第 4 回中央アジア地盤工学シンポジウム参加報告

藤井幸泰

深田地質研究所

Report on 4th Central Asian Geotechnical Symposium

FUJII Yukiyasu

Fukada Geological Institute

要旨：第 4 回中央アジア地盤工学シンポジウムがウズベキスタン共和国のサマルカンドで開催された．シンポジウムは地盤工学と共に，遺跡や歴史的構造物の修復に関する討論や意見交換も行われた．サマルカンドはウズベキスタンにおける重要都市の一つである．世界遺産に指定された都市であり，市内には多くの歴史的構造物が現存する．しかしそれらのいくつかは軟弱地盤や塩類風化などの地質や地盤工学的問題を抱えている．この報告ではシンポジウムの概要を豊富な写真を交えて紹介する．

キーワード：遺跡，修復，保存，塩類風化

Abstract: 4th Central Asian Geotechnical Symposium was held in Samarkand. It intended to discuss and exchange ideas on geotechnical problems as well as conservation of heritage and historical sites. Samarkand is one of the most important cities and the World Heritage sites in Uzbekistan. There are many historical sites, and some of them contain geological and geotechnical problems, for example salt weathering and soft ground. This report introduces abstract of the symposium with abundant beautiful photographs.

Keywords: cultural heritage, conservation, preservation, salt weathering

1. はじめに

第4回中央アジア地盤工学シンポジウムが2012年9月21～24日にかけて，ウズベキスタン共和国（ウズベク）のサマルカンドで開催されました．実行委員長はAskar Khazanov教授であり，国際地盤工学会長のJean Louis Briaud教授，同副会長（アジア地域会長）のAskar Zhusupbekov教授や地盤工学会副会長の東畑郁生教授が参加していました．シンポジウムのタイトルには「Geo-Engineering for Construction and Conservation of Cultural Heritage and Historical Sites - Challenges and Solutions -」という副題が付き，遺跡地盤工学ともいえるシンポジウムであり，国際地盤工学会 Asian Technical Commission 19（Geo Engineering for Conservation of Heritage Monuments and Historical Sites）も共催してChairperson の岩崎好規博士も参加されていました．

シンポジウムは15カ国から約100名の参加を得て，21～22日に7編のKeynote Lectureと33編の一般発表が行われました（三村，2012）．両日とも午前から15時頃まで講演が行われ，私は一日目の午後にタイのアユタヤ遺跡に関する発表を行いました．両日とも夕方は世界遺産であるサマルカンド市内の遺跡群の見学が行われ，遺跡保存の現状と問題を現場でみて議論できる，大変内容の濃

いシンポジウムでした. さらに 23～24 日に掛けては，これも世界遺産であるブハラへのテクニカルツアーが行われました．講演の内容は Proceedings にまとめられているため，ここではサマルカンドとブハラのテクニカルツアーを中心にご紹介したいと思います.

2.　サマルカンドとブハラ

ウズベクは中央アジアの一国です．他の中央アジアの各国，カザフスタン，トルクメニスタン，キルギス，タジキスタンと国境を接し，南にはアフガニスタンが位置します（図 1）．“青の都”という異名を持つサマルカンドは，シルクロードの中心都市の一つであり，突き抜けるような青空とレンガ造建築群のコントラストが大変美しい街です. しかし西暦 1220 年のモンゴル軍の攻撃で徹底的に破壊され，廃墟となった街でもあります.「チンギス・ハーンは破壊しティムールは建設した」と言われるように，サマルカンドをティムール朝の首都に復興したのがティムールです．街の中にはティムール朝期に建てられたモスクや神学校など，立派な建物が多数みられます．またブハラもサマルカンドに並ぶシルクロード沿いの重要な都市であり，旧市街にはイスラーム時代の遺跡群が残っています.

3.　テクニカルツアーなど

3.1　タシケント→サマルカンド

韓国の仁川経由でウズベクの首都タシケントに入国し，タシケントからサマルカンドまでは電車で移動しました（写真 1）．長距離列車の車内は個室で快適だったのですが，動力車は中国製でした.

