

建設分野における現場計測の実施状況と動向について

Trend of Monitoring at Site in Construction

計測情報分科会 ○福島 晴夫 村上 清基 土屋 幸三郎 植松 健 結城 知史
計測技術研究G 藤井 義文 石原 哲哉 佐々木 理一 武藤 紘 坂田 光児

By H. FUKUSHIMA, S. MURAKAMI, K. TSUCHIYA, T. UEMATSU, T. YUUKI
Y. FUJII, T. ISHIHARA, M. SASAKI, H. MUTOH, and K. SAKATA

建設事業の企画・計画・設計・積算・施工・維持管理という一連のプロセスにおけるマネジメントのために利用する情報は多種多様である。当計測情報分科会ではこれらの情報の1つである計測情報を建設プロセスの主に施工段階において有効に活用するために様々な観点から研究を進めている。

本報文は、建設分野における現場計測の実施状況と動向を全体的に把握し、今後の研究の方向付けをすることを目的として、計測、測量メーカー16社を対象とした土木変換器等の生産台数実績調査結果をとりまとめたものである。ここでは、調査結果に基づいて、情報化施工、近接施工及び工種等の観点から現場計測の実施状況と動向について述べる。

【キーワード】現場計測、情報化施工、近接施工

1. はじめに

計測情報分科会は、建設マネジメントにおける要素技術のひとつである“計測情報の利用”をキーワードとして①計測の目的と効果を把握する手法、②土木技術者のための計測技術、③計測情報を有効に利用するための管理手法、④計測データベースの利用方法などについての研究活動を実施している。計測情報分科会に所属する当計測技術研究グループでは、建設工事における現場計測データの信頼性向上を目的として、現場で計測に携わる技術者を対象にマニュアル作成に取り組み、既に以下の3冊を発行した。

- ・現場計測マニュアルⅠ(計測機器の基礎知識)
- ・現場計測マニュアルⅡ(計測機器の選定)
- ・現場計測マニュアルⅢ(変換器の設置方法)

今回、建設分野における現場計測の実施状況と動向を全体的に把握し、今後の研究の方向付けをする

ことを目的として、計測、測量メーカー16社を対象とした土木変換器等の生産台数実績調査を行った。

ここでは、調査結果に基づいて、情報化施工、近接施工及び工事工種等の観点から現場計測の実施状況と動向について述べる。

2. アンケート調査について

(1) 目的

計測器および測量器の生産台数を経年的に調査することにより、建設分野における現場計測の実施状況を全体的に把握し、情報化施工、近接施工および工種等の観点から現場計測の動向を分析することを目的とする。

(2) 調査対象会社

建設工事での現場計測に実績の多い主要な計測器メーカー、測量器メーカー計16社を対象とした。計測器メーカー：(株)アカシ、応用地質(株)、(株)勝島製作所、(株)カネコ、(株)共和電業、(株)啓愛社、坂

田電機㈱、㈱自動制御技術研究所、新技術計画㈱、㈱東亜測器、㈱東京測器研究所、㈱東京測振、㈱東横エルメス

測量器メーカー：㈱ソキア、㈱トプコン、㈱ニコン

(3) 調査期間

調査対象期間は昭和55年、昭和60年、昭和62年、平成1～4年とした。ただし各年については、調査対象各社毎に会計年度等調査のしやすい期間で良いものとした。

(4) 調査内容

調査内容としては、各社における土木変換器等の生産台数実績とし、種別として①静的測定用、②地震観測用、③測量機器に分けて調査をおこなった。

(5) 調査結果

アンケートの集計結果を表-1～表-3に示す。

表-1は静的測定用計器、表-2は地震観測用計器、表-3は測量機器について、各々、計器種類別の各年度の生産台数および昭和55年の生産台数を100とした時の各年度の指数を示す。ただし、光波測量器については、平成元年以前の生産台数のデータがないため、平成元年を100とした。

