

R e c e n s i o n i

Le norme sismiche della Germania occidentale

In: « *Earthquake resistant regulations. A world list 1963* ». A cura dell'Associazione Internazionale di Ingegneria Sismica. Tokyo, 1963.

Le disposizioni di legge (Richtlinien) per le costruzioni nelle zone sismiche tedesche (Bauten in deutschen Erdbebengebieten) relative al dimensionamento (Bemessungen) ed alla esecuzione (Ausführung) sono contenute nelle DIN 4149 del luglio 1957 (DK 624.042.7: 351.78, Deutsche Normen), le quali applicano anche le precedenti norme, riguardanti costruzioni, materiali, strutture in genere: DIN 1045, 1050, 1053, 1054, 1055, 1056, 1072, 1971 e 4227.

Le presenti norme sismiche sono suddivise in 7 parti: 1) territori nei quali sono da applicare le norme; 2) elementi per i calcoli di stabilità; 3) fondazioni; 4) tipi di costruzioni; 5) carichi ammissibili; 6) principi costruttivi; 7) le aree sismiche della Germania.

1. - Zone di applicazione delle norme (Geltungsreich).

Le norme (Richtlinien) hanno vigore (gelten) nelle zone (territori) sismiche (Erdbebengebieten) indicate in una cartina allegata alle norme (ma che qui non si riporta) nella quale si distinguono due (categorie di) zone, l'una delle zone più fortemente minacciate (gefährdete) dai terremoti e l'altra di meno. Nelle zone di I categoria, in base alle esperienze sismologiche bisogna prevedere (ist zu rechnen) terremoti sino al grado VIII della scala MERCALLI-SIEBERG (v. Tab. 1); nelle zone di II categoria, invece, sino al grado VII.

La cartina è provvista di spiegazioni (conviene però consultare l'edizione originale nel fascicolo delle Norme, DIN 4149).

2. - Basi per calcoli di stabilità (Grundlagen Für die Berechnung der Standfestigkeit).

Le scosse sismiche generano nelle singole parti delle costruzioni delle accelerazioni orizzontali (waage-

TABELLA I.

La scala degli effetti sismici Mercalli-Sieberg semplificata (allegata alle Norme DIN 4149) ⁽¹⁾

<i>Caratteristiche</i>	<i>Grado</i>	
Avvertito soltanto per via strumentale	I	
Percepito {	sporadicamente, in calma, ai piani superiori	II
	da pochi, nelle case	III
	da molti nelle case, da pochi all'aperto	IV
	da tutti, nelle case ed all'aperto	V
	Risveglio di dormienti {	casi singoli
	numerosi	V
Fuga {	di qualcuno	IV
	di molti	V
Tintinnare (Klirren) delle finestre, sbattere (Krachen) di porte ecc.	IV	
Oscillazione degli oggetti liberamente sospesi	V	
Suono di campane {	negli orologi ⁽²⁾	V
	piccole ⁽³⁾	VI
	grandi	VII
Caduta di oggetti {	singoli e piccoli	V
	numerosi e grandi	VI
Caduta di tegole (Dachpfannen), di camini {	alcuni casi sporadicamente	VI
	numerosi casi	VII
<i>Nelle costruzioni in muratura di pietrame (Steinbauten) ordinarie (übliche).</i>		
Danni {	alcuni, lievi	VI
	moderati, numerosi	VII
Dissesti (Zerstörungen) della maggior parte del singolo edificio {	in più di un quarto di tutti gli edifici	VIII
	in più della metà di tutti gli edifici	IX
	in tutti gli edifici	X
Crolli {	di qualche edificio	VIII
	di più di un quarto di tutti gli edifici	IX
	di più della metà di tutti gli edifici	X
	di tutti gli edifici	XI
Crollo di tutte le costruzioni di qualsiasi genere sino alle fondazioni	XII	

⁽¹⁾ È la Scala Mercalli modificata da SIEBERG per tener conto anche di tipi di costruzione usati in altre regioni diverse da quelle nostre, nelle quali il Mercalli studiò gli effetti dei terremoti.

⁽²⁾ La spira degli orologi a pendolo vibra.

