

**インドネシアにおける
ニアス島の地震災害からの復興と
北スマトラ州、西スマトラ州の
地震防災のための
地盤調査技術の普及と活用支援事業
活動報告書**

平成20年2月

NPO **国境なき技師団**

正会員 三輪 滋

正会員 遠藤 一郎

正会員 清野 純史

正会員 アイダン・オメル

正会員 鈴木 智治

1. 活動団体, 協力団体, 支援団体

1)活動団体

NPO国境なき技師団¹⁾

(社) 土木学会

2)協力団体

インドネシア工学会土木部門

3)支援団体

(社) 国際建設技術協会

2. 主な活動場所 (英文またはアルファベット表記の現地言語を付記)

インドネシア共和国北スマトラ州メダン市 (1/22-1/23)

(英名 : Medan, North Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国北スマトラ州ニアス県グヌンシトリ市 (1/24)

(英名 : Gunung Sitoli, Nias, North Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国北スマトラ州南ニアス県テルクダラム市 (1/25)

(英名 : Telukdalam, South Nias, North Sumatra, Indonesia)

インドネシア共和国西スマトラ州パダン市 (1/27,1/28)

(英名 : Padang, West Sumatra, Indonesia)

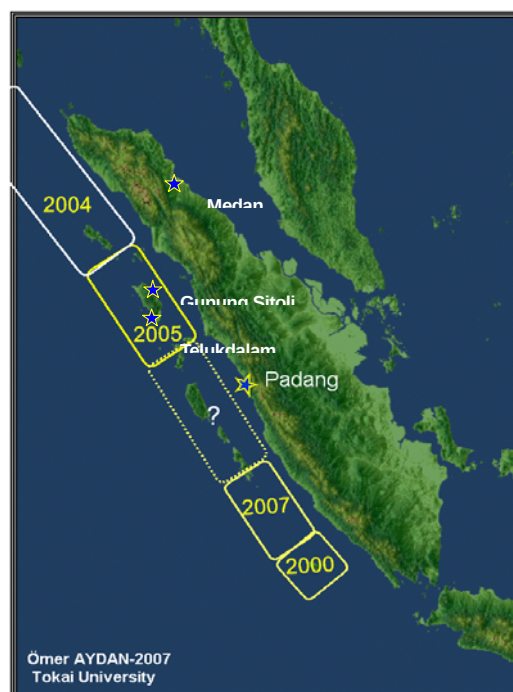


図-1 地震の破壊領域と今回の活動の地域

3. 活動の背景と目的および活動の概要

巨大津波によって、インドネシアなどで未曾有の大災害を引き起こした2004年12月26日に発生したスマトラ沖地震の3ヵ月後、そのやや南で、2005年3月28日のスマトラ島沖地震(M=8.5)が発生し、震源断層の上にあたるニアス島を中心に橋梁、港湾施設および建物・家屋に地震動に起因する甚大な被害が発生させた。特にニアス島の中心地グヌンシトリは地盤の液状化によってライフライン等の社会基盤施設が破壊された^{2),3),4),5)}。被災した社会基盤施設の診断や補修、また応急復旧や復興が喫緊の課題であるとして、現地州政府から土木学会に対し、技術的支援の要請があり、これを受けて、2005年4月に支援チームを被災地に派遣し、現地の行政官庁と連携し、応急復旧・復興に関しての支援・助言活動を行った⁶⁾。しかし、数ヶ月たっても復興の目途は立たず、インドネシア工学会や州政府から引き続き復興支援の要請を受けていた。また、復興計画を策定するためには被災地域の地盤条件が不可欠であるが、ボーリングデータ等の地盤資料はほとんどない状態であった。そこで、2006年1月に、土木学会はインドネシア工学会との協力のもとで、復興支援チームを現地に派遣した。支援チームは、スウェーデン式サウンディング試験機器一式を寄贈し、簡易な地盤調査法を現地技術者に指導するとともに、調査結果をもとにした液状化の判定方法および地域の復興計画への反映方法について指導を行った^{3),7)}。これらの活動は、国境なき技師団の発足前の活動ではあるが、国境なき技師団の支援活動に引き継がれる活動であった。