3. 現場計測の実施状況と動向

(1) 現場計測機器の生産台数と建設投資額

建設投資額の推移を表-4に示す。

建設投資額は、建設省が発表している昭和55年度を基準に指数化した建設工事デフレータから、実

表-1 静的測定用計器
生産台数および昭和55年を100とした時の各年度指数

NO.	計器種類	昭和55		昭和60		昭和62		平成1		平成2		平成3		平成4	
		台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数
1	ひずみ計	5,550	100	7,943	143	10,791	194	8,488	153	13,266	239	12,176	219	13,880	250
2	鉄筋計	3,405	100	4,535	133	6,780	199	8,077	237	8,241	242	8,563	251	9,865	290
3	コンクリート応力計	598	100	715	120	439	73	893	149	1,187	198	817	137	631	106
4	有効応力計	289	100	960	332	1,518	525	1,747	604	2,084	721	1,473	510	1,717	594
5	地盤・岩盤用変位計	1,141	100	1,547	136	1,725	151	2,462	216	2,218	194	1,868	164	2,146	188
6	その他土木用変位計	1,864	100	4,449	239	5,136	276	4,902	263	5,464	293	5,000	268	4,011	215
7	継目計	1,210	100	1,396	115	1,434	119	712	59	1,232	102	826	68	736	61
8	土中土圧計	1,815	100	2,085	115	2,261	125	2,133	118	2,317	128	1,558	86	1,540	85
9	壁面土圧計	578	100	1,227	212	2,251	389	2,027	351	2,643	457	2,829	489	2,760	478
10	水位計	480	100	963	201	960	200	1,162	242	1,336	278	1,639	341	1,395	291
11	間隙水圧計	2,383	100	2,448	103	2,779	117	3,410	143	4,156	174	4,178	175	4,970	209
12	壁面取水水圧計	535	100	691	129	1,082	202	1,193	223	1,657	310	1,588	297	2,090	391
13	構造物傾斜計	436	100	1,183	271	1,118	256	1,573	361	2,475	568	2,470	567	3,017	692
14	地中固定式傾斜計	2,457	100	2,162	88	3,980	162	3,695	150	5,910	241	6,506	265	8,431	343
15	挿入式傾斜計	194	100	319	164	421	217	472	243	621	320	608	313	632	326
16	センターホル式ロードセル	903	100	866	96	964	107	1,685	187	1,939	215	2,483	275	2,010	223
17	その他土木用ロードセル	59	100	211	358	321	544	198	336	324	549	385	653	150	254
18	ロケット軸力計	1,057	100	1,440	136	1,583	150	1,697	161	1,509	143	1,400	132	1,205	114
19	温度計	1,452	100	2,660	183	1,799	124	1,856	128	3,486	240	2,409	166	2,536	175
20	パイプひずみ計	700	100	726	104	719	103	916	131	1,003	143	1,200	171	1,200	171
21	伸縮計	1,290	100	1,279	99	2,104	163	2,296	178	2,281	177	2,613	203	2,510	195
22	構造物沈下計	257	100	268	104	211	82	371	144	882	343	1,408	548	1,661	646
23	層別・地盤沈下計	621	100	712	115	842	136	1,613	260	1,209	195	1,503	242	1,756	283
	合計	29,274	100	40,785	139	51,218	175	53,578	183	67,440	230	65,500	224	70,849	242

表-2 地震観測用計器
生産台数および昭和55年を100とした時の各年度指数

NO.	計器種類	昭和55		昭和60		昭和62		平成1		平成2		平成3		平成4	
		台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数
1	高感度ひずみ計	62	100	9	15	87	140	2	3	2	3	12	19	36	58
2	加速度計	300	100	300	100	539	180	584	195	604	201	584	195	585	195
3	地震計	664	100	1,471	222	1,641	247	2,572	387	2,698	406	2,946	444	2,864	431
	合計	1,026	100	1,780	173	2,267	221	3,158	308	3,304	322	3,542	345	3,485	340

