

Recensioni

Movimenti di faglie

D. TOCHER. *Movement on faults*. Atti 2° Congr. Int. Ing. Sism. Vol. I, pp. 551-64, Tokyo-Kyoto; 1960.

Già in altre occasioni ⁽¹⁾ chi scrive ha segnalato, sia pure di sfuggita, il pericolo costituito dalla disinvoltura con la quale si concepiscono opere eccezionali nello Stretto di Messina, notoriamente sede di faglie di età anche piuttosto recente ⁽²⁾, ma non ancora studiate dal punto di vista specifico del rischio sismico.

Alcune pubblicazioni sull'argomento delle faglie (e loro attività) e dei loro rapporti con i sismi e relativi effetti sulle opere di ingegneria sono state segnalate ed in parte ampiamente recensite nel Giornale del Genio Civile nel periodo 1960-63.

Lo studio di TOCHER, che qui si esamina, è indubbiamente uno dei più efficaci comparsi negli ultimi tempi per rendere in breve e con semplicità una buona idea del problema tutto; fra l'altro elimina con dati di fatto qualche dubbio sull'esistenza di scorrimenti lungo faglie, continui e persistenti oltre agli spostamenti a scatti che si verificano in occasione dei terremoti aventi epicentri in corrispondenza delle faglie stesse ⁽³⁾.

Va premesso però un chiarimento sul significato con cui gli studiosi impiegano oggi il termine « fagliazione » che qui ricorre molto frequentemente.

Con il termine convenzionale faulting, che, con altrettanta spregiudicatezza si può tradurre con fagliazione o fagliamento, si intende sia la formazione di una frattura con movimento relativo dei suoi labbri,

sia il ravvivamento improvviso (a scatti) di tale movimento e finanche lo spostamento continuo che può verificarsi nell'intervallo fra due successivi scatti; con faulting si intende anche il prolungarsi della frattura con o senza i relativi spostamenti (dei due blocchi separati) in qualsiasi direzione dello spazio.

Né il faulting deve intendersi limitato alla frattura semplice, ad una discontinuità (piana o curva) cioè che tagli nettamente la formazione (o il complesso di formazioni): la massa fratturata e fagliata può, infatti, estendersi con tre dimensioni e non deve ridursi ad una superficie (a due dimensioni).

Il sismologo D. TOCHER (delle Stazioni Sismografiche di Berkeley) nella presente nota si ferma appunto su questi concetti, utilizzando i dati di osservazioni (fra cui alcune sistematiche ed automatiche) sulle celebri faglie della California ⁽⁴⁾. Esamina i rapporti tra avviamiento (e ravvivamento) delle faglie e i terremoti che affliggono quella regione ⁽⁵⁾.

L'A. mette in vista l'importanza che tali fenomeni hanno per gli ingegneri ed i costruttori e suggerisce i criteri da seguire per evitare o ridurre gli effetti nocivi dell'attività delle faglie sulle opere che debbono attraversarle o comunque interessarle ⁽⁶⁾.

Dalla lettura della nota si trae anche la conferma della difficoltà di stabilire senza i dati obbiettivi che possono essere forniti da una idonea osservazione sistematica molto prolungata nel tempo se e quando in una zona a faglia l'attività (di queste) possa ritenersi ormai esaurita ⁽⁷⁾.

Interessa, perciò, della nota pure la tecnica descritta dall'A. per registrare automaticamente gli even-

(4) Vedi anche J. C. CROWELL (rec. in Giorn. d. Genio Civile, 101, f. 5, p. 288, 1963).

(5) Per la dibattuta questione sui rapporti fra faglie e terremoti in generale. V. D. H. KUPFER (rec. in Giorn. d. Genio Civile, 101, f. 5, pp. 287-88, 1963).

(6) Per l'importanza della faglie nel settore dell'ingegneria civile vedi G. D. LOUDERBACK. - *Faults and engineering geology* nel Volume (Berkey Volume) edito dalla Soc. Geologica d'America (*Application of the Geology to engineering practice*), New York, 1950.

(7) Sulla base del lavoro di CROWELL (cit.) per es., si può dire che la faglia San Andrea iniziata forse anche nel Mesozoico e che alla fine de Miocene Inferiore presentava già un rigetto di circa 280 Km è tuttora in evidente attività.

