ストックマネジメント

事例報告

水利施設調査用簡易計測器具の開発について

現　東北農政局　整備部　水利整備課
（前　東北農政局　土地改良技術事務所　施設・管理課）
金平　修祐

1. はじめに

農業水利ストックマネジメントの取組みについては，調査・計画に係る検討成果や既往の補修補強工事の実績を活用した長寿命化技術（機能診断手法，対策工法）の適用性評価及び蓄積等を通じて，体系化・標準化の検討が進められており，この中で工法選定の向上や対策工事の品質向上に向け，施工完了施設のモニタリング調査による評価手法の確立が急務となっている。

モニタリング調査に当たっては，現場の技術者による目視や打音等の簡易な調査から補修補強工法実施箇所の変状実態を把握することが必要となる。しかし，水利施設の形状を捉える場合でさえ，従来のようにコンベックスやスタッフによる計測では，精度の信頼性がそれほど高くなく，複数回計測時における測定値の再現性も決して高いとは言えない。

モニタリング調査を行なうに当たってはほどほどの精度を持ち，再現性も比較的高い測定器具を必要とするが，現時点ではその要件に合致した計測器具は見当たらない。そのため筆者は比較的安価なレーザー距離計及び鋼材・ボルトなどの材料を用いた計測器具を自主開発することとした。

今回紹介するのはトンネル及び開水路等を対象にした簡易計測器具の製作であり，本稿がモニタリング調査手法の発展に寄与することを期待している。

2. レーザー距離計について

建築の分野では簡易型レーザー距離計を用いた計測が広まりつつあり，距離計はホームセンターでも購入可能な状況である。簡易型レーザー距離計の測定精度は± 1.0 mm から± 1.5 mm 程度であり，測定可能距離が 50 m を超えるもの，傾斜角が測定可能なものも存在する。光源・波長は共通でレーザーダイオードであり波長は 635 nm（n: ナノは 10 億分 1）となっている。

今回製作した計測器具の心臓部にあたるレーザー距離計の選定にあたっては，web 情報等を基に測定可能範囲，測定精度，傾斜角測定の有無及び定価を参考として決定した（表 1）。

採用したＡ社の製品は測定可能範囲が 0.05 ～ 80m まで，精度は± 1.5 mm と平均的ではあるが，傾斜角測定が可能で定価も比較的安価である。

距離測定原理は，距離計から放射され対象物に反射して帰ってくる波長と内部基準の波長の差（違い）から，ターゲットまでの距離を算出する位相差方式をとっている。

簡易型レーザー距離計はもともと室内光での測定を想定しており（本来建築分野の計測器具），野外，特に晴天下での測定では，測定対象からの

表 1：検討したレーザー距離計

ﾚｰｻﾞｰ距離計機種	測定可能範囲	測定精度	光源・波長	傾斜角測定	定価（参考値）
A社 GLM80	0.05～80m	±1.5mm	ﾚｰｻﾞｰﾀﾞｲｵｰﾄﾞ・635nm	○	2.9万円
B社 LDM-500	0.10～50m	±1.5mm	〃	×	1万円
C社 LD060P	0.05～60m	±1.5mm	〃	×	2.8万円
D社 LS-811	0.05～200m	±1.0mm	〃	×	8.4万円
E社 X-300	0.05～80m	±1.0mm	〃	○	4万円

反射波の受信が困難となるため測定可能範囲が狭まるという弱点がある。しかし今回の測定器具は比較的近接した水利構造物が計測対象物であり，日差しの影響も少ないので十分使えると判断した。

3. 簡易計測器具の開発について

(1) トンネル等対象の簡易計測器具の開発

水路トンネル等の機能診断時における内面形状計測は，通常，パソコン上で設定した円周角度で距離を自動計測し図化されるシステム化された装置が使われる。この装置は現場に持ち込んだパソコンと計測器具が連動しており，精密機械としての扱いや解析作業が必要となることから，計測を専門計測業者に頼らざるを得ない。