表-3 測量機器

生産台数(単位:千台)および昭和55年を100とした時の各年度指数
ただし、光波測量器は平成元年を100とする。

NO.	計器種類	昭和55		昭和60		昭和62		平成1		平成2		平成3		平成4	
		台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数	台数	指数
1	トランジスタ	34.2	100	24.2	71	29.7	87	39.1	114	38.2	112	31.6	92	25.1	74
2	レベル計	98.7	100	94.6	96	119.4	121	155.7	158	158.6	161	177.9	180	198.0	201
3	光波測量器	-	-	-	-	-	-	23.1	100	26.2	113	22.5	97	23.1	100
	合計	132.8	100	118.8	89	149.2	112	218.0	164	222.9	168	231.9	175	246.3	185

表-4 建設投資額

実質金額(単位:10億円)および昭和55年を100とした時の各年度指数

NO.	分類	昭和55		昭和60		昭和62		平成1		平成2		平成3	
		金額	指数	金額	指数	金額	指数	金額	指数	金額	指数	金額	指数
1	建築	30,153	100	29,440	98	36,962	123	41,940	139	46,290	154	47,050	156
2	土木	20,584	100	20,524	100	24,097	117	24,408	119	25,450	124	26,310	128
	合計	50,737	100	49,965	98	61,059	120	67,390	133	72,600	143	73,880	146

質額に換算したものを利用した。

建設投資は、昭和50年代からの建設業界の背景をかんがみると、前半は、2度に渡る「オイルショック」と後半の55年度以降は公共工事予算の抑制策、ゼロシーリングが実施され伸び悩んだ。昭和60年代に入ると、「内需拡大」、「民間活力の導入」によって都市開発ブームが起これ、これがきっかけとなり民間建設投資が拡大の流れになった。

実質の建設投資額を見ると、公共よりも民間、土木よりも建築の伸びが高くなっている。特に昭和60年から平成3年までの建設投資額における建築土木の構成比率が、6:4から6.5:3.5に土木の比率が下がっている。

計測機器全般に見れば、計測の重要性が受け入れられた昭和55年から建設費の動向にかかわらずに堅調な伸びを示している。建設投資額の伸び率は

昭和55年度に比較して、平成3年度までで1.5倍であるが、計器の生産台数は、平成4年度までで静的計器で2.4倍、地震用観測計器で3.4倍、測量機器で1.8倍の伸びを示している。

(2) 静的計測

a) 工種別動向

①土留め

土留め工事において、土留め架構に関わる主な計測項目は、壁体に作用する外力、壁体応力変形、支保工の応力、軸力などであり、これらの項目を測定する計器は、壁面土圧・水圧計、固定式及び挿入式傾斜計、ひずみ計、鉄筋計、有効応力計、センターホール型ロードセルなどである。

これらの計器のなかで、その大半が土留め工事に使用されるものとしては、壁面土圧計と壁面水圧計

である。この2つの計器の生産台数の増加は図-1に示すように目ざましく、昭和55年から平成4年で約4~5倍となり、静的計測用の計器全体平均の2.4倍を大きく上回っている。また、これら2種以外の土留め架構に関わる計器は、土留め工事以外でも使用されているが、平均増加率は2.9倍と全体平均を上回り、土留め工事における計器が近年、急激に増加している傾向が伺える。

