

IL PONTE SULLO STRETTO: PROBLEMATICHE GEOLOGICHE

Le ricerche più recenti sulla morfologia e sui movimenti delle coste di Sicilia e Calabria evidenziano la necessità di approfondire con nuove indagini le dinamiche geologiche di quelle zone al fine di progettare e realizzare una struttura sicura per alcune centinaia di anni

FABRIZIO ANTONIOLI*, **STEFANO SYLOS LABINI***, **LUIGI FERRANTI****

* ENEA Casaccia Sezione Prevenzione Rischi Naturali E Mitigazione Effetti

** Dipartimento di Scienze della Terra di Napoli

E stato recentemente annunciato dal governo l'avvio del progetto del PONTE che dovrà collegare la Sicilia con la terraferma (figura 1). Come ben noto la zona dove si porranno le fondamenta dei due piloni è tra le più dinamiche e ad alto rischio del Mediterraneo – certamente i progettisti avranno tenuto conto del pericolo di terremoti – come risulta sia dai recenti drammatici ricordi del sisma di Messina del 1908, ma soprattutto dalle pubblicazioni di studi sistematici di sismica storica. In questa sede illustriamo alcuni risultati inediti relativi al progetto ENEA SICILCOSTE. Si tratta dei primi dati scaturiti da ricerche geomorfologiche e sismotettoniche che evidenziano, con valori numerici a ristretto margine di errore, i tassi di risalita (sollevamento verticale) della costa occidentale calabrese e orientale siciliana¹. L'utilizzazione a livello progettuale di questi valori, unitamente a quelli relativi a spostamenti orizzontali recentemente rilevati con il GPS e pubblicati per la

stessa zona, potrebbe risultare di grande utilità per garantire una lunga vita al PONTE.

Lo Stretto di Messina è impostato lungo un sistema di faglie che svincola il blocco siciliano da quello ca-

labrese all'interno di una zona crostale che ha mostrato un notevole dinamismo sia in tempi recenti con diversi tsunami e terremoti distruttivi che hanno raggiunto il 10 grado, sia durante il Quaternario (in particola-

Figura 1 – Simulazione dell'impatto paesaggistico: vista prospettica dalla strada Panoramica dello Stretto nei pressi di Ganzirri a Messina; l'ambiente dei laghetti, le residenze e lo Stretto verrebbero percepiti come "sfondo" per le esigenze morfologiche e funzionali del manufatto e dei raccordi, i cui dati tecnici sono in gran parte ancora da verificare



Figura 2 – Nella immagine da satellite viene cartografato l'andamento della quota, in metri, delle linee di riva tirreniane (125.000 anni prima del presente). Le frecce indicano i luoghi dove sono stati ritrovati esemplari di *Strombus Bubonius*, fossile guida del tirreniano che ha permesso la datazione



re negli ultimi settecentomila anni subendo sollevamenti che sfiorano i 300 metri^{2,3}. Il sollevamento è associato ad un regime estensionale, così come appare dai meccanismi focali dei terremoti localizzati nello Stretto. La prova più evidente del sollevamento di questa area è data dalla costante presenza di un visibilissimo terrazzo marino, oggi ubicato tra i 100 ed i 160 m di altezza (figura 2) dove è stato possibile rinvenire e datare la linea di costa riferibile al Tirreniano, il penultimo periodo interglaciale (l'ultimo è quello che stiamo vivendo) (figura 3). Questa situazione indica che il sollevamento si è manifestato perlomeno a partire da 125.000 anni fa⁴. In parole povere, per quanto attiene

l'alta energia dovuta alla presenza di rilievi montuosi molto vicini al mare: per questo motivo fino ad oggi non si aveva notizia di movimenti olocenici e attuali. La metodologia utilizzata per cercare le prove dei movimenti attuali e conseguire le nuove conoscenze, è stata quella di rilevare con attenzione alcune zone costiere particolarmente conservative (baie, grotte, golfi, ecc.), anche con tecni-

ai movimenti verticali (sollevamento) si aveva la prova che vi fossero stati sollevamenti medi di circa 1-1,2 millimetro all'anno, ma non che tali movimenti fossero attivi anche oggi, tantomeno si aveva un'idea dei loro tassi attuali⁵.

Bisogna premettere che sia la costa meridionale della Calabria sia la costa della Sicilia orientale sono poco conservative a causa delle particolari litologie affioranti e soprattutto per

che subacquee. Inoltre, l'analisi critica della bibliografia archeologica, geologica e geofisica ha dato un contributo fondamentale per il raggiungimento dei risultati.

