

航空レーザ測量活用による 中小河川の治水安全度評価

大谷 周

近年、集中豪雨等により各地で水害が発生している。とりわけ、局所的な豪雨の影響を受けやすい、中小河川では甚大な被害が発生している。河川の効率的改修や、水害時における危機管理には流下能力等のデータに基づいた河川の現状の把握が重要となるが、多くの中小河川においては河道横断測量、水位・流量観測等が十分に実施されておらず流下能力の算定等が困難であった。そこで国土技術政策総合研究所では、全国同一の尺度による簡便な評価手法を用い、地方整備局等と連携し一級水系の指定区間等の中小河川を対象として、流下能力を基にした治水安全度評価を実施し、国管理区間を含む水系全体の治水安全度の公表を行った。本報では上記取り組みについて説明する。

キーワード：中小河川、治水安全度評価、航空レーザ測量

1. はじめに

近年、集中豪雨等により全国各地で甚大な災害が発生している。とりわけ、局所的な豪雨の影響を受けやすい中小河川においては甚大な被害が発生している。

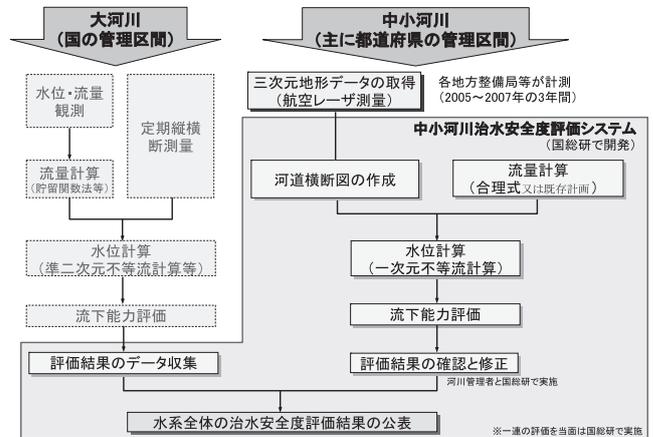
その一方で、財政面の厳しい制約もあり、効果的な水害対策を図るためにはより優先度の高い地域から治水対策を進めていくことが重要である。また、河川管理者、地域の防災対策を担う関係自治体、さらには地域住民が一体となり、効率的・効果的な治水対策の推進、災害発生時における実効的な危機管理の実現には、河川の各区間における安全度を評価し、その結果を地域にわかりやすく示すことも重要である。

しかしながら、都道府県等が管理する中小河川では、河道横断測量、水位・流量観測等が十分に実施されておらず流下能力などの基本的かつ重要な情報が不足している箇所もあるのが現状である。

以上のような背景から国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では、全国同一の尺度による簡便な治水安全度評価手法を立案し、地方整備局等と連携し一級水系の指定区間等の中小河川を対象として、治水安全度評価を実施し、国管理区間を含む水系全体の治水安全度（その河道区間が安全に流せる洪水の規模）の公表を行った。

なお、国が管理するような重要度の高い河川では、定期的に河道の縦横断測量、水位・流量観測等が実施されており、精度の高い治水安全度評価がすでに行

われている。このため、国の管理区間（約 10,000km）については既存の治水安全度評価を使用することとした（図—1 参照）。



図—1 一級水系の治水安全度調査・評価・公表フロー

2. 治水安全度評価の概要

中小河川では河道縦横断測量、水位・流量観測等が十分に行われていない区間も多く、基本的情報が不足しているのが現状である。このため、今回の評価においては航空レーザ測量により全国一級水系の中小河川の地形データを取得し基礎データとして使用した。