このような傾向の要因としては、

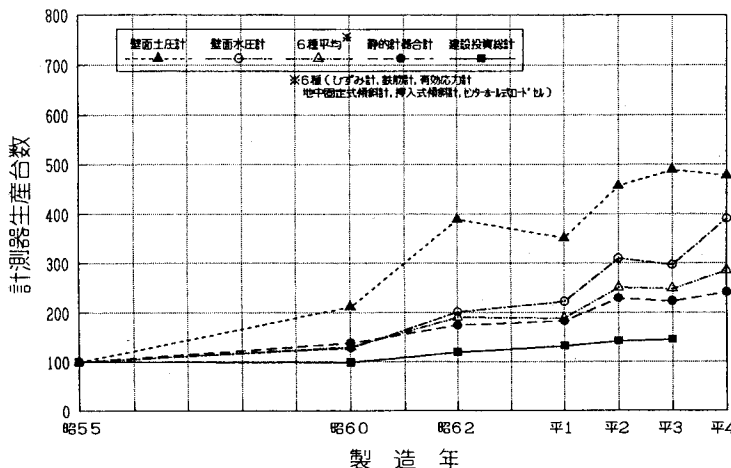


図-1 土留め工事に関連する計器の生産台数の推移

- ア. 土留め工事の大規模化、大深度化
 - イ. 輻輳した都市での土留め近接施工の増加
 - ウ. 情報化施工の普及
- などがあげられる。

図-2は掘削深さと施工開始時期を示したものであるが、掘削深さは昭和50年代初期から年々深くなってきており、昭和60年以降には40m以上掘削する工事もある。

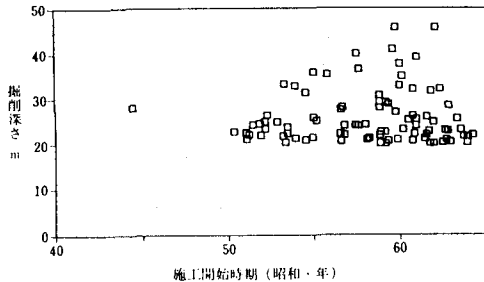


図-2 施工開始時期と掘削深さ（大規模）

このような工事では、土留め壁に作用する側圧、水圧をはじめとして、設計・施工上不確実な部分が多く、現場計測を実施し、情報化施工を行う場合が多い。

また、近接施工では、土留め架構の耐力上の問題だけではなく、土留め壁およびその周辺部の変形が大きな問題となる。したがって、施工中にこれを計測する必要が生じ、近接施工が増加すれば変形の計測も増えると考えられ、傾斜計の生産台数の増加に表れている。

② NATM

NATMの基本的な計測項目は、天端沈下、内空

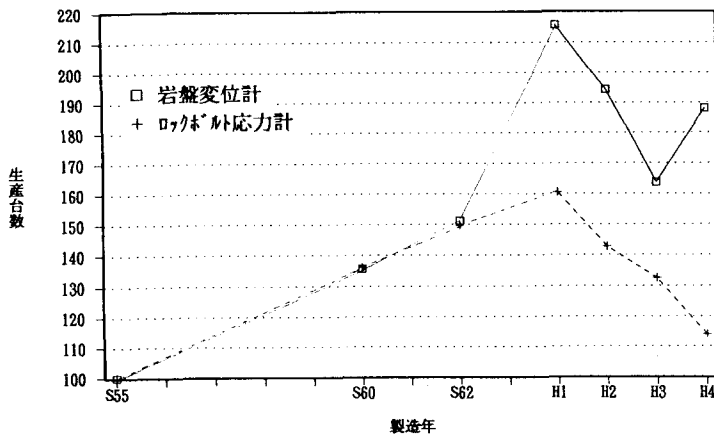


図-3 NATM関連生産台数

変位、地中変位、ロックボルトの応力、吹付けコンクリートの応力であり、周辺地山の状態や施工条件により地中水平変位や間隙水圧測定などが付加される。

これらの計測項目から、岩盤変位計、ロックボルト応力計について生産台数の経年変化（図-3参照）を見ると、以下の特徴が認められる。

- ・岩盤変位計は、平成元年に著しく増加してピークとなり、その後平成3年までやや減少するが、平成4年にかけて再び上昇傾向が認められる。

- ・ロックボルト応力計は、平成元年にピークを示しているが、全体の需要に大きな変化は認められない。

平成元年に岩盤変位計の需要量が著しく増大している原因は、串木野、菊間などの石油備蓄にともなう大断面地下空洞の岩盤変位計測が大きく寄与していると考えられる。ロックボルトの応力測定は、平成元年のピーク以来減少傾向を続けているが、NATMでは、施工事例が多くなるとともに計測データの集約・分析が進み、計測項目、計測箇所数が適切に選定できるようになったと考えられる。

③盛土・切土

盛土・切土（斜面安定）に関する計測器の生産台数の推移を図-4に示す。なお、図-4には斜面安定以外にも使用する間隙水圧計及び挿入式傾斜計のデータも参考として示してある。