⁽³⁾ Campane dei campanili.

rechte) e verticali (senkrechte). Quelle verticali (sia verso l'alto, che verso il basso) costituiscono di regola soltanto delle piccole frazioni dell'accelerazione di gravità e, pertanto, possono essere trascurate nei calcoli di stabilità. Le accelerazioni orizzontali, invece, possono creare delle notevoli forze addizionali (Zusatzkräfte) e con ciò dei danni alle strutture. Il valore (das Mass) della forza addizionale orizzontale da considerare nel caso di un terremoto è l'indice di scuotimento (Erschütterungszahl):

$$\varepsilon = \frac{p}{g}$$

in cui p = l'accelerazione sismica orizzontale massima e
 g = l'accelerazione di gravità (Fallbeschleunigung).

L'indice di scuotimento deve essere scelto secondo la natura del terreno di fondazione.

Nella zona sismica I, per i terreni previsti dalle DIN 1054, articolo (Abschnitt) 4.21 (vedi Appendice e tabella 2 acclusa), per tutte le costruzioni (Bauten), ad eccezione degli edifici con più di cinque piani « completi » (Vollgeschossen) e degli edifici a forma di torre, secondo DIN 1055 foglio (Blatt) 4, art. 18, bisogna assumere (einzusetzen) i seguenti indici:

- a) per rocce lapidee, ghiaia, sabbia a grana grossa, terreni « duri » coerenti (bindigen) $\varepsilon = 5 \%$;
- b) per sabbia a grana media, sabbia a grana fina, terreni coerenti semi-solidi $\varepsilon = 7,5\%$;
- c) per terreni di una certa consistenza, ma ancora alquanto plastici (steifen bindigen Böden) e nel caso di fondazione con pali $\varepsilon = 10 \%$.

Su tutti gli altri terreni, compresi quelli di riporto non costipati artificialmente, si può costruire soltanto con particolari misure di precauzione: così pure nel caso di strutture (Bauwerken) su pendii (Hängen).

Per le zone sismiche di II categoria si debbono assumere valori metà di quelli indicati per la I categoria. Con terreni dei tipi indicati in a) nelle zone sismiche di II categoria si può fare a meno della verifica (dal punto di vista sismico).

Per tener conto dell'influenza delle oscillazioni, per gli edifici a sei e più piani « completi » (Vollgeschossen) e per le strutture a forma di torre (DIN 1055, f. 4, art. 18), bisogna raddoppiare i valori di ε . Anche nelle zone sismiche di II ε non deve essere minore del 5 %.

Per tutti i carichi verticali Q bisogna applicare delle forze orizzontali supplementari

$$Z = \varepsilon Q$$

che possono agire in ogni direzione nel piano orizzontale. I carichi verticali Q devono essere applicati nel loro intero valore, se sono quelli del peso proprio. I carichi del traffico (?Verkehrslasten) ed il carico del vento (Windlast), invece, devono essere applicati soltanto per la metà dei valori prescritti dalle DIN 1055, f. 3 e 4. Per i serbatoi d'acqua (Wassertürme)

nel calcolo delle forze addizionali orizzontali bisogna considerare il serbatoio pieno (il Behälterfüllung).

Nel calcolo della spinta delle terre i valori di cui le DIN 1055, f. 1, debbono essere aumentati del 25 %.

Se per le costruzioni fuori terra (Hochbauten) in vista della protezione antiaerea (baulicher Luftschutz), al posto dei carichi dovuti alla spinta del vento (Windlasten) nel calcolo statico si introducono dei carichi orizzontali di sostituzione (Ersatzlasten) più alti, bisogna esaminare caso per caso, se tale carico orizzontale di sostituzione, da applicare in vista della protezione antiaerea per l'intera struttura, risulta più grande o più piccolo della forza addizionale orizzontale da applicare per l'intera costruzione, in base all'indice di scuotimento (ε). Nel primo caso si può rinunciare ad un calcolo del pericolo sismico per la struttura.

3. - Terreno di fondazione (Baugrund).

Le condizioni sfavorevoli del terreno di fondazione aumentano notevolmente il pericolo dei terremoti per cui vedi anche comma (Abschnitte) 2. Nel caso di dubbi, è consigliabile chiedere il parere (gutachtliche Ausserung) agli uffici del Servizio Sismologico (Erdbebendienstes), agli istituti geologici, ed anche agli istituti riconosciuti per i problemi di fondazione. Tale parere dovrebbe essere richiesto sempre (in ogni caso):

— prima della progettazione di edifici (Gebäuden) pubblici (öffentlichen) di ogni genere; di costruzioni industriali;

