake forces. For certain architectural forms, the *response of the building* can become very complex, and the earthquake forces can be concentrated and distributed in undesirable ways.

The term *building configuration* is used in seismic design to define the architectural form of a building. Architectural features of concern are defined in the following sections.

CONFIGURATION DEFINED

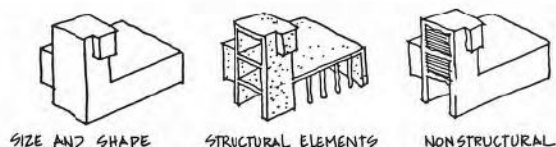
The kinds of unusual conditions and buildings that are of concern result from early architectural decisions that determine the *configuration* of the building. For these purposes, configuration can be defined as: *building size and shape, the size and location of structural elements, and the nature, size and location of nonstructural elements that may affect structural performance.* (Figure 3.1) The latter includes such elements as heavy nonstructural walls, staircases, exterior wall panels and heavy equipment items.

The seismic significance of the building configuration is that it primarily determines both the way forces are *distributed* throughout the structure and also the *relative magnitude* of those forces. Seismic codes distinguish between *regular* and *irregular* configurations, and it is the latter that may have a detrimental influence on the effectiveness and cost of seismic engineering and on building seismic performance itself. Code forces, discussed in Chapter 5, are based on the assumption of a regular configuration. (Figure 3.2)



Figure 3.2: The impact of building configuration on seismic performance has only begun to be recognized in building codes. A wide range of existing buildings have been designed without taking such considerations into account, such as this soft first story example in San Francisco.

Figure 3.1: Configuration components



Chapter 8: Seismic Design Process

ROLES AND RESPONSIBILITIES

As the member of the design team who initiates the design concept and develops it through design development and construction documentation, the architect can play a key role in the seismic design process. In the traditional design process the architect also plays a coordinating role among the other design professionals, and serves as the voice of the design team to the client. While other design and construction processes, such as design/build and some types of construction management, may change the authority of the architect's position, his role as concept designer remains. To ensure that consideration of seismic issues occurs with the right degree of priority - and at the right time in the design process - the architect needs to have a clear conceptual understanding of seismic design issues, at least to the level outlined in this publication.

While the structural engineer must play a major role in providing an earthquake-resistant design, the overall design responsibility is shared between architect and engineer, because of architectural decisions that impact the seismic design. Architects cannot delegate seismic design wholly to the engineer. (Figure 8.1)

Even before design begins there are issues of desired seismic performance, expectations related to different anticipated earthquake levels, and cost-benefit analysis that an informed architect must discuss with his client, or other members of the design team, to ensure that the client's expectations are clear and the design objectives understood. (Figure 8.2)

The issue of desired seismic performance relates to the fact that damage-free seismic performance cannot be guaranteed. Building codes are designed to ensure life-safety, but not to prevent damage, and the client should be informed of this fact in the beginning of the design process. A higher level of seismic design can reduce probable damage, but there are additional design and construction costs associated with this. Depending on the nature of the building, and the level of seismic hazard, these additional costs may be justified, but, as in many other aspects of the design, it is the architect's job to explain the available alternatives as clearly and accurately as possible, and let the client make the decision.

The fact that alternative levels of building performance can be defined and to some extent chosen, is a relatively new development in seismic design. Some of its origin lies in the performance of buildings in recent earthquakes, in which owners whose buildings suffered damage in the hundreds of thousands of dollars, or even more, were surprised to hear that their building met the intents



Figure 8.1: Ensuring building performance is the shared responsibility of architects, engineers and other members of the building team.



Figure 8.2: The architect/engineer team must interact effectively from the beginning of the design process. Lack of communication can result in costly and sometimes disastrous consequences.

Seguita in anni recenti da diverse pubblicazioni istituzionali, come ‘*Designing for Earthquakes*’, un vero e proprio compendio di nozioni di sismologia e criteri di progettazione sismica, ma non solo: una pietra miliare nella definizione di una possibile filosofia progettuale per mitigare il rischio sismico, e al contempo conferire agli edifici un’espressività più aderente al “genius loci”, o “senso del luogo”, di cui anche la sismicità locale è parte. Quello dell’“architettura sismica”, è divenuto quindi un tema non privo di spunti stilistici, che possono costituire un’utile risorsa per applicare al meglio i criteri progettuali forniti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni...



Risk Management Series

Designing for Earthquakes

A Manual for Architects

FEMA 454 / December 2006



FEMA



5.8 DESIGNING FOR PROBLEM AVOIDANCE

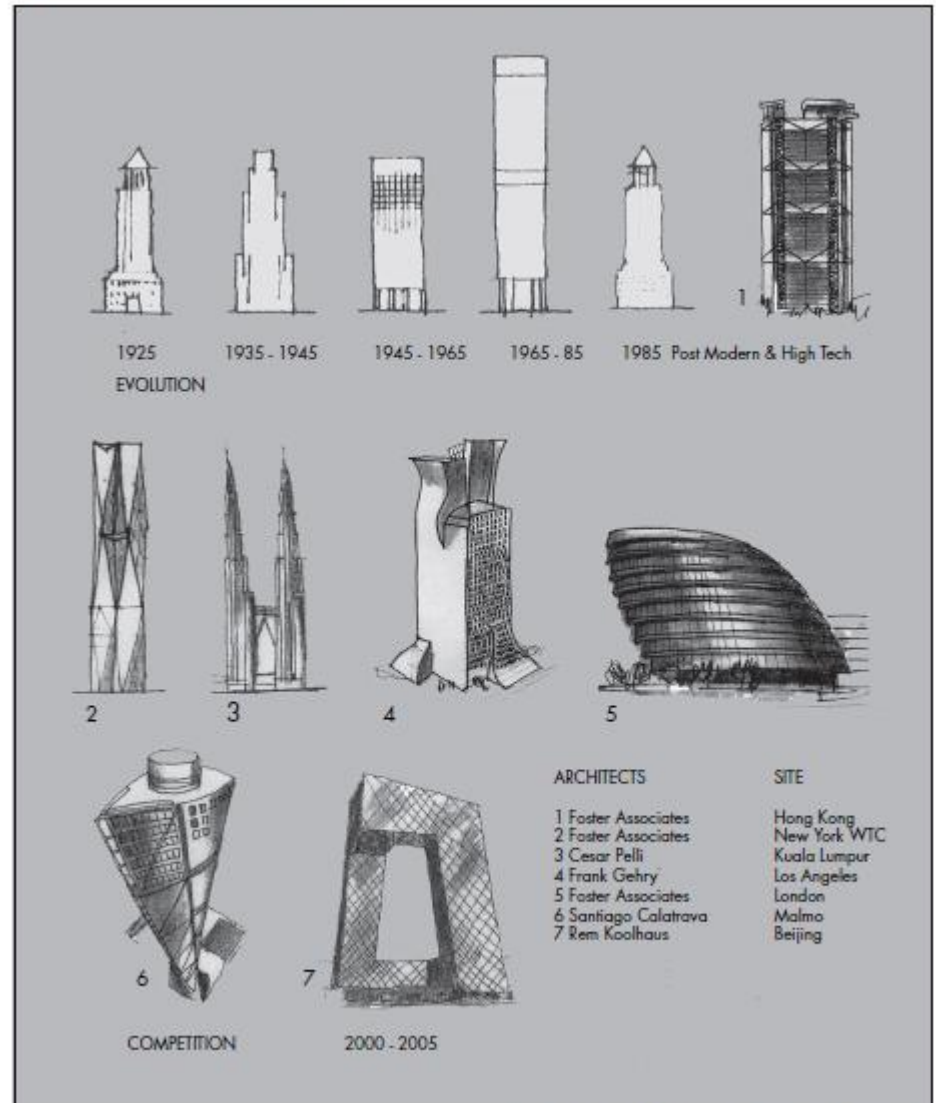
Regardless of building type, size, or function, it is clear that the attempt to encourage or enforce the use of regular configurations is frequently not going to succeed; the architect's search for original forms is very powerful. The evolution and recent trends in formal invention are shown in Figure 5-38 in Section 5.9.2.

