

Seismic design guidelines for port structures

*International Navigation Association -
Association Internationale de Navigation*
Working Group No. 34 of the Maritime Navigation
Commission International Navigation Association.
Balkema, 2001, 474 pp.
EUR 82.50

The volume that the International Navigation Association has dedicated to seismic design of port structures represents a very significant contribution towards mitigation of seismic risk in port areas, and proposes with authoritative logic a new approach based on the cumulated experience of international experts on the behaviour of port structures during strong earthquakes around the world.

Ports play a fundamental role in land-sea transport connections, therefore, a long-term or complete loss of serviceability of port structures and facilities, due to seismic events, can be devastating for the life of a territory. Recent earthquakes, occurred in the 1990s (Los Angeles, USA, 1994; Kobe, Japan, 1995; Kocaeli, Turkey, 1999; Taiwan, 1999), have shown that harbours are often one of the worst affected areas. Although constructed in a natural environment, ports are highly man-made and built systems, with waterfront structures, often embedded on loose or soft soils, or constructed with granular materials (quay walls, dolphins, breakwaters, fillings, and also isles), which during earthquakes can collapse or undergo large seaward displacements, settlements or tilts, so becoming unserviceable. Also areas of low seismicity have historically experienced very severe damages. In Italy, many documents describe collapses, large uneven settlements and tilting of port structures, as well as the social and economic impacts of damages produced, for instance, in the harbour of Rimini by the 1672 earthquake, in the port of Messina by the earthquake occurred in 1783, etc., and old prints testimony such catastrophic effects.

The observation of recent earthquake-induced damages raised many questions regarding the adequacy of seismic conventional design concept and its practice around the world. Therefore, in 1997 the International Navigation Association formed a working group of internationally recognised experts from various countries (Canada, Europe, Japan, U.S.A.) to focus international attention on damaging effects of earthquakes and to study the possibility to minimise earthquake damages worldwide through a more diffuse application of advanced procedures and emerging technologies. The book is the final product of the research carried out

by this international team, co-ordinated by Susumu Iai, and cumulates the experience on the performance of port structures of earthquake engineering researchers and consultants, involved with port design and repair.

The intent of the book is to establish the framework for a new design approach that overcomes the limitations inherent in conventional design. But the text offers coverage far beyond its primary scope. In addition to a comprehensive treatment of the main subject and to the necessary background to consult more advanced papers and books on associated topics, it offers abundant information on design practice world-wide, by presenting case histories, codes and provisions, techniques for the remediation of liquefiable soils, repair interventions, etc. Moreover, the book presents also a thorough state of the art in various sectors of Soil Dynamics - as well as of Seismology and Structural Engineering -, which are of primary interest for the design and the repairing of port structures.

The book (474 pages) is composed of a main text (73 pages), which provides a guideline to seismic design of port structures, and eight technical commentaries, that make available more information on broad subjects related to the main body of the book, and precisely: existing codes and guidelines (TC1); case histories (TC2); earthquake motion (TC3); geotechnical characterisation (TC4); structural design aspects of pile-deck-systems (TC5); remediation of liquefiable soils (TC6); analysis methods (TC7); examples of seismic performance evaluations (TC8).

Whereas the main text is designed to develop the various topics in a logical sequence and to give them coherence, the commentaries are thought to be a thorough reference guide to practising engineers faced with construction or remediation of port structures and facilities, or with soil improvement. With the objective to familiarise the reader to methods and parameters, also detailed numerical examples are presented and discussed.

Main text and commentaries form a unique coherent book, but the subdivision in a main body and associated issues makes the text more flexible and easier to use. The main text enables reader to lay

out the most direct route to his objective without digressing into interesting but only loosely related side issues, that, however, if necessary, are readily available.