(1) Vedi « Geotecnica » (fasc. 4, 1961) e « Giornale del Genio Civile » 1961-1963.

(2) Qualcuna (specie di quelle E-W) anche postcalabrianiana. Vedi perciò: « Ricerche geologiche nel piano di studi sullo stretto di Messina per il collegamento della Sicilia con la Calabria » e « Studi e indagini per ricerche di idrocarburi », editi dalla Regione Siciliana, Assessorato Lavori Pubblici e Assessorato Industria e Commercio rispettivamente; Palermo 1961.

(3) Vedi per es.: LOUDERBACK G. D. - Characteristics of active faults in the Central Coast Range of California with application to the safety of dams. Bull. of the Seism. Soc. of Am., 27, n. 1 gennaio 1937.

tuali movimenti relativi dei due labbri di una faglia anche durante gli intervalli fra due successivi terremoti ⁽⁸⁾.

La nota, corredata da 4 figure, una breve bibliografia e due tabelle e presentata da un breve riassunto e da una introduzione tratta: i rapporti fra « fagliazione » e terremoti; i movimenti « continui » lungo le faglie. Dalla discussione dei dati raccolti l'A. trae le dovute conclusioni con i relativi aspetti pratici.

Riassunto

Nei forti terremoti la fagliazione costituisce un rischio per i manufatti; il rischio può essere completamente evitato soltanto se per le strutture si scelgono i posti idonei, escludendo del tutto le aree attraversanti faglie attive. E' noto che per lo meno su due faglie della California, oltre agli improvvisi movimenti a scatti, si verifica anche uno « scorrimento » continuo (creep). Le forze che lentamente si accumulano, agendo sulle strutture, interessate dallo scorrimento di una faglia, sono altrettanto irresistibili quanto quelle che all'improvviso nascono con uno scatto (di fagliazione).

Gli studi, ora in progresso, di questo fenomeno potranno forse portare ad una modifica della teoria del « rimbalzo elastico » (elastic rebound) di HENRY FIELDING REID, stabilendo che sia lo scorrimento di una faglia, che i terremoti possono servire a liberare (relieve) l'accumulo secolare di tensioni (sollecitazioni) elastiche in vicinanza di faglie attive.

Introduzione

Un'improvvisa rottura (disruption) della superficie della crosta terrestre, durante un terremoto, costituisce un pericolo per i manufatti, ben diverso dai pericoli dello scuotimento del suolo in se stesso. Generalmente la rottura (disruption) del suolo a causa di una « fagliazione » è delimitata ad una ristretta zona « lineare ». Il numero delle strutture che sono in pericolo per effetto (del danno diretto) della « fagliazione » è direttamente proporzionale all'entità del terremoto, mentre l'estensione dell'area soggetta alla forte scossa dipende approssimativamente dal quadrato di questa entità. Ciò nonostante, i pericoli di un danno diretto, a causa della « fagliazione », esistono sia negli Stati Uniti, che altrove e possono essere eliminati soltanto con una adeguata scelta del punto nel quale va impiantata la struttura. Nessun manufatto sopra una faglia è sinora rimasto illeso dalla « fagliazione ». Il movimento della faglia, sia che si tratti di rigetto in direzione (strike slip), che di rigetto secondo la pendenza (dip slip), sposta strade, ponti, condutture e simili. Se il movimento avviene sotto un edificio, questo si spacca in due o, se l'edificio in se stesso è più forte del suo legame alla fondazione, un lato dell'edificio si staccherà dalla sua fondazione e sarà trascinato dalla parte dell'edificio che si trova sul lato opposto della faglia. Per la maggior parte degli edi-

fici, ciò rappresenta un fatto altrettanto grave quanto l'essere tagliato (torn apart) in due. Persino delle grandi dighe in terra si rompono a causa della « fagliazione » in superficie, anche se, grazie ad uno spessore della diga superiore al rigetto (spostamento, offset) della faglia, la diga potrà ancora fungere da sostegno dell'acqua retrostante.