The seismic code, as illustrated in Figures 5-5 and 5-6, is oriented towards "everyday" economical building and goes a modest route of imposing limited penalties on the use of irregular configurations in the form of increased design forces and, for larger buildings, the use of more advanced analytical methods; both these measures translate into cost penalties. Only two irregularities are banned outright: extreme soft stories and extreme torsion in essential buildings in high seismic zones. This suggests a strategy that exploits the benefits of the "ideal" configuration but permits the architect to use irregular forms when they suit the design intentions.

5.9 BEYOND THE INTERNATIONAL STYLE: TOWARDS A SEISMIC ARCHITECTURE?

Most owners desire an economical and unobtrusive building that will satisfy the local planning department and look nice but not unusual. However, as noted above, the occasional aspiration for the architect to provide a distinctive image for the building is very powerful and is the source of continued evolution in architectural style and art. This thrust is allied to today's "marketing" demand for spectacular forms. The history of architecture shows that design innovation has its own life, fed by brilliant form-givers who provide prototypes that keep architecture alive and exciting as an art form. Thus, like economics, architectural design has its "supply-and-demand-sides" that each reinforce one another.

Figure 5-38: The evolution of high-rise building form. The twentieth century was a period of evolution.



The first five years of the 21st century are a period of competition.

5.9.3 Towards an Earthquake Architecture

In the search for meaning in architecture that supersedes the era of International Style and the superficialities of fashion exemplified by much of post-modernism and after, perhaps architects and engineers in the seismic regions of the world might develop an “earthquake architecture”. One approach is an architecture that expresses the elements necessary to provide seismic resistance in ways that would be of aesthetic interest and have meaning beyond mere decoration. Another approach is to use the earthquake as a metaphor for design.

5.9.4 Expressing the Lateral-Force Systems

For the low and midrise building, the only structural system that clearly expresses seismic resistance is the use of exposed bracing. There are historical precedents for this in the half-timbered wood structures of medieval Germany and England. This was a direct and simple way of bracing rather than an aesthetic expression, but now these buildings are much prized for their decorative appearance. Indeed, the “half-timbered” style has become widely adopted as an applied decorative element on U.S. architecture, though for the most part at a modest level of residential and commercial design.

Two powerful designs in the 1960s, both in the San Francisco Bay Area, used exposed seismic bracing as a strong aesthetic design motif. These were the Alcoa Office Building and the Oakland Coliseum, both designed in the San Francisco office of Skidmore, Owings and Merrill (Figure 5-41).

In spite of these two influential designs and others that used exposed wind bracing, the subsequent general trend was to de-emphasize the presence of lateral-resistance systems. Architects felt that they conflicted with the desire for purity in geometric form, particularly in glass “box” architecture, and also possibly because of a psychological desire to deny the prevalence of earthquakes. However, in the last two decades it has become increasingly acceptable to expose lateral-bracing systems and enjoy their decorative but rational patterns (Figure 5-42).

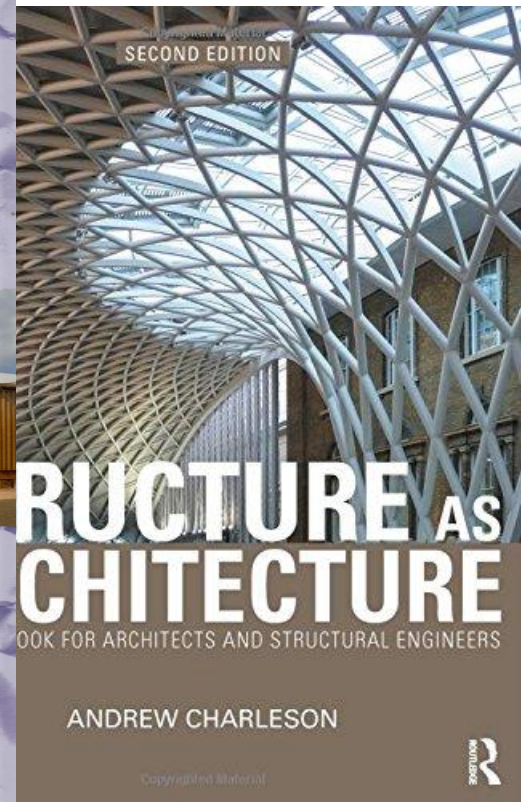
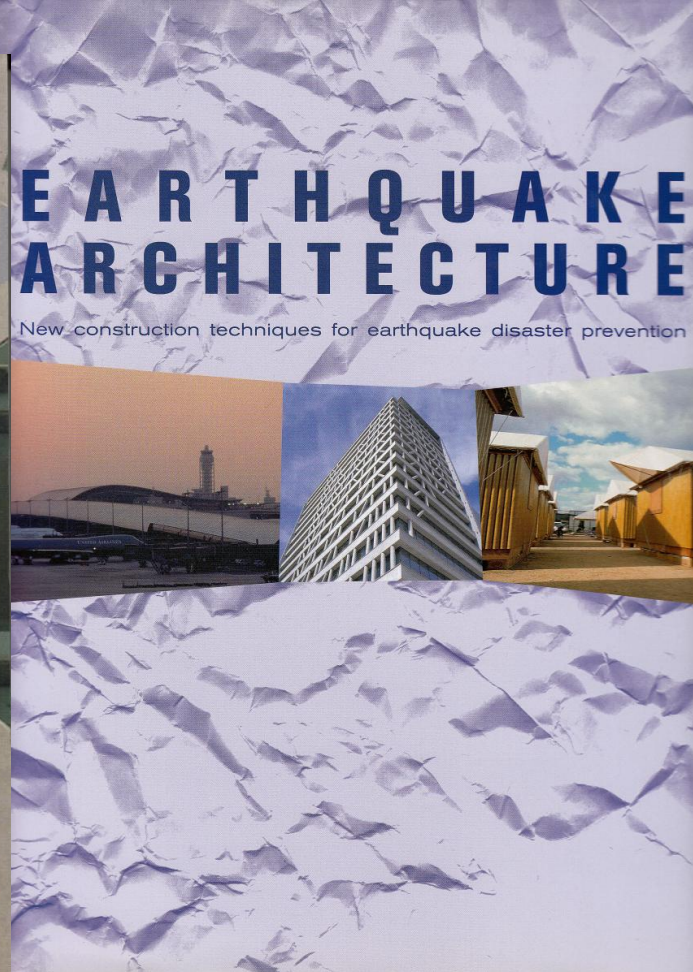
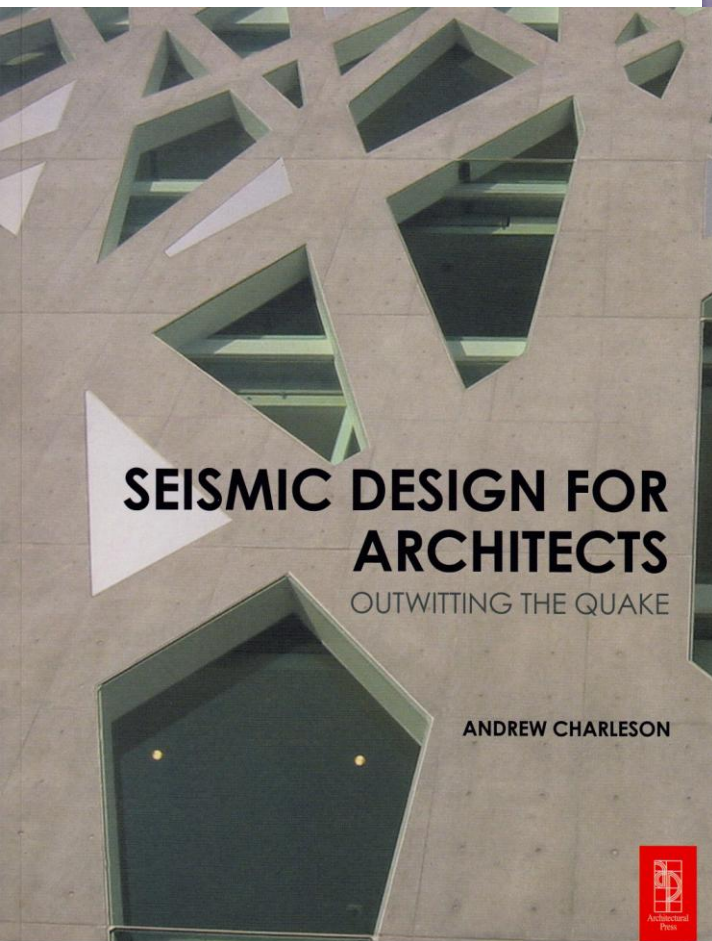


Figure 5-41: Left: Alcoa Building, San Francisco, 1963. Right: Oakland Coliseum, 1960. Architect: Skidmore Owings and Merrill.