I rilevamenti via mare condotti nel corso del 2001 dall'equipe dei geologi dell'ENEA lungo la costa calabrese poco ad ovest di Scilla, a qualche migliaio di metri dalla zona dove presumibilmente si troverà il pilastro del ponte, hanno consentito di rinvenire, in una particolare situazione di protezione naturale, una spiaggia, sollevata fino a 4 metri sul livello del mare formata da gusci di conchiglie fossili (figure 4 e 5). La datazione al radiocarbonio di queste conchiglie (tra i 2500 ed i 3500 anni prima del presente) ha permesso di calcolare un tasso minimo e massimo di sollevamento compreso tra $1,3 \text{ mm/a}^{-1}$ e $1,8 \text{ mm/a}^{-1}$.

Per le coste della Sicilia orientale, sono stati recentemente pubblicati alcuni dati interessanti dove si riscontrano tra Milazzo e Catania tassi di uplift variabili e compresi tra i 2 ed i $0,5 \text{ mm/a}^{-1}$ ⁶⁻⁸ (figura 6).

Nella zona costiera di Ganzirri (Me), dove probabilmente sarà costruito l'altro pilastro del ponte, rilevamen-

Figura 3 – Costa settentrionale calabrese, terrazzo marino del Tirreniano alla quota di 120 m presso la località Ponticello ad Ovest di Scilla



Figura 4 – Foto a mezz'acqua dell'affioramento di Ponticello, dove il rinvenimento di una spiaggia fossile (sotto la grotta) ha permesso il calcolo del tasso di sollevamento attuale



ti stratigrafici effettuati sotto la direzione di A.G. Segre durante gli anni 70 hanno permesso di rinvenire una serie di reperti archeologici riferibili alla ceramica di Lipari-Piano Conte, che possono contribuire a mettere in luce l'evoluzione geodinamica di questa area negli ultimi 4500\5000 anni (da 2500\3000 anni a.C.). La fascia costiera di Ganzirri ha caratteristiche geologiche molto interessanti per la presenza di lagune collegate con il mare attraverso dei canali (figura 7). La formazione delle lagune è da mettere in relazione con lo sviluppo di una duna litoranea che ha potuto essere frequentata dagli uo-

mini del neolitico – così come è testimoniato dai rinvenimenti della ceramica e del carbone dei focolari – i quali accendevano dei fuochi anche per segnalare la rotta alle imbarcazioni che lambivano la costa siciliana per doppiare il Capo Peloro, rotta obbligata per Lipari. La formazione e poi la persistenza delle lagune presuppone che la terra emersa si sia trovata in equilibrio con il mare e si sia sollevata perciò con lo stesso tasso di risalita del livello marino (1,5\2 metri negli ultimi 4000\5000 anni). Se non si fosse verificata questa condizione, cioè se il sollevamento della fascia costiera fosse stato più rapido del livello del mare le lagune si sarebbero estinte e colmate oppure sarebbero diventate dei laghetti di acqua dolce e non salmastra come è attualmente. In sintesi, i dati geologici ed archeologici indicano che questa zona ha avuto un tasso di sollevamento pari a 0,4/0,5 mm\ a⁻¹ negli ultimi 4.000/5000 anni (4/5 mm ogni 10 anni).

In definitiva i primi dati relativi ai movimenti verticali, indicherebbero tassi di sollevamento

piuttosto diversi tra la costa calabrese di Scilla (circa 1,5 mm\ a⁻¹) e la costa siciliana di Ganzirri (circa 0.4 mm\ a⁻¹) con differenze dell'ordine del millimetro all'anno (1 cm ogni 10 anni); tali movimenti differenziali si manifestano anche all'interno della stessa costa orientale siciliana (tra 2 mm\ a⁻¹ e 0.4 mm\ a⁻¹).

Questi dati sono consistenti con la sismicità attuale, ben documentata dal terremoto distruttivo di Messina del 1908⁴, che indica una subsidenza localizzata nello stretto che interagisce con il pattern regionale di sollevamento (con tassi di 0.9-1.4 mm/yr) impostatosi da almeno da 700.000 anni⁹. In base al confronto tra dati sismologici del terremoto di Messina e dati geomorfologico-stratigrafici degli ultimi 125 ka, è stato evidenziato un comportamento caratteristico dei terremoti nel quadro di deformazione regionale ed una ricorrenza di eventi distruttivi come quello del 1908 ogni 1000 anni⁴. Questa confrontabilità tra deformazione a lungo e breve termine giustifica la necessità di studi morfostatigrafici e geofisici da affiancare a quelli sismologici.