この活動のなか、ニアス島の復興支援だけでなく、スマトラ島の北スマトラ州、西スマトラ州政府から、今後発生する可能性のある地震に備えるためには、スマトラ島内の各地においても既存施設や新設構造物の耐震性確保あるいは、危険度マップの作成などで地盤データの蓄積が重要であるとの認識で、簡易な地盤調査技術の導入について支援要請があった。これを受けて、土木学会と国境なき技師団は、2007年2月に地震災害復興や地震防災のため、ニアス島での地盤調査技術の定着と、スマトラ島内での地盤調査技術の普及を目的として、支援チームを派遣し、各地で、スウェーデン式サウンディング試験機器を寄贈するとともに、地盤調査法を現地技術者に指導し、また、調査結果の液状化の判定などへの活用方法について指導を行った^{8),9),10)}。また、同地で液状化により被災した橋梁について、その場で北スマトラ州道路橋梁局副局長から復旧のための技術アドバイスが求められ、すでに3月にレポートを提出している¹¹⁾。なお、ニアス県知事からは、2007年3月に土木学会にお礼の手紙が届いている¹²⁾。

地盤調査技術やその活用技術は、日本からの支援時のみに実施するのではなく、現地の技術者が自ら実施することが必要であり、そのためには継続的な支援と現地技術者の育成が不可欠である。そこで、国境なき技師団は、土木学会の協力のもと、今年度も継続的な支援活動として、支援チームをニアス島、北スマトラ州パダン、ニアス島、西スマトラ州メダンに派遣した。ニアス島では、今回初めて南ニアス県で地盤調査技術の指導を実施した。

4. 派遣者氏名

三 輪 滋	(飛島建設) (地盤工学・地震工学)
清 野 純 史	(京都大学) (地震工学・防災工学)
アイダン オメル	(東海大学) (地盤工学・岩盤力学・構造力学)
遠藤 一郎	(大成基礎設計) (地盤工学)
鈴木 智治	(飛島建設) (建設工学)

5. 活動の工程

年 月 日	場所・交通機関（ ）内	行 動 予 定
2008年1月22日(火)	発：成田 (JL725 11:20- 17:20) 着：ジャカルタ 発：ジャカルタ (GA 196 19:40 - 21:50) 着：メダン メダン泊	移動 ジャカルタで鈴木合流 内部ミーティング（工程打ち合わせ他）
2008年1月23日(水)	メダンで活動 メダン泊	道路橋梁局で地盤試験・解析実技指導セミナー 州知事および州関係者打ち合わせ ダルマアグン大学で講演会 日本総領事館面談 清野合流
2008年1月24日(木)	発：メダン (MZ5424 07:30 - 08:30) 着：グヌンシトリ グヌンシトリで活動 グヌンシトリ泊	グヌンシトリ（ニアス県） 現地州政府、県関係者打ち合わせ 市内で地盤試験・解析実技指導
2008年1月25日(金)	南ニアスのテルクダラムへ移動 テルクダラムで活動 指導終了後 グヌンシトリへ移動 グヌンシトリ泊	テルクダラム（南ニアス県） 現地県、州政府関係者打ち合わせ 市内で地盤試験・解析実技指導
2008年1月26日(土)	発：グヌンシトリ (MZ 5425 09:30 - 10:30) 着：メダン 発：メダン (MANDALA RI89 15:10-16:15) 着：パダン パダン泊	移動 内部ミーティング
2008年1月27日(日)	パダン パダン泊	ブキティンギ調査
2008年1月28日(月)	パダン 発：パダン (KI0261(アダムエア) 17:30-19:00) 着：ジャカルタ着 発：ジャカルタ (JL 726 22:10 - 07:25) 着：成田	パダンアンダラス大学での合同セミナー パダン州立大学での合同講演会 鈴木は小長井チームと合流のため残留 移動（帰国）
2008年1月29日(火)	成田着	解散