しかし，手動計測器具で計測を行なったデータを記録し，その後エクセル等で数値整理した後に図化することにすれば，ほどほどの精度（数ミリの誤差許容）で安価な形状計測が可能となる。

また，構造物の変状を緊急に計測する必要が生じたり，定期的な観測する必要が生じた場合に外部委託するのではなく，直営で計測することができれば，コスト面で大きな節減につながるほか，外部委託業者の時間的な制約も受けず，時宜を得た対応が可能となる。

筆者は，ホームセンターで容易に入手可能な市販品を用いて簡易計測器具を製作し，それから得られた計測データから図化する方法を考案した。その基本は，レーザーによる測距及び旋回角度から内面形状を捉えることにある。

計測器具の土台部分は，L型鋼製プレート（縦6 cm ×横 12 cm ×高さ 5.5 cm，厚さ t = 5 mm）である。カメラネジが使えるようにドリルを使ってφ 5 mm の寸法で削孔し，ネジ切り加工を行う。ネジ切り作業の道具は 2000 円程度で入手可能であり，コツを得ると難しいものではない。

回転軸はM 12 用ネジを切ってある鋼棒である。試行錯誤の末，2 個のベアリングをボルト及びスプリングで固定することでスムーズな回転となることに気が付き，U形固定金具で土台と一体化させた。回転軸とボルトで固定した鋼製平プレートにカメラネジでレーザー距離計を接続するという構造である。なお，回転軸には釣用スピンドルリールから流用した歯車を用い，そのネジピッチと同一であるM 20 ネジ切り鋼棒を手動で回転させ計測する構造となっている（写真 1，2)。レーザー距離計及びカメラ用三脚や工具費用を除くとおよそ 6000 円程度で完成する（写真 3：正面状況)。

得られたデータからどのような手段，方法で図化するのかについては頭を悩ませた。手動で計測することからあまり旋回角度を細かく設定すると時間もかかる。そのため旋回角度を 5° とし距離データは 72 点とした。図化についてはエクセルのレーダーチャート作成機能を利用し，データ範囲を指定すると対象物の形状が投影されるように