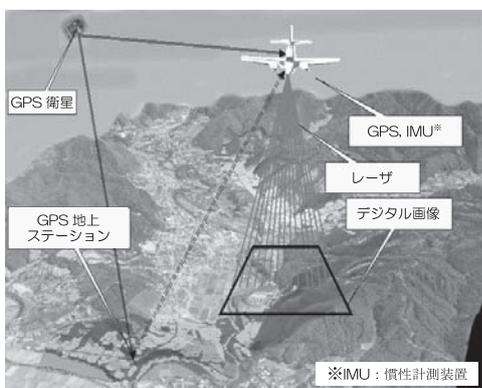
以下、河川の治水安全度評価の具体的方法を述べる。

(1) 河道地形データの作成

(a) 航空レーザ測量によるデータの取得

国の管理区間以外の中小河川においては、整備計画の検討が行われている等の限られた区間においてのみ河道測量成果が存在し、多くの区間においては河道横断測量成果を有していないことが実状である。こうした測量“空白区”を速やかに解消するため、広範囲の地形データを高密度で取得できる航空レーザ測量（以下、LP 測量）を活用した¹⁾。

LP 測量は、図一2に示すとおり、航空機に搭載した航空レーザスキャナから地上に向けてレーザパルスを発射し、反射して戻ってきたレーザパルスを解析することで地形データを取得する技術である。地形データから河道横断形状や氾濫原の地形形状などを得ることが可能である。



図一2 LP 測量の概念²⁾

今回は、「航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案）平成17年6月国土交通省河川局」に従い、レーザ計測密度について2mピッチを最低条件として行っている。

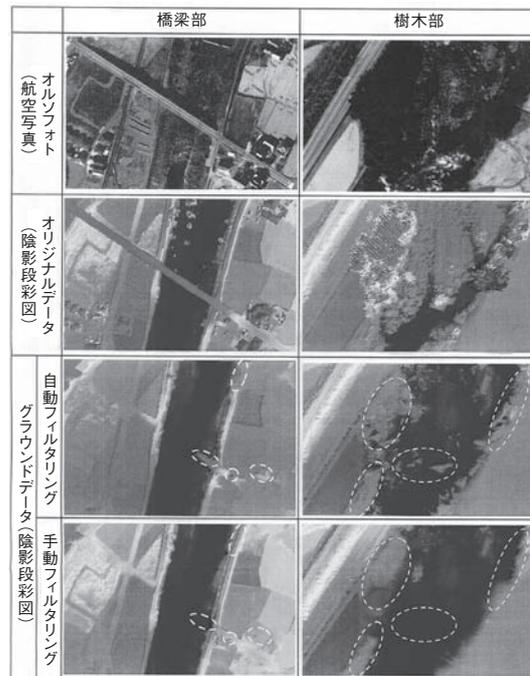
(b) 地盤高データの作成（データ処理）

上記にて取得した、LP 測量結果である生データにはノイズデータとよばれる空中の雲や塵などに反射したデータも含まれている。このノイズデータを除去し、地表面データ（オリジナルデータ）を作成する。このオリジナルデータは構造物や草本群落の標高値も含むため治水安全度評価に用いる河道断面を作成するための地盤高データを得るには、構造物や植生群落を除去し地盤高データ（グラウンドデータ）を作成する必要がある。この過程をフィルタリング処理²⁾と呼ぶ。表一1にフィルタリング作業で取り除く主な対象物を、図一3にフィルタリング処理の過程を示す。

計測範囲の全域を対象に地表面データをコンピュータプログラムによるフィルタリング処理（自動フィルタリング）を行い、構造物や大きな植生群落等を取り除く。

表一1 主なフィルタリング項目

交通施設	道路施設等	道路橋（長さ5m以上） 高架橋、横断歩道橋
	鉄道施設	鉄道橋（長さ5m以上） 高架橋（モノレールの高架橋を含む）、跨線橋
植生		樹木、竹林



図一3 フィルタリング処理の過程

ただし、自動フィルタリング処理だけでは河川周辺にある除去対象物の取り除きの過不足（橋梁や樹木の取り残し、堤防の消失など）があるため、自動フィルタリング処理後のデータと航空写真（オルソフォト）を見比べ手作業による補正（手動フィルタリング）を行い、流下能力計算に必要な地盤高データを作成する。