- ・斜面安定に関する計測器（パイプひずみ計、伸縮計）は、昭和60年代前半より平成3年までは上昇傾向にあるが、近年はほぼ横ばい状態である。

- ・パイプひずみ計、伸縮計の近年の生産台数は、それぞれ1200台、2500台程度である。なお、伸縮計は、繰り返し使用が可能な計器である。

- ・生産台数の上昇率は、実質建設投資額の上昇率より若干高い値を示しており、平成3年度では、実質建設投資額の1.4倍に対して、パイプひずみ計、伸縮計はそれぞれ1.7倍、2.0倍程度である。

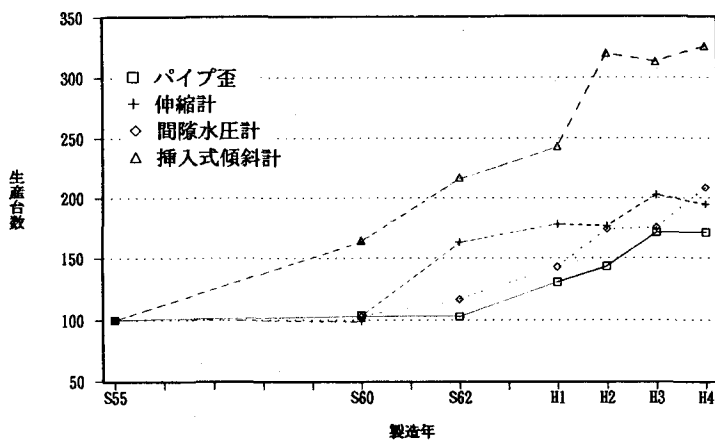


図-4 斜面安定関連生産台数

④ダム

コンクリートおよびフィルダムに関する計測器の生産台数の推移を図-5および図-6に示す。

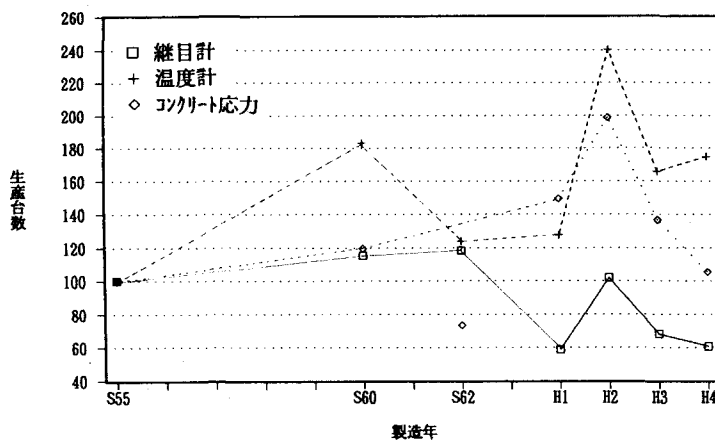


図-5 コンクリートダム関連生産台数

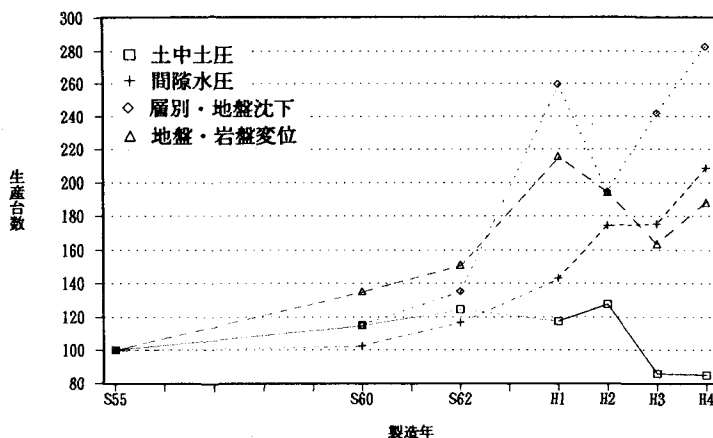


図-6 フィルダム関連生産台数

なお、図-5および図-6に示す計測器は、ダム以外にも使用するものと思われるが、その中でコンクリートダムでは継目計、フィルダムでは土中土圧計が代表的な計測器と考えられる。