6. 具体的活動内容

1) スウェーデン式貫入試験による地盤調査技術実技指導

(ニアス県グヌンシトリ, 南ニアス県テルクダラム)

スウェーデン式貫入試験の試験方法を, 現地の地盤で, 現地技術者に実地指導した。

2) スウェーデン式貫入試験の試験結果の解釈と液状化の判定方法と液状化対策法の技術指導; 室内講習 (メダン, ニアス県グヌンシトリ, 南ニアス県テルクダラム)

- a) 試験結果の解釈と地盤の支持力の求め方を指導した。
- b) 地盤調査結果を用いた液状化の判定手法, 地盤の支持力評価法および構造物、ライフライン施設等の液状化対策工法を指導した。
- c) 復旧・復興計画策定のための地盤調査計画の指導
復旧・復興あるいは地震災害軽減の対策を策定するために必要な地盤調査(調査地点と点数)の方法および調査結果の復旧・復興計画への反映方法を指導した。

3) ニアス島での地震被害の調査

現地へ着く前日に内陸型の地震があり, 死者や構造物に被害が生じた。被災地点で被害原因を調査した。

4) ニアス島での復興の進捗状況の調査

2005年3月の地震1ヵ月後の支援活動で被災調査と復興への提言を行ったが, それがどの程度実現しているか, また残された課題は何かを調査した。

5) インドネシア各機関への継続的・自主的活動の要請

北スマトラ州政府および道路橋梁局, ニアス県, 南ニアス県政府などへの復旧・復興や地震災害軽減のための地盤調査実施の重要性の説明と継続的, 自主的な活動の要請を行った。

6) ダルマアグン大学(メダン), アンダラス大学(パダン), パダン州立大学(パダン)での講演会の開催

北スマトラ州メダンのダルマアグン大学, 西スマトラ州パダンのアンダラス大学, パダン州立大学において, 今回の活動の概要や最近の研究成果について講演を行い, 現地の大学の先生や学生との技術交流を図った。

7. 事業の成果

1) 北スマトラ州メダンにおける地盤調査技術の教育

すでに, スウェーデン式サウンディング機器を寄贈し, 昨年度現地調査実技指導を行っており, 今回は, 北スマトラ州道路橋梁局で地盤調査技術の結果の利用に力点を置いた講習会を開催した。道路橋梁局の技術者が参加し, 今後, その活用が期待される。

- ・結果の解釈と活用法(支持力, N 値, 液状化判定)
- ・復興計画策定のための活用法(ゾーニングなど)
- ・液状化現象と液状化対策

2) ニアス島ニアス県グヌンシトリでの地盤調査技術の教育

ニアス県の協力により, 現地技術者を対象としたスウェーデン式貫入試験の現地実地指導と講習会を開催した。事業実施前日に発生した地震で死者や構造物被害が発生した地点(軍の宿舎)で被害調査を行うとともに, 地盤調査の実習も行った。前回の講習に引き続き今回の講習で, 現地技術者が, スウェーデン式サウンディング試験を実施, 利用することができるレベルまで技術習得でき, 計画的な調査実

施へのスタートが踏み出せた。地震被害は、建物内の壁の崩壊と下敷きによる死傷であったが、コンクリートとはいえない砂のようなコンクリートの使用と、レンガなどを高く積み上げたことが原因と判断された。

3) ニアス島南ニアス県テルクダラム市における地盤調査技術の教育

南ニアス県の協力を得て、現地技術者を対象としたスウェーデン式貫入試験の現地実地指導と講習会を開催した。南ニアス県での地盤調査技術普及事業は今回が初めてである。地盤調査実習は、国の復興事業として建設されている学校敷地で実施した。建設地点は、河川の後背湿地と考えられる非常に軟弱な地盤であり、この学校建設では十分に地盤調査がなされていなかった可能性があることがわかった。また、現地技術者に対して講習会を行い、参加者は少数であったが、適用法などで活発な議論が行われた。この講習をきっかけとして、今後は現地技術者による普及が期待される。

