

VI-57

山岳工事におけるGPS測量適用のための基礎的実験

ハザマ技術研究所 正会員 ○黒台昌弘、正会員 沖 政和

1. 実験の背景

近年、広い範囲でGPSが急速に普及しつつあり、神戸の震災復興では測量基準点の新設や再測にGPSが多く利用され、その有効性が再認識されるに至った。現在、GPSの分野ではリアルタイム測量が頻繁に話題に上がるが、基本となるのはスタティック測位であることが震災復興における測量事業によって如実に示された。一般に、GPS測量は広大で起伏が少なく、衛星からのデータを遮る障害物が少ないところでは非常に有効に機能するが、山岳工事では山岳地帯特有の地形(静的要因)に加えて、工事に伴う施工機械の稼働(動的要因)といった2種類のデータ受信上の障害が存在するため、実作業においては問題点も多い。ダム工事を例に挙げてみると、地形測量などのGPS測量が適用可能な工種は数多いが、周辺の山やプラント等の仮設構造物の存在、タワークレーンやジブクレーン等の施工機械の稼働といったものがマルチパスやサイクルスリップを発生させる原因となり、このため測量が不可能となることが予想される。本論文は山岳地帯でのGPS測量に関して、その基本となるスタティック測位に着目し、山岳工事における上記の2つの要因のGPS測量への影響を実験によって検討したものである。

2. 実験目的およびその内容

GPS測量ではどのような測位手法でも、データ受信の際には周辺の障害物の状況は非常に重要な要因となる。そこで、今回は主に動的要因のGPS測量への影響度合いを、以下の3点について検討した。ただし、静的要因と動的要因を完全に分離できた状況を作り出すことができなかったため、本実験では静的要因の位置を考慮した上で、動的要因の影響度合いを検討した。

- ①GPSデータ受信時間の検討(測位方法の検討)
- ②タワークレーン稼働の測定結果への影響
- ③最適測位方法と測量可能条件の提案

3. 実験概要

実験場所として、静的要因としての障害物の位置が完全に把握でき、しかもタワークレーンのような施工機械がある場所を選定する必要があった。調査の結果高層ビル現場の屋上(高さ:100m)を選定した。図-1に測点の配置状況を示した。データを効率よく受信するためにクレーンの南側に測線を設け、クレーンから5m, 10m, 15m, 20m, 30m離れたところに7測点を設置した。地上には基準点を2点設け、ビル屋上では作業効率を考慮して2台の受信機を順に測点上にセットして作業を行なった。さらに、地上の基準点A、Bからの基線解析を実施して各測点での測定結果について検討を加え、その上で基線解析が正常に実施されたケースについてのみ、三次元網平均計算を実施して屋上の測点の座標値を得た。さらに、GPS測量精度を確認するため、各測点間の距離をトータルステーションで求めた。なお、GPS受信機は2周波2コード受信機を用いた。

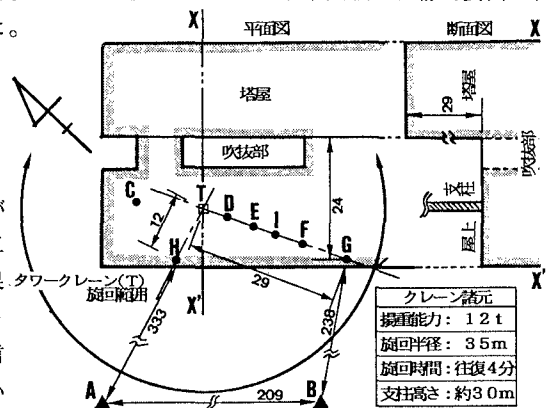


図-1 測点配置状況(単位:m)

4. 実験結果と考察

静的要因のGPS測量へ及ぼす影響を検討するため、測点と障害物との距離および仰角について考察した。表-1に示したように、データ受信上の障害物が細長い形状をしている場合(タワークレーン)、G点(距離29m・仰角45°)とH点(距離12m・仰角68°)において、クレーンの稼働状況に関わらず測定結果が得られた。しかし、この2点間にあるI、C、F点では結果が得られていない。また、幅の広い形状をしている塔屋がデータ受信の障害となっている場合も、G、H点(共に距離24m・仰角50°)において測定結果が得られているが、

この2点以外の測点では結果が得られていない。このことから、山岳工事での長大斜面のような幅の広い障害物付近で測定を実施する場合は、明らかにこのような障害物がデータ受信を妨げるため、仰角が 50° 以下となるように測点を設置する必要がある。また、タワークレーンのような細長い障害物の場合もデータ受信において多少影響があることがこの結果から予想される。