・コンクリートダムの建設は若干増加しているが、継目計の生産台数は年度によりかなりのばらつきがある(700~1400台/年)。これには、LNGタンク等の建設による影響があると思われる。

・フィルダムの建設はほぼ横ばいであるが、土中土圧計は平成2年度までは横ばいないし増加傾向(1800~2300台/年)、近年は減少傾向(1500台/年)にある。

・ダム工事においては、従来から所定の計器を一定数量設置することから、計器の生産台数は計器の設置時期によりばらつきはあるもののダムの建設数とほぼ比例するものと思われる。

b) 情報化施工

情報化施工が比較的多く実施されている工種は、土留め工事、NATM工事、盛土・切土工事である。これらの工事で情報化施工を実施するために必要な計測器の生産台数の動向に着目すると、昭和60年頃がひとつの変曲点かと思われる。すなわち、静的計測における計測器の生産台数の伸び率は、昭和55年から60年までの5年間で平均約6%ずつ毎年増えているが、昭和60年から平成4年までの7年間では年平均で約19%と3倍以上の大きな伸び率を示している。これは確かに建設投資額が昭和60年から上向きになってきていることにも起因するだろうが、それ以上に情報化施工が不可欠の工事が増大してきていることを示している。情報化施工を実施する場

合、情報を検知する技術（計測器の選定）や情報を加工・処理する技術（現状解析）ならびに情報を解析する技術（予測解析）などの技術の研究・開発ならびにその検証が必要となってくる。昭和60年までは建設投資額が横ばいにもかかわらず、計測器の生産台数が徐々にも増加していることは、情報化施工の工事が増加してきているものの、一方で、各社の研究所や技術系の部署で情報化施工に必要な技術の研究開発と現場実証の目的から自主的に行っていることにも起因しているものと推察される。また、昭和60年以降の計測器の生産台数が比較的大きな伸びを示しているのは、建設投資額の増加に起因することは勿論であるが、研究的な計測だけではなくむしろ計測管理技術の確立と信頼性が高まり、計画段階で積極的に組み入れられたことや情報化施工が不可欠な条件下での施工が増大してきていることにも起因するのではないだろうか。

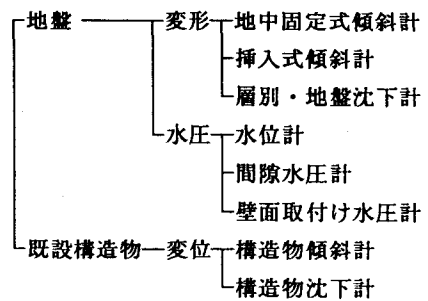
ここで昭和62年以降の計測器の生産台数と工種に着目すると、NATM工法で使用されるロックボルト軸力計や岩盤用変位計の生産台数が平成1年以

降大きく減少している。これはNATM工事の減少といったよりむしろ情報化施工技術の向上によって計測器設置位置の箇所数や計測器数量の省力化が図られたのではないかとと思われる。

一方、土留め工事に使用される計測器の生産台数に着目すると、壁面土・水圧や鉄筋計は、計測器全体の伸び率とほぼ同様な傾向を示しているのに対して、層別沈下計や建物自体の変状を直接計測する計測器（構造物傾斜計や沈下計）の生産台数が昭和62年頃から飛躍的に増加している。これは、近年の土留め工事が、近接施工でかつ大規模・大深度化となり、単に土留め架構部材の安全性の確保の目的だけではなく周辺地盤の挙動や近接する構造物の挙動を含めた情報化施工を実施する工事が多くなってきていることを示している。

c) 近接施工

近接施工に関する計測器を抽出、分類すると次のようになる。



近接施工では、施工の影響がまず地盤に発生することから、計測器を周辺地盤や土留め壁にあらかじめ設置して地盤の変状を計測するものと、影響が懸念される既設構造物に計測器を取付けて構造物を直接計測するものとに分類される。