Negli Stati Uniti e particolarmente in California si conoscono bene i pericoli (perils) che si corrono quando le strutture ricadono in zone di faglie. Sebbene la fagliazione in superficie avesse indubbiamente già accompagnato terremoti di data più remota, fu soltanto il grande terremoto di San Francisco del 1906 che attirò su questo punto l'attenzione degli ingegneri, architetti, geologi ed altri interessati al problema dei terremoti. L'apertura (in superficie) della faglia (fault break) si estese per 435 chilometri dalla provincia di San Benito alla provincia di Humboldt. Il rispettivo movimento fu in gran parte lungo la frattura stessa (lateral) e raggiunse il massimo di 6,30 m nella provincia di Marin, a nord di San Francisco. A partire dal 1906, i sismologi e geologi negli Stati Uniti e nel Canada interpretano, quasi senza eccezioni, l'improvviso movimento di una faglia come causa di un terremoto e lo scuotimento del suolo come effetto del movimento di una faglia. Altri grandi terremoti nell'ovest degli Stati Uniti, verificatisi dopo il 1906, hanno ampiamente avvalorato questa idea sul rapporto di causa ad effetto tra « fagliazione » e scuotimento; oggi la maggior parte degli studiosi, tende ad attribuire anche lo scuotimento del suolo dei piccoli terremoti a movimenti di faglie a profondità troppo grande perché la fagliazione possa rivelarsi alla superficie della terra.

Negli ultimi anni in due posti della California sono stati osservati anche dei movimenti lungo faglie continui e lenti. Sebbene lo studio approfondito (intensive) di questo fenomeno di scorrimento (creep) della faglia sia stato eseguito soltanto per un periodo di tempo relativamente breve, oggi si conosce abbastanza sul suo conto per dover assumere il fenomeno stesso insieme alla fagliazione a scatti come una « forza irresistibile » da tener presente nelle zone di faglie attive.

« Fagliazione » nei terremoti

Il grande terremoto di San Francisco del 1906 diede un forte impulso allo studio dei terremoti negli Stati Uniti. Il riconoscimento dell'importanza del movimento della faglia quale meccanismo generatore di terremoti, portò ad un attento studio delle segnalazioni storiche riguardanti i grandi terremoti di data più remota. Alcuni movimenti di faglie di antica data sono stati descritti dagli scienziati, alcuni altri sono ricordati in vecchi giornali e diari.

La maggior parte di questi si era verificata in momenti o posti non idonei a richiamare l'attenzione dei geologi. L'apertura del terreno durante il terremoto di Owens Valley del 1872, ad est della Sierra Nevada in California, è stata cartografata e descritta da più di un geologo, a cominciare dal capo del Servizio geologico statale, che visitò la regione epicentrale pochi mesi dopo il terremoto.

Le notizie sul verso della componente orizzontale del movimento sono tutte inadeguate. Esse si diffe-

(8) Per il ricorso alla distribuzione temporale degli epicentri di una regione allo scopo di riconoscere l'attività di una faglia (metodo sismico), vedi la nota di G. D. LOUDERBACK (1937); già citata.

renziano talmente che ancora nel 1959, durante l'assemblea annuale della *Seismological Society of America*, v'è stata una vivace discussione sul problema se la componente orizzontale dello spostamento nel 1872 sia stata laterale verso destra o verso sinistra.

Le descrizioni delle aperture (dislocazioni, breaks) di faglie dopo il 1906 sono generalmente molto più complete di quelle della dislocazione del 1872. Recentemente (1958) RICHTER ha elaborato un catalogo della fagliazione in superficie con una bibliografia molto completa. In una tabella (tab. 1, che qui non si riporta) è elencato un numero di « fagliazioni » in superficie note dopo il 1900. Lo stesso A. (1958) constatò che, contrariamente all'idea che il movimento (dislocazione, breakage) in superficie di una faglia sia piuttosto raro, ogni terremoto dopo il 1906, con magnitudo > 6 e 1/2 e con epicentro in terraferma nella California settentrionale o nel Nevada, è stato accompagnato da qualche spostamento della faglia sulla superficie esterna. Queste dislocazioni (breaks) della faglia sono illustrate in una figura (figura 1 del testo originale che non si riporta qui), insieme agli epicentri di tutte le scosse con magnitudo superiore a 6, avvenute nell'area rappresentata dalla carta dopo il 1906.

