

機関番号：82707

研究種目：基礎研究（B）（海外学術調査）

研究期間：2008～2010

課題番号：20404010

研究課題名（和文） 堆積盆地構造の地盤特性が地震動に及ぼす影響と災害リスクの軽減に関する研究

研究課題名（英文） A study of the effects of geotechnical properties and sedimentary structures on the seismic motion and the associated seismic disaster mitigation

研究代表者

田中 政典（TANAKA MASANORI）

独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・主任研究官

研究者番号：20371768

研究成果の概要（和文）：メキシコシティ盆地の地盤は、水の流れが非常に緩やかな淡水環境下に堆積したことが明らかとなった。また、メキシコシティの地盤は、振動に対して減衰しにくい性質を持っており、地震時には地震動が長く継続されることを示した。メキシコシティ盆地で実施した振動調査結果から、基盤深さと揺れやすさには、密接な関係のあることがわかったことから、対象位置が盆地部のどこに存在するのかがわかれば揺れ具合を推定できる。

研究成果の概要（英文）：It was clearly revealed that the ground of the Mexico city basin was deposited under the environmental condition of a very gentle flow of fresh water. The ground of Mexico city had the property that was hard to damp for the earthquake. This shows that seismic motion will be continued for a long time at the time when an earthquake occurs. In addition, it was found that there was the close relation between the bedrock depth and the vibration properties in Mexico city basin. Thus, if it can be realized the location in the basin, it will be able to estimate the seismic properties.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
2009年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2010年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：地盤工学

科研費の分科・細目：工学、土木工学、地盤工学

キーワード：

1. 研究開始当初の背景

近年の強震動地震学の著しい進展を受け、断層モデルに基づく強震動評価の技術が実務において活用され始めている。中央防災会議や地震調査研究推進本部による地震動の推定にそれらが活用されており、また、土木工学の分野においても、平成19年4月に改訂された新しい「港湾の施設の技術上の基準」が、強震動地震学の成果を本格的に導入

した最初の技術基準として登場してきている。ただし、現実の強震動評価には依然として多くの不明確な事項が内在していることも事実である。1995年兵庫県南部地震による震災の帯の生成、2003年十勝沖地震による苫小牧港における長周期地震動の発生などにより盆地構造の重要性が認識されているが、盆地構造と表層地盤の非線型挙動とが全体として地震動に与える影響についてはこれ

まで十分な研究がなされていない。

2. 研究の目的

本研究はメキシコシティの堆積地盤環境を明らかにし、堆積盆地構造が地震動に及ぼす影響と地震被害との関係を考察し、その成果を盆地構造が顕著に認められる我が国の地震防災計画に反映させ、災害リスクの軽減と迅速な復旧対策の立案に資することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究はメキシコ地震(1985)で大きな災害の発生したメキシコシティの堆積環境を明らかにし、堆積盆地構造が地震動に及ぼす影響と地震被害との関係を考察し、その成果を盆地構造が多く存在する我が国の地震防災計画に繁榮させ、災害リスクの軽減と迅速な復旧対策の立案に資することを目的としている。このため、メキシコシティにおいて地盤調査および振動特性調査を行う計画とした。実施した調査は以下の通りである。

(1)物理探査

①表面波探査、②常時微動測定、③微動アレイ探査、④サイスミックコーン試験

(2)土のサンプリング

サンプリングした土は許可を得て日本に輸入し、次の試験を実施した。

①物理試験、②一軸圧縮試験、③一面せん断試験、④三軸試験、⑤圧密試験、⑥年代測定、⑦珪藻分析試験、⑧pH試験、⑨変形特性試験など。

(3)原位置試験

①電気式コーン貫入試験、②原位置ベーンせん断試験、③ダイラトメーター試験

地盤特性については工学的特性のみならず堆積環境をも考慮して明らかにするため、土壌環境、地球物理科学的分析、土の動的性質の専門家による研究体制とした。また、震動特性についてはメキシコシティにおいて得られている地震動の分布特性を解析するため、地盤と建築構造物との相互作用も考慮した研究体制とした。