(c) 河道横断形状の作成

地盤高データから河道横断形状を作成する手法としては、主なものに投影法、バッファ法、TIN（不整三角形網 Triangulated Irregular Network）法がある。各手法の概要は以下の通りである。

- ・投影法 横断測線を中心に一定の範囲以内にあるレーザ計測点を、横断測線上に投影して地盤高を算出し、断面を作成する方法（図一4参照）。
- ・バッファ法 同一の高さと考えられる範囲内の地盤高データを算術平均し、断面を作成する方法（図一5参照）。
- ・TIN法 計測点群により発生させたTINモデルと横断測線の交点で地盤高を内挿し断面を作成する方法（図一6参照）。

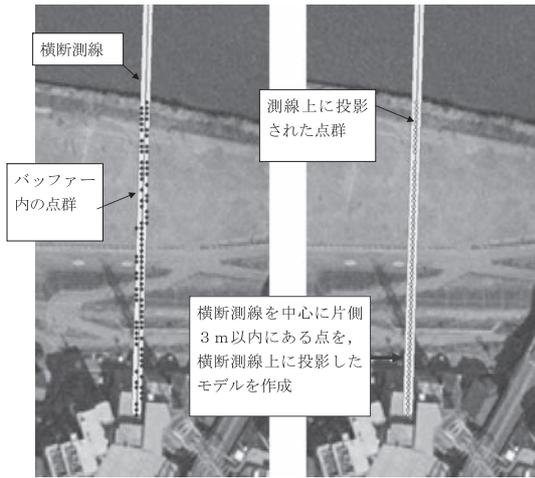


図-4 投影法のイメージ

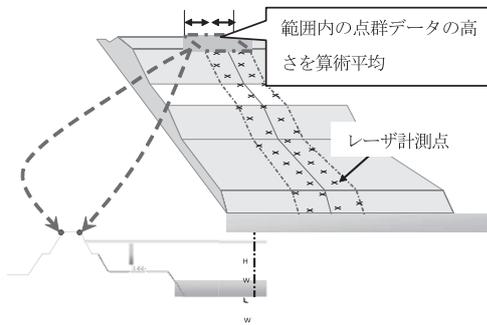


図-5 バッファ法のイメージ

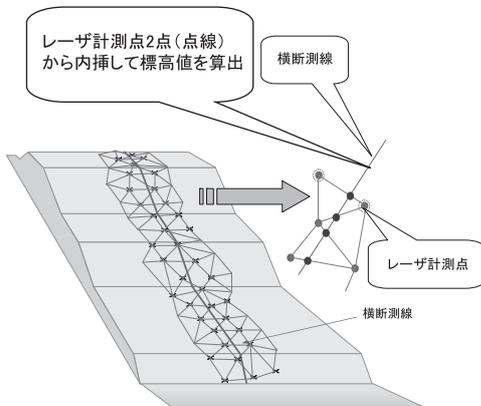


図-6 TIN法のイメージ

今回は機械的に河道横断面を作成できる TIN 法を採用し、河道中心線に直交する任意の横断測線上の標高を、地盤高データから作成された三角形網より自動的に河道横断面形状を得るシステムを開発し治水安全度評価に使用した。

(d) 地盤・地形データの精度向上させるための配慮
河道横断面取得においては、LP 測量自体の誤差³⁾ (計測機器や計測実施条件等に左右されるが、概ね水平精度±30 cm、鉛直精度±15 cm)、TIN データからの内挿補間による誤差の影響の他に、レーザの性質

