

簡易 1 周波 GPS システムの試験観測におけるアンテナ設置

平田安廣*・中尾 茂*・渡辺 茂**・森田裕一***

Setting Method of an Antenna for the Test Observation by Portable L1 GPS System

Yasuhiro HIRATA*, Shigeru NAKAO*, Shigeru WATANABE**
and Yuichi MORITA***

Abstract

This paper discusses how to attach an antenna to the ground or building in a high-density GPS observation in order to detect crustal deformation due to volcanic and/or earthquake swarm activities. The following points should be required in attaching an antenna pillar : (a) the pillar of a GPS antenna is tightly attached to the building by bolts, (b) the pillar can be installed anywhere practical and (c) the pillar is easy to set up. We devised three alternative methods that satisfy these points as follows : (1) installing a pillar made of stainless steel by anchor bolts in a flat place on the roof of the building, (2) a fixing an aluminum C channel of 1 m length to the side wall of a building and attaching the pillar to the C channel by bolts, and (3) bolting the pillar to a stay made of 2-5 pieces of aluminum plate and fixed on the roof by bolts and cement. The method (3) provides us not only ease of installation but also a flexibility of adjustment of the antenna height depending on the condition of each site. For most of the possible cases such as on the parapet of a flat roof, on the surface of the eaves or on a side wall of a building, the GPS antenna can be installed by using one of the three proposed methods. Moreover, it was found that the construction costs may be minimized by favoring just one of them. We will try to improve these methods by carrying out test observations in the future.

Key words : setting method of antenna, portable L1 GPS system, crustal deformation, high density observation

はじめに

国土地理院は日本列島に現在約 900 点の、世界的にも類をみない高密度の GPS 観測網 (GEONET) を展開している (飯村ほか, 1997). この目的のひとつは、明治時代より設置されてきた三角点に代わる基準点 (電子基準点) を設け、効率的な測地作業の環境を提供することである。電子基準点の平均的な間隔は約 25 km と極めて密であり、日本列島内ではどこでも相対 GPS 測位が容易に実施可能と

なった。つまり、これだけの基準点の動きが日々把握できるので、これまで数十年かかって測量していた日本列島の地殻変動を時々刻々把握することが可能となった (飯村ほか, 1997). しかし、火山活動や群発地震活動に伴う地殻変動は比較的狭い範囲 (数 km から十 km 以内) で生じるため (西ほか, 1995 ; Imanishi, 1997), 変動を詳細に観測するためには、さらに密度の高い観測網が必要となる。しかも火山地域では、電力や電話線がない場所に設置する必要もあり、低消費電力で簡便な観測システムが不可欠である。従来の GPS 観測システムでは、市販の受信機と市販のパソコンに大容量記録装置を増設しデータ収集を行っている。このため消費電力が大きく、また、重量もあり必ずしも火山地域の観測に適したものではなかった。そこで我々は、平均基線長数 km の高密度 GPS 観測網を構築するために必要な小型低消費電力簡易 1 周波 GPS システムを開発し、静岡県伊東市および周辺をテストフィールドとして

1998 年 9 月 11 日受付, 1998 年 10 月 13 日受理.

* 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター

** 地震地殻変動観測センター富士川地殻変動観測所

*** 海半球観測研究センター

* Earthquake Observation Center,

** Fujigawa Observatory, Earthquake Observation Center,

*** Ocean Hemisphere Research Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

試験観測を行っている（森田ほか，1998）。

GPS 観測では，受信機の性能ばかりか，アンテナの設置方法も極めて重要である。つまり，地殻変動を知るためにはアンテナが地面にしっかりと固定されていなければならない。実際の観測現場では山岳地域，市街地等の環境の違い，地面に三脚などで直接設置する，建物に固定するなど設置方法の違いがあり，それらの条件に対して最善のアンテナ設置方法を考案する必要があった。例えば，国土地理院の GEONET ではコンクリート製基台の上に 5m の柱を立て，その先端にアンテナを固定し，受信機を柱の中に格納している（飯村ほか，1997）。また，東北大学理学部が東北脊梁山脈に展開している GPS 観測網では 3m の柱の先端にアンテナを取り付け，受信機などは観測小屋に設置して，アンテナの安定を確保している（三浦ほか，1998）。西太平洋 GPS 観測網（WING）では，建造物の上あるいは地面にコンクリート柱またはスチール柱を立てて観測を行っている（小竹ほか，1998）。

