岩盤工学の最近の話題

3. 東南アジア諸国における岩盤工学の発展状況[†]

大 津 宏 康*

Recent Topics on Rock Engineering

Ⅲ : Development of Rock Mechanics in Southeast Asian Countries

by

Hiroyasu OHTSU*

Key words : Southeast Asia, Hydro-electricity, Irrigation, Tunnel, Underground cavern, Privatization, PFI

1 は じ め に

日本は、東南アジア諸国と政治面・経済面において緊密な関係にあるにも拘らず、日本人の東南アジアに関する認識は、必ずしも十分であるとは言えないであろう。この東南アジア諸国に関する日本人の認識不足という課題は、本稿で取り上げる、岩盤工学部門に関する現状認識についても、当てはまるのではないであろうか。本稿の目的とする所は、東南アジア諸国における岩盤力学の発展に関する、過去・現在・未来について示すことである。このテーマについて紹介する上で、材料学会共催による第11回岩の力学国内シンポジウム特別セッションにおける、Noppadol (Asian Institute of Technology, アジア工科大学院、以下AITと称す)の講演内容¹⁾が、最も適切であろう。その講演における序文は、次のように要約される。

「タイやその周辺各国における岩盤力学は、いまだ初期の発展段階にある。これは、当該地域における初期の社会基盤整備は、主として大河の氾濫源に位置する大都市部に限定されていたことによる。このため、都市部での構造物の基礎を構築する等の観点から、土質力学が主要な学問分野であった。しかし、1980年代初頭のインドシナ戦争の終結に引き続き、インドシナ諸国では、戦争で破壊された国土の再建とともに、急速な産業および経済の成長に対処するため、より幅広い社会基盤整備を実施する必要となってきた。タイやその周辺各国での国土の大部分は山地からなっているため、現段階で実施が決定したもの、および計画中の開発案件においては、岩盤力学が重要な学問分野として注目されるようになってきた。この具体的な開発案件としては、数多くの大規模水力発電所、灌漑および洪水制御を目的としたダム、高速道路に関連する道路斜面およびトンネル、集水地からの導水トンネル、石油および天然ガスの探査・開発、石炭採掘場および丘陵地帯の住宅開発等が挙げられる。」

なお、上記の岩盤工学に関連する動向は、タイを中心

とするインドシナ半島における状況を述べたものであるが、この内容については、インドシナ半島以外のインドネシアおよびフィリピンについてもあてはまるものであると推察される。

このような観点から、本稿では、東南アジア諸国における岩盤力学の発展に関連する内容として、以下の事項について紹介するものとする。

① これまでに東南アジア諸国においては、どのような岩盤工学に関連するプロジェクトが推進されてきたか。

② 当該地域における岩盤工学に関連する教育機関はどのように発展してきたか。

③ 今後の当該地域における岩盤工学に関連するプロジェクトはどのような方向へ向かおうとしているか。

2 東南アジアの発展状況

本章では、東南アジア各国のマクロ経済の発展状況に加えて、それに関連する岩盤工学の発展状況についても示す。

2・1 東南アジアの経済および社会環境

東南アジアは、①カンボジア、②インドネシア、③ラオス (Lao PDR)、④マレーシア、⑤ミャンマー、⑥フィリピン、⑦シンガポール、⑧タイ、⑨ベトナムおよび⑩ブルネイの、いわゆるASEAN10ヶ国により構成されている。ここで、この10ヶ国の名称をすべて正確に挙げるができる日本人は、どの程度いるであろうかというのが、東南アジア諸国に関する日本人の認識不足を推し量る上での、筆者からの一つの問い掛けである。

この東南アジア10ヶ国のマクロ経済状況は、表Iに示すように、World Bankによる経済分類でHigh income (1人当りのGDPが10 000ドルを超える国)に属するシンガポール、Upper-middle income (1人当りのGDPが3 000～10 000ドル程度の国)に属するマレーシア、Lower-middle income (1人当りのGDPが500～3 000ドル程度の国)に属する3ヶ国、そしてLow income (1人当りのGDPが1 000ドル以下の国)に属するその他の

[†] 原稿受理 平成15年3月6日 Received Mar. 6, 2003

* 正 会 員 京都大学大学院工学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町, Faculty. of Eng., Kyoto Univ., Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501