タシケントからウズベキスタンまでは約 250 km で三時間半掛かります．タシケントを出るとなだらかでのどかな農園地帯が続くのですが，サ

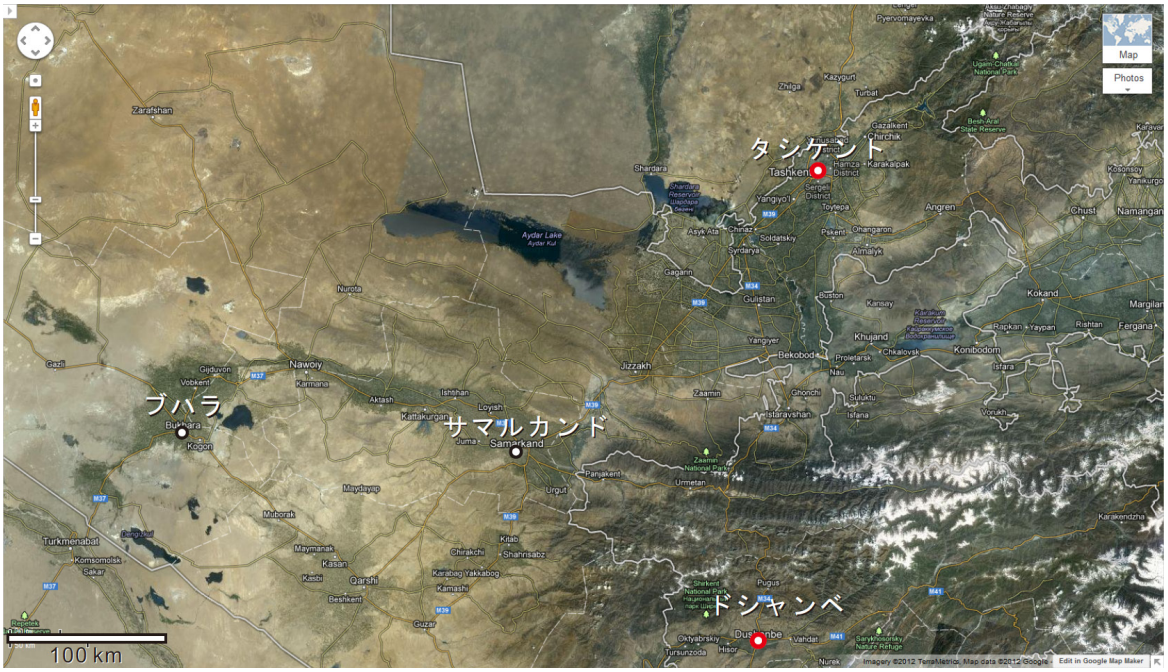

図 1　ウズベキスタン周辺の地図. タシケントはウズベキスタンの首都. ドシャンベは隣国タジキスタンの首都である.

写真 1　タシケント–サマルカンド間の電車．右の車両で移動した，左は高速鉄道．

マルカンドに近づくと丘陵地帯となり急傾斜の層理面を持った地山が出現します．古生代堆積岩による Fold and Thrust Belt のようです（写真 2）．

写真 2　サマルカンド手前の丘陵地．

3.2　サマルカンド市内

グリ・アミール廟（写真 3）は，ティムール一族が眠る霊廟です．レンガもタイルもきちんと修復されており，特に青色タイルとレンガの薄土色のコントラストが背景の青空も交えて芸術的な美しさです．

内部では棺も見ることができますが，遺体は数 m 地下に安置されているそうです（写真 4）．棺の大理石も立派ですが，大理石に施された模様も素晴らしい．なお内部では翡翠の壁の修復前後の違いも見ることができました（写真 5）．

レギスタン広場（写真 6）は旧河川地形の場所

写真 3　グリ・アミール廟．

写真 4　グリ・アミール廟内の棺．

写真 5　翡翠壁の修復前後．左が修復前，右が修復後．

であり，階段の大理石と一緒に河川礫が床に使われています．チンギス･ハーンの来襲時に河道をせき止められ，水攻めにされて，最後は砂がたまった場所です．ちょうどそこを中心にして街を再建させたのですが，旧河川なので地盤が悪く，西側

写真 6　レギスタン広場.

写真 8　シェルドル・メドレセ内の塩類風化.

