

GPS を用いたライフライン構造物の地震発生後の迅速な健全性評価システムの提案

東京大学地震研究所 正会員 ○堀 宗朗
東京大学地震研究所 正会員 小国 健二

1. はじめに

巨大地震が発生した時に、都市内のライフラインの健全性を把握することは重要である。特に、被害が生じる可能性がある場合には迅速かつ正確な把握が望まれる。しかし、延長が長いライフライン構造物に対し、地震発生後に細かく健全性を評価していくことは容易ではない。一つの解決策として自動計測の利用が考えられる。構造物・施設の健全性を何らかの物理的指標に対応させ、また、適切な計測のデータから物理的指標が算出される場合、この自動計測の手順は有効である。

本報告は上記を背景として、GPS を用いたライフライン構造物の迅速な健全性評価システムを提案する。地震動による被害は加速度計を利用することで健全性を評価することが実用化されているが、液状化によって引き起こされるゆっくりとした地盤の大変状に関しては健全性評価が未解決¹⁾である。提案される GPS 受信機の設置位置のデータを用いて地盤変状による線状構造物の変形を算出し、その度合いから健全性を評価することを目的とする。また、多数の GPS 受信機を利用し、局所的な健全性をも評価することが課題となる(図1参照)。なお、GPS を用いた構造物の静的変形・動的挙動の計測は近年活発に研究されている²⁾。

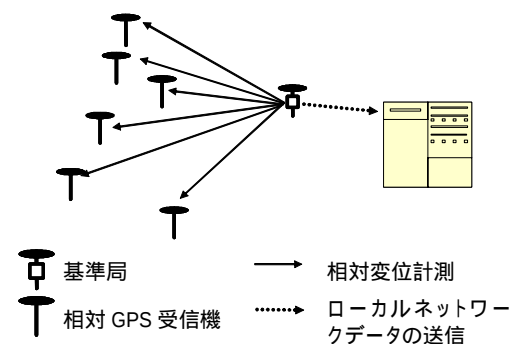


図1 GPSを用いた健全性評価システムの概念図

2. GPS による地盤変状計測の概要

GPS を用いた健全性評価システムのポイントは位置計測のリアルタイム性と精度である。著者のグループは、独立行政法人港湾空港技術研究所によって行われた「港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関する実物大実験」(2001年11月13日、十勝港第四埠頭埋立地)において、GPSを用いて地盤の大変状を実測し、この二点を検討した^{3),4)}。計測の特徴を表1に整理する。このepoch-by-epoch方式では、個々の受信機はデータ解析をする必要がなく、解析用のサーバに集約して行われる。特殊なフィルタをデータに施す必要はなく、0.1[sec]の間隔で測位が可能である。

検討結果は次のように整理される。

- 1) 計測精度：水平方向の計測誤差は、平均 2～6[mm]、標準偏差 3～4[mm]。鉛直方向は、平均 10～90[mm]、標準偏差 5～6[mm]。2000 秒の計測時間での最大の誤差は水平 10[mm]、鉛直 100[mm]。
- 2) リアルタイム性：1 秒間のデータの解析にはほとんど時間がかからないため、各受信機からサーバへのデータ送信の時間がリアルタイム性を決める。有線・無線で受信機とサーバが接続されればほぼリアルタイムで計測が可能である。

表1 実測に使われた GPS 計測の特徴。

測位方法	相対測位（一つの受信機を基準として他の複数の受信機の位置を測定）
解析方法	epoch-by-epoch 方式（一定時間に計測された搬送波データを一つのまとまりとして解析）

なお、GPS 受信機をレーザ追尾したトータルステーション（TS）の計測値を正解とし、その差を計測誤差とした。TS と GPS の比較を図 2 に示す。図中、右の部分が地盤変状前の受信機の位置、左が変状後の位置を示す。楕円体は標準偏差の大きさを軸の長さとしており、GPS による計測誤差の範囲を可視化したものである。

3. 健全性評価システム

地盤変状に起因する構造物の被害は構造物全体に有意な変形を生じさせることが予想される。この点と上記の特徴を考慮すると、地震後のライフライン構造物に対する GPS を用いた健全性評価システムでは、多数の GPS 受信機を構造物に設置し、相対位置から算出される構造物の変形を物理的指標として用いることが合理的と思われる（図 3 参照）。