4) ニアス島での復興の進捗状況の調査

2005 年 3 月の地震 1 ヶ月後の支援活動で被災調査と復興への提言を行ったが、それがどの程度実現しているか、また残された課題は何かを調査した。道路の拡幅や舗装の整備、橋梁の復旧計画の着手、耐震設計がなされた建築物の建築など、当時の提言がいくつか実現していることを確認した。

5) ダルマアグン大学(メダン)、アンダラス大学(パダン)、パダン州立大学(パダン)との協力関係の構築

大学での講演会の実施や個別技術での研究者との協議など、今後の活動への協力が得られるような協力関係の構築ができた。

6) インドネシア工学会 (PII) 土木部門との協力関係構築

2005 年 8 月に土木学会としては 24 番目の協定会としてインドネシア工学会(PII)と協力協定を締結している¹³⁾。インドネシア工学会(PII)土木部門からアンダラス大学(パダン)での講演に参加、協力を得た。

7) インドネシア国内の NGO や企業との協力関係構築

支援活動の継続的实施には、地元技術者の協力が必須であり、パダンでは NGO 組織 KOGAMI の協力を得た。

8. 技術移転の成果

1)各地のインドネシア人技術者が、スウェーデン式サウンディング試験を実施、利用することができるレベルまで技術習得できた。

2)北スマトラ州道路橋梁局では、州内各県への積極的な普及を検討している。

9. 現地での反響

1)メダンでは道路橋梁局の技術者が、ニアス県グヌンシトリ、南ニアス県テルクダラムでは州の公共事業省あるいは県の技術者が、現地実地指導や講習会に数多く参加し、現地技術者による結果解説と質疑応答が行われるまで技術者の関心を得た。

2)メダンのダルマアグン大学、パダンのアンダラス大学、パダン州立大学では、大学の研究者が、地盤調査技術や液状化に関する技術に大きな関心を示し、今後これらの地域での技術の普及が期待される。

3)各地で進められている、復旧復興の工事や事業には、以前に提示した提言が有効に活用されている場合もあるが、まだ浸透していない場合も多い。実際に直面した案件に対しては、できる限り助言をしたが、さらに広範囲に継続的な技術指導などの支援要請があった。

10. 次年度への継続状況

調査技術の定着や継続的利用、より広い地域での利用の拡大に関しては、継続的な技術指導が必要であり、次年度以降も支援チームによる技術指導を計画している。

11. 今後の課題など

1) 継続的教育

試験方法、結果の利用法などを講習したが、調査技術の定着や継続的利用、より広い地域での利用の拡大に関しては、継続的な技術指導、支援が必要である。

2) 復興活動への提言の継続的な提示

地震直後に復興に対して技術的な提言を実施した。これらは、道路の拡幅や十分な舗装、建築における柱や梁の強度増加、レンガ造の手順などで提言が実現しているもの、しつつあるものが見られる一方で、地盤調査、基礎構造に関するもの、材料に品質に関するものなどでは、十分に反映されていないものもみられ、地震に対してだけでなく、長期の安定性にも不安が残る構造物が建設されている場合もある。提言の実現のためにも、継続的な技術助言活動、技術移転の継続が必要と考えられる。

3) 継続的活動のための協力関係の構築発展

復旧・復興支援活動を有効に継続していくためには、北スマトラ州政府、北スマトラ州道路橋梁局、ニアス県、南ニアス県、西スマトラ州政府、西スマトラ州社会基盤施設局など現地の行政機関、また、活動支援を受けたインドネシア工学会(PII)、NGO;KOGAMI、ダルマアグン大学、アンダラス大学、パダン州立大学およびインドネシア国内の民間企業などとの協力関係が不可欠である。これらをよりよい関係へと継続的に構築発展していくことが必要である。

