

Abstract

In this work, in order to study the relationship between tectonic structures and seismicity, we show results of the experiment SISMANTILLES I on the central Lesser Antilles Subduction Zone where the North and South American plates converge with the Caribbean in a roughly ENE direction, at a rate of about 2 cm/yr. This motion is responsible for volcanic and seismic activity of the Lesser Antilles region. We analyzed local seismicity by using the data recorded, from November 1999 to January 2002, by a temporary combined on/offshore network. A data-set of 155 well located earthquakes, with a total of 4054 and 2617 pickings for P- S-waves respectively, was used to compute first a minimum 1-D velocity model which served as starting model for the subsequent 3-D inversion. To partly estimate the huge structural heterogeneity, the minimum 1-D model is complemented by station corrections that take into account near surface velocity heterogeneity and the geometry of the crust. In particular, the OBS station-terms are in general positive with respect to land stations indicating late arrivals, consistently with the presence of soft mud and sediments at the sea-bottom. The OBS station-terms vary with the thickness of sediments as can be derived here from multi-channel reflection seismic profiles shot over them.

The inversion for 3-D P-velocity crustal structure was performed by iteratively solving the coupled hypocentre-velocity problem in a least-squares sense. Careful analysis of the resolution capability of our data set outlines the well-resolved features for interpretation. The resulting 3-D velocity model of the Lesser Antilles region shows that, in the investigated area, the island arc is divided into three layers (upper, middle and lower crust) characterized by a total average thickness of 23-24 km. P-wave velocities between sedimentary values and 6.0 km/s mark the upper crust that is interpreted to consist mainly of volcanoclastics and igneous rocks. Instead the bulk composition of the middle crust ($V_p < 6.8$ km/s) is interpreted to be felsic to intermediate. Finally a plutonic lower crust, that shows P-wave velocities increasing from 7.1 km/s to 7.3 km/s, forms a layer extending from the forearc to the backarc domain. With regards earthquake locations, we observe a very low seismic activity beneath OBS stations that, on the contrary, is mainly concentrated east of the island arc. During the 13-month observation period available, hypocentral distribution highlights earthquakes mostly located between the island arc backstop and the subducting oceanic crust. At depth greater than 50 km we detect earthquakes that can be linked to dehydration of serpentinized slab

mantle. In the centre of the arc near $15^{\circ} 30'$, beneath Dominique island, there is a clear concentration of deep events. It is in this area that on November 29, 2007 a 7.4 Mw intraplate earthquake occurred at 150 km depth. A first observation from earthquake locations map suggests that certain seismicity coincides with the extrapolated surface trace of the Tiburon ridge that several authors considered aseismic. Another remark is the no significant seismicity detected either in the accretionary prism or in the outer forearc region. In our study area we may assume that the inner forearc controls the seismicity since the main seismic activity begins at its eastern border. The occurrence of a high seismicity level far from the backstop position and locate in the slab could be explained by slab bending.

Riassunto

Nel presente lavoro, al fine di studiare la relazione tra le strutture tettoniche e la sismicità, presentiamo i risultati della campagna SISMANTILLES I riguardante la Zona di Subduzione delle Piccole Antille. In codesta regione le placche Americane Nord e Sud convergono con quella Caraibica a una velocità di circa 2 cm/anno. Tale movimento è all'origine del vulcanismo e dell'attività sismica della regione. E' stata analizzata la sismicità locale utilizzando i dati registrati da una rete sismica on/offshore nel periodo novembre 1999 - gennaio 2002. Un data-set di 155 eventi sismici ben localizzati, per un totale di 4054 letture di onde P e 2617 di onde S, è stato utilizzato per determinare inizialmente un modello di velocità minimum 1-D per la regione delle Piccole Antille che è poi servito come modello di partenza per la successiva inversione 3-D. Al fine di determinare parzialmente l'enorme eterogeneità strutturale della Zona di Subduzione delle Piccole Antille, il modello minimum 1-D è completato dalle correzioni di stazioni che tengono in considerazione sia le eterogeneità di velocità in prossimità della superficie che la geometria della crosta. In particolare, le correzioni di stazione concernenti le OBS sono in generale positive rispetto a quelle delle stazioni a terra indicando arrivi tardivi, coerentemente con la presenza di fango e sedimenti in fondo al mare. Il valore delle correzioni di stazione delle OBS varia in rapporto allo spessore dei sedimenti come confermato da studi di sismica a riflessione.

L'inversione per il modello 3-D di velocità crostale delle onde P è stata eseguita risolvendo il problema posizione ipocentri-velocità nel senso dei minimi quadrati. Un'analisi particolare della capacità di risoluzione rispetto ai nostri dati individua le "figure" ben risolte da interpretare. Il modello di velocità 3-D della regione delle Piccole Antille mostra che la crosta dell'Arco vulcanico può essere suddivisa in tre strati (crosta superiore, media ed inferiore) ed è caratterizzata da uno spessore totale che in media è di 23-24 km. Velocità delle onde P compresi tra valori tipici del sedimentario e 6.0 km/s contraddistinguono la crosta superiore che è interpretata come costituita prevalentemente da vulcanoclastiti e rocce ignee, Invece la composizione della crosta media ($V_p < 6.8$ km/s) è interpretata come felsica o intermedia. Per ultimo la crosta inferiore plutonica mostra velocità da 7.1 km/s fino ad arrivare a 7.3 km/s e forma uno strato crostale che si estende dal forearc al dominio di backarc. Riguardo alla localizzazione ipocentrale, osserviamo una sismicità molto bassa in prossimità delle stazioni OBS, sismicità che invece è principalmente concentrata ad est dell'Arco vulcanico. Durante il periodo di osservazione di 13 mesi, la distribuzione

ipocentrale rivela una sismicità localizzata tra il backstop dell'arco vulcanico e la subducente crosta oceanica. A profondità maggiore di 50 km gli eventi sismici possono essere legati alla disidratazione dello slab mantellico serpentinizzato. Al centro dell'arco, a $15^{\circ} 30'$ di latitudine in prossimità dell'isola Dominique, c'è una chiara concentrazione di eventi profondi. E' in tale area che, il 29 Novembre del 2007, un terremoto di intraplacca si è verificato a 150 km di profondità. Una prima osservazione derivante dalla mappa di localizzazioni epicentrali suggerisce che una parte della sismicità coincide con l'estrapolazione della traccia superficiale della dorsale Tiburon che molti autori consideravano asismica. Osserviamo anche come non sia stata individuata sismicità significativa sia nell'area del prisma di accrezione che nella regione esterna di forearc. In base al nostro studio possiamo assumere che la regione del forearc interno controlla la sismicità poiché l'attività sismica principale comincia in prossimità del suo limite orientale. Il verificarsi di un alto livello di sismicità in una posizione distante rispetto al backstop potrebbe essere spiegata dalla curvatura dello slab.