これらは，いずれも大掛かりな工事を必要とし，設置に多くの手間と時間を要する。我々は，どこでも簡単に観測ができる簡易 GPS システムの開発を目指しており，アンテナの設置方法についても簡単かつ，確実に設置できる方法が求められている。試験観測のフィールドに選定した伊東市およびその周辺は市街地であるため，アンテナ固定柱を直接地面に建設することは難しい。そこで，我々はこうした設置環境を考慮し，主に建物の屋上にアンテナを設置することとし，簡単にかつ確実にアンテナを固定する方法を考案し，試験観測に用いた。本論では，このアンテナの設置方法について説明する。

アンテナ固定の方法および設置方法

我々の GPS 観測の目的にかなったアンテナ固定の方法及び，アンテナ架台に要求される要件は以下のとおりである。

- 1) 現場における作業効率を考え，取付け，組み立てが容易であること。
- 2) アンテナ設置場所の環境条件に応じて，アンテナ架台の高さを自由かつ簡便に調整できること。
- 3) 建造物に固定するためにはボルトの埋め込みを行うこと。
- 4) 設置する際には整準盤を使用しないこととしたため，アンテナ上面は水平に設置できるようにすること。
- 5) アンテナを設置する場所は屋外であり，また観測点によっては海岸に近い場合，さびにくいこと。
- 6) 強風に対しても揺れない構造であること。
- 7) 高密度多点観測を行なうことから，アンテナ架台および取付け部材が安価であること。

これらの要件を満たす 3 タイプの方式を考案し，それ

ぞれ実際に設置した。ひとつは金属柱（材質：SUS304）を建物の屋上に設置するタイプ（タイプ 1），2 つめはアルミ製 C チャンネルを壁に沿うように固定するタイプ（タイプ 2），3 つめはアルミ製 C チャンネルを 15 cm に切断し，それを縦に組み上げるタイプ（タイプ 3）である。

以下に，それぞれの方法について説明をする。

I. 金属柱を固定するタイプ（タイプ 1）

タイプ 1 の姿図を図 1 に，外観図を図 4-(a)，(b) に示す。金属柱は直径 14 cm，高さ約 1.4 m であり，その頂部にはアンテナを固定するための容器が溶接されている。容器の大きさは直径 20 cm，深さ 22 cm であり，その中にボルトを立てセメントで埋めて固定する。また，金属柱の下面接合部には直径 36 cm の平板が溶接されている。平板には床面に固定するためのボルト穴が 6 ヶ所に開けてある。固定する際には床に深さ数 cm の孔を開け，その中にボルトを埋め込みセメントで固定する。その後ボルト穴に通してダブルナットで固定する。

この方法は，構造物の平らな面に設置する場合，他の 2 つのタイプに比べより確実に設置できるが設置に手間がかかり，重量もあるため，搬入が困難な場所には適さない。また，観測終了後に撤去する必要が生じた際にも，その撤去に労力を要する。試験観測では 1 観測点でのみ採用した。

II. アルミ製 C チャンネルを使用するタイプ（タイプ 2）

タイプ 2 の組み立て図を図 2-(a) に，外観図を図 4-(c)，(d) に示す。長さ 1 m に切断したアルミ製 C チャンネルをアルマイト加工し，建物の壁面にプラグボルト 4 本で固定する。頂部には 8 分の 5 インチネジが固定可能な穴が開いている平板をネジ止めする。平板の大きさは 15 cm 四方である。

壁面への取付けは，壁面にドリルであけた孔にプラグボルトを打ち込み，C チャンネルに開けた穴にボルトを通して固定する。

この方法は，壁面に支柱をそえて，その上にアンテナを設置するのに便利である。多くの場合，鉄筋コンクリートの建物の屋上面には防水シートがかぶせてあり，ボルトを打ち込むことができない。そのような場合でも，この方法であれば手すりのあるパラペットなどにも取付けが可能である。また，撤去も容易にできる。

