



土を測る—現場計測と施工管理—

3. 現場計測による施工管理の実施例

いく 幾 田 ゆう 悠 ころ 康*

3.4 根切り山留めにおける計測

3.4.1 山留め計測の目的^{1),2)}

根切り山留め工事はその遂行において、工事を完全に、迅速に、低廉に行うという品質・工期・工費の当事者にかかわる面と第三者に迷惑を及ぼさないという環境適合条件を満たすべき二面がある。そして、これらは互いに影響し合いいずれかの厳しいクライテリア内に止めることが要求されている。

すなわち工事は調査・設計・施工管理からくるそれ自身におけるクライテリアを有していると同時に、環境適合というクライテリアも有していることになる。周辺に受け入れられない工事計画はその変更や中止すら求められることがあり、常に包括的検討が必要とされるゆえんである。設計において、例えば架構は、それがああるレベル内の応力やひずみにあればよいというクライテリア（安全率）を有しているが、これはこれを超えれば架構が不安定となって架構を維持できない、あるいは目的の構築物が構築できないなどの自損的な面に対するものである。しかし、計画がこの安全率内にあることだけでは不十分な場合もあり、その段階で予想される周辺への影響度が環境適合条件をも満たしていることが必要である。これは施工の各段階においても同様であり、常に対外的クライテリアが影響してくる。

根切り山留め工事はこのような背景と共に、実際には、地盤の複雑性とそれを綿密に評価する手法が十分でないこともあって、工事を進める上で、何らかの指標を示す計測管理が必要となってくる。それが“土を測る”計測管理であり観測施工法と呼ばれるものである。計測によって、調査・設計・施工計画・施工の各段階における多くの仮定条件とクライテリアの整合性を常に管理していくものである。これらは各部材の個々の品質の場合もあれば、それらが組み合わされた場合もあり、また施工のプロセスに対するものである場合もある。

工事の進捗はこのクライテリアに沿っていく必要があり、計測管理を生かすためには、その手法がその場で迅速に役立つようではなければならない。

このようなことから計測管理の目的としては

① 工事を安全に進める

② 工事の合理化を計る

③ 技術的データの蓄積を計る

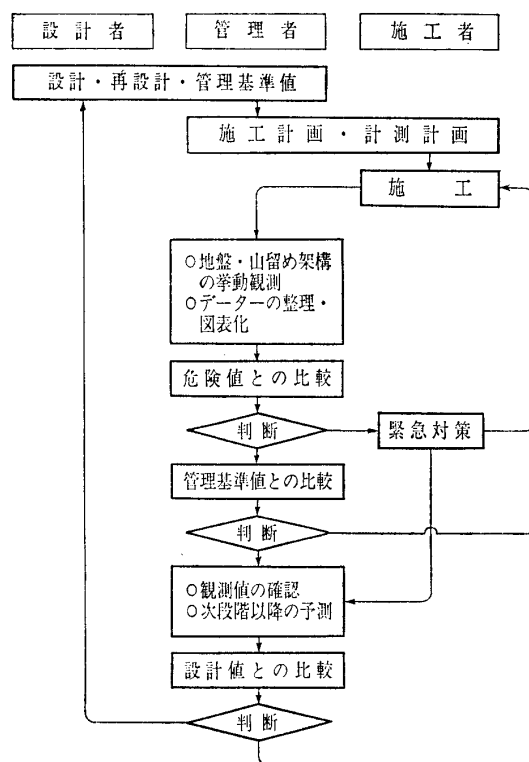
の3点が挙げられる。

なお安全という中には環境適合条件を満足するという意味も含まれていることはいうまでもない。

3.4.2 根切り山留めにおける計測項目^{3),4)}

根切り山留め工事に伴って発生する現象は、側圧の増大、地盤の回り込み、山留め壁の変形などに起因して起こる周辺地盤の変位や、排水に伴う地下水位の低下・井戸の枯渇などとして現れる。これらはいずれも根切り場の周辺に現れる現象である。根切り場内では、側圧によって山留め切ばりのたわみや縮み、山留め壁のたわみ、地盤の回り込みや、リバウンドなどによる掘削底面の膨れ上り、地下水によってはボーリング、土砂の流入などが起こる。このほかに親杭の支持力不足による沈下なども、根切り山留めにおける現象の中に入れて考えるべきであろう。