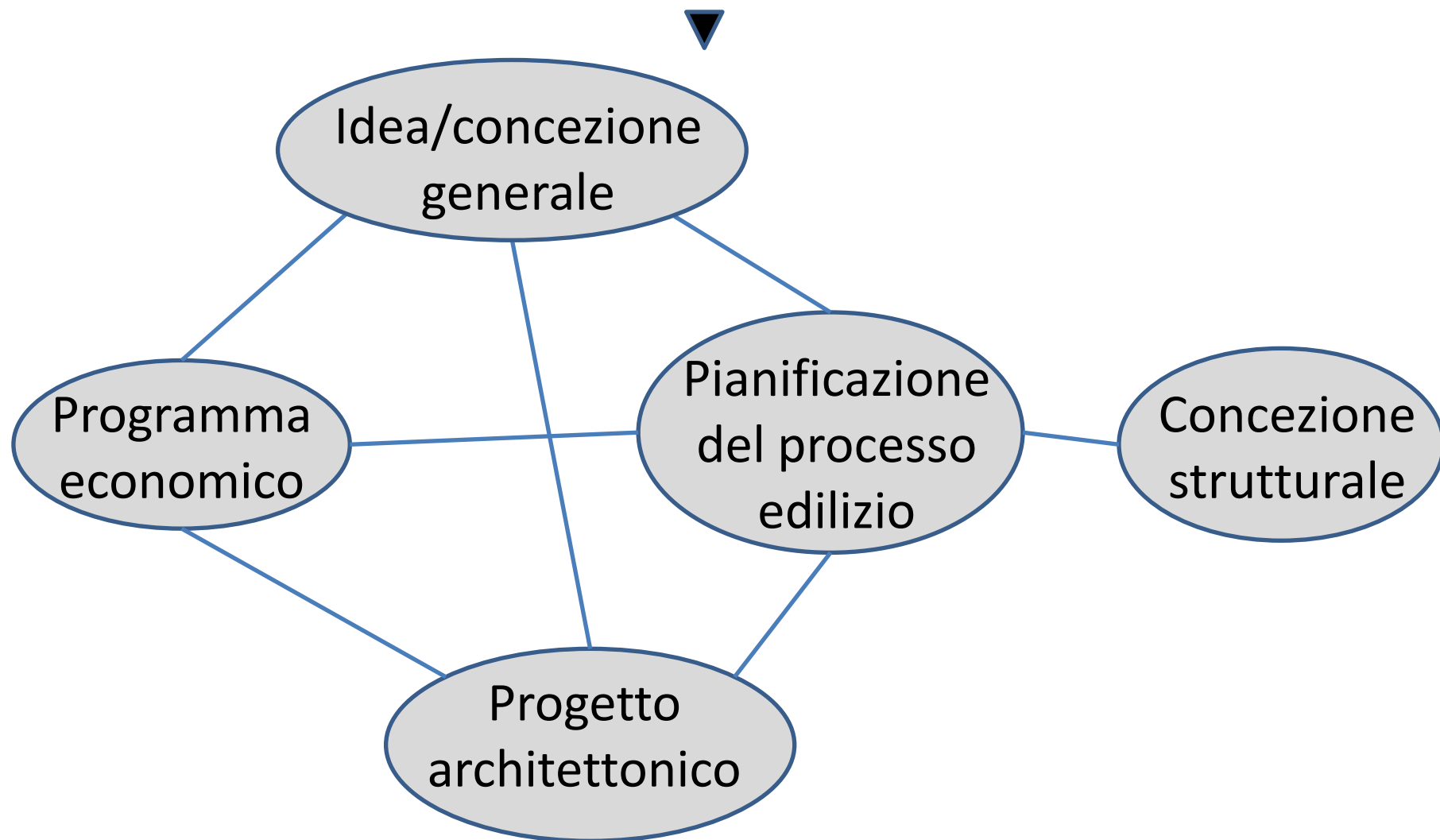
Figure 5-42: Exposed cross-bracing examples.

Top left: Pacific Shores Center, Redwood City, CA, Architects DES Architects & Engineers. Top right: Silicon Graphics, Mountain View, Architects: Studios Architects. Bottom left: Sports Arena, San Jose, Architects: Sink, Combs, Dethlefs, (All in California). Bottom right: Government Offices, Wanganui, New Zealand.



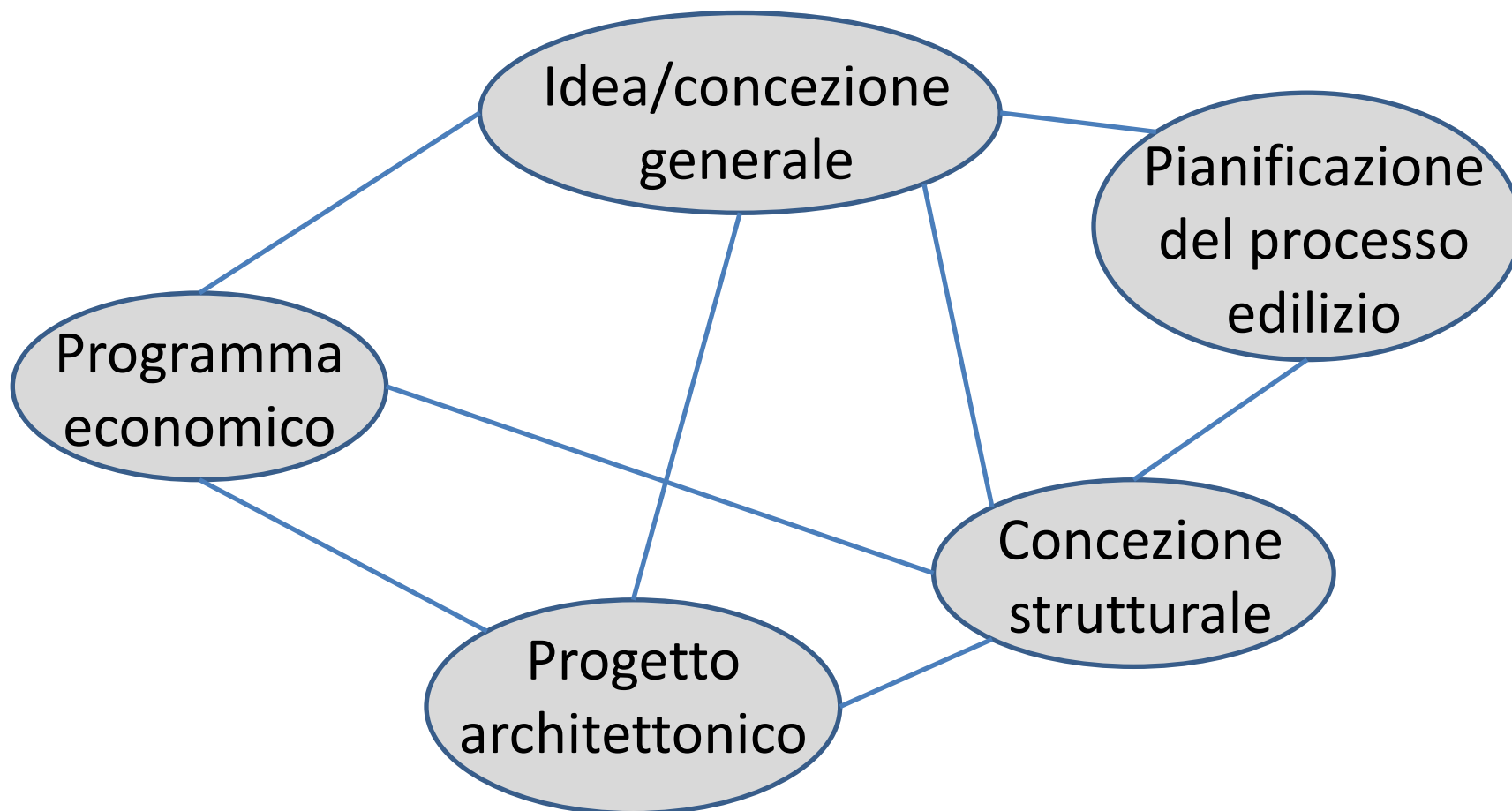
... **C**iononostante il modello dominante, e l'Italia non fa eccezione, è ancora quello in cui il progetto sismico è in coda al percorso progettuale e decisionale, nonostante gli sforzi normativi, a livello statale e regionale, verso una progettazione integrata.