表Ⅰ 東南アジア各国のマクロ経済指標²⁾

国 名	GDP per capita	Economy Group
Cambodia	260	Low income
Indonesia	640	Lower-middle income
Lao PDR	320	Low income
Malaysia	3,640	Upper-middle income
Myanmar	—	Low income
Philippines	1,050	Lower-middle income
Singapore	30,170	High income
Thailand	2,160	Lower-middle income
Vietnam	350	Low income
Japan	32,350	High income

単位 US ドル

注) 参考文献 2 (1997 年集計) からの抜粋に加筆

図 1 円借款による対象物件分類 (1998 年度 OECD)

表Ⅱ 日本の ODA (1999) の内訳³⁾

国 名	贈与 Grant Aid			政府貸付等 Government Loans	合計 Total ()内数字：百分率
	無償資金協力 Grant Aid	技術協力 Technical Cooperation	計 Total		
Asia	882.91	1,217.75	2,100.66	4,529.92	6,630.58 (63.0)
Middle East	274.53	132.68	407.21	136.94	544.15 (5.2)
Europe	133.48	57.33	190.82	-39.7	151.12 (1.4)
Africa	693.08	221.2	914.27	80.35	994.63 (9.5)
Central/South America	256.18	323.01	579.19	235.22	814.41 (7.8)
Oceania	69.72	53.56	123.29	14.95	138.23 (1.3)
Others	30.11	1,193.60	1,223.70	0.89	1,224.60 (11.7)
Total	2,340.02	3,199.16	5,539.17	4,958.58	10,497.76 (100.0)
ASEAN	393.91	549.14	943.04	2,977.58	3,920.62 (37.3)

注) 支出純額ベース, 単位:100 万ドル

4ヶ国に分類される。同表に示すように、東南アジアの特徴は、各国間の経済格差が激しいことである。この経済格差は、後述するようにそのまま社会基盤整備に関する質の相違と等しいものと解釈される。

東南アジア諸国では、この経済格差の解消を目的として、先進国各国 OECD からの途上国援助 ODA により、社会基盤整備が進められている。実際に、表Ⅱに示すように日本からの途上国援助 ODA (無償供与・技術協力・円借款) の地域別内訳において、ASEAN が全体の 37% を占めており、当該地域は、その経済発展において日本からの援助に強く依存していることがわかる。また、日本からの途上国援助 ODA の内、大規模プロジェクトを対象とする円借款の対象物件に着目すると、図 1 に示すように電力・ガス、運輸等が上位を占めている。なお、同図において、電力・ガス部門の中には多目的ダムが含まれているため、上下水道・灌漑関連施設も上位にランクされる項目である。

2・2 東南アジアにおける岩盤工学に関連する技術者の現状

東南アジアにおいては 1980 年代以降、水力発電所に代表される大規模岩盤構造物建設プロジェクトが実施されている。ただし、プロジェクトの多くは、日本を含む先進国からの ODA (無償供与・技術協力・円借款事業)

によるものであり、その設計、施工および施工管理は、国外の企業・団体によって実施されてきた。こうした事実は、表Ⅲに示す東南アジア諸国における 2000 年時点での ISRM 会員数からも裏付けられる。同表に示すように、同地域での ISRM 会員数は 88 名であり、同時期の日本の 360 名および、中国の 120 名と比べて、極めて少ない会員数である。なお、同表に示す SE Asia という分類は、表の注釈に示すように、AIT が中心となって組織している東南アジア地盤工学会 (Southeast Asian Geotechnical Society) の国際会員が ISRM 会員として認定されていることに準拠するものである。実際には、SE Asia に分類される会員の大多数は、タイに職場を有する研究者および技術者である。このように、東南アジア諸

表Ⅲ 東南アジア諸国における ISRM 会員数⁴⁾

国名	個人会員数
Indonesia	7
Malaysia	1
Singapore	14
SE Asia*	42
Vietnam	24
小計	88

*SE Asia: Southeast Asian Geotechnical Society

表Ⅳ AITにおける Engineering and Applied Geology のカリキュラム内容

	Credit 注)	Title	Term
1	4(3-3)	Fundamentals of Engineering Geology	September
2	4(3-3)	Rock Mechanics	September
3	3(3-0)	Underground Excavations and Tunneling	January
4	3(2-3)	Site Investigation and Terrain Evaluation	January
5	3(3-0)	Fundamentals of Applied Geophysics	January
6	3(3-0)	Advanced Geoenvironmental Engineering	January
7	3(2-3)	Groundwater Exploration and Engineering Geophysics	May
8	3(3-0)	Rock Slope Engineering	May
9	3(3-0)	Georisk Engineering	May