このような現象を捕らえるために計測すべき項目としては表—3.4.1のようなものが挙げられる。この表はそれぞれに対してどのような計測器を用いればよいかも示している。



図—3.4.1 観測施工法の流れ

*楠竹中工務店 技術研究所主任研究員

講 座

表—3.4.1 測定の対象と使用計器⁹⁾

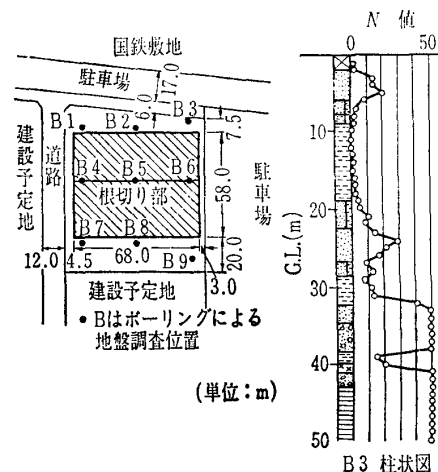
測 定 対 象	測 定 項 目	使 用 計 器
a. 山留め壁荷重	(1) 側 圧 { 背面側 掘削側	・壁面土圧計 ・壁面間隙水圧計
	(2) 水 圧 { 背面側 掘削側	・マノメーター ・ピエゾメーター
b. 山留め壁 応力, 変形	(3) 壁変形	・ひずみ計
	(4) 壁応力	・傾斜計 { 挿入式 固定式 ・浮式変位計 ・トランシット ・下げ振り ・水系
	(5) 連続壁コンクリート 打設時温度	・電気式温度計
c. 切ばり 腹起こし 支 柱 応力, 変形	(6) 切ばり軸力	・油圧計 ・ロードセル ・ひずみ計 ・鉄筋計
	(7) 腹起こし応力	・ひずみ計 ・鉄筋計
	(8) 腹起こしたわみ	・水系 ・トランシット
	(9) 支持応力	・ひずみ計
	(10) 支柱 { 沈 下 浮上り	・レベル
	(11) その他, 切ばり温度 など	
d. 根切り底 ヒーピング ボーリング	(12) 底部の土の浮上り	・二重管沈下計 ・レベル
	(13) 地下水位	・観測井
	(14) 間隙水圧	・間隙水圧計
e. 周辺地盤	(15) 沈 下	・レベル ・二重管式沈下計
	(16) 側方変位	・挿入式傾斜計
f. 周辺構造物	(17) 沈 下	・レベル ・二重管式沈下計 ・水盛管式沈下計
	(18) 傾 斜	・固定式傾斜計 ・水準器
	(19) き 裂	・ひずみ計式き裂計
g. 場外地下水	(20) 水 位	・観測井
	(21) 間隙水圧	・土中間隙水圧計
h. 場内有毒ガス 水質汚染など	(22) 酸欠ガス, 炭酸ガス メタンガス, その他	・ガス検知器
	(23) 水質汚染	・井戸の水質試験

観測施工法は計測や点検, その整理, 計測値と設計値の間の差異の確認, 逆算予測等による次段階以降の予測といった観測とその活用をいい, その流れは図—3.4.1 のようなものである。

3.4.3 山留め計測の事例^{1), 5)~9)}

3.4.3.1 工事と地盤の概要

本例の建築工事は地上10階, 地下2階で, 構造は鉄骨鉄筋コンクリート造, 基礎は場所打ちコンクリート杭による



図—3.4.2 敷地配置図と地盤柱状図

杭基礎である。この建物の地下工事は, 掘削面積58.2m×68.8m, 掘削深さ15.2mであり, 付近にはこれだけの規模の工事例がない。山留めは長さ23mのシートパイルVL型を用い, 根切り開始と共に排水を行い, 上部砂層はGL-7m, 下部砂層はGL-11m付近まで水位を低下させる計画である。