In the main text, after a brief opening in Chapter I, in order to introduce the reader to the possible effects of earthquakes in port structures, abundant examples drawn from recent seismic events of failures and losses of serviceability due to earthquake motion, liquefaction and tsunamis, are given (Chapter II). By starting from the observation that deformation is a key parameter and that conventional limit equilibrium-based methods are not able to take it into account, in Chapter III the new performance-based design philosophy for the analysis of typical port structures (gravity quay walls, sheet pile quay walls, pile supported wharves, breakwaters, etc.) is presented. Performance-based design is an emerging approach, born from the lessons learned from earthquakes occurred in the 1990s, centred on the specification of acceptable level of damage in relation to ground shaking level. According to this methodology, the first requirement in port structures design, is that reference earthquake motions must be clearly defined. Then, corresponding acceptable levels of structural damage must be precisely identified. The text indicates two typical reference earthquake motions for the design of port structures: a ground shaking (generally of medium intensity) likely to occur during the life-span of the structure (level 1), and a strong ground shaking associated with infrequent rare seismic event, (level 2). Four levels of damage are indicated: Degree I: minor or no damage (after the earthquake the structure is serviceable or with little loss of serviceability); Degree II: controlled damage (the structure is repairable and with short-term loss of serviceability); Degree III: extensive damage in near collapse (near collapse with long-term or complete loss of serviceability); Degree IV: complete loss of structure (collapse with complete loss of serviceability).

For the design of port structures, acceptable damage must be specified in terms of engineering parameters (displacements, limit states, ductility factor, etc).

In Chapter IV, the qualitative guidelines for establishing damage criteria according to the specific needs are described, and the parameters for specifying damage criteria based on the serviceability requirements, as well as the tolerance parameters for ordinary maintenance, are indicated. Reference is

made to typical quay walls, wharves and breakwaters, and their typical deformation/failure modes during earthquakes are presented.

Finally, in Chapter V, the three main steps of the seismic analysis of port structures (assessment of the regional seismicity, geotechnical hazards and soil-structure interaction analysis) and the main features of the various design methods are briefly synthesised.

Even if only qualitatively, in the main text the principles and the procedures for the design port structures are treated comprehensively and accurately. For quantitative analyses, reader is addressed to other specific commentaries, which provide an excellent presentation of structural design aspects of pile-deck systems (TC5) and of available analysis methods of port structures (TC7). According to the level of sophistication and always keeping the reader in mind, TC7 provides charts, empirical relationships, criteria for evaluating stresses, strains, permanent displacements, ductility limits, etc. and is completed by the following technical commentary (TC8), which illustrates the application of the various procedures outlined to five hypothetical design examples, so helping reader to better understand and choose the appropriate method and parameters for performance-based seismic design.

Also the other technical commentaries treat in exemplar manner the inherently interesting issues associated to port structure design, by providing abundant and skilled information, that, although, of course, not necessarily original, is always updated, accurate and stimulating. Seismological, geotechnical and structural aspects are covered in great detail and the interdependence between the various aspects is well evidenced.

The style of presentation is appropriate, simple, clear, direct, orderly and catches reader's attention and interest. The illustrations are always a functional working part of the text, and are clear, consistent and of superior quality.

For all these reasons, the book represents a basic, comprehensive and very significant reference for all engineers, specialist or not, researchers, students and port authorities interested to become more familiarised with the subject of seismic performance and design of port and harbour structures and other associated issues.

Teresa Crespellani

Seismic design guidelines for port structures

International Navigation Association -
Association Internationale de Navigation
Working Group No. 34 of the Maritime Navigation
Commission International Navigation Association.
Balkema, 2001, 474 pp.
EUR 82.50

Il volume, che l'International Navigation Association ha dedicato alla progettazione delle strutture portuali nelle zone sismiche, rappresenta un contributo fondamentale alla riduzione del rischio sismico nelle aree portuali, proponendo con logica sicura una nuova metodologia di approccio basata sull'esperienza cumulata da esperti di tutti il mondo sul comportamento delle opere portuali durante i terremoti forti.

Come ben noto, i porti svolgono una funzione fondamentale nella rete di connessioni dei trasporti terra-acqua, perciò il collasso totale o anche una pesante riduzione di funzionalità delle strutture portuali a seguito di terremoti forti può essere un fatto devastante nella vita di un territorio.

Alcuni recenti terremoti occorsi negli anni '90 (Los Angeles, USA, 1994; Kobe, Giappone, 1995; Kokaeli, Turchia, 1999; Taiwan, 1999) hanno mostrato che le aree portuali sono tra le più vulnerabili. Infatti, benché inseriti in contesti naturali, i porti sono sistemi altamente artificiali e molto esposti alle azioni sismiche, per la presenza di strutture (banchine, moli, pontili, riempimenti, talora isole) a stretto contatto con l'acqua, spesso fondate su terreni sciolti o soffici, o costruite con materiali granulari, che durante i terremoti distruttivi, possono avere collassi parziali o generalizzati o andare soggetti a elevati spostamenti orizzontali, cedimenti, ribaltamenti, ecc. che determinano perdite parziali o totali di funzionalità.