注) Credit は単位数・講義時間数を表す。例えば、3(2-3)は、それぞれ括弧前の数字3は単位数、括弧内の前数字2は1週間の講義の時間数、括弧内の後数字3が1週間の演習の時間数を表す。

国において、岩盤力学を専門とする研究者・技術者が少ないことは、いうまでもなく、当該地域では、地盤工学分野において土質力学が主要な学問分野であったため、岩盤力学として体系立てた講義を提供する高等教育機関が、ほとんど存在しなかったことに起因する。現在でも、当該地域で岩盤力学を独立した科目とした講義を提供している高等教育機関は、筆者の知る限りでは、アジア工科大学院 AIT (タイ)、ナイヤン大学 NU (シンガポール)、ハノイ鉱山大学 HUMG (ベトナム) の3校程度である。

なお、これらの高等教育機関では、少なくとも1990年以降は岩盤工学に関連している講義が提供されており、当該地域でも岩盤工学を専門とする技術者の数は増加する傾向にある。ここで、参考のために、AITにおける岩盤工学関連の科目 (Engineering and Applied Geology) のカリキュラム内容について、表Ⅳに要約して示す。なお、AITにおいては、9月入学で、年間が9月期 (September term)、1月期 (January term)、5月期 (May term) の3学期に分けられているため、それぞれの期の講義内容は、first course, advanced course そして application と移行していく傾向にある。Engineering and Applied Geology 科目についても、表Ⅳに示すように同様な傾向が認められる。すなわち、9月期には地質学と岩盤力学という基礎科目が配当されており、その後の1月期にはトンネル等の地下掘削、物理探査法の基礎、地盤環境という科目が配当されている。さらに、5月期には、斜面、地盤リスク等の応用科目が配当されている。この内容で、注目すべきことは、環境およびリスクに関連する科目が新たに追加されていることである。これは、昨今、東南アジア諸国では、教育方針として持続可能な発展 (Sustainable development) という概念の導入が、不可欠な課題となっていることを反映しているものと推察される。

このような観点から、今後当該地域において、岩盤工学を専門とする技術者の数だけでなく、その技術者の質においても改善されることが期待される。

3 東南アジアにおける大規模岩盤関連構造物

本章では、東南アジアにおける大規模岩盤プロジェクトとして、既設・現在建設中・計画段階の①水力発電

所、②道路トンネル、および③灌漑施設について紹介する。なお、筆者の有する情報がインドシナ半島に限られているため、以下に紹介する事例が限定されていることをお許しいただきたい。

3・1 水力発電所

インドシナ地域における主要な水力発電所は、表Ⅴに示すように要約される。同表に示す水力発電所の内、特徴的なプロジェクトについて、以下に要約して示す。

表Ⅴに示す発電所の中で、最も早い時期に建設されたものは図2に示す Nam Ngum 発電所 (ラオス) であり、同発電所は日本を含めた世界12ヶ国の支援で1971年に

表Ⅴ インドシナ地域における主要な水力発電所

発電所名	国名	発電量
Hoa Binh	Vietnam	1,920 MW
Da Mi Ham Thuan	Vietnam	472 MW
Yali	Vietnam	700 MW
Nam Ngum	Lao PDR	150 MW
Theun Hinboun	Lao PDR	240 MW
Lam Ta Khong	Thailand	1,000 MW
Bhumibol	Thailand	731 MW
Srinagarind	Thailand	720 MW
Sirikit	Thailand	500 MW
Khao Laem	Thailand	300 MW
Rajjaprabha	Thailand	240 MW
Pak Mun	Thailand	136 MW

図2 Nam Ngum ダム (ラオス)⁵⁾

運転を開始した発電所で、日本の技術・設備も多く活用されている。これに引き続き建設された大規模水力発電所としては、Bhumibol ダム (図3 参照) および Sirikit ダムが挙げられる。これらのプロジェクトは、タイ電気省 (Electricity Generation Authority of Thailand, EGAT) によって実施されたものである。前者のダムは、タイ北部の、ホルンフェルス、珪酸を含む片岩および片麻岩からなる良質な岩盤を基礎とした堤体高 154m のアーチ・ダムである。一方、後者のダムは、タイ北部の Nan Sature 地域の地質的に劣化した片岩を基礎とした、タイで最大規模の堤体高 114m の重力式ダムである。