— di edifici con addensamenti di persone (grösseren Menschenansammlungen) (grattacieli, alberghi, chiese, teatri, grandi magazzini, ecc.);

— di torri, serbatoi alti, ciminiere di fabbriche (Fabrikschornstein);

— di costruzioni di ponti, gallerie, muri di sostegno e di rinforzo (Futtermauern), canali, impianti di sbarramento (Stauanlagen), dighe (Talsperren), centrali idroelettriche ed altri manufatti dell'ingegneria civile (Ingenieurbauten);

— prima di redigere (Aufstellung) piani regolatori (Bebauungsplänen) e durante la scelta (Festsetzung) di tracciati di ferrovie, strade, canali e acquedotti più importanti;

— prima della progettazione di costruzioni sui terreni, sui quali, giusta il comma 2, è permesso costruire soltanto con l'osservazione di particolari precauzioni;

— prima della progettazione di costruzioni su pendii.

Sono da evitare:

a) fondazioni su terreni sciolti non addensati (locker gelagerten Böden), specialmente nell'acqua freatica;

b) fondazioni (di una stessa costruzione) su terreni costituiti da più tipi di rocce;

c) fondazioni di una costruzione al di sopra di una « fagliazione » (spostamento di zolle, Schollenverschiebung) tuttora attiva (noch fortlebend), il cui effetto può giungere sino alla superficie.

Se non si può evitare la fondazione su un terreno costituito da diverse rocce, bisogna creare, mediante

giunti (Fugen), dei corpi di fabbrica indipendenti, completamente separati l'uno dall'altro, ciascuno fondato su un unico e solo tipo di roccia.

Se ad una profondità raggiungibile si trova roccia solida con uno spessore sufficiente, per ridurre l'indice di scuotimento (ϵ) può convenire di spingere la fondazione sino ad essa.

Le condutture di approvvigionamento, specie le condutture d'acqua e del gas, devono essere disposte, se ciò è realizzabile dal punto di vista economico, nel terreno naturale (gewachsen) e non in quello di riporto (aufgeschüttet).

4. - Tipo di costruzione.

Nella zona di I categoria, per gli edifici d'abitazione in muratura, l'altezza deve possibilmente essere limitata a tre piani completi e nella zona sismica II a cinque, premessa l'osservanza dei principi costruttivi, di cui l'articolo 6.04. Come malta bisogna adoperare almeno malta del gruppo II delle DIN 1053. Per gli edifici pubblici di ogni genere, specialmente scuole, come pure per i grandi magazzini, i grattacieli e gli stabilimenti industriali è consigliabile eseguire le parti portanti in cemento armato, acciaio o in muratura armata (bewehrtem Mauerwerk).

5. - Carichi unitari (Spannungen) ammissibili (zulässige).

Se le forze addizionali orizzontali, prescritte dal comma 2, vengono introdotte nel calcolo statico, i carichi ammissibili, voluti dalle vigenti norme per tutti i materiali di costruzione, eccezion fatta per l'acciaio, cemento armato e precompresso (Spannbe-ton), possono essere aumentati del 50 %. Per l'acciaio, compreso anche quello di armatura del calcestruzzo (Betonstahl), valgono le tensioni indicate in DIN 1055, foglio 3, comma 7.421. Per il cemento armato i carichi unitari ammissibili del cemento possono essere aumentati del 100 %, rispetto ai valori della DIN 1045. Per il cemento precompresso bisogna provare la sicurezza alla rottura (Bruchsicherheit), secondo DIN 4227, comma 12, nel caso della sovrapposizione più sfavorevole delle sollecitazioni: precompressione (Vorspannung) + contrazione (Schwinden) e snervamento (? Kriechen) + carico addizionale in seguito all'effetto sismico + 1,25 volte il carico permanente, carico del traffico (? Verkehrs-last) e la temperatura.

Nel caso di muratura armata i carichi ammissibili possono essere aumentati del 100 %, rispetto ai valori di cui le DIN 1053.

Le pressioni ammissibili sul terreno ed i carichi sui pali, indicati nelle DIN 1054, possono essere superati del 50 %, quando si introducono i carichi addizionali.

Seguono le modalità da seguire per tener conto dei vari tipi di carichi con richiami ai casi di alti camini, carichi eccentrici, azioni contemporanee del vento e del sisma ecc. Queste modalità non si riportano qui.

6. - Principi costruttivi (konstruktive Grundsätze).