敷地は国鉄の沿線にあり, 地盤は軟弱な沖積層が地表下23m付近まで厚く堆積している(図—3.4.2)。特にGL-7m~-20mにはN値が1~4程度の軟弱なシルト層がある。土層構成とシルト層の土質性状を図—3.4.3に示した。これには, 昭和46年に行った周辺敷地の地盤調査および工事着工後の昭和55年に行った追加土質調査とベーン試験より求めたものを合わせて示した。シルト層の一軸圧縮強さ q_u は深度に比例して増加する傾向にある。上部および下部砂層の水位は, 共にGL-2m付近にあり, 特に下部の砂層は大きな被圧水頭を有している。

3.4.3.2 計測計画

(1) 計測項目と検討事項

本工事では, 架構の安全と, 周辺への影響度合を把握するため山留め壁に作用する側圧, 山留め架構の応力・変形, 揚水・掘削による周辺地盤の沈下などの計測管理を計画した。これらは地盤条件, 山留め壁の種類, 施工法などによりその挙動が異なってくるので, どのような計測を行うかは表—3.4.2を目安として決めた。

本工事の場合, 最終根切り時を考えると

$$N_s = \gamma H / S_u = 25.5 / 5.0 = 5.1$$

N_s : 安定数

γ : 土の湿潤単位体積重量 (tf/m^3)

H : 根切り深さ (m)

S_u : 土の平均非排水せん断強さ (tf/m^2)

$$\text{水位} = 15.2 - 2.0 = 13.2 \text{ (m)}$$

となる。そこで計測項目は表—3.4.2に併記したようにした。これに対応すべき項目と検討内容も示した。また山留め架構の概略と計測位置を図—3.4.4に示した。

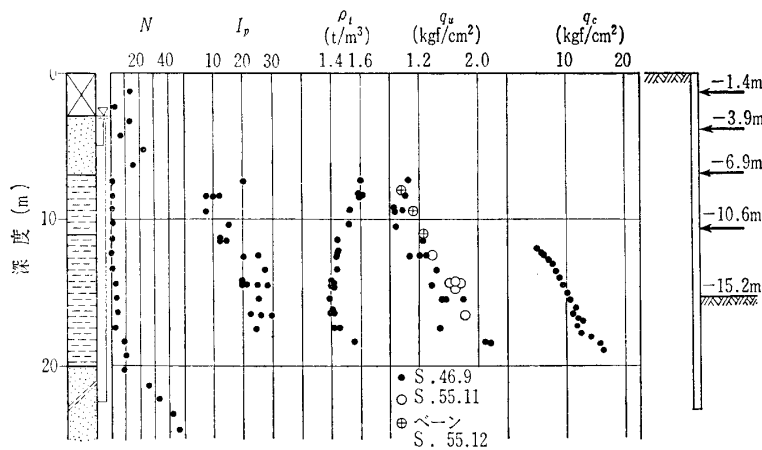


図-3.4.3 土層構成と土質諸定数

根切り山留めにおいては、日常の点検や観察をしておくべき項目も多い。本工事における事例を表-3.4.3に示した。

(2) 管理基準値の設定

計測の目的は工事を安全に進めるのが第一である。そのためには計測や点検項目に対して、安全の目安となる管理基準値が必要である。管理基準値の決め方としては、設計や施工条件に含まれる多くの仮定などを踏まえ、数段階で判断できるように設定するのが良いであろう。各根切り段階ごとの逐次的管理基準値と最大値に対する目安を設けておくと工事の進捗と現象の推移が追跡でき、予測が立てやすくなる。