図-7には、近接施工に関連する計測器の生産台数比、静的計測全体の総計測器の生産台数比および実質建設投資の経緯を示した。図より、近接施工に関する計測器の生産台数比は、計測器全体の生産台数や建設投資以上に増えている。特に平成4年度には3.2倍と、計測器全体の2.4倍より大きくなっており、最近近接

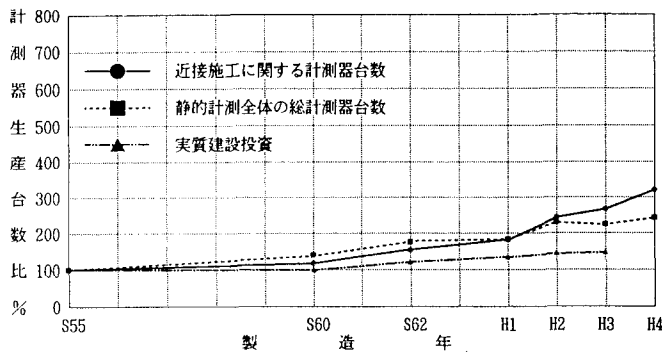


図-7 近接施工に関する計測器の生産台数比と名目建設投資

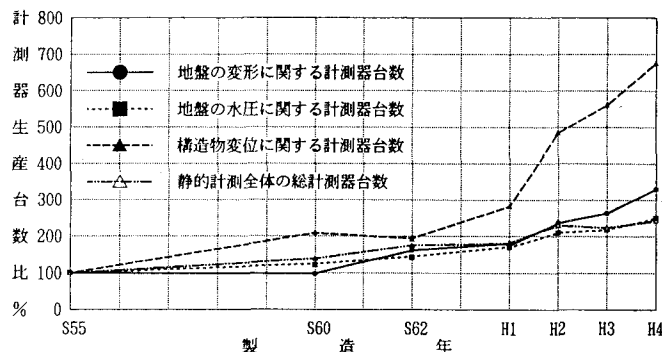


図-8 地盤の変形・水圧および構造物変位に関する計測器の生産台数比

施工が増加していることがうかがえる。

図－８には、地盤の変形・水圧、構造物の変位に関する計測器の生産台数比と近接施工を含む総計測器の生産台数比を示している。図より、平成４年度の地盤の変形に関する計測器の生産台数比は３．３倍、地盤の水圧に関するものは２．５倍で、総計測器の生産台数比よりやや大きくなっている。それに対して、構造物の傾斜や沈下を直接計測する計測器は６．８倍と非常に大きな伸びとなっているのが特徴である。

この理由として、影響が予測される構造物を直接計測することが管理上優先されていることや、計測器の地盤への設置が周辺条件の制約などから困難な場合が多いことなどが考えられる。

今後、都市部の工事が増加すると思われることから、近接施工に関連した計測器の需要は、ますます増加することが想像できると同時に、改めてその重要性が認識される。

（３）動的計測（地震観測）

地震計：通常地震計と言えば加速度型強震型をさすが、ここでは加速度型、速度型、地上設置型、地下埋設型など種々のタイプのものをあわせて「地震計」として集計している。

加速度計：上記地震計以外の加速度型振動計。

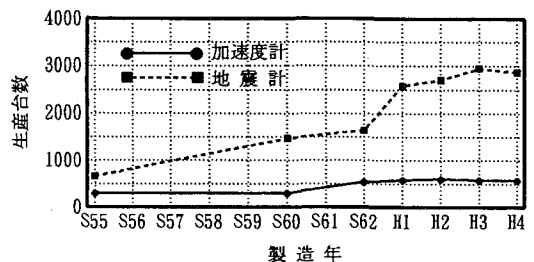
高感度ひずみ計：地下構造物は、加速度で壊れることはない。そこで、ある２点間のひずみ（相対変位）を計測する為に用いられる。