その他の発電所は、1990 年以降に建設された比較的新しい大規模水力発電所である。例えば、図4 に示す Hoa Binh 水力発電所 (ベトナム) は、1994 年に操業開始した 1920MW (8×240 MW) の容量を有する東南アジア最大級の施設である。そのダム部は、高さ 128m 長さ 670m のロックフィルダムであり、地下発電所は、幅 22m × 高さ 53.1m × 長さ 280m の地下空洞からなっている。また、Theun Hinboun 水力発電所 (出力能力 240MW) は、ノルウェーの会社を中心とする BOT 方式で調達されたものであり、1998 年に完成した後に、その電力は現在タイに輸出されている。また、Lam Ta Khong 発電所 (図5 参照) は、インドシナ地域で初の揚水発電所建設プロジェクトであり、NATM により幅 25m、高さ 48m、

図3 Bhumibol ダム (タイ)¹⁾

図4 Hoa Binh ダム (ベトナム)⁵⁾

図5 Lam Ta Khong 揚水発電所地下空洞 (タイ)¹⁾

長さ 175m の発電所大空洞が構築され、インドシナ地域での地下空間開発の新しい時代の到来を示すものとなった。さらに、当地域では表Ⅵに示すように、大規模水力発電所の建設プロジェクトが計画されている。同表に示した案件の中で特に注目すべきものは、ミャンマーにおける発電量 4 600MW の Ta Sang プロジェクトである。このプロジェクトでは、ミャンマー北東部の山岳地帯のサロウィン川に非常に堤体高の高いダムが建設される予定であり、その地質調査はタイのエネルギー開発会社によってなされてきた。次に、ラオスおよびカンボジアでは、国土の大部分が急峻な山岳地形であるため、多くの計画地点の特定は Mae Nam Khong Secretariat (EGAT

表Ⅵ 計画中の水力発電所建設プロジェクト

発電所名	国名	発電量	タイプ
Yali	Vietnam	700MW	Multi-Purpose Dam
Khiriarn	Thailand	660MW	Pumped Storage
Chulabhom	Thailand	700MW	Pumped Storage
Ta Sang	Myanmar	4,600MW	Multi-Purpose Dam
Nam Theun2	Lao PDR	680MW	Multi-Purpose Dam
Nam Ngum3	Lao PDR	—	Multi-Purpose Dam
Kam Chay	Cambodia	140MW	Multi-Purpose Dam

の関連会社)によってなされてきている。これらのプロジェクトでの調査・設計は、この地域では室内岩盤試験がほとんど行われていないにもかかわらず、その多くが西欧もしくは、日本のコンサルタントによって実施されている。この状況は、幾つかの水力発電所が計画されつつあるカンボジアにも当てはまるものである。

3・2 道路トンネル

インドシナ地域では、水力発電用ダムおよび灌漑用ダム建設プロジェクトで多くのトンネル工事の実施はあるが、第2章において述べたように、最近までほとんど道路・鉄道トンネル工事の実施事例が存在しなかった。数少ない事例としては、90年以上前にタイ北部のチェンマイ郊外の山岳部に、ドイツのエンジニアの指導によりインドシナ地域で最初に建設された鉄道トンネルであるKun Tan トンネルが挙げられる程度である。その後、インドシナ地域の経済発展を目的として、いくつかの道路トンネルが、計画されるようになってきた。インドシナ地域で現在建設中の最大規模の道路関連建設プロジェクトは、Hai Van トンネル建設工事(図6参照)である。同トンネルは、ベトナムの古都フエと、ベトナム戦争での激戦地として知られているダナンの間にある、現在交通の難所となっているハイヴァン峠の交通状況を解決することを目的として建設が進められている。さらに、同

図6 Hai Van トンネル概要図(ベトナム)

トンネルは、インドシナ半島を横断する国際的な物流の促進を目的とした東西経済回廊計画の一環と位置付けられる、同地域の経済発展に寄与することが期待される極めて重要なプロジェクトである。ここで、東西経済回廊計画とは、ラオスとベトナムの9号線、またヴィエトナムの1号線を結び、コンケンからムクダハン、サバナケット、更にはダナンまでの地域を繋ぐものである。なお、インドシナ半島を横断する国際的な物流の促進を目的とした道路は、この他にも図7に示すように計画されている。いうまでもなく、これらの道路が計画されている地域は、急峻な山岳地帯である。このため、これらの計画を実現するためには、今後数多くのトンネル工事が計画・実施されるものと推察される。