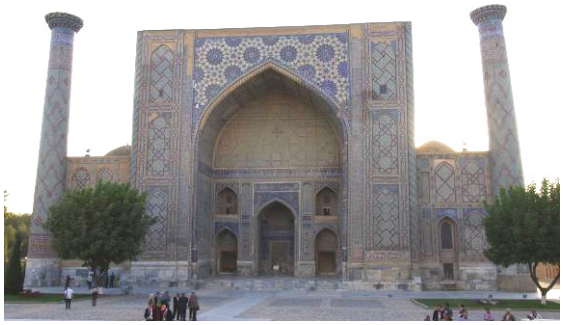

写真 7　ウルグベク・メドレセ．右手のミナレットが左側に傾いている.

写真 9　ティラカリ・メドレセ.

写真 10　アフラシャブの丘．一部は発掘が進んでいるようだが，広大な敷地のほとんどは手つかずである.

のウルグベク・メドレセ（写真 6 の左側）の右手のミナレット（塔）が傾斜しています（写真 7）.

ここでのもう一つの地質的な問題は，塩類風化です．東側のシェルドル・メドレセの中ではレンガ上に析出する塩類と，壁のコンクリートの剥離が確認できます（写真 8）.

北側のティラカリ・メドレセ（写真 9）はモスクであり，前者二つの神学校とは少々趣が異なります．このモスクの中には修復前の構造物の貴重な写真が多数展示してありました.

二日目の午後はアフラシャブの丘を訪れました（写真 10）．ここはチンギス・ハーン率いるモンゴル軍に徹底的に破壊しつくされた町の遺構です．現在は土砂に埋もれた遺構の側に博物館が建てられており，発掘された宮殿の壁画や遺物などが多数展示されています．当時の街の構造物は日干し煉瓦で造られていたようで，隣国のタジキスタン共和国のアジナ・テパ仏教遺跡と同時代の構造物のようです．アジナ・テパでは，ユネスコプロジェクトによって 2005-2008 年に修復保存事業

が行われています（藤井ほか，2007）．このプロジェクトで国際専門家チームのリーダーを務めたのが埼玉大学の渡辺邦夫教授です．シンポジウム委員長の Khazanov 教授はこのプロジェクトに非常に興味を持っているようで，現地で通訳（ロシア語と日本語）を交えた議論が行われました（写真 11）．

写真 11　アフラシャブの丘での議論．通訳の女性を交えて左の Khazanov 教授と右の渡辺教授が意見交換を行っている．右下は発掘箇所の一部．

3.3　サマルカンド郊外

シンポジウムとは関係ないのですが，日本人グループでサマルカンドの郊外にあるコニギルメロスの紙すき工房を訪れました．水路を引いて水車を利用した紙すきも興味深かったのですが，近くでパフサ（泥と藁を混ぜ合わせて固めたもの）の建築現場に入れたことも良い経験となりました（写真 12）．写真 8 でも紹介しましたが，この地域では塩類風化が大変問題になります．その対策として，基礎部分には丈夫なコンクリートを用いて，その上部に塩類を含んだ水分が移動しないように遮水材を敷き，さらに焼きレンガを載せた上にパフサの壁を造ります（写真 13）．これによって特に塩類風化に弱いパフサを地表面からうまく離しています．コンクリートは高価ですから，現地で入手できるパフサを主体に建造するわけだと思われます．30 cm 程度の厚さのパフサ壁の内部は大変涼しいです（写真 14）．また強度を得るためにコンクリートの柱には鉄筋を入れているようです（写真 14）．

写真 12　コニギルメロスのパフサの家．泥と藁を混ぜ合わせ，壁を造ったり屋根に載せている．

写真 13　パフサの家の基礎部分．通訳の Firuza さんの手の部分に遮水姓のある材料があり，それより下がコンクリートの基礎．レンガはコンクリートからの水分上昇をさらに防止するためのものらしい．その上がパフサである．

写真 14　パフサの家の内部．内部は大変涼しい．中央で皆が見ているのが鉄筋．

3.4　ブハラ

23～24 日に掛けてはブハラを訪れました．ブハラの旧市街は歴史的構造物が残る素晴らしい街なのですが，紙面の都合もあるため地盤に関連する話題をいくつか紹介するにとどめます．