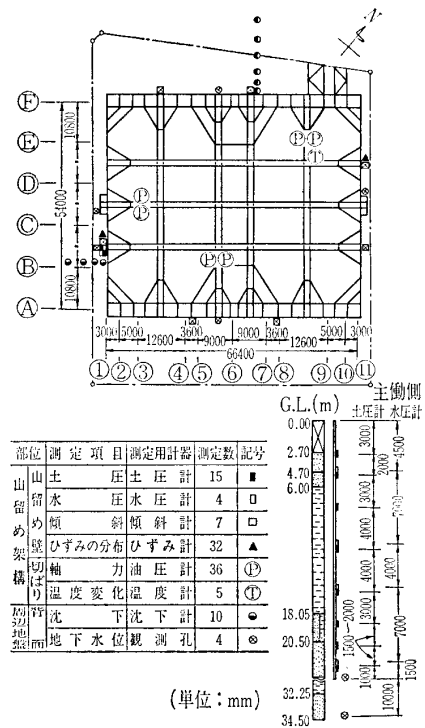


図-3.4.4 計測計画

管理基準値とは種々の試算や周辺の制約による限界値を考慮して、工事の施工段階に応じて、例えば交通信号のように注意(黄)、停止(赤)に対するような値である。一般的には注意の段階は設計値の70~80%の付近が一つの目安である。このような目安は表-3.4.4のような決め方もある。

表-3.4.2 計測項目の組合わせ^{a)}

計測対象	計測項目	計測事項	○ 安定数 (N_s)			本工事における計測項目と検討項目	
			< 3	3~5	> 5		
			△	水 位 (m)	計測	検討項目	
I. 山留め 架構の管理	1. 山留め壁の計測	(1) 山留め壁に作用する土圧			△ ○ ○	・ 山留め壁に作用する土圧・水圧の挙動および設計値との比較検討 ・ 周辺地盤と水位・水圧との関係	
		(2) 山留め壁に作用する水圧		(△)	△ (○) ○		
		(3) 山留め壁の曲げひずみ			(△) (○) ○	・ 山留め壁の圧力確認 ・ 山留め壁に作用する土圧・水圧と山留め壁の変形量との比較 ・ 山留め壁の変形と周辺地盤との関係	
		(4) 山留め壁の変形		△ ○	△ ○ ○		
	2. 切ばり・腹起しの計測	(5) 切ばりに作用する軸力と変形		△ ○	△ ○ ○	・ 掘削に伴う切ばり軸力の挙動および設計値との比較検討	
		(6) 腹起しのたわみ・ねじれ		△ ○	△ ○ ○	・ 安全性の確認	
		(7) 接合部のゆるみ・局部破壊		△ ○	△ ○ ○	・ 安全性の確認	
		(8) 切ばりの温度変化	△ ○	△ ○	△ ○ ○	・ 切ばり軸力の変化による切ばり軸力の挙動の把握	
II. 周辺地盤の管理	3. 周辺地盤の変化計測	(9) 背面地盤の変形	△ ○	△ ○	△ ○ ○	・ 掘削に伴う周辺地盤の沈下とそれによる影響	
	4. 周辺構造物の変位計測	(10) 構造物の沈下・傾斜	△ ○	△ ○	△ ○ ○	(特に問題となる建物がない)	
III. 排水・漏水の管理	5. 地下水位の観測	(11) 排水量と沈下水位の変動	(△)	△	△ ○ ○	・ 揚水による水位の変化の把握と周辺への影響の検討	
	6. 漏水箇所点検	(12) 漏水箇所の点検	△ ○	△ ○	△ ○ ○	・ 安全性の確認	