Come nel calcolo statico si provvede con l'introduzione dell'indice di scuotimento, così anche nella tecnica costruttiva (Durchbildung) bisogna prevedere tutte le misure che assicurino un'alta rigidità laterale (Seitensteifigkeit) degli edifici. A tale proposito bisogna tener presente che le misure di protezione contro il pericolo sismico per lo più sono contemporaneamente misure di protezione contro la distruzione da esplosioni nelle vicinanze degli edifici ed anche misure di protezione antiaerea. Soprattutto bisogna considerare i seguenti punti di vista:

6.01 - Bisogna scegliere una disposizione generale (Gesamtanordnung) staticamente chiara della costruzione. I paramenti delle pareti (Wandflächen) devono essere eseguiti in « modo massiccio » (massiv), possibilmente poco interrotti da aperture. Se ciò non è realizzabile, bisogna almeno predisporre forti controventature (Verstrebungen) nel caso di costruzioni in legno, la costruzione a telai nel caso di edifici in cemento armato e controventature (Verstrebungen) o costruzioni a telai per le strutture in acciaio.

Le parti di struttura di diverse altezze, diverse fondazioni e diversa sollecitazione del terreno di fondazione o sopra un diverso terreno di fondazione devono essere separate, l'una dall'altra, mediante giunti (Fugen). Ogni parte della struttura a sè deve essere sufficientemente irrigidita.

Nel caso delle strutture industriali, le macchine pesanti devono essere collocate possibilmente nei piani inferiori.

6.02 - Bisogna dare la massima importanza ad una fondazione ineccepibile. Per le costruzioni più grandi bisogna predisporre dei collegamenti resistenti al taglio tra struttura fuoriterza e fondamenta e poi, collegamenti delle singole parti delle fondamenta, mediante gabbie (Gerippe) in cemento armato o piastre ininterrotte in cemento armato.

6.03 - Bisogna assicurare una costruzione ineccepibile di tutti i membri (Einzelheiten) della struttura portante (Tragwerk), soprattutto nella costruzione dei nodi (Knotenpunkte) negli edifici a pareti intelaiate (Fachwerk), e nei collegamenti agli angoli negli edifici ad intelaiatura (Rahmenbauten). Le travi delle gabbie (Fachwerkstäbe) devono essere conformate e disposte (anschliessen) in modo da resistere a trazione ed a pressione. I tiranti (Zugstäbe) nelle costruzioni in legno ed in acciaio devono essere sviluppati in modo da resistere alla inflessione (Knicksicher), dato (?) che il loro « grado di snellezza » (Schlankheitsgrad) non deve essere superiore a 250 (?).

6.04 - Per le costruzioni in muratura bisogna preferire (sic!: bevorzugen) le costruzioni a volta (Gewölbekonstruktionen). Bisogna evitare pilastri singoli (isolati). Bisogna osservare le disposizioni delle DIN 1053, comma 2.21, relative all'irrigidimento mediante pareti trasversali (Querwände). Questo irrigidimento, contrariamente alle disposizioni di DIN 1053, deve essere eseguito anche per i muri non portanti (unbelastete) ed in particolare per quelli trasversali (Giebelwände). Non sono ammissibili cornicioni e intonaci.

Nelle costruzioni in muratura le trombe delle scale

(Treppenhäuser) non devono essere sistemate negli angoli degli edifici. All'altezza del solaio (Geschossdecke) di ogni piano — anche sopra i tramezzi portanti — bisogna predisporre dei cordoli (? Ringanker) continui in cemento armato, secondo DIN 1053, comma 2.4. Dato il pericolo di crollo, bisogna evitare scale in pietra (Steintreppen) a sbalzo (incastrate da un sol lato, einseitig eingespannt).

6.05 - Con la sistemazione di solai, non eccessivamente pesanti (solai massicci, Massivdecken) che devono funzionare da piani (Scheiben) rigidi, bisogna assicurare un irrigidimento quanto più buono è possibile. Soltanto quei solai massicci, che hanno una sufficiente armatura trasversale continua, vengono considerati come piani d'irrigidimento ecc.

Per altri particolari riguardanti solai, tetti e loro attacchi ai muri come pure per i particolari costruttivi dei tetti (art. 6.06, 6.07) per la protezione contro gli incendi (6.08) per i camini (6.09) e per i serbatoi (6.10) si rimanda al testo originale.

7. - Le zone sismiche della Germania (d. Erdbebengebiete).