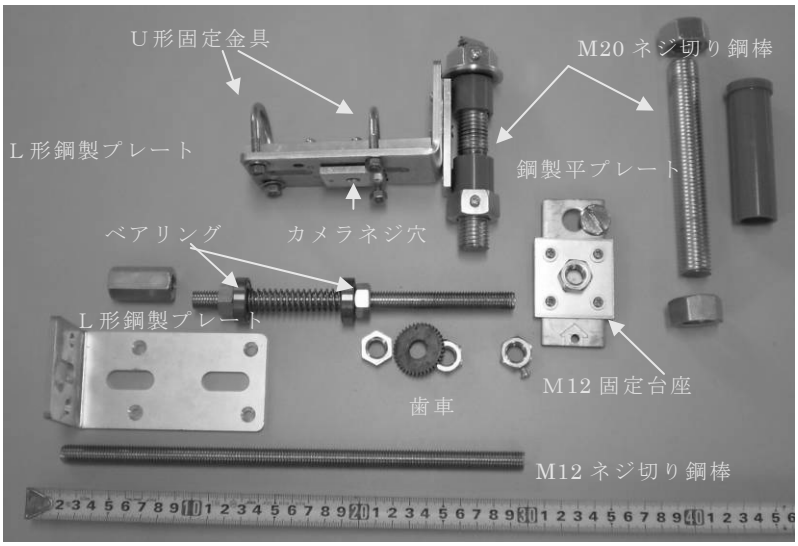


写真 1：トンネル等対象計測器具主要材料（レーザー距離計除く）

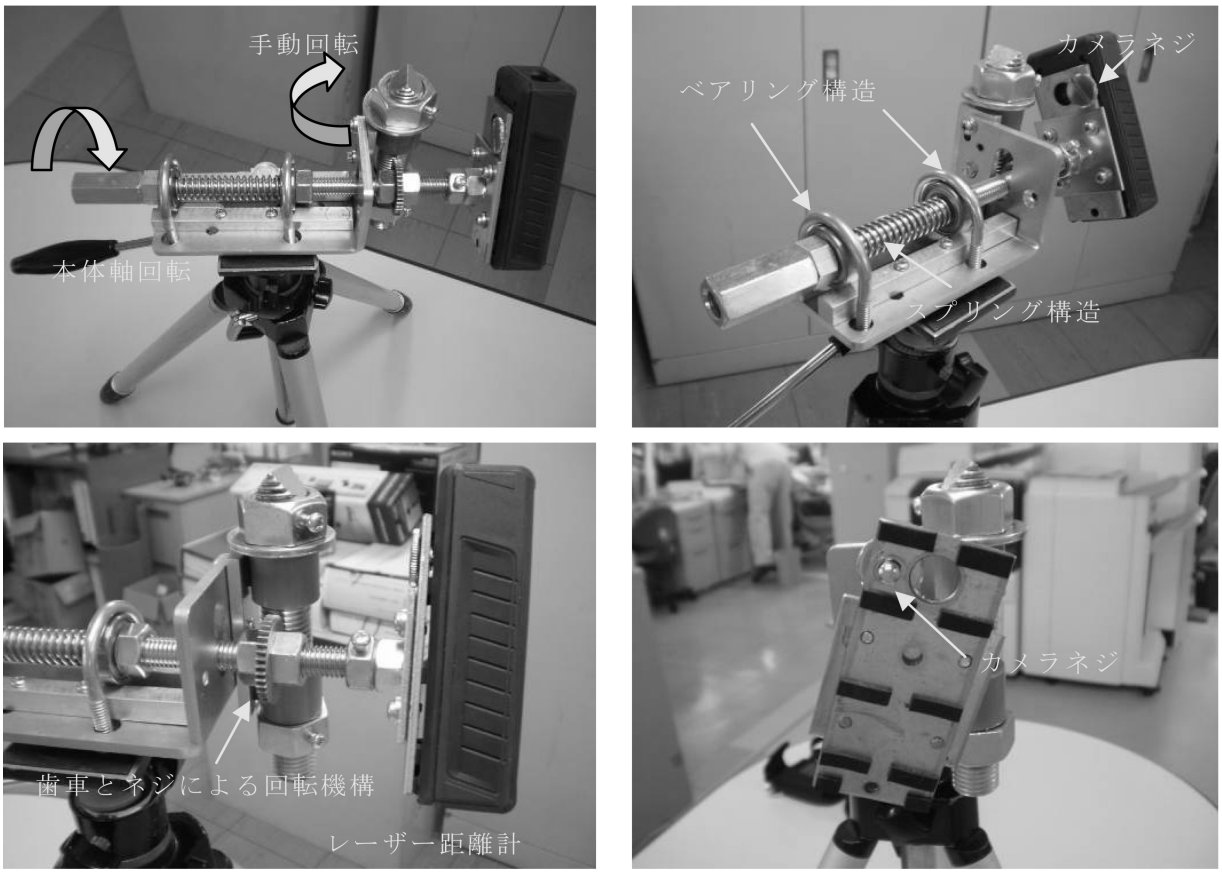


写真２：トンネル等対象簡易計測器具構造

写真３：正面状況

写真４：オフィス計測状況

した。なお，一度データ入力フォーマットを作成しておけば，次回は対象構造物の計測データを入力することで自動で図化される。

オフィスの廊下で実際に計測している状況を写真４に，測定結果を図１に示す。計測器具の再現性を確認するために２度実施した計測値の比較では，較差の大半が数mm以下という精度であった。

また，図２はエクセル表で太枠で囲んだ箇所（天井部）のデータを変更した場合である。図を見てお分かりいただけるように，測定データを入れ替えるだけで断面形状を図化できる。