III. アルミ製 C チャンネル部材を使用するタイプ（タイプ 3）

この方法では，アルミ製 C チャンネルを長さ 15 cm に切断した部材をアルマイト加工し，それを 2 つ向かい合わせに組み高さ 15 cm の台を作る（図 2-b）。それを 2 段から 5 段に重ねアンテナ柱とする。各段は 90 度ずらし，それぞれの重なり合った段をネジ止める。1 番上の段には 15

cm四方の平板を取付ける。この平板の中央には8分の5インチのネジが通る穴が開けてあり、この穴にネジを通しアンテナを固定する。底面は設置面から立ち上げた4本のボルトにネジ止めし、アンテナの水平を確保しセメントで固定する(図5, 図6)。ここで使用したボルト、ネジ、ナットはすべてステンレス製である。

この方法は、20cm程度の厚みのあるパラペットの上面などに最も簡便で確実に設置できる。また撤去も比較的容易である。伊東市周辺で行っている観測でも11点中8点で採用した。設置作業に要する時間は2人で2時間程度であった。また、5段組でも10kg程度と軽量であり、使用する資材や部材も少なく小さいので、運搬が困難な場所での設置にはこの方法が有効であると思われる。

以上、3つの方法について説明をしたが、その取付け作業の際に留意すべきいくつかの点について述べる。

どの方法も架台設置面に15mmから25mm強の孔を開け、アンカーボルトの埋め込みを行う。この時、ボルトと架台に開けてある穴との位置ずれが生じないように設置面に孔を開けなければならない。そのためには、径の小さいドリルの刃で位置決めしてから順次径の大きい刃へと3段階に孔を開けるとよい。実際の作業では、最初に5mm、次に10mmか13mm、最後に15mmまたは25mm以上のドリルの刃を使用した。この作業において最も注意を要することは、パラペット上部などで力のあるドリルに径の大きい刃を使用する場合、ドリルの刃が孔面に固着し体を取られることである。身の安全や部材の落下防止など十分な安全対策を施して作業することが必要である。

タイプ1とタイプ3の場合は、アンカーボルト立ち上げ後設置面と架台底面との間にセメントを流し込む。この作業は、架台設置面に凹凸や傾斜がある場合でもセメントにより架台底面をセメントと密着させしっかり固定することと、セメントが固まる前に架台を調節することによりアンテナの水平を確保するために行う。アンカーボルトを立ち上げる際は速乾性のセメントを使用すると短時間でボルトを固定できるが、夏の暑い時期など孔面の温度が高く、乾いている状態では予想以上に速く固まるので注意を要する。

タイプ2では、アンテナの水平をとるにはアルミ製C

チャンネルを鉛直に固定しなければならない。アルミ製Cチャンネルに開けてある4つの穴は固定用ボルトの径より2mm程度大きくしてあり、これにより微調整を行う。

なお、どのタイプの場合でも架台設置終了後には、防雨対策を必要とする個所にシリコンシーラントなどで防水処理を行う。

ま と め

我々は多点高密度GPS観測を目的として、小型低消費電力の簡易1周波GPSシステムを開発し、試験観測を実施している。その際にGPSアンテナをどのようにして固定するかが問題となり、このシステムに最も適した簡易で確実にアンテナを固定する方法を3通り考案した。

これらの方法により、パラペット、ひさしの上面、壁面などいろいろな場所に大した困難もなく設置できた。使用する部材もアルミ製のCチャンネルなど点数も少なく安価でできた。また、建造物への仕事を最小限にし、かつ、アンテナを建造物にしっかりと固定することができた。今回考案した3つの方法はそれぞれ特徴があり、どのような環境でもGPSアンテナを確実に固定する方法の見通しがついた。今後も、観測を通して問題点を見つけ一層の改良に努めたい。