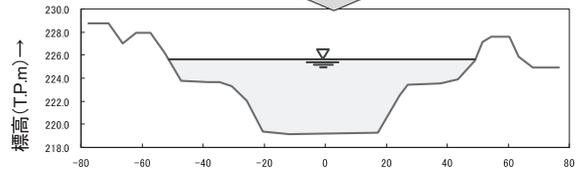
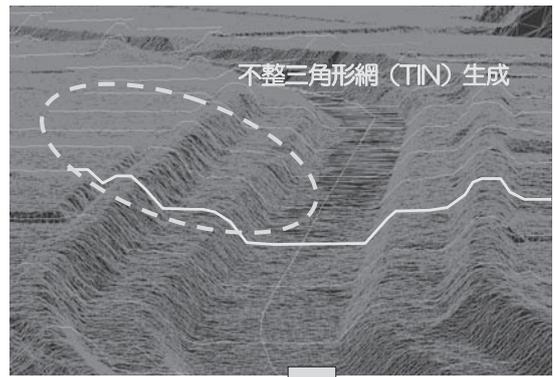


図-7 TINによる河道横断面図作成

上、水面下の地形データを計測できないこと、草本類の影響を受けるため実際の地盤高よりやや高い地盤高で計測され、通常の河道横断面測量結果と比較するとやや横断面積が小さくなる傾向が見られた (図-8、図-9 参照)。

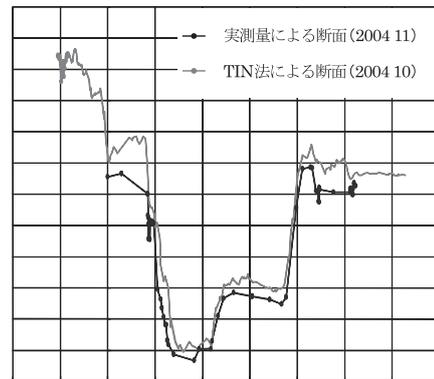


図-8 LP計測による断面と実測による横断面

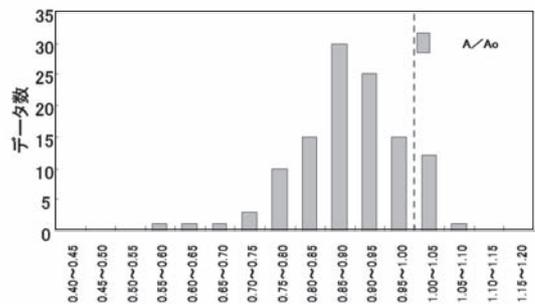


図-9 実測断面に対するLP測量による断面の比

これらの誤差をできるだけ小さくするために、河道横断面測量が実施されている場合は、その測量断面を用いて精度チェックや補正・補完を行った。

(2) 流量および水位計算の方法

(a) 基本的な考え方

中小河川においては前述のように、水位・流量観測等が十分に実施されていないこともあり、今回の評価にあたっては全国各雨量観測地点の降雨強度式と合理式による確率規模別流量の計算及び一次元不等流計算といった簡便な解析手法を採用した。

(b) 降雨強度 r

降雨強度式にはフェア式を用いる。実際の計算では独立行政法人土木研究所が開発した「アメダス確率降雨計算プログラム」を使用する。(http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/amedas/top.htm)

$$r_t^T = \frac{b T^m}{(t+a)^n}$$

ここで、各変数は以下の通りである。

r_t^T : 確率年 T の t 継続時間確率降雨強度 (mm/hr),

T : 確率年 (年)

t : 降雨継続時間 (hr)

a, b, m, n : フェア式パラメータ

このプログラムは、全国の気象庁アメダス観測地点の約 1,300 地点のうち 748 地点について、1971 年～2000 年までの雨量データを基に作成したものである。なお、 t にはクラークヘン式によってもとめた合理式における洪水到達時間を与える。

(c) 合理式と流出係数 f

合理式で用いる流出係数 f は、土地利用区分ごとの流出係数の加重平均(各区分の面積に関する)とし、「河川砂防技術基準⁴⁾」を参考に山地を 0.7、平地を 0.8 と設定した。なお、計算に必要な流域面積や流路長といったデータは河川現況台帳をもとに国総研が整理し、放水路の新規建設等により修正が必要であると判断される場合には修正を行った。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} f r A$$

ここで、各変数は以下の通りである。

Q_p : 洪水ピーク流量 (m^3/s),

f : 流出係数

r : 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/hr)