3・3 灌漑施設

インドシナ地域では、これまでに平野部において、大規模な灌漑・治水ダムの建設および詳細設計が継続されてきた。この傾向は、インドシナ諸国の中でも、タイにおいて最も顕著である。タイでは、政府系機関であるRoyal Irrigation Department(タイ王立灌漑省)により、国土の経済発展の中心となる中央平野部に、表Ⅶに示すような大規模な灌漑・治水ダムが建設・計画中である。

同表に示す各灌漑ダムの中で注目されるのは、バンコクから東に120kmの地点に建設中の、貯水量と堤体幅において世界最大級RCCダムのTha Danダムである(図8参照)。この堤体幅2600m、堤体高90mのTha Danダムは、火成岩を基礎岩盤としている。ここでの岩自体は堅固であるが、露頭で観察されるNW-SE系断層により不連続面が形成されている(図9参照)。この不連続性岩盤に建設されるダムでの、基礎掘削、排水・グラウトトンネルからのグラウトによる岩盤処理は非常に興味深いものである。

表Ⅶに示したその他の灌漑ダムの内、Klong Ma Dua

図7 インドシナ半島横断道路建設計画¹⁾

表Ⅶ 計画中の主な灌漑ダム¹⁾

ダム名	タイプ	堤体高	堤体長
Tha Dan	RCC	90m	2,680m
Kwae Noi	Rock Fill	80m	1,840m
Kaeng Sue Ten	Rock Fill	70m	700m
Klong Ma Dua	RCC	90m	735m
Mac Wang	Rock Fill	56m	850m

図8 Tha Dan ダム建設現場 (タイ)¹⁾ 図9 Tha Dan ダム基礎岩盤の露頭¹⁾

ダムは、Tha Dan ダムの近くに位置するもう一つの大規模 RCC ダムである。このダムでは、基礎岩盤が急角度の傾斜を有する断層を有する火成岩であるため、RCC と粘土コアのロックフィルを組み合わせた工法がダム堤体の構造として選定されている。また、Kaeng Sue Ten ダムは、タイ北部でダム軸がかなりの幅で活断層を横切る地形に建設されるダムである。基礎岩盤は、硬い砂岩と頁岩からなっており、ダム本体はロックフィルタイプのものが選定されている。

4 今後の東南アジアにおける岩盤工学の動向

今後、東南アジアにおいては、これまでと同様に岩盤工学に関連する水力発電所、道路トンネルおよび、灌漑施設等が、当該地域の経済発展に寄与する社会基盤整備

の一環として実施されるものと推察される。

ただし、これらの建設プロジェクトを推進するためには、これまで以上に社会経済、環境等の様々な事項への対応が不可欠になる。

例えば、社会経済に関する課題としては、事業の推進形態の変化が挙げられる。これまで、東南アジアにおける社会基盤整備は、政府が先進国からの ODA を受け、政府系機関が実施母体となり事業を実施することが一般的であった。しかし、IMF や世銀は途上国経済開発のための融資にあたっては、当該国経済の構造調整 (structural adjustment) の必要性を強調するようになった。すなわち、可能な限り電力料金などを市場に委ね自由化すること、また事業破綻のリスクを到底受容できない民間に事業経営を任せる (民営化) などの政策を融資の条件 (conditionality) とするようになってきた。また、民営化には、公的機関がプロジェクト・ローンの直接の借り手にならないため、長期債務の低減につながる効用も期待されている。

これまでに、アジア地区では数多くの民活型建設プロジェクトとして実施されている。その事例として、1985 年～1998 年の間に、PFI 方式でアジア 12 ヶ国で実施された 87 のプロジェクトを取り上げる。⁹⁾その内容は、図 10 に示すように電力開発事業 39 プロジェクト、公共交通網整備事業 38 プロジェクト、および上下水道整備事業 10 プロジェクトである。電力開発・公共交通網整備・上下水道整備のようなキャッシュフローの見込まれるプロジェクトは、PFI 方式で推進することが世界銀行等の方針となっている。このため、PFI 方式による建設プロジェクトを推進するためには、建設分野のエンジニアがリスク工学に関する技術を習得し、建設コストおよび調査費用に関する費用対効果に関する認識を高めることが、今後不可欠な課題になるものと推察される。

