

F I G / I A G 合同変形シンポジウム(リスボン)報告

株式会社 日豊、藤井陽一郎

2008年5月12日より15日まで、ポルトガルのリスボンにおいて「第13回F I G変形測定シンポジウム及び第4回I A G土地・構造工学のための測地学シンポジウム」と題する学術集会在開催された。F I Gは世界測量者連盟(International Federation of Surveyors)のフランス語表記での略称、I A Gは国際測地学協会(International Association of Geodesy)の略称であって、この二つの学会に属する特別部会の共催の集会であった。開催場所はポルトガルの首都リスボンにある国立土木研究所[National Laboratory for Civil Engineering,略称 LNEC(ポルトガル語表記での略)]で、30ヶ国より160人ほどの参加があった。こじんまりしたシンポジウムではあったが、内容はしっかりした有意義な学術集会であった。

集会で開催された分科会は下記のごとくである。

●工学測地●観測機器●測地手段による変形●全地球衛星航法システム●レーザー
スキャンニング●変形のモデル化●構造物のモニタリング●複合技術●建設過程の
監視●レーダー

口頭発表のほかにポスターセッションもあった。提出された論文はすべてCD-ROMに収録されて、学会初日の登録のさいに配布された。参加者は印刷された論文要旨集のほかにこのCD-ROMに収録された完全論文をも手元のパソコンで読んで口頭発表に望むことも出来るようよう配慮されていた。

5月12日の開会式に際して、この合同変形シンポジウムのF I G側の共催組織であるF I G作業部会6.1の現在の部会長であるA. クラノブスキー教授よりその歴史の説明があった。それによれば、F I G作業部会6.1の創立は1969年で、合同変形シンポジウムは第1回が1975年にポーランドで開催され、前回の2006年の第12回がオーストリアで、今回の2008年の第13回がリスボンで開催されるに及んでいる、とのことであった。次回の第14回は2010年または2011年に開催されようが、開催場所は未定で、自分は部会長を22年もつとめたので新部会長に変わっているであろうとも述べた。

またIAG作業部会4.2の部会長のリゾス教授より「測地学と工学」と題する基調講演があり、課題として(1)新技術の開発(2)新技術に対応した観測方法の確立(3)基準網(4)綿密な解析方法、等をあげた。さらにもっとも重要な課題(A Big Challenge)として”mm測地学”(mm geodesy)をあげた。現在ITRF系の測地基準網は三次元座標X,Y,Zともに数mmの精度で実現されているが、今後は1mmの精度を目標とする時代に入ったかという感があり、これが達成できれば、たとえば地殻変動においても従来は誤差に隠れて見えなかったより微細な過程が見えてくるはずであり、まさにA Big Challengeであるとの感銘を受けた。

ここでは数多い発表論文のうち、筆者が関心を持った次の2編を紹介したい。

「大アースダムの測地的手段による水平変位の解析」

Vassilis GIKAS, Michael SAKELLARIOU: Horizontal Deflection Analysis of a Large Earthen Dam by Means of Geodetic and Geotechnical Methods, presented to the 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis/4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisbon 2008 May 12-15

ギリシャのモルノスダムとその変形観測

ギリシャのモルノスダムは中心部に粘土核をもつ中規模のアースダムである。その堰堤の高さは126m、頂上の長さは815mで下部では660mにおよぶ。最初の貯水は1981年に完了した。測地監視のために二つの測地網を設定した。主要網は1976年にダムとその周辺を広くカバーするように設置されたものである。この主要網は15点よりなり、その辺長は0.3kmから2.5kmに及ぶ。ダムの頂部にはもっと細かい測地網を作った。これは53点よりなり、ダム堤体自体の変形を調べるためのものである。1976年より測地観測を開始した。機器は初期にはDKM-3A経緯儀(0.3")、AG A8 EDM(±5mm±1ppm)などを用い、その後はトータルステーションの時代を経て、今はGPSの時代である。

観測結果

堤体の中心に位置する測点S21と堤体の下流側延長部に位置する測点S32での累積水平変動を見ると、ダム変形は完成直後が大で、だんだん低下し、30年あとでは安定してきていることがはっきりと分った。