Circa la metà degli epicentri dell'area considerata si trova a mare, dove non è possibile l'osservazione diretta di un'eventuale dislocazione (breakage) in superficie. Dei 15 grandi terremoti (magnitudo oltre 6) con epicentro in terra ferma, 10 sicuramente hanno lasciato segni evidenti in superficie di movimento della faglia, due quasi certamente no; per gli altri tre non si dispone di dati sicuri sulla « fagliazione ». Durante lo stesso periodo, si conosce soltanto una scossa di magnitudo 6 o inferiore, che è stata accompagnata da « fagliazione » superficiale, osservabile con l'esame sul terreno. Si tratta del terremoto di Herlong del 1950 (M = 5 e 3/4) descritto da GIANELLA (1957). Come si dirà, da misure strumentali è risultato recentemente che anche terremoti molto più deboli possono essere accompagnati da piccoli, improvvisi spostamenti lungo le faglie.

Non sorprende se la lunghezza dello spostamento (breakage) in superficie aumenta approssimativamente con la magnitudo del terremoto (vedi in proposito la tabella 1 dell'A.): sembra infatti ragionevole ammettere che il volume della roccia che contribuisce all'accumulo di energia elastica (che sfocia in un terremoto) sia in qualche modo in relazione con la magnitudo della scossa (di quel terremoto). TSUBOI (1956) è del parere che l'energia elastica di un terremoto dipenda soprattutto dal volume della roccia, nella quale s'è accumulata la energia o, in altre parole, che la tensione della roccia, immediatamente prima di un terremoto, non differisca di molto con l'entità della scossa. Mentre si può eguagliare alla lunghezza della « fagliazione » in superficie una delle tre dimensioni (lineari) del blocco di roccia in stato di tensione (strained), manca la possibilità di una misura diretta delle altre due dimensioni. Qualche conoscenza dell'estensione perpendicolarmente alla traccia della faglia e dello spessore della zona sotto tensione potrà scaturire dagli studi della distribuzione (geografica ed in profondità) delle repliche di grandi terremoti. Nel

la California e nel Nevada sino ad oggi si dispone di troppo pochi studi abbastanza precisi in questo campo.

Si può tuttavia, cercare di individuare, in modo indiretto, l'estensione della zona sotto tensione, perpendicolare alla « fagliazione » in superficie. Secondo l'ipotesi di TSUBOI, su menzionata, la dimensione di questa zona dovrebbe essere approssimativamente proporzionale allo spostamento del suolo in corrispondenza della faglia. Il logaritmo naturale del prodotto ID è stato tracciato dall'A. quale funzione della magnitudo in una figura (fig. 2) che qui non si riporta (con i dati della tab. 1), ove l rappresenta la lunghezza in chilometri della linea o zona di dislocazione osservata della faglia e D, in centimetri, il massimo spostamento corrispondente osservato alla faglia. La curva $M = f(DI)$ in questa rappresentazione (per le scosse della California settentrionale e per il Nevada) è molto approssimativamente una retta, per cui può scriversi:

$$M = 5,22 + 0,53 \log ID \quad (1)$$

L'equazione (1) (sviluppata per la prima volta da TOCHER, 1958), si è verificata, con le osservazioni in altri posti (terremoti accompagnati da fagliazione). I punti per tre di essi sono stati aggiunti nella stessa figura (Mongolia esterna, 1957; Alasca, 1958; e Montana, 1959).

Sebbene le caratteristiche di resistenza e di plasticità probabilmente non siano uniformi vicino a tutte le faglie coinvolte nei terremoti, elencati nella tabella avanti ricordata e sebbene lo spessore della crosta terrestre vari indubbiamente da posto a posto, i tre punti rappresentanti dei terremoti al di fuori della California settentrionale e del Nevada non mostrano un maggiore scarto (scatter) dalla linea retta delle scosse della regione più limitata. L'equazione vale, dunque, anche per altri casi fuori dell'area investigata.