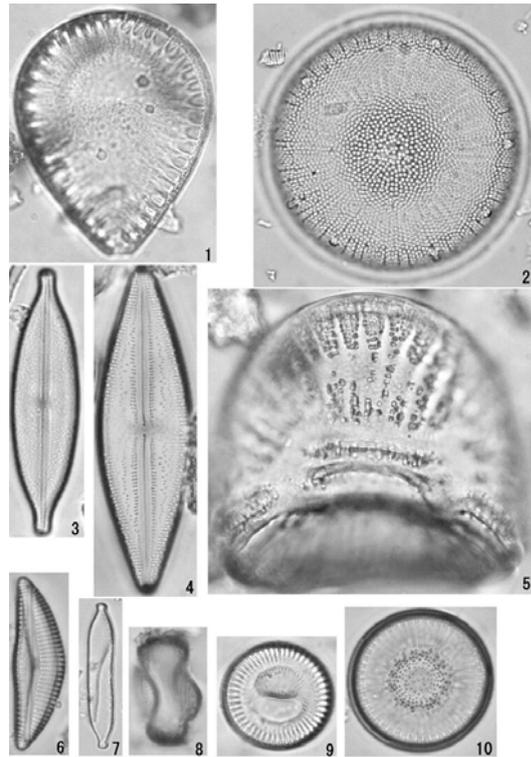
4. 研究成果

メキシコシティ盆地で地盤調査と振動調査を行った。また、メキシコシティでの研究成果を役立てるため、高知市の基盤急変箇所において常時微動測定を行った。一連の調査から次のことが明らかとなった。

(1)メキシコシティ粘土の主要鉱物はガラス質の非結晶物質であり、粘土鉱物はほとんど存在しない。一方、我が国の港湾域に堆積する粘性土の粘土鉱物はスメクタイトである。メキシコシティ粘土も我が国の港湾域に存在する粘性土も、堆積物の起源は火山灰

であるのにも関わらず、両者の主要粘土鉱物は、大きく異なっており、工学的特性が異なる理由の一因となっている。

(2)メキシコシティ粘土は、水の流れが非常に緩やかな淡水環境下で堆積したことが珪藻分析結果から明らかとなった。淡水性の珪藻である*Cyclotella meneghiniana*が多く出現しており、メキシコシティ盆地の堆積物は、盆地を取り囲む山塊部から河川等によって運搬され、堆積した土砂であることがわかった。図-1に珪藻化石写真を示す。



No.5は50 μ m, その他20 μ m

- 1.*Surirella peisonis*, 2.*Stephanodiscus* sp.
3,4.*Anomoeoneis aphaerophora* f.*costata*
5.*Champlodiscus* sp. 6.*Cymbella caespitosa*
7.*Hantzschia amphioxys* 8,9.*Cyclotella meneghiniana*
10.*Cyclotella lacunarum*

図-1 珪藻化石写真

(3)メキシコシティ粘土は、過圧密履歴を受けた粘土とは異なり、二次圧密やセメンテーションによる年代効果で過圧密を示す擬似過圧密粘土である。図-2に深さ18mから得られた不攪乱試料と再構成試料のe-logp曲線を示す。再構成試料は、不攪乱試料と同じ有効土被り圧である51kPaで圧密を行った。我が国の地盤における同程度の深さの有効土被り圧と比較すると、メキシコ粘土の単位体積質量は非常に小さいので、有効土被り圧は我が国の地盤のそののほぼ半分である。

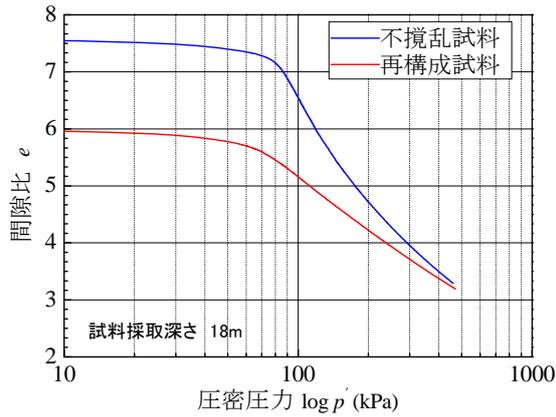


図-2 不攪乱試料と再構成試料との比較

図から、不攪乱試料の圧密降伏応力は 82kPa であり、圧縮指数は 7.4 である。再構成試料のそれらは、それぞれ 65kPa および 3.0 であり、メキシコシティ粘土は攪乱の影響を受けやすい土であることがわかる。また、我が国の港湾域の粘性土の圧縮指数は、一般に 1~2 であり、メキシコシティ粘土は高位な構造を有していることがわかる。しかしながら、メキシコシティの地盤は、載荷重が圧密降伏応力を少しでも上回ると非常に大きな沈下を生ずる危険性のあることが示唆される。

(4)メキシコシティ盆地における土地造成は、盆地内の地下水位を下げることによってなされてきていることから、現在も地盤沈下が継続して生じており、地盤調査結果の解釈は時系列による評価が重要である。

(5)メキシコシティ粘土の剛性率は、ひずみレベルが $1 \times E-01$ になっても 85%程度にしか減少しない。我が国の港湾域の粘性土の場合には、ひずみレベルが $1 \times E-02$ 程度になるとその剛性率は 20%以下になる。両者の比較からメキシコシティ粘土は減衰しにくい土であり、地震時には地震動の影響が長く続くことが示唆される。図-3 にメキシコシティ粘土の変形試験結果を示す。