文 献

- 飯村友三郎・宮崎真一・佐々木正博, 1997, 高密度電子基準点網の構築, 国土地理院時報, 87, 37-49.
- Imanishi, M., 1997, GPS Campaign for detecting the magma intrusion beneath Izu Peninsula, central part of Japan, M. Sc. Dissertation, Nagoya Univ. pp. 23.
- 小竹美子・加藤照之・中尾 茂・平原和朗・岡田正實・上垣内修・干場充之・笠原 稔・J. Beavan, R. B. Feir, M. D. Gerasimenko, P. H. Park, 1998, 西太平洋GPS連続観測網データの解析について(その1), 測地学会誌, 44, 1-19.
- 三浦 哲・佐藤俊也・立花憲司・佐竹義美・平澤朋郎・長谷見晶子・宮森まゆみ・笠原稔・小原一成, 1998, 東北脊梁山地における稠密GPS観測, 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p. 101.
- 森田裕一・中尾 茂・平田安廣, 1998, 簡易1周波GPSシステムの開発と試験観測, 地球惑星科学関連学会1998年合同大会予稿集, p. 101.
- 西 潔・石原和弘・加茂幸介・小野博尉・森 濟, 1995, GPS測量による雲仙火山のマグマ溜りの推定, 火山, 40, 43-51.

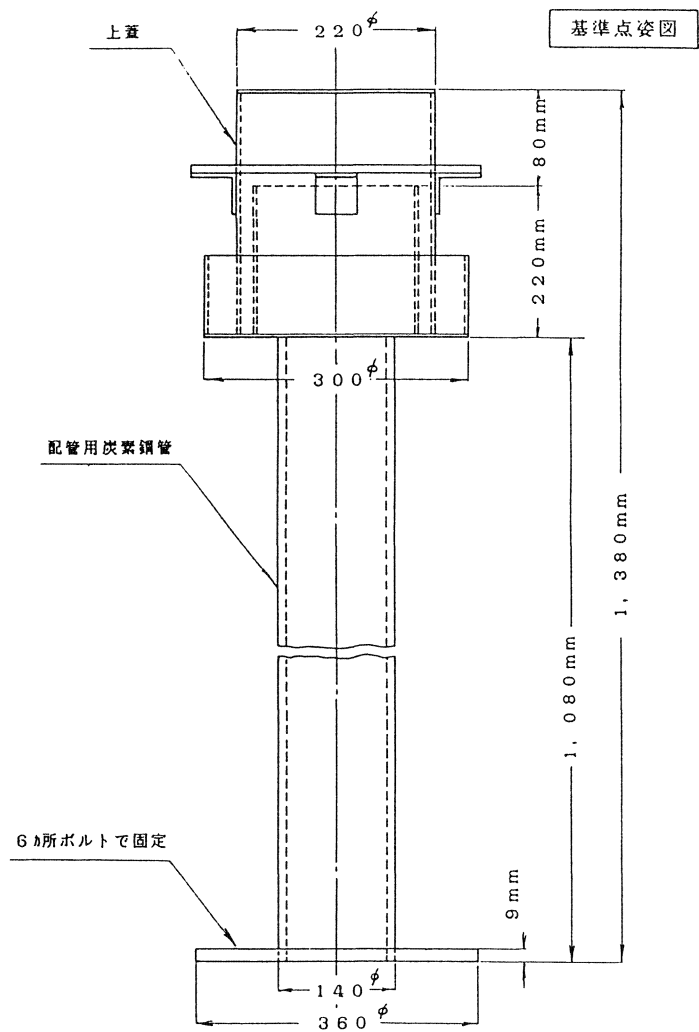


図 1. タイプ 1 の姿図.