Piacerebbe conoscere il rapporto tra la grandezza della zona di tensione (strain) e la energia della scossa. Con l'integrazione del sismogramma DENOYER (1959) determinò l'energia totale dell'onda sismica, liberata da otto scosse di magnitudo comprese tra 6 e 3/4 e 8 e 1/4. Quest'ordine di magnitudo coincide quasi con quello delle scosse che sono state accompagnate da rotture della superficie. Per questo ordine limitato di magnitudo, il rapporto tra la magnitudo e l'energia può essere rappresentato dall'approssimazione

$$\log E = 7,76 + 1,87 M \quad (2)$$

in cui E rappresenta l'energia in ergs, trovata da DENOYER. L'approssimazione non aumenta notevolmente con l'aggiunta di un termine in M^2 .

Combinando (1) e (2), per eliminare M, risulta:

$$\log E = 17,5 + 1,00 \log ID \quad (3)$$

o:

$$E = 3,4 \cdot 10^{17} \cdot 1,00 ID \quad (4)$$

(E in ergs, l in chilometri, D in centimetri).

Dalla (3) si vede che l'energia della scossa è proporzionale alla prima potenza del prodotto della lunghezza della faglia in superficie per il suo spostamento

massimo. Se il rigetto è effettivamente proporzionale alla dimensione della zona di tensione normale alla faglia, si può concludere che l'energia liberata nei maggiori terremoti superficiali nella California settentrionale e nel Nevada è proporzionale all'area (in superficie) della massa di roccia che contribuisce all'accumulo di energia liberata poi dal terremoto. L'ipotesi di Tsuboi della costanza dello stato di tensione immediatamente prima dei terremoti porta poi alla conseguenza che lo spessore (lungo la verticale) della massa di roccia sotto tensione è approssimativamente lo stesso per tutti i terremoti sufficientemente grandi per dare una « fagliazione » in superficie.

Scorrimento lungo la faglia

Lo scorrimento della faglia o graduale scivolamento di un lato di una faglia, rispetto all'altro, fu scoperto in California più di trent'anni fa. Per la maggior parte di questo trentennio, tuttavia, i danni economici riscontrati e dovuti al fenomeno sono stati relativamente lievi; generalmente l'effetto è stato considerato più una curiosità che un vero pericolo di gravi danni per l'ingegneria. Koch (1933), Wilt (1958) ed altri hanno descritto un movimento continuo (persistente) su una faglia (inversa poco inclinata) (thrust) attiva nel campo petrolifero di Buena Vista Hills nel Kern in California. Il sovrascorrimento (overthrust) di circa 50 cm si era accumulato gradualmente con una velocità media di circa 2 cm all'anno su una faglia diretta E-W con immersione N 20°-25°. Oleodotti attraversanti la traccia superficiale sono stati accorciati e deformati; i tubi di rivestimento di pozzi trivellati attraversanti la faglia sono stati distorti ed eventualmente schiacciati (pinched off).

Un secondo caso di scorrimento continuo di faglia (fault creep) fu riconosciuto nell'aprile 1956 da Zacher (*Pacific Fire Rating Bureau*, 1957; Steinbrugge e Zacher, 1960). Durante l'ispezione di un edificio della *W. A. Taylor & Co.* (Fabbrica dei vini) a Vineyard, a sette miglia a sud di Hollister, California, egli osservò dei muri in cemento armato rotti e spostati (offset) e dei solai in cemento spostati. Il movimento del suolo che aveva causato il danno all'edificio, non poteva essere spiegato con assestamenti (slumping dovuti a gravità) o con frane (landsliding), visto che era avvenuto in direzione quasi perpendicolare al dolce pendio sul quale si trovava lo stabilimento. Il danno strutturale risultante è delimitato ad una stretta linea attraverso la quale l'edificio è stato tagliato lentamente in due parti. Dalle « colonne » lungo la linea dello scorrimento in una delle cantine di deposito erano strapiombate (racked out of plumb) in modo così grave che nel 1954 ne fu intrapresa la ricostruzione.

L'impianto vinicolo della *W. A. Taylor & Co.* a Vineyard si trova nella zona della faglia di San Andreas, circa 10 miglia a sud-est del punto più sudorientale della dislocazione (breakage) superficiale della faglia verificatosi col terremoto di San Francisco del 18 aprile 1906.

Come la « fagliazione » del 1906, lo scorrimento della faglia è stato laterale verso destra ed è avvenuto lungo una linea parallela alla direzione locale della zona di faglia.