Ma non è tutto, i primi studi di geo-

Figura 5 – Particolare dell'affioramento di Ponticello, esemplare fossile di Murex



Figura 6 – Taormina, un solco di battente marino formatosi circa 5000 anni fa, oggi sollevato alla quota di +5 metri



desia spaziale tramite GPS effettuati in Italia meridionale hanno evidenziato la presenza di considerevoli movimenti orizzontali che stanno interessando sia la Sicilia che la Calabria^{10,11}, con entità di un ordine di grandezza superiore a quelli verticali, gli spostamenti orizzontali infatti superano i 10 mm/a^{-1} . I dati pubblicati da Anzidei et al. (2001, figura 8) indicano che, rispetto alla costa occidentale della Calabria meridionale (sito Poro), il sito Noto in Sicilia meridionale si sta allontanando (in maniera relativa) verso SE a velocità di circa 10 mm/yr , mentre il sito Milo sulla costa trapanese si sta allontanando in direzione SW con eguale velocità. I dati pubblicati da Oldow et al. (2002) indicano che Sicilia e Calabria, benchè partecipino ad un analogo movimento in direzione N della piastra adriatica meridionale rispetto alla placca europea, abbiano una decisa divergenza in questa loro deriva, con i siti in Sicilia orientale diretti a NNW e quel-

li in Calabria settentrionale diretti a N o NNE; questa divergenza rende conto della tettonica estensionale ben nota lungo l'asse della Calabria e nell'offshore della Sicilia orientale, incluso lo Stretto di Messina, testimoniata sia dai meccanismi focali

dei terremoti che dai dati di geologia strutturale che indicano un'estensione generalizzata ad asse circa WNW-ESE^{12,13}.

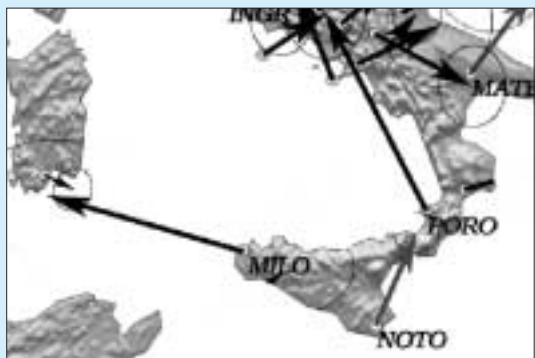
Dalle ricerche di geodesia spaziale, tecnica comunemente usata attualmente per derivare i movimenti delle placche o per il monitoraggio di faglie ed aree vulcaniche attive, si evince una netta divergenza nei movimenti orizzontali tra Calabria e Sicilia, in maniera consistente con i meccanismi focali dei terremoti che indicano l'esistenza di un campo di stress caratterizzato da un σ_1 verticale e un σ_3 orizzontale.

Tuttavia, data la scarsità dei siti misurati con i GPS, non si conosce ancora quale sia il settore crostale o addirittura la faglia attiva che permetta queste velocità differenziali, e risulta pertanto necessaria un'accurata campagna di monitoraggio e misurazioni che sia centrata sui punti dove verranno costruiti i piloni del PONTE. Questa campagna di misure, fondamentale per avere informazioni su

Figura 7 – Le lagune di Ganzirri in una immagine degli anni 50 precedente all'urbanizzazione selvaggia. Le fondamenta del ponte saranno posizionate tra le due lagune



Figura 8 – I dati relativi ai movimenti orizzontali misurati con GPS¹⁰. Sono indicate le velocità residuali delle stazioni TYR-GEONET, GEOMODAP e IGS calcolate relativamente ad un sistema di riferimento fisso euroasiatico



eventuali movimenti differenziali tra le due sponde, non è stata fino ad oggi attivata da parte di alcuna istituzione. Il tempo necessario per acquisire dati affidabili implica dei tempi non inferiori ai 3 anni.