MODELLI ALTERNATIVI DI PROGETTAZIONE – - *Il modello dominante*



MODELLI ALTERNATIVI DI PROGETTAZIONE –

- Il modello della progettazione integrata



Ma le aspettative maggiori, riguardo al miglioramento del rapporto tra norme tecniche e società, oggi poggiano perlopiù sulle norme di nuova generazione.

Negli Stati Uniti, la Federal Emergency Management Agency (FEMA), una delle quattro agenzie federali che opera sotto la guida del NEHRP, il National Earthquake Hazards Reduction Program, dopo il devastante terremoto di Northridge del 1994 (il più costoso in termini di danni economici nella storia degli Stati Uniti) ha avviato un programma per lo sviluppo di linee guida sul **“Performance Based Seismic Design” (PBSD)** di seconda generazione.

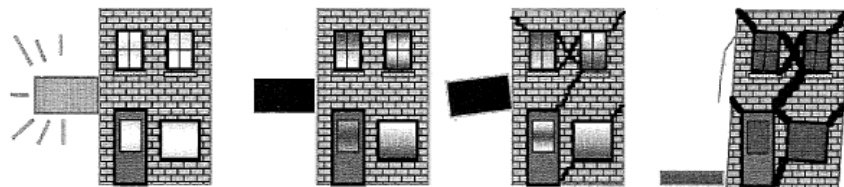
FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY

FEMA-349/April 2000

ACTION PLAN

FOR

PERFORMANCE BASED SEISMIC DESIGN



Prepared for the
Federal Emergency Management Agency
By the
Earthquake Engineering Research Institute

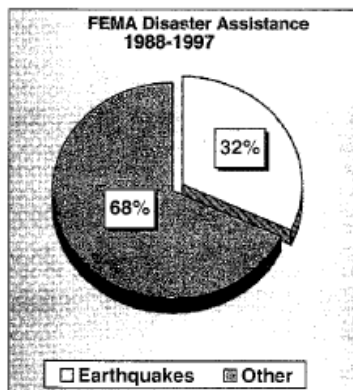
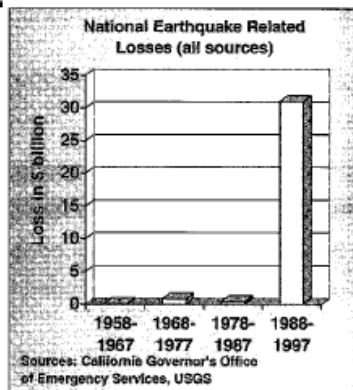
The Need for Changes in Current Seismic Design Practice

Recent decades have seen a dramatic rise in insured and uninsured earthquake related losses. In the past ten years estimated losses were twenty times larger than in the previous 30 years combined. FEMA's expenditures related to earthquake losses have become an increasing percentage of its disaster assistance budget.¹ Predictions are that future single earthquakes, which will inevitably occur, may result in losses of \$50-100 billion each.²

Losses are rising due to several factors. These include: a denser population of buildings being located in seismically active regions, an aging building stock and the increasing cost of business interruption. Nonstructural and contents damage are also large contributors to loss, especially in regions with high-technology manufacturing and health-care industries.

It is this increase in losses from all hazards that has led FEMA to support actions to reduce future losses. One of these is Project Impact, an initiative to encourage loss reduction activities through partnerships at the local community level. One of the key components of Project Impact is the community's adoption and enforcement of an adequate building code

Historically, building codes have required that buildings be built to a minimum level of safety. Specifically, structures designed to the Uniform Building Code are expected to "resist a minor level of earthquake... without damage,...a moderate level.. with



What is Performance Based Seismic Design (PBSD)?

The basic concept of performance based seismic design is to provide engineers with the capability to design buildings that have a predictable and reliable performance in earthquakes.⁴ Further, it permits owners and other stakeholders to quantify financially or otherwise the expected risks to their buildings and to select a level of performance that meets their needs while maintaining a basic level of safety.

PBSD employs the concept of *performance objectives*. A performance objective is the specification of an acceptable level of damage to a building if it experiences an earthquake of a given severity.⁵ This creates a "sliding scale" whereby a building can be designed to perform in a manner that meets the owner's economic and safety goals. A single performance objective that requires buildings remain operational even in the largest events, will result in extraordinarily high costs. Conversely, a design where life safety is the only consideration may not adequately protect the economic interests of building stakeholders.

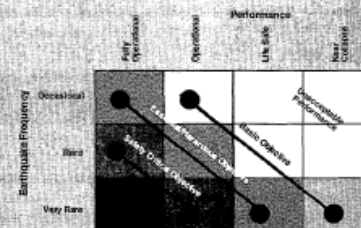
A key to knowing how a building will perform in a given earthquake is having the ability to estimate the damage it will sustain and the consequences of that damage. Current codes do not evaluate a building's performance after the onset of damage. Instead, they obtain compliance with a minimum safety standard by specifying a design which historically has protected life

safety in earthquakes. In some cases, the code may actually be unconservative, if a

building's irregularities are very substantial, or if a higher performance level such as damage control is the desired.

The Concept of Performance Objectives

Recently, the SEAOC Vision 2000 and FEMA 273 projects have described one concept of performance based seismic design. In the chart below, performance is shown on the horizontal axis (with increasing damage to the right) and the severity of earthquake (in terms of frequency) is shown on the vertical axis. Each square represents a *performance objective*: a performance state at a given earthquake intensity. The diagonal lines represent design criteria that an owner might impose on the building. For example, the most cost-effective design for a retail store might be to the "basic" criteria, whereas a high-tech manufacturer may want the reduced risk obtained with the "essential/hazardous" criteria. A local jurisdiction, on the other hand, may require that a hospital meet the "safety critical" criteria.



Source, Vision 2000

La ratio delle linee guida FEMA P-58 è quella di stabilire un nuovo **paradigma comunicativo** tra ingegneri e società, circa la percezione del rischio sismico e delle performance strutturali, per superare l'attuale incomprendione:

- Public perception of expected performance
- Engineer's perception of expected performance



All'origine di questo nuovo strumento metodologico, volto ad integrare gli attuali codici normativi, vi è la consapevolezza che il danno atteso, che può interessare anche gli edifici nuovi, progettati con le attuali norme sismiche americane, spesso non corrisponde alla percezione comune della prestazione sismica.

Scopo della procedura di PBSD di seconda generazione, è allora quello di superare i limiti delle norme tecniche attuali, che definiscono la prestazione strutturale in termini di livelli discreti ...



Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines

Program Plan for New and Existing Buildings

FEMA-445 / August 2006



FEMA



...**D**efiniti con nomi, simili a quelli cui fanno riferimento le nostre norme, che connotano il livello di danno atteso:

- **“Collapse Prevention”**,
(la struttura sostanzialmente non è più utilizzabile)
- **“Life Safety”**,
(la struttura subisce interruzioni d’uso, e occorrono riparazioni)
- **“Immediate Occupancy”**,
(la struttura può non subire interruzioni, ma occorrono riparazioni)
- **“Operational Performance”**,
(la struttura non subisce interruzioni e non richiede riparazioni).

Integrandoli con l’introduzione di nuove misure della prestazione sismica, come:

- **“Repair Costs”**,
(costi di riparazione)
- **“Time of Occupancy Interruption”**,
(tempo d’interruzione dell’esercizio e costi conseguenti)
- **“Casualties”**.
(danni alle persone)

Tutto ciò allo scopo di fornire, mediante apposite procedure implementabili nei calcoli ingegneristici, un quadro di riferimento comprensibile a tutti i soggetti con compiti decisionali riguardo agli interventi edilizi, come proprietari, imprenditori, assicuratori, etc.

The FEMA P-58 Methodology

Development Of Next-Generation Performance-Based Seismic Design Criteria For Buildings

R.O. Hamburger, SE
Project Technical Director

ATC-58 Project
Senior Principal
Simpson Gumpertz & Heger

July 12, 2011



FEMA

Development of Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines



THE PRESENT GENERATION

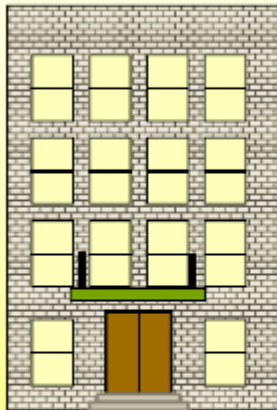


ASCE 31
Seismic Evaluation

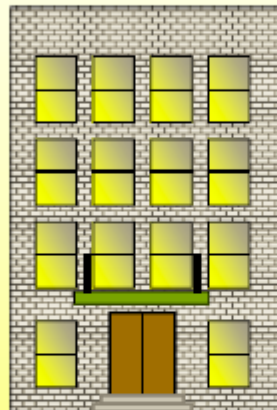


ASCE 41
Seismic Rehabilitation

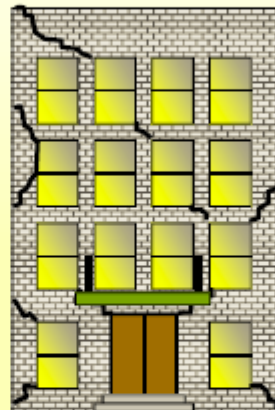
Standard Performance Levels



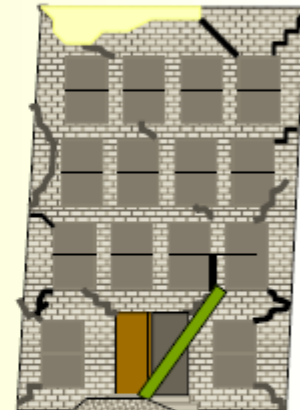
Operational



*Immediate
Occupancy*



*Life
Safety*



*Collapse
Prevention*

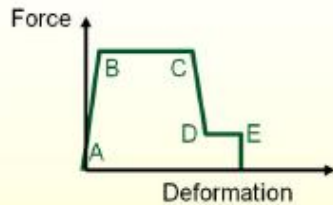


FEMA

Development of Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines



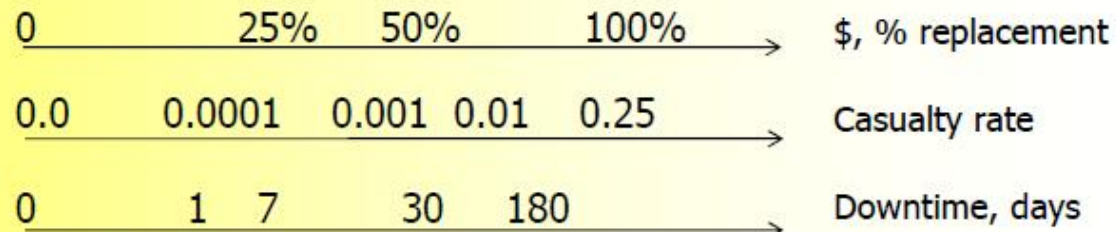
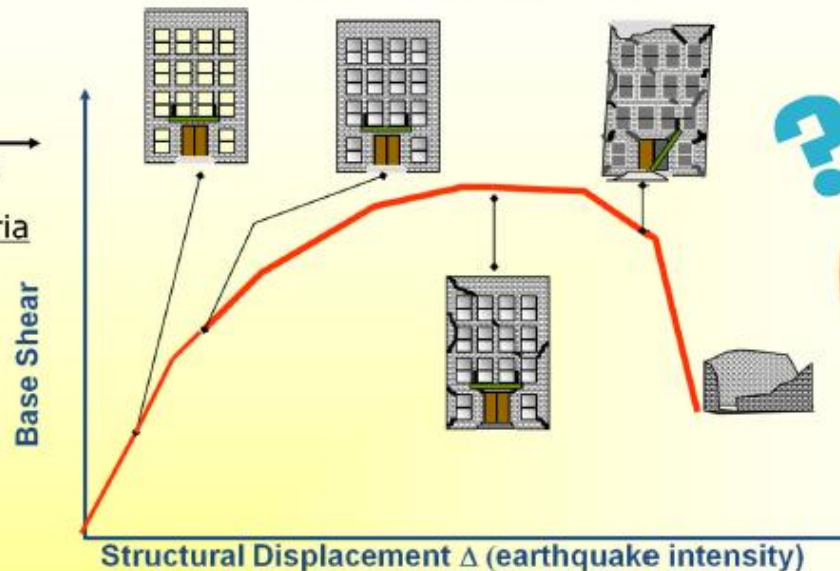
Doesn't Answer Decision-makers' Questions



Acceptance Criteria



Component Tests



Next-Generation Performance-Based Design

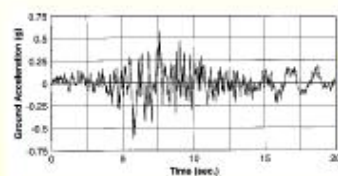
- Probabilistic rather than Deterministic
- The probable consequences of building response to earthquakes, including:
 - Casualties (deaths & serious injuries)
 - Direct economic loss (repair and replacement costs)
 - Indirect economic and social loss (red tags, repair and reoccupancy time)
 - Energy and Carbon consequences of poor performance



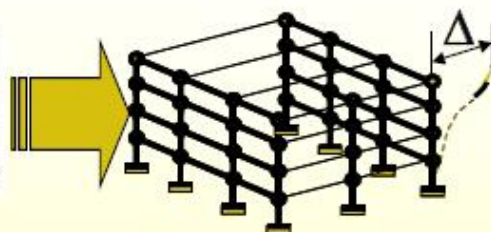
Development of Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines



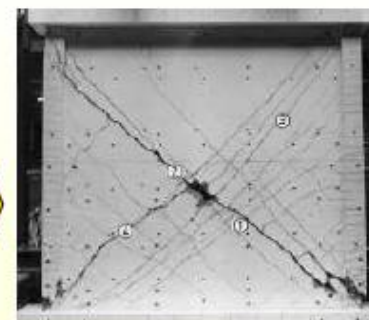
Predicting Performance



Ground Motion



Structural Response



Damage



FEMA

Development of Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines

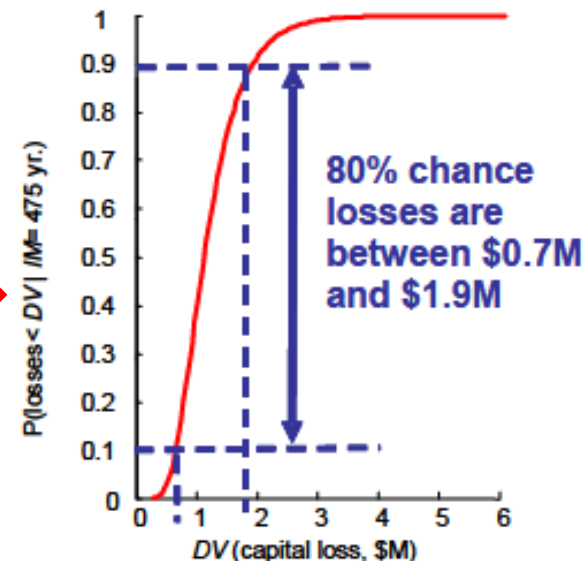
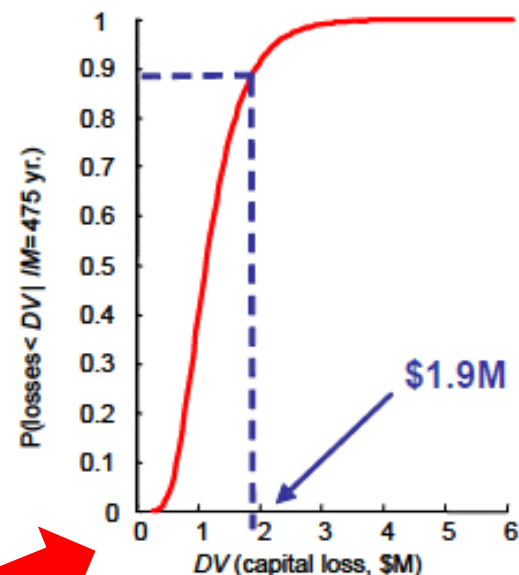


Il PBSD di seconda generazione si configura quindi come una procedura che inizia con la definizione di specifici scenari di rischio sismico, cui corrispondono specifici livelli di azione sismica.

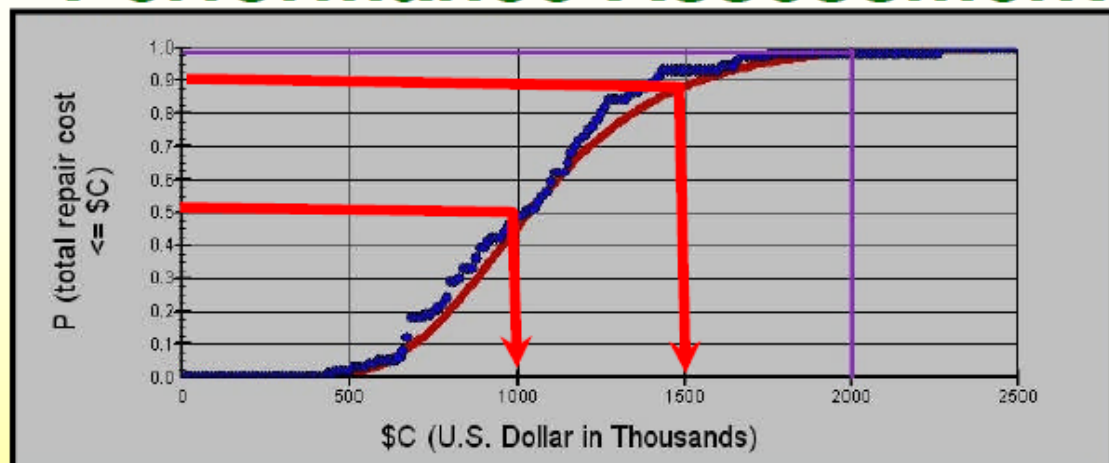
Stima poi la performance e le perdite, sia dirette che indirette, associate sia ai danni strutturali che ai danni non strutturali, esprimendole perlopiù in termini economici.

“Molti proprietari ed imprenditori edili adoperano una misura del rischio sismico nota come Probable Maximum Loss (PML), che nella versione più comune indica la perdita economica con il 90% di non eccedenza (in alto).

Un imprenditore può decidere di investire sulla ristrutturazione di un immobile, oppure di sottoscrivere un'assicurazione, nel caso in cui la PML superi una soglia definita”
(FEMA P-58 Volume 1)