機材旋回角度（°）	みかけの計測値（m）	計測値（m）
(0)0	0.852	0.802
(5)5	0.856	0.806
(10)10	0.866	0.816
(15)15	0.884	0.834
(20)20	0.908	0.858
(25)25	0.941	0.891
(30)30	0.979	0.929
(35)35	1.031	0.981
(40)40	1.101	1.051
(45)45	1.191	1.141
(50)50	1.302	1.252
(55)55	1.466	1.416
(60)60	1.649	1.599
(65)65	1.603	1.553
(70)70	1.550	1.500
(75)75	1.509	1.459
(80)80	1.482	1.432
(85)85	1.465	1.415
(90)90	1.461	1.411
(85)95	1.467	1.417
(80)100	1.484	1.434
(75)105	1.512	1.462
(70)110	1.556	1.506
(65)115	1.610	1.560
(60)120	1.618	1.568
(55)125	1.391	1.341

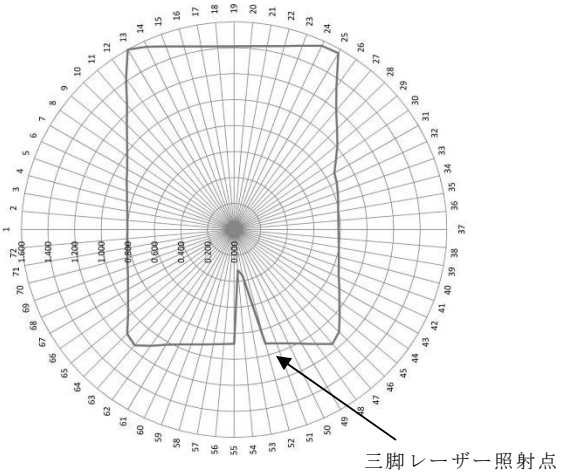


図１：実際の計測値と図化の結果

機材旋回角度（°）	みかけの計測値（m）	計測値（m）
(0)0	0.852	0.802
(5)5	0.856	0.806
(10)10	0.866	0.816
(15)15	0.884	0.834
(20)20	0.908	0.858
(25)25	0.941	0.891
(30)30	0.979	0.929
(35)35	1.031	0.981
(40)40	1.101	1.051
(45)45	1.191	1.141
(50)50	1.302	1.252
(55)55	1.466	1.416
(60)60	1.550	1.500
(65)65	1.550	1.500
(70)70	1.550	1.500
(75)75	1.550	1.500
(80)80	1.550	1.500
(85)85	1.550	1.500
(90)90	1.550	1.500
(85)95	1.550	1.500
(80)100	1.550	1.500
(75)105	1.550	1.500
(70)110	1.550	1.500
(65)115	1.550	1.500
(60)120	1.550	1.500
(55)125	1.391	1.341

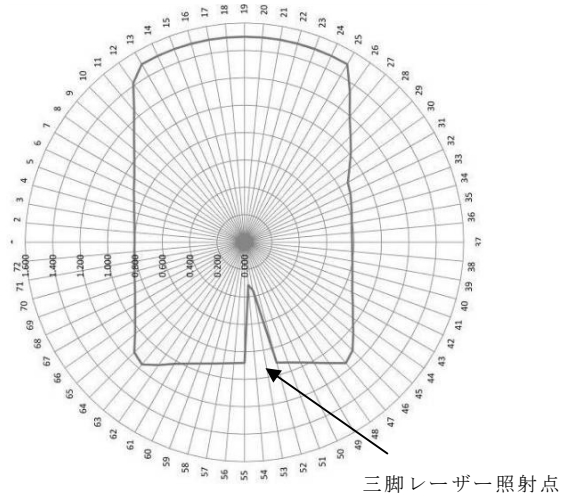


図２：計測値変更と図化の結果

(2) 開水路等対象の簡易計測器具の開発

長寿命化を推進しているセクションでは，開水路のモニタリング調査で側壁の幅の変化や摩耗量を計測するにあたって，摩耗量は詳細調査として高精度レーザー距離計を用いて表面凹凸状態を0.1 mm の精度で計測することを検討しているようであるが，機材も高価であり，測定は研究機関ないし外部委託での対応となることが考えられる。