地震観測の主な実施者は、科学技術庁、建設省、運輸省、ＪＲ、大学およびゼネコンなどの研究機関で上記測定器の大部分が使用されている。

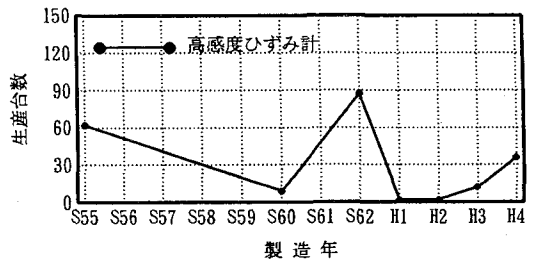
その目的は、地震発生機構の解明と耐震設計の為にデータ収集である。一部に列車運行管理の為に観測を行っているＪＲの例があるが、エレベータの運行管理等に用いられる計器は上記に含まれていない。地震発生機構の解明を目的として設置される地震計は、近年アレー観測などの事例が増えてきてはいるが、全体に占める割合はわずかである。地震観測の大部分は、地盤も含めた構造物を対象に行われており、大型のダムや橋梁、原子力施設、超高層ビルなどの重要構造物で実施される例が多い。従って、地震計の生産台数の変化は、これらの構造物の建設動向を表していると見ることができると考えられる。

昭和６２年以前に比較して平成元年以降の地震計の生産台数の急激な伸びは（図－９参照）、例えば、首都圏における超高層ビルの建設、免震・制振ビルの開発、本州四国連絡橋の完成などによるものと考えられる。

高感度ひずみ計の生産台数の変化を見ると（図－１０参照）、昭和６２年だけ特に多くなっているが、青函トンネルに使用された為である。また、最近やや生産が増えているが、これはシールドや沈埋トンネルの耐震設計が問題にされて観測事例が増えているためと考えられる。



図－９ 地震計の生産台数



図－１０ 高感度ひずみ計の生産台数

（４）測量機器

アンケート結果での測量機器の製造台数は、レベルがやや上昇傾向で、トランシットは下降傾向にある。これは両者の新製品への移行の現状を明確に現わしているように思われるものである。即ちレベルは特殊化より普及製品へ、トランシットは測距機能等を付加し更に高度なシステムを加えたトータル・ステーション等へと製品の高度化へ移行している。

自動レベルの普及品は中小建設業や大工さんレベルでも遣り方測量などに必需品であるため一般建設投資や住宅建設投資などにほぼ比例して伸びているのがうかがえ、トランシットは高度の機能を持つシステムとして移行したものは中・大手建設業や大規

模工事に限られるため台数では下降しているものの、推測ではあるが売り上げ金額については製造台数とまったく逆の傾向を示すであろうと推測される。

今後の予測としてはこれまでの光学機器としてのレベルやトランシットより現場での情報センサとして更に高度なシステムを要求される一方、使い捨て的で安価な普及製品との両極へと移行せざるを得ないものと考えられる。

4. おわりに

現場計測の実施状況と動向を建設投資額の推移と計測機器の生産台数の変化の観点から分析し、

①建設工事に計測による情報化施工が徐々に浸透してきている。

②都市部の工事では近接施工の増加に伴い計測のニーズが高まってきている。今後、対象構造物の状態を直接測定する計測の重要度が大きくなる傾向が伺える。

③大規模プロジェクトの実施にともない、計測機器の需要は著しく増加している。

などの結論を得た。

現場計測の形態は、単独で計測する、システム化した計測を行うなど、工事の規模や施工担当業者により様々であり、ここで示した調査結果が情報化施工の動向を直接反映しているとは限らないが、経験と勘ではなく、計測データに基づいた科学的な施工マネジメントが求められていることは確実な傾向であると考えられる。

最後に、本アンケート調査にご協力頂いた各計測機器メーカーの方々にお礼申し上げます。

計測情報分科会計測技術研究グループ 構成メンバー

リーダ 村上 清基（飛鳥建設）
石原 哲哉（日本国土開発）
植松 健（佐藤工業）
坂田 光児（共和電業）
佐々木理一（共和電業）
土屋幸三郎（大林組）
比留間敏員（前田建設工業）
福島 晴夫（佐藤工業）
藤井 義文（竹中土木）
武藤 紘（共和電業）
結城 知史（五洋建設）