Il quadro che si delinea è assai interessante da un punto di vista geologico ed è molto complesso per chi si sta occupando del progetto ingegneristico. Le dinamiche di questa porzione della crosta pongono una serie di problematiche ulteriori per la progettazione e la realizzazione del PONTE sullo Stretto: è ben noto infatti che ci si troverà di fronte alla necessità di realizzare una struttura in grado di assorbire le violente onde elastiche che possono sprigionarsi in occasione di forti terremoti localizzati nella zona dello Stretto (deformazioni temporanee/reversibili). Inoltre, la struttura dovrà essere in grado di assorbire i fenomeni di cedimento del terreno, che possono essere innescati dall'attivazione di frane sottomarine cosismiche. Accanto a tali problemi di natura si-

smica e geotecnica va tenuta nella massima considerazione la possibilità di movimenti differenziali sia orizzontali che verticali tra le due sponde (un metro ogni 1.000 anni per i sollevamenti verticali e 1 m ogni 100 anni per i movimenti orizzontali – deformazioni permanenti/irreversibili). Per quel che concerne i movimenti orizzontali, una possibilità da non scartare e che potrebbe deter-

minare grossi problemi per la tenuta del ponte nel corso del tempo riguarda eventuali movimenti di allontanamento tra le due sponde. Questa eventualità si fonda sulla constatazione che l'asse di massima estensione crostale, così come è evidenziato dalle analisi sismologiche e di geologia strutturale, è orientato in direzione WNW-ESE, quasi perpendicolarmente alle zone costiere dove saranno costruiti i piloni.

In conclusione, i dati scaturiti dalle ricerche recentemente portate a termine dalla nostra equipe e da quella di altri Istituti di Ricerca italiani, sono interessanti ma incompleti. Crediamo che di fronte alla presenza di tali fenomenologie geologiche naturali sia necessario un monitoraggio sia geomorfologico che geofisico (laser e GPS) in grado di presentare agli ingegneri alcune "certezze" sulle quali basare il progetto.

Bibliografia

1. ANTONIOLI F., KERSHAW, S., RUST D. & VERRUBBI V. (submitted) *Holocene sea-level change in*

Sicily, and its implications for tectonic models: new data from the Taormina area, northeast Sicily. Marine Geology.

2. BONFIGLIO L., 1991. *Correlazioni tra depositi a mammiferi, depositi marini, linee di costa e terrazzi medio e tardo pleistocenici nella Sicilia orientale.* Il Quaternario, 4 (b), 205-214.
3. MIYAUCHI, T., DAI PRA G., SYLOS LABINI S., 1994. *Geochronology of Pleistocene marine terraces and regional tectonics in Tyrrhenian coast of South Calabria, Italy.* Il Quaternario 7, 17-34.
4. VALENSISE G. & PANTOSTI D. 1992 *A 125 kyr long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7 1/2).* Terra Nova, 4, 472-483.
5. PIRAZZOLI P.A., MASTRONUZZI G., SALIEGE J.F., SANSU P., 1997. *Late Holocene emergence in Calabria, Italy.* Marine Geology 141, 61-70.
6. ANTONIOLI F., SEGRE A.G., SYLOS LABINI S., (submitted) *New data on late Holocene uplift rate in the Messina strait area, Italy.* Marine Geology.
7. KERSHAW S., 2000. *Quaternary reefs of north-eastern Sicily: structure and growth controls in an unstable tectonic setting.* Journal of Coastal Research 16, 1037-1062.
8. STEWART I.S., CUNDY A., KERSHAW S., FIRTH C., 1997. *Holocene coastal uplift in the Taormina area, northeastern Sicily: implications for the southern prolongation of the Calabrian seismogenic belt.* Journal of Geodynamics 24, 37-50.
9. WESTAWAY R. 1993. *Quaternary uplift of Southern Italy.* Journal of Geophysical Research., 98, 21741-21722.
10. ANZIDEI M., BALDI P., CASULA G., GALVANI A., MANTOVANI A., PESCI A., RIGUZZI A., SERPELLONI E., 2001. *Insights into present-day crustal motion in the central Mediterranean area from GPS surveys.* Geophys. J. Int. 146, 98-110.
11. OLDOW J. S., FERRANTI L., LEWIS D.S., CAMPBELL J.K., D'ARGENIO B., CATALANO R., PAPPONE G., CARMIGNANI L., CONTI P., AND AIKEN C.L.V. (submitted). *Active fragmentation of Adria based on Global Positioning System velocities and regional seismicity.* Geology.
12. TORTORICI L., MONACO C., TANSI C., COCINA O. 1995. *Recent and active tectonics in the Calabrian Arc (Southern Italy).* Tectonophysics, 243, 37-55.
13. JAQUES E., MONACO C., TAPPONNIER P., TORTORICI L., WINTER T. 2001. *Faulting and earthquake triggering during the 1783 Calabria seismic sequence.* Geophysical Journal International, 499-516.