表-1 障害物(静的要因)からの距離(仰角)と測定結果

タワークレーン(細長い障害物)					塔屋の壁(幅広い障害物)				
距離 (m)	仰角 (度)	測点	測定回数		距離 (m)	仰角 (度)	測点	測定回数	
			巡回	停止				巡回	停止
5	80	D	0/2	—	13	66	C	0/1	—
10	71	E	0/4	0/4	15	63	D	0/2	—
12	68	H	2/2	2/4	17	60	E	0/4	0/4
15	63	I	0/4	0/1	19	57	I	0/4	0/1
15	63	C	0/1	—	21	54	F	0/4	0/4
20	55	F	0/4	0/4	24	50	H	2/2	2/4
25	45	G	4/6	3/5	24	50	G	4/6	3/5

凡例：成功ケース数/測定ケース数

表-2 G・H点での測定結果

測位方法	受信時間	測定結果	クレーン巡回時				クレーン停止時			
			G点		H点		G点		H点	
			回数	SV率	回数	SV率	回数	SV率	回数	SV率
スタティック(S)	1時間	○	測定せず				2	100	2	100
		×					0	0	0	0
クイックスタティック(QS)	15分	○	4	90	2	29	1	0	0	0
		×	2	0	0	0	2	13	2	0

SV率 = S : 4個以上の衛星のC/Aコード受信時間 / 全受信時間 (%)
 $Q S$: 5個以上の衛星のC/Aコード+Yコード受信時間 / 全受信時間

表-3 距離測定結果

方法	クレーン巡回時	クレーン停止時	トータルステーションとの差
スタティック	—	31.4948m	3.5mm
クイックスタティック	31.4945m	—	3.2mm
トータルステーション	31.4913m		

このようにデータ受信における静的要因の影響を考慮した上で、ここではG点とH点について動的要因に関して考察した。まず本実験では、ビルの屋上でのGPS測量の可否を確認するためにクレーン停止状態で1時間のスタティック測位を行なった。表-2に示したように1時間の受信時間を通して常に4個以上の衛星からのデータが受信でき、全てのケースで測定が可能であった。次に、クイックスタティック測位について、クレーン巡回時に正常な測定結果が得られるかどうか検討した。その結果、クレーン支柱より離れた位置にあるG点では測定ケースの2/3、クレーン支柱に近い位置にあるH点では2/2の割合で正当な測定結果が得られた。さらに、データを比較するためにクレーン停止時においても同様に測定したが、測定結果が得られたのはG点での1ケースだけであり、H点では全く結果が得られなかった。常識的に考えると停止時の方が正常なデータを受信できる確率が高くなるはずであるが、表-2にSV率として示したように1回の受信時間(15分間)を通して5個以上の衛星からのデータが受信できている割合がクレーン停止時では非常に悪いために、このような逆転現象が発生したものと考えられる。つまり、クレーン停止時では巡回時の測定から時刻が経過して衛星配置が変化し、このことがデータ受信状況に悪い影響を与えたものと推測される。

また、GPS測量と従来測量との精度比較を実施し、表-3にその結果を示した。三次元網平均計算によって得られたG、H点の座標値からGH間距離を求め、トータルステーションを用いた従来測量と比較した結果、GPS測量は3~4mmの誤差で距離が測定できており、実用上問題のないことが示された¹⁾。

5. まとめと今後の課題

以上の考察から、衛星条件(PDOPや個数)が整えさえすれば、タワークレーン稼働中でもクイックスタティック測位を用いた基準点測量が可能であることが明らかとなった。以下に本実験の結果をまとめた。

- ①測位方法：精度の良い測定を確実に実施するためには、スタティック測位が望ましい。
- ②動的要因の影響：検討ケースが少ないため一概には言えないが、クレーンが巡回していても測定が可能である。
- ③静的要因の影響：幅の広い障害物付近での測点設置においては仰角 50° 以下となるように測点を設置する。
- ④測量精度：従来測量と比較して、3~4mmの誤差での測量が可能である。

さらに、今後は今回と同じような条件での測定を積み重ね、クイックスタティック測位での測量可能性を検討するとともに、実工事での測量を実施し、測量可能条件を把握していく必要がある。なお、本実験にあたり、現場関係者並びに㈱トプコンにご協力を頂きました。紙面をお借りして御礼申し上げます。

【参考文献】1)黒台、沖、斉藤：GPSを用いた鉛直位置出しシステム開発のための基礎的実験、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第VI部、pp.338~339、1994