また、環境に関する課題としては、開発と環境保全とのバランスに配慮した持続可能な発展を実現することが挙げられる。ダムの建設工事は、現在日本において重大な社会問題となっている。しかし、日本でのダム問題は、局地環境 (Local Environment) に関する課題と位置付け

図10 PFI方式による建設プロジェクトの内訳⁹⁾

られるであろう。これに対して、東南アジアにおけるダム問題は、例えばメコン川のように他国に跨る場合には、インドシナ半島全体に関わる、地域環境 (Regional Environment) に関する課題と位置付けられるであろう。このため、地球規模での環境保全という観点からの議論が進められることが必要となる。

さらに、図7に示したインドシナ半島横断道路のように、熱帯森林地域に道路を建設するプロジェクトにおいては、斜面崩壊による森林破壊という観点からの配慮が不可欠となる。現在、タイ・マレーシアでは、風化岩盤斜面の崩壊参照が重大な問題となっている。この斜面崩壊は、図11に示すように、多少の斜面掘削が契機となり、広範囲で大規模風化岩盤斜面の崩壊が発生する危険性を有している。このため、今後の道路建設プロジェクトでは、単純な建設コストの比較から斜面掘削を採用せず、環境への配慮から、トンネル工法を用いる等の、総合的な設計・計画が必要となるものと推察される。

このような観点から、表ⅣのAITにおける Engineering and Applied Geology のカリキュラム内容に示したように、岩盤工学分野において、今後速やかに Geo Environment Engineering および GeoRisk Engineering という新しい学問分野を確立することが緊急の課題であると推察される。そして、それが日本の東南アジアへの重要な国際貢献へと繋がるものである。

5 ま と め

東南アジア諸国は、1980年代以降における急速な産業および経済の成長に対処するため、社会基盤整備を実施してきた。当該地域における初期の社会基盤整備は、主として大河の氾濫源に位置する大都市部に限定されていたため、都市部での構造物の基礎を構築する等の観点か

ら、土質力学が主要な学問分野であった。しかし、より幅広い社会基盤整備を実施するため、大規模水力発電所に代表される岩盤工学に関連するプロジェクトが推進されるようになってきた。これらの大規模岩盤プロジェクトの事例については、本稿において紹介した。

なお、本稿において紹介したプロジェクトの多くは、日本を含む先進国からのODAによるものであり、その設計、施工および施工管理は、国外の企業・団体によって実施されてきた。これに対して、AITに代表される高等教育機関で、体系化された岩盤工学の講義が提供されるようになってきており、今後当該地域において、岩盤工学を専門とする技術者の数だけでなく、その技術者の質においても改善されることが期待される。

今後、東南アジアにおいては、これまでと同様に岩盤工学に関連する水力発電所、道路トンネルおよび灌漑施設等が、当該地域の経済発展に寄与する社会基盤整備の一環として実施されるものと推察される。ただし、これらの建設プロジェクトを推進するためには、これまでに以上に社会経済、環境等の様々な事項への対応が不可欠になる。このためには、岩盤工学分野において、今後速やかに GeoEnvironment Engineering および GeoRisk Engineering という新しい学問分野を確立することが緊急の課題であると推察される。本稿に示した内容が、読者が東南アジア諸国における岩盤工学の発展状況についての理解を深める上での一助となれば、筆者の幸いとする所である。

参 考 文 献

- 1) Noppadol Phienwej, Rock Mechanics in Thailand and Neighboring Countries, 第11回岩の力学国内シンポジウム特別セッション講演概要集, CD-ROM (2003).
- 2) The World Bank 2000 : World Development Indicators (2000).
- 3) ASEAN Web サイト, www.asean.or.jp/general/statistics/.
- 4) International Society for Rock Mechanics : DIRECTORY 2000, Balkema (2000).
- 5) H. Adachi, The Electricity Development Projects in Asian Countries, 第11回岩の力学国内シンポジウム特別セッション講演概要集, CD-ROM (2003).
- 6) Y. H. Kwak, Analyzing Asian Infrastructure Development Privatization Market, ASCE, Journal of Construction Engineering and Management, **128**, No.2, 110 (2002).

図11 大規模風化岩盤斜面の崩壊状況¹⁾