Dopo aver rimandato con l'art. 7.1 alla carta annessa, le norme, nell'art. 7.2., danno le spiegazioni che seguono.

7.2 - Spiegazioni della cartina delle zone sismiche della Germania. Per la pratica costruttiva sono d'importanza soprattutto le zone sismiche I e II, indicate nella cartina, poichè entro queste zone trovano applicazione le disposizioni stabilite nelle « norme ». Le zone sismiche sono state individuate macrosismicamente, nel senso che sono stati utilizzati tutti i terremoti storicamente noti e ben osservati circa i loro effetti. Nel cartografare è valso il principio che i terremoti da prevedere per il futuro potranno raggrupparsi per lo meno la stessa intensità del terremoto più forte sinora avvenuto. Le delimitazioni delle zone sismiche I e II non possono essere effettuate con tutta precisione. Pertanto la cartina serve soltanto da punto d'appoggio. Nei casi dubbi bisogna consultare i competenti istituti sismologici (¹).

Per la classificazione e la delimitazione degli effetti sismici si usano delle scale sismiche; in Europa è usata quasi esclusivamente la Scala MERCALLI-SIEBERG, della quale si riporta l'accluso compendio (Auszug).

Per la determinazione delle zone sismiche indicate nella cartina, si prendono in considerazione unicamente i gradi VII e VIII della Scala MERCALLI-SIEBERG (MS), dato che sino ad ora nella Germania praticamente non sono stati osservati terremoti (con danni) oltre il grado 8,5. Gli effetti compresi tra il grado 6,5 e 7,4 MS fanno parte del grado VII, ossia della zona sismica II, mentre gli effetti tra i gradi 7,5 e 8,4 ed oltre rientrano nella zona sismica I.

L'attività sismica è in stretto rapporto con la tettonica. L'esperienza insegna sempre di nuovo che i terremoti derivano dalle grandi zone di frattura della crosta terrestre. Quali zone sismiche più importanti

nella Germania si citano: la fossa (campo di sfondamento, Einbruchsfeld) della baia della bassa Renania, la fossa della valle del Reno superiore (Oberrheintalgraben), quale parte di un'antichissima zona, che dal Mediterraneo giunge sino alla Lapponia, inoltre la zona sismica del Württemberg della « Schwäbische Alb » con la fossa di Hohenzollern, che nell'attuale secolo rappresenta il baricentro dell'attività sismica nell'area tedesca. Bisogna tuttavia prevedere che nel futuro anche altre zone di frattura potranno diventare attive, cosicchè, dal punto di vista sismico, la cartina prenderebbe un altro aspetto. Dalla cartina risulta visibile che verso nord l'attività sismica e la frequenza degli epicentri cessano piuttosto bruscamente. Qui si nota già l'influenza del basamento geologico (Unterbau), poichè questa delimitazione dell'attività sismica coincide abbastanza bene con la delimitazione a nord della catena varisca. Più a nord, il sottosuolo è fortemente stabilizzato e consolidato, grazie alle antiche catene predevoniche.

Per una migliore comprensione del contenuto delle DIN 4149 relativo alle fondazioni, facciamo seguire, come appendice, un riassunto delle norme DIN 1054.

Giugno 1964

(Francesco Penta)

APPENDICE

Norme tedesche per le fondazioni

(DIN 1054 dell'agosto 1940) - Vedi Tabella 2

Le norme, illustrate da una premessa di B. WEDLER, sono completate da quelle relative al prelievo dei campioni (DIN 4021) ed alla denominazione dei tipi di terreni con le indicazioni delle altre caratteristiche del sottosuolo riscontrate durante le indagini preventive da effettuare con sondaggi o con scavi diretti (DIN 4022). Ad esse si ricollegano anche le norme per le osservazioni dei « movimenti » dei manufatti (DIN 4107) e quelle concernenti la protezione contro gli scuotimenti (DIN 4150) di origine varia.

Riassumiamo qui le norme 1054 per la parte relativa ai carichi ammissibili per i diversi terreni ed agli accorgimenti tecnici, atti ad evitare cedimenti eccessivi sia per effetto dei carichi statici, che per scuotimento del sottosuolo.