このシステムは次の 3 つから構成される。

- 1) 計測系：基準局を含む受信機数台。解析は無用であるが、搬送波の計測とデータ発信は必要。
- 2) 知能系：epoch-by-epoch 方式を前提とすると、サーバは PC で十分。更新や使い勝手の良い解析ソフトウェアが重要。
- 3) 通信系：都市内を前提とすると、携帯電話や無線 LAN が候補。一つの GPS 受信機から送信される情報量は一定であり、サーバから送信される健全性評価結果もさほどの情報量ではない。

各々の要素技術は、GPS のデータ解析を除き、成熟していることを強調する。

4. おわりに

現状の機器を用いても健全性評価には十分な精度とリアルタイム性を持った健全性評価が可能である。精度等を犠牲にしても、各機器の低廉化を図ることが重要である。

参考文献

- 1) 風間基樹、清野純史、加賀谷俊和、佐々木静男：GPS を用いた地盤変状の把握とその利用、第 10 回日本地震工学シンポジウム、Vol. 1, pp.3605-3608, 1998.
- 2) Celebi, M. and Sanli, A.: GPS in pioneering dynamic monitoring of long-period structures, Earthquake Spectra, pp. 47-61, 2002.
- 3) RTK-GPS を用いた地盤大変状の計測と精度の検証、土木学会論文集 No. 729/III-62, 117-183, 2003.
- 4) RTK-GPS を用いた地盤大変状のリアルタイム計測とその精度の検証、第 57 回年次学術講演会概要集、土木学会、論文番号 III-554, 1107-1108, 2002.

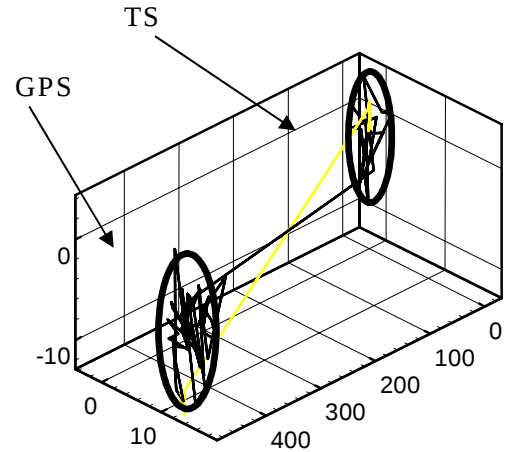


図 2 TS と GPS の計測データの比較：楕円体は GPS の計測誤差範囲を示す。

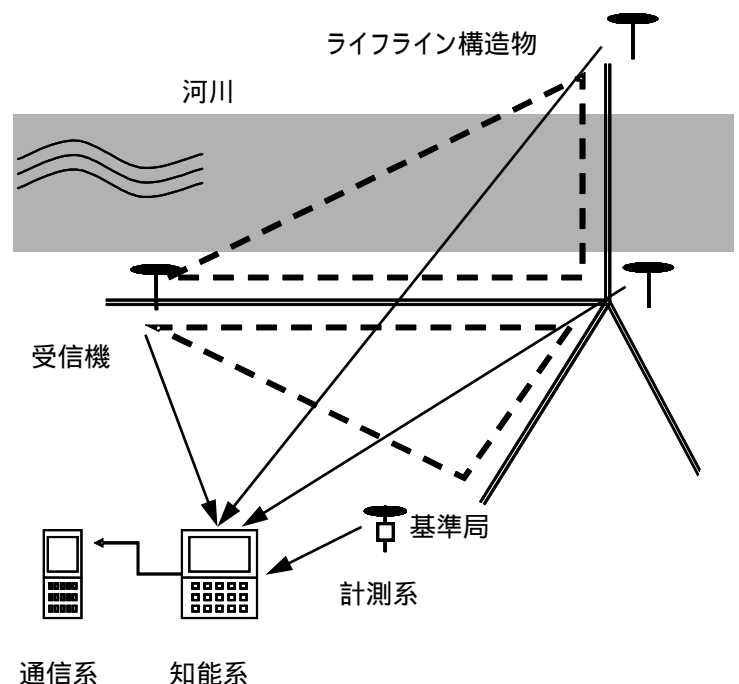


図 3 健全性評価システムの概要