一方，現場の技術者が測定を行なう際には，コンベックスやスタッフによるものが主体である。摩耗厚さなどは基準となるピンを打ち，そこからの残尺で変位を計測することなどが検討されている。

しかし現状の器具では，対象物の表面状況や器具の当て方などにより計測値に大きな開きが生じ，精度も低く，再現性も低くなる。そのため，距離測定器具を水平に保つことが容易であり，かつ，所定の高さでの対象物までの距離をほどほどの精度で捉えることができる測定器具が必要となる。この目的で，トンネル等対象簡易計測器具と同様に新しい器具を開発することとした。主要な材料は，①アルミ角柱（内空状態）15 mm と20 mm それぞれ L＝1.0 m，②L 形アングル 9 cm × 9 cm（t＝4 mm）4 個，③ボルト　コンクリート用及び一般用　1 式，④モルタル版 20 cm × 20 cm × 3 cm 1 個，⑤鋼製板（底版用） M6 ネジ加工（自前加工）3 箇所及びボルト 3 個，⑥レーザー距離計固定鋼製版　カメラボルト用ネジ加工（自前加工）⑦カメラネジ 1 個，⑧水平器　1 個である。なお，①の 15 mm のアルミ角柱上をスライドさせる 20 mm アルミ角柱は 10 cm に切断して，⑥の金具を 2 本の M4 のボルトで固定する構造となっている。またスライド止めとして

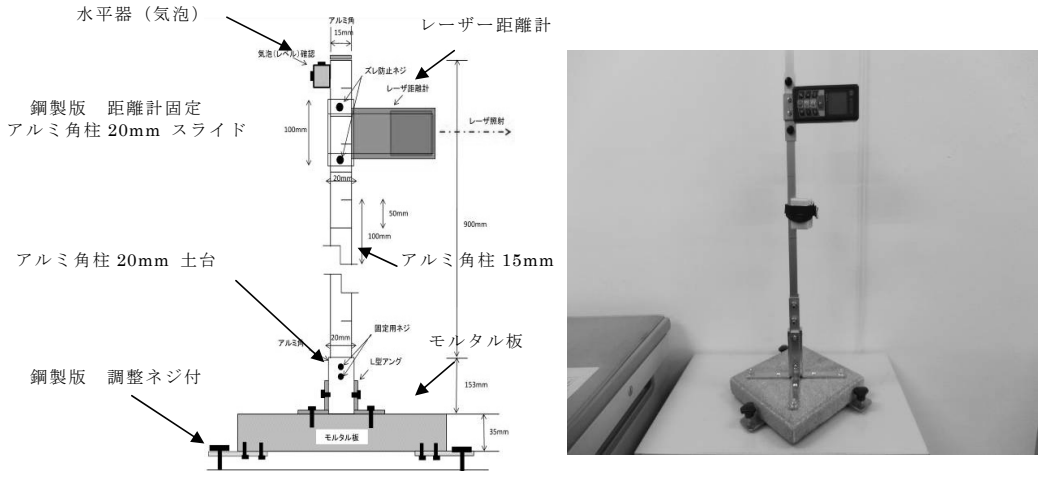


図３：開水路等対象簡易計測器具の構造図と写真

表３：開水路等対象簡易計測器具による実測結果

（単位：m）

番号	角柱値	床面高さ	1回目	2回目	3回目	平均	最小	最大	備考
1	0.000	0.210	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
2	0.050	0.260	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
3	0.100	0.310	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
4	0.150	0.360	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
5	0.200	0.410	16.835	16.836	16.836	16.836	16.835	16.836	
6	0.250	0.460	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	
7	0.300	0.510	16.836	16.836	16.835	16.836	16.835	16.836	
8	0.350	0.560	16.835	16.836	16.836	16.836	16.835	16.836	
9	0.400	0.610	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	
10	0.450	0.660	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
11	0.500	0.710	16.836	16.835	16.835	16.836	16.835	16.836	
12	0.550	0.760	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
13	0.600	0.810	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	16.836	
14	0.650	0.860	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	16.835	
15	0.700	0.910	16.835	16.836	16.835	16.835	16.835	16.836	
16	0.750	0.960	16.836	16.835	16.835	16.836	16.835	16.836	