なお有限要素法によるモデル計算も行った。モデル計算と実測の結果との比較では、一般にその差は1cm~3cmと小さいが、なかには6cmと大きいものもある。このように実測結果は有限要素法の解析による結果とおおよそは一致しているが、大きいものもあり、これは有限要素法での平面歪の仮定が悪いことによる可能性がある。

「ガーナの測地基準網の更新」

Yaw Poku-Gyamfi and Torben Schueler: Renewal of Ghana's Geodetic Reference Network, presented to the 13th FIG Symposium on Deformation Measurement and Analysis/4th IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Lisbon 2008 May 12-15

ガーナ測地基準網とその観測

ガーナの測地基準網の更新は、土地利用の要望にマッチするような現代的な測量技術の進歩によってつよく要望されている。国際的にはアフリカ諸国40ヶ国以上の国立基準網の統一をめざすアフリカ基準網(African Reference Frame, AFREF)の確立に関連している。ガーナの土地・森林・鉱山省の土地行政計画に基づいて、ガーナ測量局はWar Office1925楕円体に立脚している古い測地網をITRFに立脚している新しい測地網へと更新する事業をはじめた。その第一段階は既設のガーナ黄金三角網を含み、第二段階は全国をカバーする。ガーナ測地基準網の端点に3ヶ所の連続観測点が設けられ、他に18の2次点が設けられている。四番目の連続観測点は水準原点を定義するための験潮所に設けられている。ガーナの測地基準網は基準点の相互の距離が100km以下になるように設置されている。Geotech Systems Ltdの私設の点も含まれている。連続観測点のうち2点は屋根の上であり、他の2点は地上である。2

次点の大部分は建物の屋根の上に設置されている。

20 台の 2 周波受信機が使われた。高度角 10° ・サンプル間隔は 10 s で、重要な点は 12 時間、付属点では 4 時間にわたる GPS 観測を行った。Sokkia の SpectralSurvey でデータをダウンロードし、RYNEX 形式へ変換してから、品質管理を TEQC で行った。主解析は、ミュンヘン大学 ((University FAF-Munich) による PrePos GNSS Suite(PGS)と TrimbleTerasat による Trimble Total Control(TTC)、によって実施された。PrePos GNSS Suite は学術ソフトであって、スタテックとキネマテックと両方の精密 GNSS 位置決定が可能なように開発されたものである。

網平均と成果

2 点の IGS 点、MAS1 (Maspalomas) と NKLG (N'kolatang-Libreville Gabon) との位置を強く拘束して、5 点間の基線を解析点速度・地球潮汐・海洋潮汐荷重・半日地球自転などの補正をして利用し、ITRF05 の座標を得るように、網平均した。NEAD は SINEX データを読みこんでおこなう網平均プログラムである。解析の結果として、各基準点の測地座標のほか点の記や 2 点間の方位角・地上距離・高さの差なども表で与えられる。また地心直交座標のほかに横メルカトル (UTM) 座標も与えられる。

ヘルメルト変換パラメーター

War Office1926 楕円体にもとづく旧測地データが膨大なので、ITRF への更新は新しい観測によるばかりではなく、古いデータの新システムへの変換で行うことも必要である。それで新旧の位置が確定している点のデータを使い、ヘルメルト相似変換の 7 つのパラメーターを決定した。この変換により War Office1926 から ITRF05 (WGS84) への変換またはその逆の ITRF05 (WGS84) から War Office1926 への変換が可能である。この変換の残差は水平位置で 1.14 m 程度であった。

ガーナの水準原点

現在のガーナの水準原点は 1922 年 4 月 19 日より 1923 年 4 月 30 日までの潮位観測によって得られた平均海水面に準拠している。ガーナのジオイドは未決定なので、全地球ジオイド EGM96 によるジオイド高 N を利用した。EGM96 のジオイド高 N の平均自乗根精度は 50 cm である。今までの正標高 H の誤差 dH を

$$dH = h - N - H$$

により求めた。ここで h は楕円体高である。

誤差 dH はかなり大きい数値なので、昔の War Office1926 による正標高に問題があることが判明した。

結論

ガーナ測地基準網として黄金三角とそのまわりの基準網を整備した。地心直交座標 X, Y, Z でそれぞれ 1.7cm, 1.1cm, 0.4cm の精度である。また War Office1926 から ITRF05 (WGS84) へのヘルメルト相似変換のパラメーターを決定した。