Distribuzione delle pressioni al disotto del piano di posa - In un paragrafo preliminare (costruzione e fondazione) è ricordato che la pressione trasmessa dalla fondazione diminuisce d'intensità, ma, restando disuniformemente distribuita, si ripartisce su un'area sempre maggiore mano a mano che si scende a livelli inferiori a partire dal piano di posa. È richiamata l'attenzione sul fatto che ad una certa profondità possono sovrapporsi le pressioni nascenti dalle fondazioni di manufatti vicini e raggiungersi sollecitazioni esagerate del terreno.

Cedimenti: entità, disuniformità e fattori determinanti - I carichi ammissibili vanno assunti in rapporto ai cedimenti prevedibili, i quali diventano molto pericolosi quando sotto una stessa costruzione sono disuniformi. Nel caso che tale disuniformità non possa evitarsi, occorrono opportuni giunti o cerniere.

Nelle fondazioni dirette i cedimenti dipendono dalla deformabilità della serie dei terreni sottostanti al piano di posa, dall'intensità che la pressione raggiunge ai singoli livelli in seguito anche all'eventuale sovrapposizione di effetti di manufatti vicini, dalla forma e larghezza del corpo di fondazione in costruzione e di quelle vicine preesistenti.

(¹) Elencati in apposita nota delle Norme (pag. 2 del testo originale).

Nel caso di pali, l'entità dei cedimenti dipende dal carico sul palo, dalla deformabilità dei terreni sottostanti e dall'attrito laterale.

Definizione tecnica del terreno di fondazione e di quelli sottostanti che comunque risentono dell'esecuzione della nuova opera - È necessario accertarsi della capacità portante del terreno di fondazione prima di scegliere l'area edificanda ed in ogni caso prima di stabilire profondità e tipo di fondazione, prima, cioè, di eseguire il progetto e, comunque, prima di cominciare la costruzione.

Se le caratteristiche del sottosuolo non sono riconoscibili direttamente si ricorre ⁽¹⁾ a sondaggi o a scavi (secondo le norme 4021 e 4022), di cui numero e distribuzione dipendono dalla grandezza del manufatto e dal grado di disuniformità del sottosuolo.

Tali lavori esplorativi saranno sufficientemente profondi per riconoscere i terreni fin dove essi possono influire sull'entità dei cedimenti.

In linea di massima è sufficiente, a partire dal piano di posa, una profondità corrispondente a 3 volte la larghezza delle fondazioni con un minimo di 6 metri nel caso di un'opera isolata; nel caso di manufatti vicini, per cui si sovrappongono le sollecitazioni del terreno, o nel caso di fondazione con platea generale occorre una profondità pari ad una volta e mezzo la larghezza della costruzione. Con i pali, per tener conto della lunghezza della punta, la profondità del piano di posa è da considerare circa i 2/3 di quella del foro.

Sondaggi e scavi debbono essere approfonditi di più, quando le condizioni geologiche lo richiedano e specialmente quando è da prevedere che a maggiori profondità si trovino terreni più molli (torbe, fanghi di palude) o altre particolarità dannose (vuoti di qualsiasi natura, rocce dilavabili).

In terreni poco disuniformi basta un numero minore di assaggi (trivellazioni o scavi profondi); gli altri assaggi possono limitarsi a minori profondità.

Un minor numero di fori è necessario quando si ricorre a prove dirette della capacità portante mediante carichi vibranti.

Scavi e sondaggi possono essere completati da indagini geofisiche e geologiche.

I risultati delle indagini debbono essere riuniti in opportuni profili e grafici: soltanto nei casi in cui è legittimo si tracciano gli andamenti dei singoli strati in grafici conclusivi (si correlano, cioè, i risultati dei rilievi effettuati lungo le differenti verticali).

I carichi ammissibili nel caso generale - Riconosciuti i terreni, possono assumersi i carichi indicati nella tabella annessa (tab. 2), purché si verifichino le seguenti condizioni:

1) sul piano di fondazione non arrivino gli effetti del gelo: allo scopo bastano 80 cm sotto il piano di campagna

2) al disotto del piano di posa giacciono terreni resistenti ed uniformi

3) i cedimenti prevedibili non superino quelli tollerabili dal manufatto

4) non siano prevedibili scuotimenti sensibili

5) nel caso di carichi eccentrici, la risultante non deve cadere a meno di 1/6 della lunghezza (o larghezza) dallo spigolo esterno.

I valori consigliati per i terreni in sede possono essere aumentati del 30%, quando si è sicuri di aver considerato tutti i fattori influenzanti la pressione massima allo spigolo esterno; nel baricentro dell'area di fondazione i valori ammissibili non debbono però superare quelli indicati dalla tabella.