表—3.4.3 山留めの点検・観察項目

	チェック項目	実施区分			実施方法			管理体制			管理サイクル		
		計測	点検	観察				通常	強化	重点	通常 (対策0)	強化 (対策1)	重点 (対策2)
山留め壁	山留め壁の変形	○			傾斜計	○	○	○			1回/週	2回/週	2回以上/週
	山留め壁頭部の変位(頭つなぎの通り)	○			トランシット	○	○	○			根切り毎	2回/週	2回以上/週
	継手部分の点検(シートパイルのかみ合わせ)			○	目視	○	○	○			状況に応じて	1回/日	2回以上/日
	漏水状況			○	目視	○	○	○			常時	常時	常時
切ばり	軸力の測定	○			軸力計	○	○	○			2回/日	3回/日	3回以上/日
	気温の測定	○			温度計	○	○	○			2回/日	3回/日	3回以上/日
	切ばりの通りおよび交き部			○	目視		○	○				1回/日	2回以上/日
	切ばりのレベル	○			レベル		○	○				1回/週	1回以上/週
	切ばりと腹起こしの接点部分			○	目視		○	○				1回/日	1回以上/日
	ジャッキおよび軸力計の補強部分		○		ラチェット	○	○	○			1回/日	2回/日	2回以上/日
	切ばり上の載荷物の有無			○	目視	○	○	○			常時	常時	常時
	ブラケット			○	目視		○	○				状況に応じて	状況に応じて
	補助ビース			○	目視		○	○				状況に応じて	1回以上/日
	継手部分(ボルトのゆるみ、材のずれ)		○		ラチェット	○	○	○			1回/日	2回/日	2回以上/日
腹起こし	はらみ出し	○			トランシット ビアンノ線	○	○	○			根切り毎	1回/週	1回以上/週
	山留め壁と腹起こし間のバックリングコンクリート			○	目視			○					1回以上/日
	局部変形状況			○	目視		○	○				1回/日	1回以上/日
	ブラケット			○	目視		○	○				状況に応じて	状況に応じて
支持杭	栈橋杭の沈下、浮上がり	○		○	レベル	○	○	○			根切り毎	1回/週	1回以上/週
	棚杭の沈下、浮上がり	○			レベル	○	○	○			根切り毎	1回/週	1回以上/週
	座屈止め(ブレース)		○	○	目視 (トルクレンチ)	○	○	○			1回/週	2回/週	1回/日
地盤	周辺地盤の沈下	○			レベル	○	○	○			根切り毎	状況に応じて	状況に応じて
	地下水位	○			観測孔	○	○	○			根切り毎	状況に応じて	状況に応じて
	掘削面の浮上がり	○			レベル		○	○				状況に応じて	状況に応じて

表—3.4.4 管理基準値を決める目安^{*)}

対象物		目安の範囲
山留め架橋	山留め壁の応力	$\frac{\text{長}+\text{短}}{2} \sim \text{短}$
	山留め壁の変形	$\frac{1}{200}$ かつ設計クリアランス以下
	切ばり軸力	$\frac{\text{長}+\text{短}}{2} \sim \text{短}$
	切ばり架橋の平面度	$\frac{1}{100}$
	腹起こし	$\frac{\text{長}+\text{短}}{2} \sim \text{短}$
周辺のもの	周辺地盤の沈下	傾斜: $\frac{1}{500} \sim \frac{1}{200}$
	周辺埋設物	} 管理担当者と協議
	ガス	
	上水	
	下水	
の	地下鉄	傾斜: $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{300}$
	周辺建物	

長: 長期許容応力度 短: 短期許容応力度

う。

周辺構造物や埋設物はそれらの管理者との事前協議が必要であり、それによって管理すべき性質のものが多い。本工事の例では表—3.4.5 のような値を設定した。

表—3.4.5 管理項目と管理基準値

管理項目			管理基準値		実測 最大値	備考
			注意値	警戒値		
1	山留め壁の応力 (tf・m/m)		35.6	44.5	15.4* (38.2)**	注意値…計算値の 80%
2	山留め壁の変形 (cm)	1次根切り	2.5	3.1	3.1	警戒値…計算値 危険値…短期値 *…ひずみ計による 応力値 **…変形より推定した 応力値
		2次根切り	2.8	3.5	3.0	
		3次根切り	3.0	3.8	4.7	
		4次根切り	4.2	5.2	5.9	
		5次根切り	5.6	7.0	5.9	
		6次根切り	7.0	8.8	—	
3	切ばり軸力 (tf/m)	1段切ばり	15.8	19.8	10.5	
		2段切ばり	18.7	23.4	18.8	
		3段切ばり	31.8	39.7	27.8	
		4段切ばり	30.8	38.5	34.4	
		5段切ばり	32.4	40.5	—	
4	周辺地盤の沈下(cm)		7.0	16.7	7.7	