La parte dello stabilimento vinicolo strappata via dallo scorrimento della faglia era stata costruita (nel 1948) per sostituire una precedente struttura nel medesimo sito. L'edificio vecchio era stato demolito a causa delle gravi lesioni nei muri e solai. La regione di Hollister, ed in modo particolare l'area intorno a Vineyard a sud di Hollister, è stata soggetta per anni ad un numero anormale di terremoti: era più che naturale, perciò, che i proprietari dell'edificio vecchio attribuissero il danno agli effetti accumulati dei terremoti in un lungo periodo di anni. Dalle descrizioni dei danni subiti dall'edificio più vecchio risulta probabile che anch'essi furono dovuti in gran parte allo scorrimento della faglia anziché ai terremoti.

A partire dal 1957, nello stabilimento sono stati installati diversi dispositivi di misure per registrare i movimenti laterali differenziali delle sezioni adiacenti del solaio in calcestruzzo (Tocher, 1960). Le misure di tali movimenti sono raccolte in una tabella (che qui non si riporta).

Durante gli ultimi dodici mesi si sono accumulati oltre due terzi di pollici di scorrimento della faglia. La velocità media (15 cm in 12 anni) è stata di 1 e 1/4 centimetro all'anno.

Le misurazioni periodiche (elencate in un'altra tabella - tab. 2 del testo originale) sono state riportate in una figura (fig. 3 del testo originale). Queste misure, sebbene limitate ad un periodo inferiore ai due anni, indicano chiaramente che la velocità dello scorrimento non è sempre costante. Lo scorrimento è stato molto più rapido dal dicembre 1958 al marzo 1959 e dal novembre 1959 all'aprile 1960, che non in altri periodi. Fino ad ora sembra che lo scorrimento mostri una periodicità annuale, ma occorre confermare col tempo.

La storia più dettagliata dell'andamento nel tempo dello scorrimento a Vineyard è stata dimostrata nel modo migliore da un registratore che funzionava proprio all'interno del muro nord dello stabilimento vinicolo.

Questo registratore di cui l'A. fornisce i particolari strumentali e di installazione ha dimostrato che lo scorrimento si concentra in « spasimi » della durata dell'ordine di una settimana. Questi periodi di scorrimento sono separati da intervalli di settimane o mesi, durante i quali si nota solo un piccolo o nessun scorrimento. Durante il periodo di 402 giorni dal 3 marzo 1959, quando venne installato il registratore sino all'8 aprile 1960, in tale registratore si accumulò uno spostamento totale di 21,12 millimetri; di questi 19,69 millimetri si verificarono durante cinque periodi relativamente brevi di scorrimento rapido, della durata totale di poco meno di 42 giorni. Pertanto, oltre il 93% del movimento del periodo di 402 giorni avvenne in poco più del 10% di quel tempo. Il rimanente del totale s'accumulò con lievissimi incrementi in altri momenti.

Riferendosi ad altro grafico (relativo allo stesso registratore), l'A. nota che dei periodi di scorrimento così registrati soltanto quello cominciato il 20 gennaio 1960 sembra essere direttamente collegato all'attività sismica locale. Così per es., un salto grande e netto (corrispondente ad un improvviso spostamento laterale verso destra di 3,03 millimetri) avvenne in oc-

casione di un forte terremoto locale di cui l'A. riporta i dati ($M = 5$). L'epicentro si trova circa sei chilometri a nord-ovest di Vineyard e ricade pure nella zona della faglia di San Andreas. L'intensità maggiore della scossa fu registrata a Vineyard con i sensibili danni ed i considerevoli dissesti che l'A. elenca.

L'A. mostra poi come i diagrammi costruiti accu- sino anche la replica ($M = 3,7$) delle 3^h, 47' e 51", G. C. T., del 20 gennaio 1960 e ne segnino dei particolari. L'A. rileva infine che altri piccoli salti che possono essere osservati sulla registrazione originale dello scorrimento, durante le successive sedici ore, non corrispondono, come tempo, a particolari scosse di replica. Nessuna di queste altre scosse di replica superò la magnitudo di 2 e 3/4.