Se il piano di posa è più profondo di 2 m, il carico si può aumentare fino al valore della pressione preesistente allo scavo e dovuta al peso del terreno in sede che con la fondazione stessa si asporta, purché all'ingiro del manufatto il piano di campagna si mantenga alla stessa quota rispetto alla fondazione medesima.

Per ottenere uniformità di cedimento sotto la costruzione occorre che i carichi unitari trasmessi dai corpi più larghi siano inferiori a quelli trasmessi dai corpi più stretti; di ciò va tenuto conto specialmente quando si ha da fare con strutture molto sensibili ai cedimenti o con sottosuolo di natura varia.

⁽¹⁾ Le norme, con provvedimento posteriore del 25/4/1944, escludono la raddomanzia come mezzo di esplorazione del sottosuolo agli effetti delle fondazioni.

TABELLA 2.

Carichi ammissibili per i terreni di fondazione secondo le norme tedesche ⁽¹⁾ del 1940 (Fr. P.)

Natura e caratteristiche del terreno	Carichi ammissibili in kg/cm ²
A. <i>Ripiene e discariche</i> non costipate artificialmente, secondo la natura, spessore e grado di uniformità	da 0 a 1
B. <i>Terreni in sede</i> non rimaneggiati	
1. Fanghi, torbe, terreni paludosi in genere	0
2. Terreni sciolti incoerenti: il carico varia col variare della larghezza della fondazione ⁽²⁾	
a) sabbia a grana fine e media fino ad 1 mm di Ø	2 ÷ 5
b) sabbia a grana grossa da 1 a 3 mm di Ø	3 ÷ 8
c) sabbia con almeno 1/3 in volume di ghiaia e ghiaia fino a 70 mm di Ø	4 ÷ 10
3. Terreno sciolto « coerente »: lehm, argille e marne ⁽³⁾	
a) allo stato di <i>poltiglia</i> (<i>breiig</i>) e che, stretto nel pugno, sprizza fuori	0
b) <i>molle</i> (<i>weich</i>), molto plastico (che si impasta facilmente)	0,4
c) « <i>alquanto consistente</i> » (<i>steif</i>), ma ancora plastico (che si impasta difficilmente); i cilindretti di 3 mm formati a mano non si spezzano (prossimo, cioè, al limite di plasticità della <i>Meccanica delle terre</i>)	0,8
d) « <i>semisolido</i> » (<i>halbfest</i>), che, per quanto ancora umido e scuro, dà cilindretti di 3 mm che però non reggono (il contenuto cioè di H ₂ O è inferiore a quello del limite di plasticità della <i>Meccanica delle terre</i>)	1,5
e) « <i>duro</i> » (<i>hart</i>), « <i>compatto</i> », asciutto e, perciò, chiaro e che si rompe in frammenti angolosi sotto i colpi di martello	3
4. Rocce lapidee con poca fratturazione, allo stato « sano », ed in favorevoli condizioni di giacitura: altrimenti i valori sotto riportati vanno ridotti alla metà ed anche a meno	
a) in successione di strati a giunti « stretti » (non beanti) costituiti da grauwacke, arenarie, calcari, marmi, marne, dolomie, scisti cristallini, argilloscisti (<i>Schieferton</i>):	
1) di bassa resistenza a compressione (cubica)	10
2) con più di 50 kg/cm ² di resistenza a compressione cubica	15
b) in formazioni massicce (non stratificate) o a struttura colonnare: graniti, sieniti, dioriti, porfidi, diabasi, basalti, andesiti, gneis	30

⁽¹⁾ DIN 1054 del 28 agosto 1940 e tenendo conto anche della premessa alle norme redatta da B. WEBLER di Berlino (Ed. W. Ernst e S.; Berlino, 1946).

⁽²⁾ Il valore minimo va assunto per larghezze di m 2, il massimo per larghezze di 10 m; per larghezze maggiori si possono assumere anche carichi maggiori, se le condizioni locali lo permettono.

⁽³⁾ I cedimenti assumono qui la massima importanza; occorre prevederne l'entità mediante calcolo e fare in modo che essi siano compatibili col tipo di manufatto da costruire.

Per quanto riguarda la granulometria delle rocce sciolte valgono le norme DIN 1179.

Se le sabbie o le ghiaie della tabella contengono abbastanza costituente argilloso da potersi considerare come terreni sciolti ma coerenti, valgono per essi i dati relativi ai terreni sciolti coerenti.