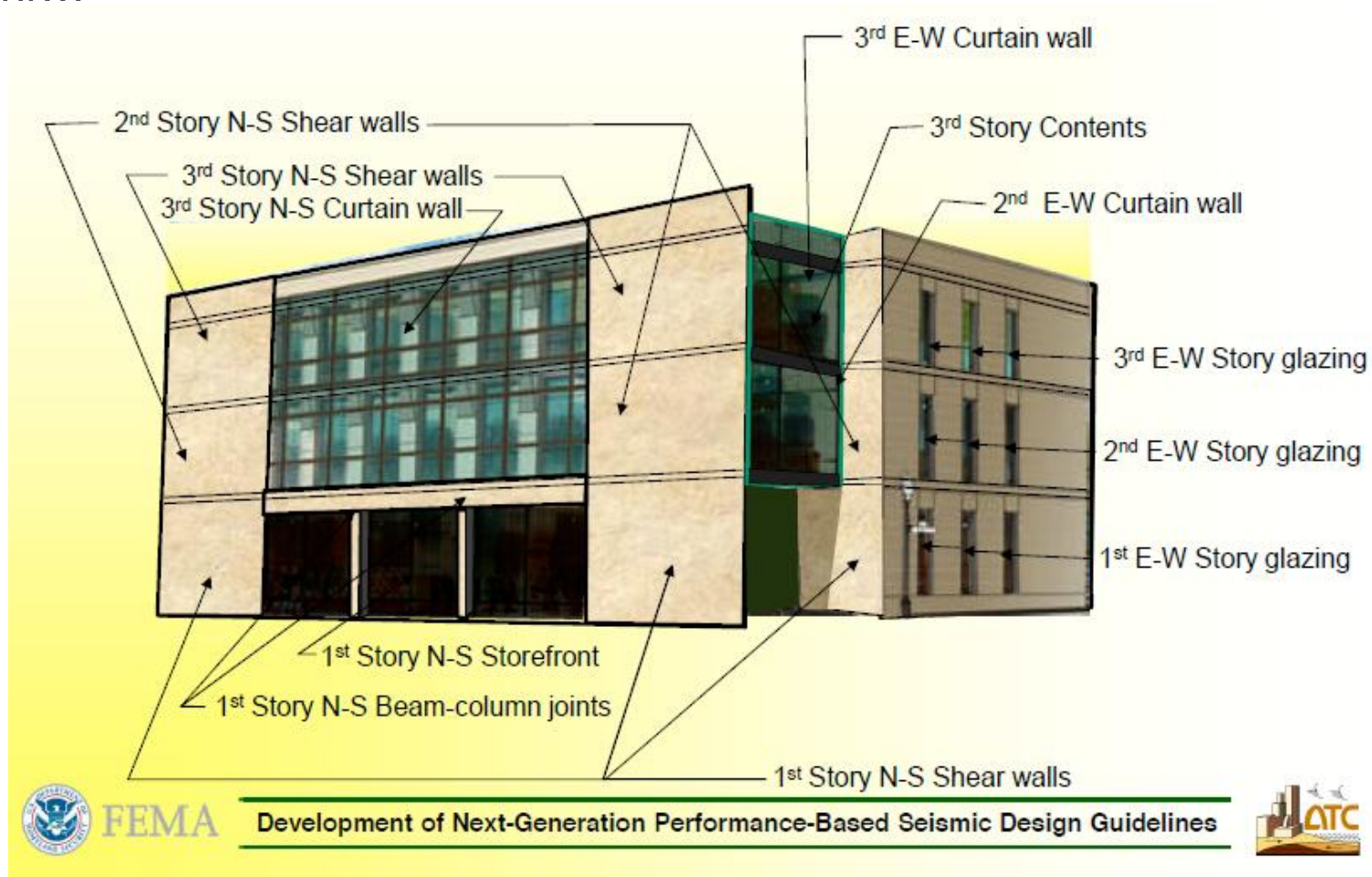


Next-generation Performance Assessment



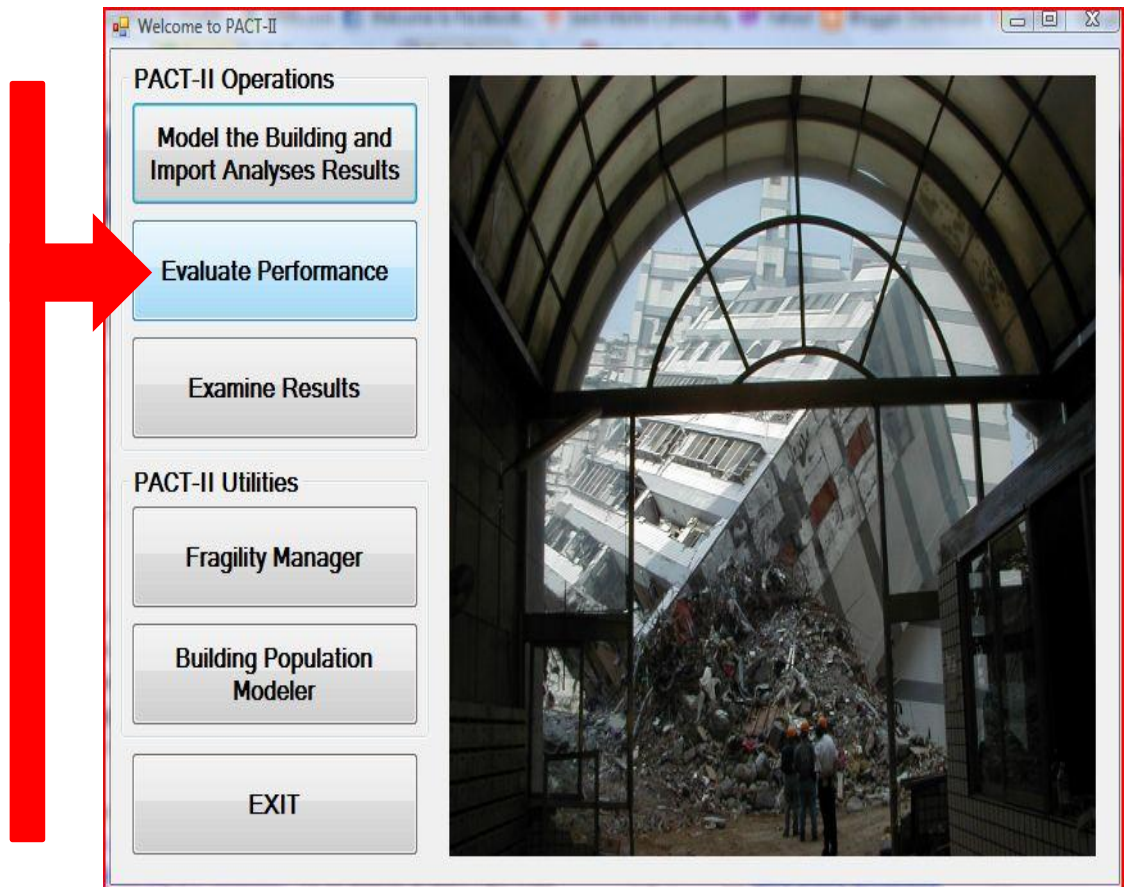
- 50% probability that repair cost will not exceed \$1M
- 90% confident losses will not exceed \$1.5M
- Expected loss is \$1.2M
- Average annual loss is \$50,000/year

Questo strumento opera dunque sui fattori di rischio specifici per ogni fabbricato, tramite l'analisi ingegneristica delle strutture e delle componenti non strutturali, compreso il probabile contenuto, sia in termini di occupanti che di beni...



...Il risultato finale è un quadro complessivo per la definizione del livello di protezione sismica (non inferiore al livello minimo prescritto dalle norme!) accettabile e del relativo costo, in funzione delle specifiche esigenze.

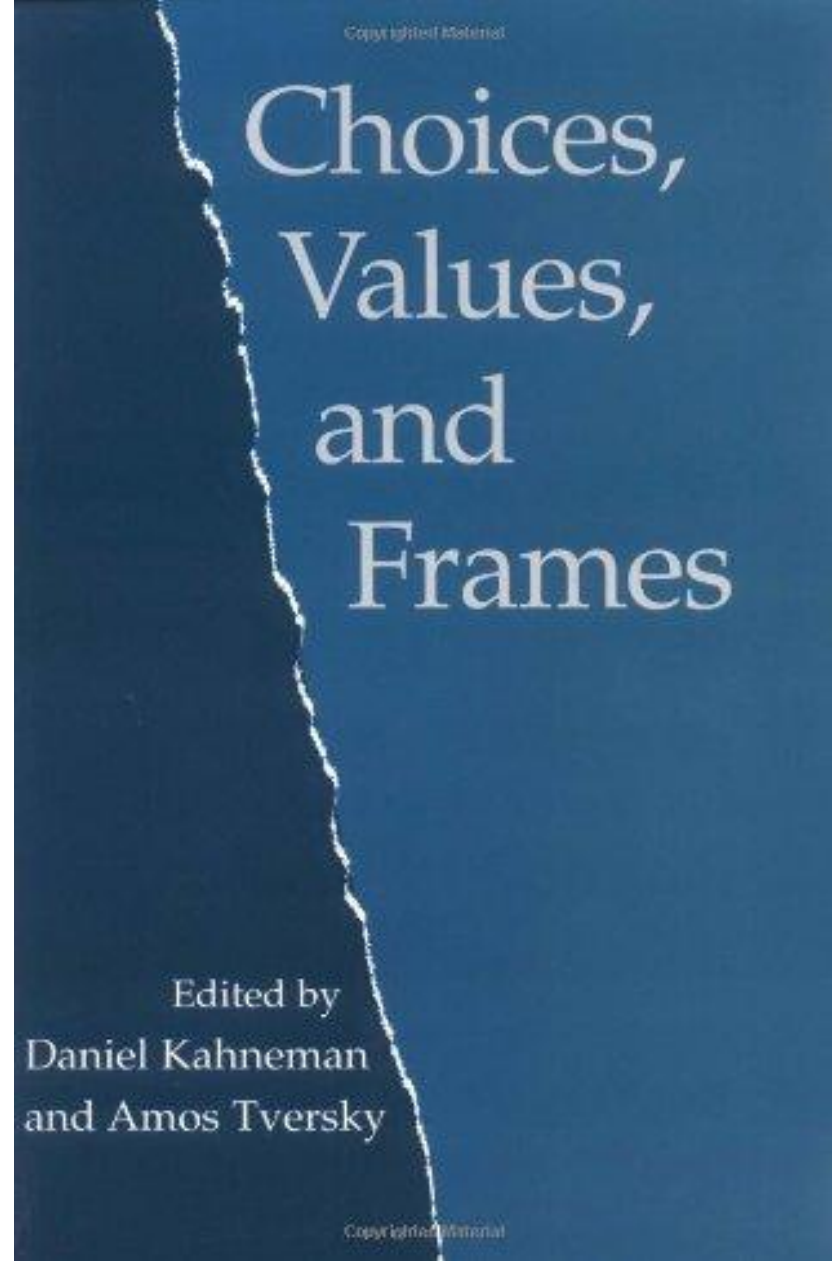
Naturalmente, il metodo e le procedure di calcolo sono dettagliatamente descritti sulle linee guida della FEMA, la quale mette a disposizione anche il programma che implementa gli algoritmi per il calcolo del danno sismico, denominato **Performance Assessment Calculation Tool (P.A.C.T.)**.