ミナレットはイスラム建築物の象徴的な塔であり，空を支える意味もあるようです．バハウッディンで見たミナレットはそれほど高くはありませんが（写真 15），土台に木の枠がはめ込んであります．どうもこれは免震構造のようです（写真 16）．

写真 15　バハウッディンのミナレット．

写真 16　ミナレットの免震構造．

イスマイール・サーマーニ廟も重要な構造物ですが（写真 17），レンガ壁には塩類が析出して劣化が進んでいます（写真 18）．塩類は石膏や炭酸カルシウムが析出しているそうです．

写真 17　イスマイール・サーマーニ廟．

24 日はアルク城を訪れました．ちょうど城壁を修復している現場に立ち会えました．城壁に飛び出す木製の丸太がみられます（写真 19）．これは地山に城壁を固定するためのアンカーであり，さらに作業用の足場でもあるようです．修復後は奥の城壁にみられるように突出部を切り取るようです．これは伝統的な工法であるということで驚か

されました．ここでも塩類風化が問題になるようで，基礎の上に小枝を敷いて，塩類を含む水分の上昇を抑えているようでした（写真 20）．実際に古い基礎の部分では砂岩らしき基礎が塩類風化でハニカム構造を呈していました（写真 21）．

写真 18　壁面の塩類風化．説明しているのは Khazanov 教授．

写真 19　アルク城の城壁（修復中）．

写真 20　アルク城壁の基礎石と塩類風化防止工法．

写真 21　アルク城壁の古い基礎石の塩類風化．

アルク城は紀元前から記録がある構造物とのことで，地山のレス（黄土）の一部は層状構造を示していました（写真 22）．もしかしたら日干し煉瓦が風化した構造かもしれませんが定かではありません．いずれにせよ土構造物の歴史と伝統工法に驚かされたテクニカルツアーでした．

写真 22　アルク城の城壁と地山．

3.5　その他

ウズベクは産油国でありますが，石油よりは天然ガスの産出量が多いそうです．実際にガスのパイプラインも引かれているようです．ブハラからサマルカンドへの帰路，車窓から火力発電所がみえました（写真 23）．これは天然ガスを利用した火力発電所だろうと感じました．

写真 23　発電所.

4.　おわりに

遺跡の修復保存に関連したシンポジウムへの参加はこれで二度目です．最初は 2008 年の中国・敦煌で開催されたシンポジウムであり，この時もシルクロード沿いの歴史構造物を巡るテクニカルツアーに参加する機会を得ました（藤井，2009）．世界遺産の敦煌では仏教遺跡をみて巡りましたが，さらに西の烏魯木斉（ウルムチ）まで行くと，イスラム色の影響が出ていました．今回のシンポジウムではイスラム教遺跡をみる機会に恵まれました．パミール高原とタクラマカン砂漠を挟んで，東の敦煌と西のサマルカンドですが，どちらも建築材料として利用しているのはレス（黄土）です．日本のように温暖湿潤な森林の多い地域では材木を利用出来ますが，乾燥地域の敦煌や大陸性気候の暑い夏のあるサマルカンドでは森林は多く育ちません．オアシスなど水の得られる地域が例外です．土構造物の強度や風化に関する問題は，応用地質学の専門家が関われる研究領域です．また石造遺跡も同様と考えられます．今後も何らかの形で遺跡の保存・修復に関わる研究を継続したいと考えています．

謝辞

日本人参加者（グループ）の旅の取り纏めを頂いた，Asian Technical Commission 19 の Chairperson の岩崎博士と Secretary の三村教授に感謝致します．おかげさまでスムーズなシンポジウムへの参加が叶いました．また全行程で日本語ガイドを下さった Firuza Israilova 嬢にも，紙面を借りて謝意を示します．

参考文献

藤井幸泰（2009）：2008 古遺址保护国际学术讨论会（2008 国际岩石力学学会区域研讨会）参加報告，深田地質研究所年報，10，17-31.

藤井幸泰・渡辺邦夫・村上和哉（2007）：写真測量技術を用いた文化遺産の３次元調査：アジナ・テパ仏教遺跡（タジキスタン）における修復・保全活動，応用地質，48，258-264.

三村衛（2012）：第 4 回中央アジア地盤工学シンポジウム開催報告，地盤工学会誌，60（11），34-35.