Se il netto movimento sulla registrazione dello scorrimento alle 3^h e 47' circa viene attribuito alla scossa di replica di quel momento, esso corrisponde alla dislocazione di faglia più piccola che sia stata sinora osservata. Prima delle scosse del 20 gennaio 1960, il terremoto più piccolo registrato con una fagliazione superficiale era stato quello di Herlong, California, del 1950 (magnitudo 5 e 3/4): la fagliazione poté essere misurata in pollici e fu facilmente osservabile sul terreno.

Discussioni e conclusioni

Il movimento lungo le faglie, sia esso lento (« scorrimento » di faglia) o improvviso (terremoto) rappresenta un grave problema nelle regioni di faglie attive. Le forze causanti questi movimenti sono superiori, di molti ordini di grandezza, alla resistenza delle più forti strutture costruite dall'uomo: pertanto il problema sta più nella scelta del sito ove eseguire l'opera che non nella sua progettazione. Una volta che in una regione è avvenuta ed è stata riconosciuta una dislocazione di faglia, il pericolo per le strutture che potrebbero essere costruite in corrispondenza della linea della dislocazione è evidente e ogni proprietario prudente dovrebbe evitare volontariamente qualsiasi costruzione in quei punti. Sfortunatamente alcune strutture, come ad es. strade, condotte, recinti e canali devono talvolta essere costruite attraverso faglie note. Il problema in quei casi è di progettare e costruire in modo tale che i futuri movimenti di faglia producano il minimo danno alla costruzione stessa e la minima interruzione del servizio al quale essa è destinata. Nel caso di strade, di solito è possibile attuare (con bulldozer) una variante nel giro di poche ore, di modo da ridurre la durata dell'interruzione del traffico. Il problema dell'interruzione del servizio può essere invece

molto più grave nel caso di condotte d'acqua che forniscono le grandi città, come purtroppo avvenne nel 1906 a San Francisco. La soluzione in tali casi deve consistere nell'assicurare che nell'area cittadina stessa sia sempre a disposizione un'adeguata riserva d'acqua e nel provvedere preventivamente adeguate chiusure (cutoffs) e distribuzioni alternate nelle aree in cui la venuta meno di una singola condotta può risultare disastrosa.

Nella regione della Baia di San Francisco nella California centrale si conoscono bene due maggiori faglie attive e movimenti superficiali delle faglie si sono verificati più d'una volta su ambedue nel diciottesimo secolo. La posizione di queste faglie è nota a tutti, ma purtroppo appare evidente, persino all'osservatore casuale, che la costruzione di case d'abitazione e di altri edifici continua a ritmo sempre più accelerato sulle belle colline e vallate, attraversate dalle faglie di Hayward e di San Andreas. Ora è in fase di costruzione un grande complesso residenziale, in un'area a breve distanza a sud di S. Francisco, nella quale avvenne una « fagliazione » di diversi piedi appena una sessantina di anni fa (nel 1906).

La determinazione dello « scorrimento di faglia » non è facile, nè si sa fino a che punto costituisca un fenomeno comune. I geologi di solito non incontrano difficoltà nel determinare la posizione di una faglia attiva, anche se la « fagliazione » in superficie non si è forse verificata nei tempi storici, nel punto esaminato. Ma sino ad ora, il lento scorrimento lungo le faglie è stato riconosciuto come tale soltanto in base ai suoi effetti sulle strutture rigide. Lo scorrimento della faglia nelle Colline di Buena Vista rende necessarie riparazioni periodiche delle strade, delle condutture e dei tubi di rivestimento dei pozzi (well casings) e continuerà a renderle necessarie finché il campo petrolifero rimarrà in produzione attiva. A Vineyard l'unica soluzione definitiva per eliminare il danno dello scorrimento sarebbe quella di ricostruire l'attuale edificio in due unità separate, lasciando ognuna libera di seguire la propria strada, indipendentemente dall'altra.

Sino ad ora in California si conoscono soltanto due isolate aree che subiscono danni dovuti a scorrimenti lungo faglie. Il danno delle strutture, direttamente causato dalla « fagliazione » è stato finora relativamente lieve, in confronto al grande danno dovuto alle forti scosse sismiche. Lo attuale forte incremento della popolazione in California con il conseguente accelerato sviluppo lungo faglie notoriamente attive, fa temere che ambedue i tipi di movimento sulle faglie assumeranno maggiore importanza negli anni futuri.

Dicembre 1963

Francesco Penta