A : 流域面積 (km^2)

(d) 一次元不等流計算と粗度係数 n

河床材料や河道内樹木群等の河道特性を反映できる水位計算手法も実用化されているが、河道特性を把握することは容易ではない。そのため、河道横断面に合成粗度係数を設定し一次元不等流計算により、水位計算を行った。ただし、中小河川には急勾配区間も多い

ので、必要に応じ、常流射流混在の計算もできるようにしている。

この場合において、河道の全ての特性(河床材料、河道横断面形状など)を考慮した合成粗度係数の与え方が大切になる。今回の検討では中小規模でも粗度係数が実測値等から詳細に検討されている 58 河川を対象にした場合、平均的な合成粗度係数として $n=0.033$ が得られたことから、国総研が行った一次評価においては、すべての区間においてこの値を一律に設定し、水位計算を行った。

(3) 治水安全度の評価

(1) (c) で作成した河道横断面形状から堤防の評価高(今回の検討では堤防の評価高については、「評価高=現況天端高一確率規模別流量に応じた余裕高」を基本としているが、背後地盤高の方が高い場合は、評価高を背後地盤高として採用している。)を決定し、(2) で得た水位計算結果と比較することによって、治水安全度を評価する。

$T \geq 30$ の洪水の水位計算結果と評価高を比較し、堤防の評価高が水位を上回る場合、青色で着色し、「30 年に一度発生すると想定される降雨に対応している区間」とした。また、評価高が $T = 10$ の洪水の水位計算結果を下回る場合は、「10 年に一度発生すると想定される降雨に未対応の区間」として赤色で着色し、そのどちらでもない場合は、黄色に着色し、「10 年から 30 年に一度発生すると想定される降雨に対応している区間」とした(図-10 参照)。

また安全度評価は 100 m ピッチで実施しているが、表示にあたっては LP データの精度や評価結果の見やすさを考慮して 500 m ピッチでその区間における最も低い安全度の表示を基本とした。



図-10 中小河川治水安全度評価イメージ

3. 公表状況

2009年8月現在、全国109水系の内71水系の治水安全度評価結果を公表している（図—11参照）。その他残りの38水系についても各河川管理者において、現在評価結果の妥当性を確認しており、確認作業終了の後、順次公表を進める。

(<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhph/seika.files/lp/eva.html>)



図—11 治水安全度評価公表サイト

4. おわりに

本評価を進めるにあたり、本省河川局をはじめ、都道府県、北海道開発局、地方整備局の関係各位に多大なるご協力を頂いた。深く謝意を表する次第である。

本評価の成果が、効率的な治水整備の推進、さらには住民等の危機管理意識の向上につながっていくこと、また本手法が今回評価対象外であった二級河川等の管理に役立つことを期待する。

J|C|MA

《参考文献》

- 1) 国土交通省河川局：航空レーザ測量による河道及び流域の三次元電子地図作成指針（案），pp.1-10, 2005.6
- 2) 財団法人測量調査技術協会：《図解》航空測量ハンドブック，pp.59-65, 2004.1
- 3) 今井靖晃，瀬戸島政博，山岸裕，藤原宣夫：解像度の異なるLIDARデータによる都市内樹林の受講計測特性，測量，Vol.55, No.2, pp.28-32, 2005.2
- 4) 国土交通省河川局監修，(社)日本河川協会編：国土交通省河川砂防技術基準 同解説 計画編，pp.35, 2005.11

【筆者紹介】



大谷 周（おおたに あまね）
 国土交通省国土技術政策総合研究所
 危機管理技術研究センター 水害研究室
 研究官

平成 21 年度版 建設機械等損料表

■内 容

- ・ 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・ 損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・ 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・ 各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・ 主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・ 主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5判 約730ページ

■一般価格

7,700円（本体7,334円）

■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600円（本体6,286円）

■送料 沖縄県以外 600円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

（複数お申込みの場合の送料は別途考慮）

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>