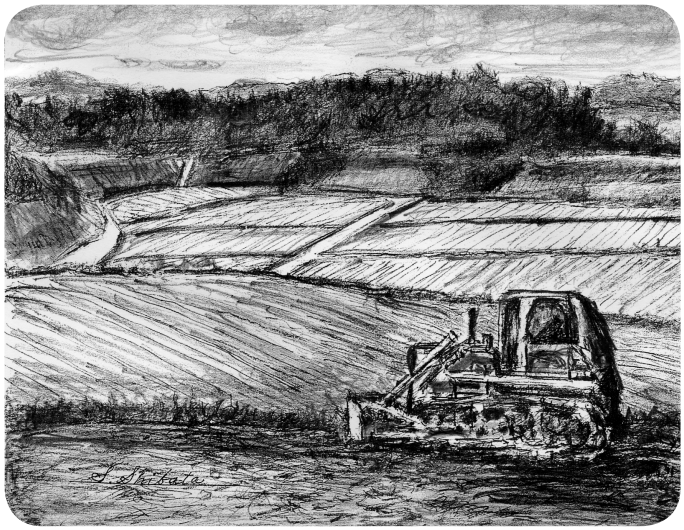
写真５：オフィス東庁舎内での計測状況写真

ノブ付の M4 ボルト 2 本である。なお，アルミ角柱 15 mm の上を 20 mm をスライドさせる構造であるため，若干の隙間が生じる。その隙間は，0.3 mm の両面テープ付アルミ板を内径に合わせカットし張り付けることでスムーズな動きとなる。また，⑤は器具の水平をアルミ角柱に接続させた水平器の状態を見ながらボルト 3 点で調整する構造となっている（図 3）。レーザー距離計を除くと 4000 円程度で完成する。

新しく開発した器具の計測結果再現性の精度確認のため実際に，オフィス東庁舎内で水平に器具を据えた位置から，出入り口の支柱までの距離を床から 21cm ～ 96 cm の間で 5 cm 毎に 3 回実測した（表 3，写真 5）。実測値の散らばりは最大で 1mm という結果であった。このことから，側壁の形状再現性も高く，ほどほどの精度ではあるが摩耗厚さを捉えることも十分可能であることを示すことができた。

4. 最後に

今回開発した簡易計測装置は，県や土地連及び改良区を対象に普及を図るべく，当事務所が行っているチームストマネによる出前講座の中で見て触ってもらう機会を作り情報提供を行っている。現場の技術者自らがほどほどの精度で水利施設の形状計測する技術を身につけてもらうことでより高度化された管理が実現するはずであると信じるからである。

機能診断を受け持つ現場の技術者には，補修した水利施設の検証・評価するためのモニタリング調査を充実させねばならないという課題があり，また，モニタリングにおいてどのような調査項目を内容とするのかなどについての検討が必要である。今回紹介した測定器具は発展途上のものであり改良の余地が残されているが，このような器具を用いることにより，対象水利施設に対し同じ方法（器具）で誰でも簡単に調査・計測が可能となるのではないかと考えている。

水利施設を含めた社会資本は予算の制約から，維持管理に重点を置かざるを得ない状況となった。ストマネ事業も深化をとげ，施設の長寿命化に向けての取組が本稼働し始めた。その流れの中で，今後も微力ながら水利施設の長寿命化に向けての取組を続けていきたいと考えている。