Anche zone di bassa e media sismicità hanno sperimentato gli effetti catastrofici dei terremoti nelle strutture portuali. In Italia, vi sono molti documenti che descrivono gli impatti economici e sociali conseguenti ai danni indotti anche da terremoti non particolarmente forti, e alcune stampe illustrano gli effetti del terremoto di Rimini del 1672, del terremoto di Messina del 1783, ecc. mostrando rotture del terreno, cedimenti di moli e banchine, e ribaltamenti di strutture portuali.

L'osservazione del comportamento delle opere portuali durante i terremoti sopra menzionati ha fatto sorgere molti interrogativi sull'adeguatezza dei criteri di progettazione sismica convenzionale e sulla corrispondente pratica ingegneristica nel mondo. Perciò, nel 1997, l'International Navigation Association ha formato un gruppo di lavoro composto da ricercatori di vari paesi (Canada, Europa, Giappone, USA) per focalizzare l'attenzione internazionale sugli effetti prodotti dai

terremoti nelle aree portuali e per studiare l'applicabilità e una più estesa diffusione nel mondo di procedure e di tecnologie avanzate per ridurre i danni. Il libro è il prodotto finale di questa ricerca, condotta da un gruppo di esperti internazionalmente riconosciuti, coordinato da Susumu Iai. Perciò il libro accumula l'esperienza di molti ricercatori ed ingegneri specificamente esperti nel settore della costruzione e del ripristino delle strutture portuali.

L'intento del libro è quello di stabilire le basi per un nuovo approccio che superi i limiti inerenti ai metodi di calcolo convenzionale pseudostatico. Ma il libro va oltre il suo obiettivo primario, dal momento che, oltre ad un esauriente trattazione del tema principale e ai riferimenti necessari per una più ampia consultazione di testi e memorie specialistiche su temi associati, offre un'abbondante informazione sulla progettazione delle opere portuali nel mondo, sulle normative sismiche mondiali specifiche, sugli effetti dei terremoti osservati, sulle tecniche di miglioramento dei terreni liquefacibili, ecc. Inoltre presenta uno stato dell'arte di vari settori della Dinamica dei Terreni - come pure della Sismologia e dell'Ingegneria Strutturale - di primario interesse per la progettazione delle opere portuali.

Il libro (di complessive 474 pagine) è composto di un testo principale (di 73 pagine), che fornisce una guida alla progettazione delle strutture portuali, e di otto commentari tecnici, che sviluppano un ampio campo di argomenti associati al testo principale, e precisamente: regolamenti e raccomandazioni (TC1); case histories (TC2); moti sismici (TC3); caratterizzazione geotecnica (TC4); progettazione strutturale di banchine su pali (TC5); miglioramento dei terreni liquefacibili (TC6); metodi di analisi (TC7); esempi di calcolo di strutture portuali (TC8).

Mentre il testo principale è stato pensato per sviluppare in logica sequenza i temi della progettazione e per dar loro coerenza, i commentari tecnici sono stati organizzati in modo da costituire una guida di riferimento approfondito per gli ingegneri che devono affrontare praticamente problemi di progettazione, costruzione e ripristino di opere portuali. Con l'obiettivo di familiarizzare il lettore con metodi e parametri, vengono forniti anche dei dettagliati esempi numerici.

Il testo principale e i commentari tecnici formano un unico corpo coerente, ma la suddivisione tra argomento principale e questioni associate, rende il libro più flessibile e di più agevole uso. Il testo principale permette al lettore di trovare la strada più diretta per raggiungere il suo obiettivo, senza digressioni su argomenti che quantunque interessanti sono a latere (e che, tuttavia, se necessario, sono a portata di mano).

Il testo principale è suddiviso in cinque capitoli. Dopo la breve introduzione generale del Capitolo I ai problemi delle aree portuali che ricadono in zona sismica, allo scopo di introdurre il lettore alla natura degli effetti sismici nelle opere portuali, vengono presentati abbondanti esempi di collassi e di perdite di funzionalità di opere danneggiate da recenti terremoti distruttivi.