Se le sabbie o le ghiaie contengono sostanze umiche, i carichi ammissibili indicati dalla tabella vanno ridotti secondo il contenuto di queste sostanze. Per i terreni sciolti incoerenti i carichi vanno assunti entro l'intervallo indicato dalla tabella in funzione della larghezza della fondazione e secondo i criteri esposti qui di seguito.

I carichi ammissibili in casi particolari - Nel caso che nel sottosuolo si sia rinvenuto uno strato di terreno sciolto incoerente di potenza per lo meno doppia della larghezza del corpo di fondazione e se tale strato si estende per tutta l'area edificanda, i carichi possono aumentarsi secondo la nota 2 della tabella, purchè si verifichino le condizioni esposte precedentemente. Se però al disotto dello strato suddetto giace un terreno sciolto coerente, è quest'ultimo che va considerato, sempre che la sua resistenza sia inferiore alla necessaria.

Per larghezze del corpo di fondazione comprese fra 2 e 10 metri possono assumersi valori intermedi proporzionali; con larghezze superiori ai 10 metri possono assumersi anche carichi superiori rispettivamente a 5,8 e 10 kg/cm², purchè siano evitati cedimenti eccessivi o pericoli di scorrimenti.

Con carichi eccentrici valgono i valori inferiori della tabella; per poter assumere i valori superiori, la distanza del punto di applicazione deve essere di 1/3 superiore al sesto previsto per il caso generale; altrettanto vale per i valori intermedi.

Per i muri di sostegno non è consigliabile superare i valori minimi.

Nei casi dubbi o dovendo superare i carichi previsti dalla tabella, debbono essere condotte ricerche speciali allo scopo di prevedere i cedimenti o il pericolo della creazione di superfici di scorrimento. Insieme con le ricerche sul terreno possono essere condotte indagini sui manufatti vicini.

Determinazione preventiva dell'entità dei cedimenti - Tale indagine va affidata a Istituti specializzati o a competenti qualificati. A base di tale indagine sono le seguenti prove e misure:

a) nei terreni sciolti incoerenti: composizione granulometrica, potenza e costipabilità delle formazioni; prove della capacità portante con carichi oscillanti e con carichi statici; andamento nel tempo dei cedimenti con alternati carichi e scarichi; i risultati non possono essere assunti come decisivi, ma vengono interpretati tenendo conto della differenza fra le modalità delle prove e la reale sollecitazione prolungata nel tempo che sarà esplicita dal manufatto;

b) nei terreni sciolti coerenti: determinazioni di laboratorio su provini indisturbati; le prove di carico vanno eseguite soltanto in quei rari casi nei quali può essere attesa la fine del cedimento che si effettua in un lungo tempo.

Caso componente orizzontale - La resistenza allo slittamento deve raggiungere per lo meno una volta e mezzo il valore della componente orizzontale. Non debbono essere considerati eventuali carichi non permanenti agenti in favore della stabilità. E così pure la « spinta passiva » delle terre deve essere trascurata ogni qualvolta v'è probabilità che la massa di terreno corrispondente possa essere asportata o qualora nel calcolo del corpo di fondazione si siano fatte ipotesi in contrario. Vedi in proposito le norme DIN 1055 sui carichi da considerare per le costruzioni (fogl. 1, II regole per il dimensionamento).

Carichi ammissibili per i pali - Le norme indicano i casi nei quali è preferibile il ricorso ai pali, i carichi sopportabili da ciascun palo o gruppo di pali, le prove da eseguire su di essi (numero e ubicazione delle prove, attrezzature necessarie, condotta della prova, misure varie, comprese quelle delle prove a trazione), la raccolta dei dati relativi alle caratteristiche del sottosuolo e la specificazione delle modalità delle prove eseguite e di tutte le osservazioni effettuate durante la loro condotta.

Influenza degli scuotimenti - Considerevoli cedimenti possono aversi in manufatti fondati su terreni sciolti incoerenti per effetto di scuotimenti provocati da cause diverse comprese le vibrazioni originate da macchine in funzione. Quando sono prevedibili tali scuotimenti, occorre rivolgersi ad istituti specializzati oppure a competenti qualificati, per cui valgono le norme DIN 4150 (protezione contro gli scuotimenti delle costruzioni) che prescrivono le opportune prove del terreno con carichi vibranti (§ 4, B, 8a, β).