4) 技術普及のための調査機器普及

前回の活動では、インドネシア国内での地盤調査試験機器の調達を試みたが、仕様どおりの機器製造ができなかった。今後、技術を普及していくためには、調査機器の普及が不可欠であり、より多くの機器の寄贈の可能性の検討が必要である。あるいは、日本からプロトタイプを送付し現地で生産できるような体制を整備することも必要である。

5) 教育や普及のための活動資金の調達、人材確保

継続的支援(教育指導活動、機器の寄贈など)の実行計画の作成と、活動資金の調達が必要。専門家活動だけでなく機器調達などの活動に対しても資金調達できる支援制度などが重要である。また、長期的に滞在して技術指導に当たれる人材の確保が重要である。

1 2. 参考文献

- 1) 濱田政則:NPO 仮称:国境なき技師団(Engineers without Borders, Japan) 設立について, 土木学会誌, Vol. 90, No.12, 2005.
- 2) Ömer Aydan, Shigeru Miwa, Hiroyuki Kodama and Tomoji Suzuki: The Characteristics of M8.7 Nias Earthquake of March 28, 2005 and Induced Tsunami and Structural Damages, Journal of The School of Marine Science and Technology, Tokai University, Vol.3, No.2, pp.66-83, 2005.
- 3) 三輪滋, アイダン・オメール, 児玉裕之, 清野純史, 遠藤一郎, 鈴木 智治, 濱田 政則: 2005 年 3 月 28 日のスマトラ沖地震におけるインドネシア・ニース島の被害と復旧復興支援活動, シンポジウム「近年の国内外で発生した大地震の記録と課題」土木学会, pp.60-67, 2006.
- 4) Shigeru MIWA, Omer AYDAN, Hiroyuki KODAMA, Junji KIYONO, Ichiro ENDO, Tomiji SUZUKI and Masanori HAMADA: Damage in Nias Island Caused by The M8.7 Off-shore Sumatra Earthquake, March 28,2005, 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, No. 1426, 2006.
- 5) 三輪滋, アイダン・オメル, 児玉裕之, 遠藤一郎, 清野純史, 鈴木智治, 濱田政則: 2005 年 3 月 28 日のスマトラ沖地震におけるインドネシア・ニース島の地震被害, 土木学会地震工学論文集, Vol.29, A01-005, pp.40-49, 2007.
- 6) 土木学会インドネシア・ニース島地震応急復旧・復興支援チーム:「インドネシア・ニース島地震応急復旧・復興支援チーム」速報, 土木学会誌, Vol.90, No.7, pp.49-52, 2005.
- 7) 三輪滋, 清野純史, アイダンオメル, 遠藤一郎, 鈴木智治, 濱田政則: インドネシア・ニース島復興支援チームー復興計画計画策定のための地盤調査指導支援ー活動報告, 土木学会誌, Vol.91, No.4, pp.76-79, 2006.
- 8) 三輪滋, 遠藤一郎, 清野純史, アイダン・オメル, 鈴木 智治, 濱田 政則: インドネシア・ニース島復興支援チームーインドネシアにおけるニース島の地震災害からの復興と北スマトラ州, 西スマトラ州の地震防災のための地盤調査技術の普及と活用支援ー活動報告, 土木学会誌, Vol.92, No.6, pp.101-103, 2007.
- 9) 三輪滋, 遠藤一郎, 清野純史, アイダン・オメル, 鈴木智治, 濱田政則: インドネシア・スマトラ島における地震災害軽減のための地盤調査, 第 42 回地盤工学研究発表会平成 19 年度発表講演集, pp.1743-1744, 2007.
- 10) 三輪滋, 遠藤一郎, 清野純史, アイダン・オメル, 鈴木智治, 濱田政則: インドネシア・スマトラ島における地震防災のための支援活動, 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, 1-636, pp.1267-1268, 2007.
- 11) Ö. Aydan, S. Miwa, T. Suzuki, J. Kiyono and I. Endo: A Report on The Temporary Rehabilitation of the Sea-side Truss Bridge of Gunung Sitoli damaged by the M8.7 Nias Earthquake of 2005, 2007.
- 12) 土木学会: JSCE ニュース; インドネシア ニース県知事からお礼の手紙が届く, http://www.jsce.or.jp/news/news_sub/jsce070406.shtml, 2007.
- 13) 古木守靖: インドネシア工学会(PII)との協力協定締結, 24 番目の締結団体に, 土木学会誌, Vol.90, No.10, p.78, 2005.