Partendo dalla constatazione che le deformazioni costituiscono un parametro chiave nella progettazione delle opere portuali e che i metodi convenzionali basati sull'equilibrio limite non ne tengono in conto, nel Capitolo III viene esposta nelle sue linee generali la filosofia del nuovo approccio per la progettazione delle opere portuali (cassoni a gravità, diaframmi, banchine su pali, moli, ecc.), basato sul comportamento della struttura (definito in termini di sforzi, deformazioni, spostamenti) anziché, come nel metodo convenzionale, sul confronto tra azione sismica e azione resistente. Nato dalle lezioni apprese dai terremoti avvenuti negli anni '90, il nuovo approccio è centrato sul concetto di 'rischio accettabile', cioè sulla specificazione del livello di danno che può essere accettato in relazione al livello della scossa sismica attesa. Il primo punto da stabilire è quindi il livello della scossa sismica attesa, e il testo indica due tipici livelli di scossa sismica da considerare: il primo è quello di una scossa sismica che è probabile che avvenga nell'arco di vita della struttura (level I), il secondo è quello di una forte scossa associata ad un evento raro e infrequente. Vengono indicati quattro livelli di danno: Grado I: nessun danno o danno molto ridotto (dopo il terremoto la struttura continua ad essere efficiente o ha solo una piccola perdita di funzionalità); Grado II: danno controllato (la struttura è riparabile e solo nel breve periodo ha una perdita di funzionalità); Grado III: danno esteso nelle zone prossime all'area di collasso (con perdite di funzionalità nel lungo periodo parziali o complete nell'area di collasso); Grado IV: collasso completo della struttura (collasso con completa perdita di funzionalità). Il danno accettabile deve essere specificato in termini di parametri ingegneristici (spostamenti, stati limiti, fattori di duttilità, ecc.). Nel Capitolo IV vengono fornite le linee guida per stabilire i criteri di danno accettabile per le diverse specifiche finalità come pure i limiti di tolleranza per l'ordinaria manutenzione, facendo riferimento ai vari tipi di opere e ai loro modi di collasso e di deformazione durante i terremoti.

Infine nel Capitolo V, vengono brevemente descritti i tre principali passi dell'analisi sismica delle strutture

(analisi della sismicità regionale, della pericolosità locale, e dell'interazione terreno-struttura) e i vari metodi di analisi.

Anche se solo qualitativamente, il testo principale presenta in modo completo e accurato i principi fondamentali e le procedure, rimandando per le analisi quantitative ai commentari tecnici TC5 e TC7, che trattano rispettivamente dell'analisi delle banchine di attracco fondate su pali e dei metodi di analisi delle varie strutture portuali. A seconda del livello di approfondimento, e sempre tenendo presenti i problemi del lettore, il TC7 fornisce carte, relazioni empiriche e criteri pratici per valutare sforzi, deformazioni, spostamenti permanenti, limiti di duttilità, ecc., ed è completato dal successivo commentario TC8, che, illustra, con esempi numerici, l'applicazione delle varie procedure a cinque ipotetici casi, così aiutando concretamente il lettore a meglio comprendere e scegliere il metodo e i parametri più appropriati per la valutazione del comportamento sismico dell'opera di suo interesse.

Anche gli altri commentari trattano in maniera esemplare questioni associate al tema della progettazione delle opere portuali e di grande interesse ingegneristico, fornendo abbondanti e specialistiche informazioni, che, sebbene, come ovvio, non originali, sono però aggiornate e presentate in modo accurato e stimolante. Gli aspetti sismologici, geotecnici e strutturali sono trattati in grande dettaglio e le interconnessioni tra i vari aspetti sono bene evidenziate.

Lo stile di presentazione è appropriato, semplice, chiaro, ordinato e attraente. Le illustrazioni sono sempre funzionali al testo, chiare, esaustive e di qualità superiore.

Per tutte queste ragioni, il libro rappresenta un riferimento fondamentale, completo e di grande rilievo per tutti gli ingegneri, specialisti e non, ricercatori, studenti, funzionari delle amministrazioni interessati al tema del comportamento sismico e della progettazione delle strutture portuali e degli argomenti ad essa associati.

Teresa Crespellani