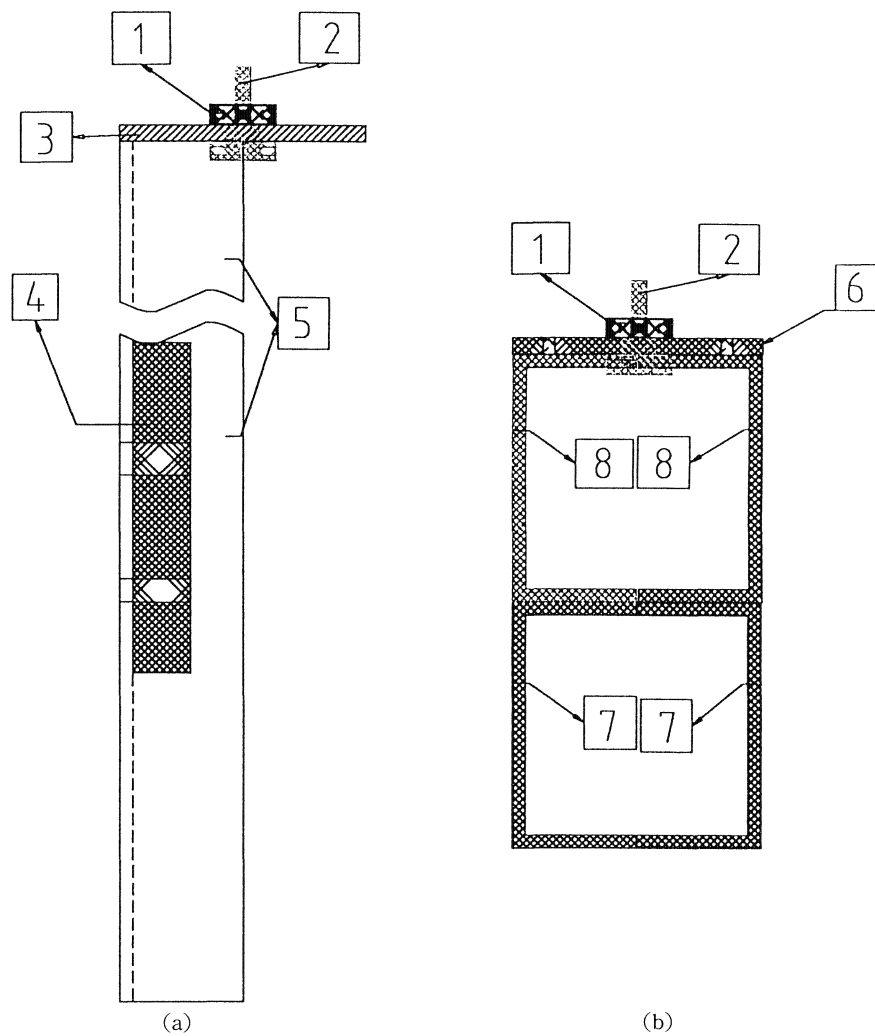


図 2. タイプ 2 (a) とタイプ 3 (b) の組立図.



(a)



(b)



(c)



(d)

図 4. タイプ1 (a, b) とタイプ2 (c, d) の架台設置. (a) タイプ1の架台を取付けダブルナットで仮止めし、アンテナ取付け面の水平をだす. (b) タイプ1の架台設置完了後観測を開始する (ピラー右). (c) タイプ2の架台を屋上防護壁に取付け観測を開始する. (d) タイプ2の架台を建物の傾斜屋根側壁に取付け観測を開始する.



(a)



(b)



(c)



(d)

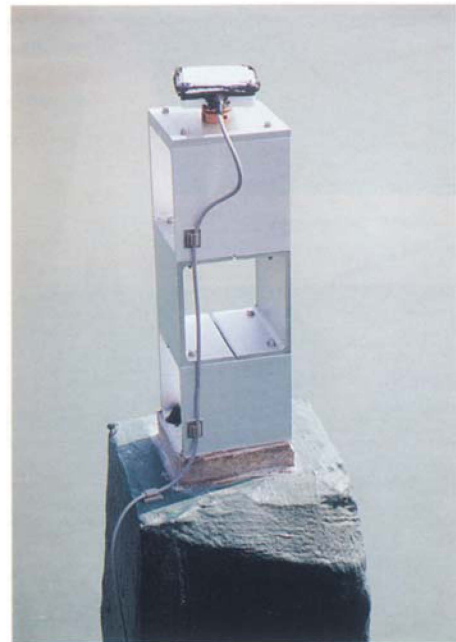


(e)

図 5. アンテナ架台の設置工程. (a) パラペットに直径 30φ の孔を開ける. (b) 8 mm のステンレス製ボルトを立ち上げる. (c) 接着液を塗り木枠にセメントを流し込む. (d) セメント面に架台下面を密着させながら架台上面の水平をとる. (e) アンテナを取付け観測開始.



(a)



(d)



(b)



(c)



(e)

図 6. タイプ3のさまざまな場所における架台設置. (a) パラペット上面に設置. (b) 平らな屋上面に設置. (c) ひさしの上に設置. (d) 屋上コンクリート基台を利用し設置. (e) 露頭している溶岩に設置.