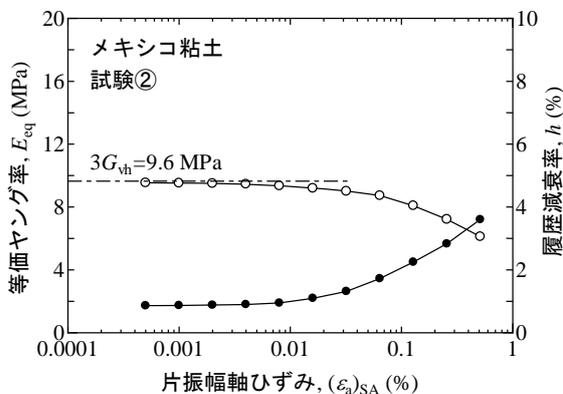


図-3 変形試験結果

(6)メキシコシティ盆地中央部では、深度 70m 程度まで S 波速度は 150m/s 以下であり、日本の典型的な沖積平野のそれとと比較してはるかに低速度であることがわかった。速度構造は、盆地縁部のチャプルテペックから盆地中央部のアラゴンおよびテスココに向かって、S 波速度 200m/s の境界線が深くなっていくことがわかる。すなわち、盆地中央部は、地震動の影響を受けやすい地盤特性であることがわかった。

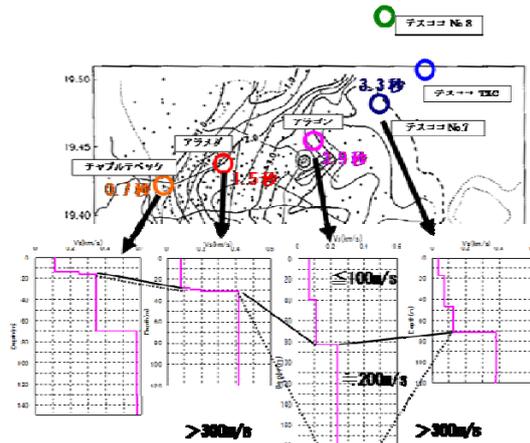


図-4 S 波速度構造

(7)メキシコシティ盆地中央部の H/V スペクトルのピーク周波数は 0.25~1Hz であり、このピークは深度 200m 以浅の地盤構造に対応していることがわかった。図-5 に常時微動測定から得られた H/V スペクトルの比較を示す。盆地中央部のアラゴンやテスココでは、H/V のピークは 0.25~0.3Hz であるのに対し

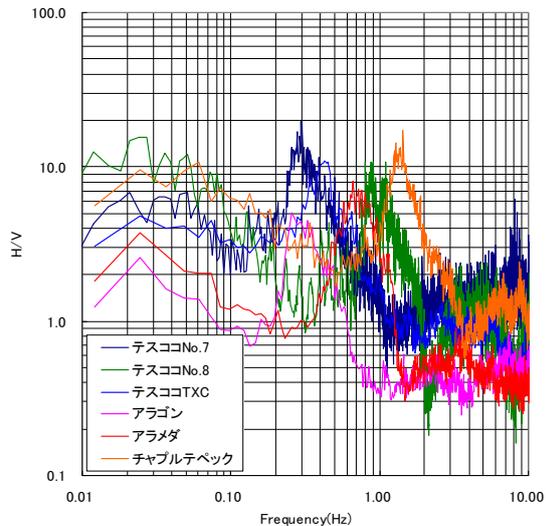


図-5 H/V スペクトルの比較

て、盆地縁部のチャブルテペックでは、そのH/Vのピークは1Hz前後であり、盆地の構造をよく反映している。このことから、対象とする構造物等が盆地のどの位置にあるのかによって、おおよその振動特性を推定できる。図-6にS波速度が200m/sを越える深度と卓越周期との関係を示す。

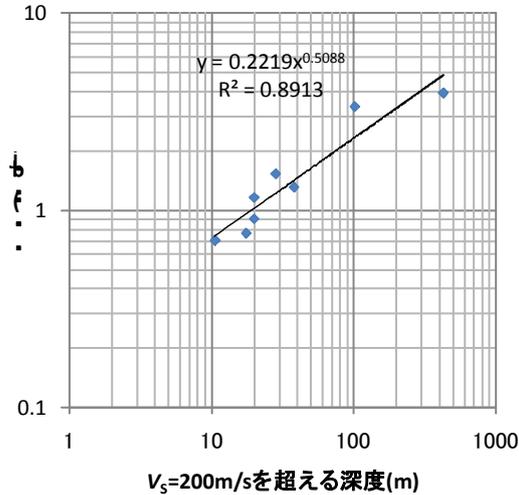


図-6 $V_s=200$ m/sを越す深度と周期との関係

図-6から、 V_s が200m/sを越える深度と卓越周期との間には非常に高い相関性のあることが認められた。

(8)基盤の急変している高知市仁井田地区で実施した常時微動測定結果からも、地盤のせん断波速度とH/Vから得られた卓越周期との関係は、強い相関のあることがわかった。図-7に V_s が1200m/sを越える深度と卓越周期の関係を示す。