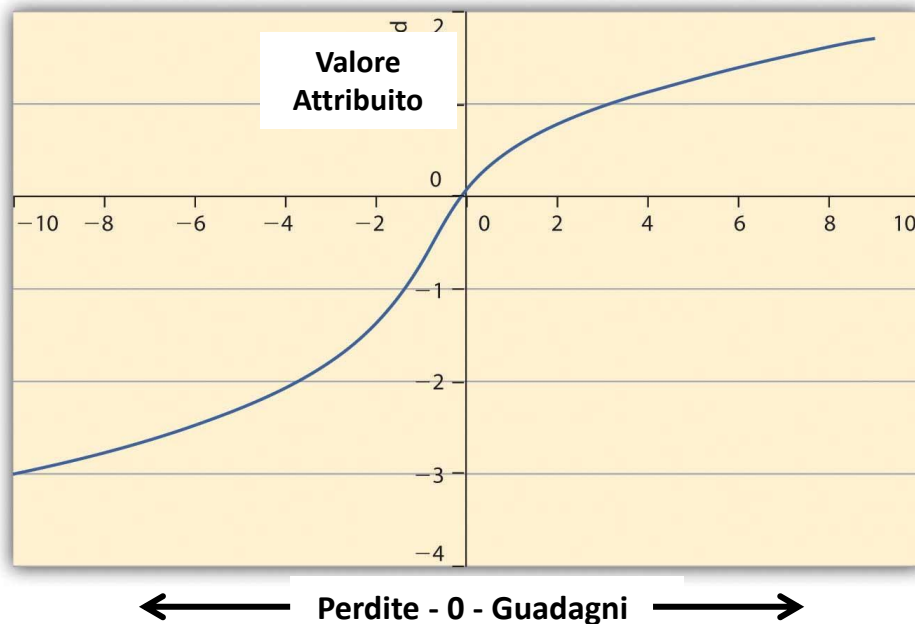
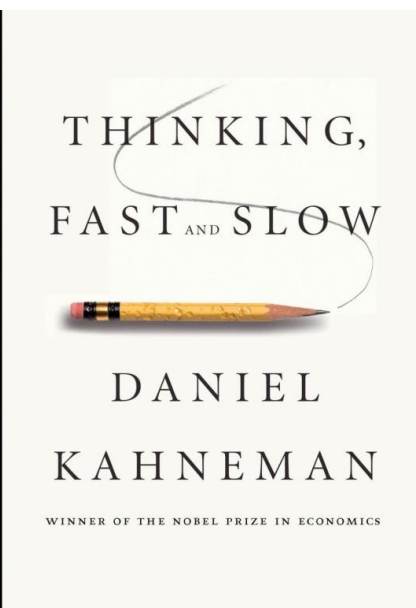
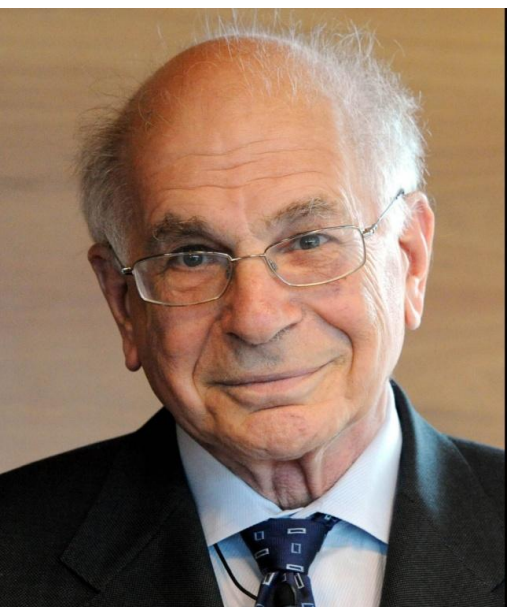
I detrattori di questo imponente lavoro, sostengono che il PBSD sia uno strumento concepito per incrementare i guadagni delle grandi compagnie di assicurazioni, forti di una teoria economica molto accreditata, il cosiddetto “effetto cornice” (framing effect).

Questa teoria, elaborata dai già citati premi Nobel Kahneman e Tversky, spiega come, sebbene le prospettive di rischio siano sempre caratterizzate dai loro possibili risultati e relative probabilità, la medesima opzione possa essere formulata (framed) in vari modi, inducendo comportamenti differenti.

In fondo, anche contrarre una polizza assicurativa si può formulare come una scelta fra una perdita certa e il rischio di una perdita maggiore.



Infatti, poiché le perdite sono più avversive dei costi, la proposta di una polizza assicurativa come costo della protezione sismica, se formulata sulla base di un computo preciso dei danni, diventa sicuramente più attrattiva che in assenza di simili stime.



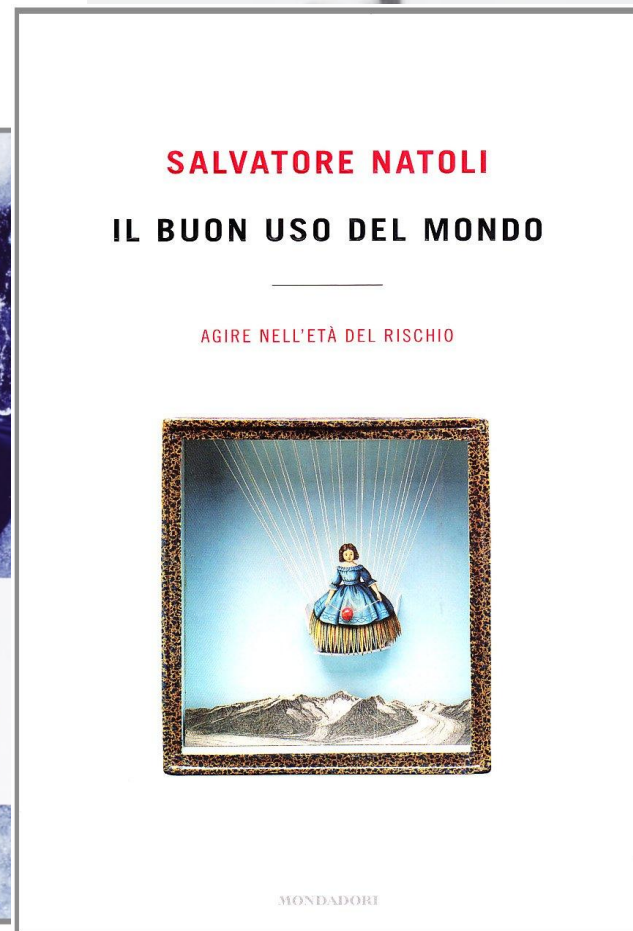
Nonostante le critiche a questo metodo, nel processo di costante aggiornamento delle NTC, non si potrà in futuro non tener conto dell'importante contributo che esso può dare alla mitigazione del rischio sismico, grazie agli strumenti decisionali che è in grado di fornire.

‘La società oggi, come afferma il filosofo Salvatore Natoli, autore di “Il buon uso del mondo – Agire nell’età del rischio”, è in una fase di grande trasformazione: ‘Alla paura – sentimento arcaico, non ancora del tutto spento – è subentrata l’insecuritas. Non tutti e non sempre sono all’altezza dello imprevisto’.

Tra gli imprevisti naturalmente vi sono anche i terremoti, che non sono prevedibili se non tramite formule probabilistiche, poiché la forma del futuro è la forma della probabilità, modalità che è ripartita su tutto ciò che può accadere. Tutte queste riflessioni si riassumono nella formula conclusiva di “rischio”.




Salvatore Natoli
Stare al mondo
Escursioni nel tempo presente



In conclusione i terremoti, tra tutti gli imprevisti che possono colpire la società, sono quelli che più sfuggono alle stime intuitive, come ha dimostrato Buchanan, paragonandoli alle grandi crisi economiche.

Tuttavia la natura, anche nelle sue manifestazioni più drammatiche, si iscrive sempre più nelle decisioni dell'uomo e non le decisioni umane nei fatti della natura. Questo assunto deriva direttamente dalla consapevolezza che il non far niente non esonera affatto dai rischi.

Per questo motivo occorre che le Norme Tecniche per le Costruzioni rendano il rischio sismico più comprensibile. Per questo motivo, devono diventare uno strumento in grado di rendere tutta la società all'altezza del rischio sismico.

Ing. Fabio Lombardini