1 3. 現地活動中の写真、事業成果の写真



図-1 地震の破壊領域と今回の活動の地域

(メダン)



写真-1, 写真-2 北スマトラ州道路橋梁局長への活動説明



写真-3, 写真-4 北スマトラ州道路橋梁局で実施した地盤調査技術に関する講習会



写真-5, 写真-6 北スマトラ州知事への活動説明



写真-7, 写真-8 メダンドルマアグン大学での講演



写真-9 在メダン日本総領事への活動説明

(ニアス島グヌンシトリ)



写真-10 ニアス島グヌンシトリでのニアス県幹部への活動説明



写真-11, 写真-12 前日の地震で被害の出た軍宿舎
(左は被害が出た並び(コントラクターが施工, 屋根や柱に化粧があるが施工は不良, 右は被害の無かった並び(軍の直接施工, 屋根や柱はシンプルであるがしっかり施工))



写真-13, 写真-14 屋根裏のレンガの壁が崩れ落ち, 天井板が抜けて下にいた人が死亡, 負傷した屋根に残るコンクリートの柱は鉄筋が露出, 内部に野ころりのコンクリートが残っている. 崩れ落ちたレンガは粗悪な焼き方であり, コンクリートらしきものはほとんど砂で, つぶせばすぐつぶせる程度でありセメント分がほとんど無く, 粗骨材もない. 天井板も下から打ち付けてあるため, 重みですぐ落ちた. 柱にも亀裂が入ったりしており, 並びのほかの住居も同様に危険な状態であることが推察される. すべて, 天井をはがし, その上のレンガ壁を取り去り, 壁が必要であれば, ベニア板などで作することを提言.



写真-15, 写真-16 軍宿舎の周辺地盤, 2005 年 3 月の地震で被害を受けた水路
(地盤が海側や河心方向に移動し, 水路に亀裂や傾斜がした)



写真-17, 写真-18, 写真-19 軍宿舎敷地での地盤調査講習



写真-20～写真-23 ニアス島グヌンシトリでの地盤調査講習

(ニアス島南ニアス県テルクダラム)



写真-24～写真-27 南ニアス県テルクダラムの学校建設地点と建設中の学校
河川の後背地と思われる低湿地に建設されている。基礎が強固でなく、ブロック積みの壁が非常に高い。地盤沈下による不等沈下や地震時の壁の倒壊が懸念される。



写真-28～写真-29 南ニアス県テルクダラムの学校建設地点での地盤調査講習



写真-30～写真-33 南ニアス県テルクダラムでの地盤調査講習

(ニアス島での復興の様子)



写真-34 道路の拡幅としっかりした舗装



写真-35 道路の拡幅にあわせた橋の架け替え



写真-36 架け替え予定の橋梁



写真-37 異形鉄筋の使用



写真-38, 写真-39 埋立地に建設中の市場 柱、梁は従来のものより太く設計されている。
(ただし、基礎が検討不十分の可能性)

(ニアス島での問題事例)



写真-40, 写真-41 グヌンシトリの軍宿舎：悪品質の材料の使用と施工不良



写真-42, 写真-43 沈下した橋梁の横に建設中の橋の基礎がまたすべっている



写真-44, 写真-45 南ニアステルケダラムの低湿地に建設された基礎構造が不十分なうえ壁が不安定な学校校舎

(パダン)



写真-46～写真-49 アンドラス大学での講演



写真-50～写真-53 パダン州立大学での講演

以上