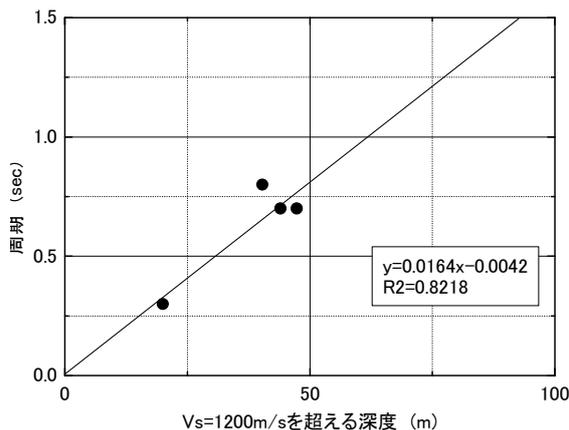


図-7 $V_s=1200$ m/sを越す深度と周期との関係

基盤層の深さと周期については、非常に強い相関性があるので、このような関係をそれぞれの地域で見いだしておけば、地域の防災対策に役立てることができる。

(9)基盤深さとH/Vとの関係も概ね調和的であったことから、土質柱状図からでも揺れや

すさを評価できることを示唆した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

①田中政典、港湾における土質データベースの開発とその活用について、地質ニュース、地質調査総合センター、Vol. 675、pp.19-24、2010、査読無。

②野津厚、長尾毅、山田雅行、経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法の改良—因果性を満足する地震波の生成—、土木学会論文集A、Vol. 65、No.3、pp. 808-813、2009、査読有

③田中政典、渡部要一、松岡達也、富田龍三、小川靖弘：メキシコシティ盆地縁部における地盤の工学的特性、地盤工学会中国支部論文報告集、地盤と建設、Vol.26、No.1、pp.29-40、2008、査読有。

④Nozu, A.: Rupture process of the 2007 Chuetsu-oki, Niigata, Japan, earthquake -Waveform inversion using empirical Green's functions -, *Earth Planets Space*, 60, pp.1169-1176, 2008、査読有。

⑤Nozu, A.: Rupture process of the 2007 Noto Hanto earthquake: waveform inversion using empirical Green's function, *Earth Planets Space*, 60, pp.1029-1034, 2008、査読有。

〔学会発表〕(計8件)

①林宏一、野津厚、田中政典、鈴木晴彦、メキシコ市中心部における三成分常時微動測定および微動アレイ探査結果、第13回日本地震工学シンポジウム、2011.11.18、つくば国際会議場(つくば)。

②田中政典、渡部要一、中島美代子、富田龍三、破碎した珪藻の含有量が塑性図に及ぼす影響、土木学会第65回年次学術講演会、2010.9.1、北海道大学(札幌)。

③田中政典、大坪政美、中島美代子、有機物含有量が物理試験結果に及ぼす影響、土木学会第64回年次学術講演会、2009.9.4、福岡大学(福岡)。

④田中政典、中島美代子、富田龍三、メキシコシティ粘土の物理化学的性質、土木学会第64回年次学術講演会、2009.9.4、福岡大学(福岡)。

⑤M. Tanaka, Y. Watabe, S. Sakajo and T. Sadamura: A Proposal of 3D Liquefaction Damage Map of Kochi Harbor, International Symposium on Prediction and Simulation Methods for Geohazard Mitigation, IS-Kyoto, 2009.5.26、国立京都国際会館(京都)。

⑥田中政典、渡部要一、松岡達也、三枝弘幸、富田龍三、メキシコシティ粘土の特性(その2:力学特性)、第43回地盤工学研究発表会、2008.7.10、広島大学(広島)。

〔図書〕（計0件）

研究者番号：

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

該当無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 政典 (TANAKA MASANORI)
独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・主任研究官
研究者番号：20371768

(2) 研究分担者

野津 厚 (NOZU ATSUSHI)
独立行政法人港湾空港技術研究所・地盤構造部・地震動研究チームリーダー
研究者番号：60371770
川瀬 博 (KAWASE HIROSHI)
京都大学防災研究所・社会防災研究部門・教授
研究者番号：30311856
澁谷 啓 (SHIBUYA SATOSHI)
神戸大学・工学研究科・教授
研究者番号：00206153
大坪政美 (OHTSUBO MASAMI)
九州大学・農学研究科・教授
研究者番号：80112316
亀井 健史 (KAMEI TAKESHI)
宮崎大学・工学部・教授
研究者番号：30177597

(3) 連携研究者 該当無し

()