(3) 測定頻度

計測すべき頻度は計測項目にもよるが、基本的な考え方として次のようなことが考えられる。

- ① 初期値設定のための計測
- ② 施工段階ごとの計測

表—3.4.6 計測頻度

計測項目	初期値計測	計 測 頻 度		
		根切り開始前	根 切 中	地下く体完了まで
土 圧	山留め壁施工前	シートパイル打設直後, 12h後, 24h後, 48h後, その後は1回/週	プレロード前後および各次根切り前後 上記以外は2回/週	切ばり解体前後 上記以外は2回/週
水 圧				
シートパイルの内部応力 (ひずみ計)	シートパイル取付後および根切り開始直前			
シートパイルの変形 (ローラー型傾斜計)	山留め壁施工後	近接杭施工前後	プレロード前後および各次根切り前後	切ばり解体前後
切ばり軸力	切ばり設置直後	—	プレロード前後, 上記以外は2回/日	切ばり解体前後, 上記以外は2回/日
周辺地盤の水位	掘削開始前	1回/月	水位低下開始後1回/日	水位回復まで1回/日
周辺地盤の沈下	掘削開始前		各次根切り後	各段切ばり解体後

*切ばり軸力測定時気温の記録

**水位: 降雨時の変化

③ 施工途上の計測

①の計測は原点を設定するためのもので、特別な変動の少ない現象については施工着手前に入念に測定を行えばよい。しかし、計測器の設置や日較差等の生じ得る項目は、それらを十分反映させた値を初期値として設定する必要がある。

②の計測は計画的に施工が進んでいる場合で、例えば根切り段階ごとに前の段階からどのように変化したかを計測するものである。この計測は基本的な計測頻度であり、工事が順調に進んでいる場合はこれで済む場合が多い。

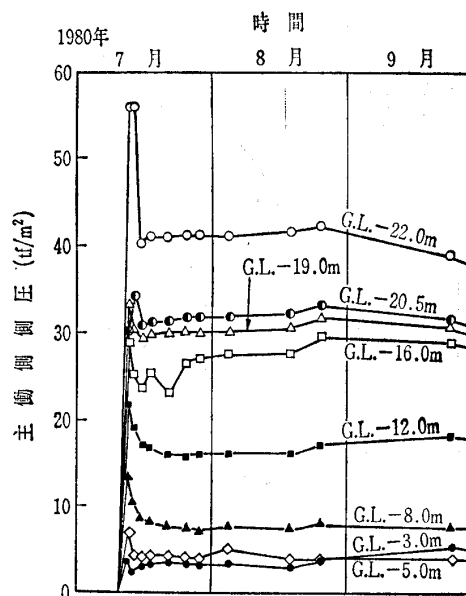
③の計測は施工の区切りから次の区切りに向かって変化している途上を把握しようとするものであり、把握しようとする現象によっても異なるが頻度は多くなる。根切りによって山留め壁のたわみがどのように進んでいるか、排水によって周辺の水位低下がどのように変化しているかなど、施工の進捗と現象の変化を時々刻々ととらえようとすれば測定回数が非常に増えてくる。このような計測はかなり研究的な観測であり、また管理基準値に切迫した値を示しているような場合の計測である。

本事例の場合は基本的には表—3.4.3, 3.4.6のような測定頻度で計画したが、施工計画を変更するために上述③のような計測も随時行った。

3.4.3.3 計測器の設置

(1) 土圧・水圧計の設置 (山留め壁に取り付けた場合)

本工事では「山止め設計施工指針(建築学会)」に示された事例に従ってシートパイルに取り付け、パイプハンマーにて慎重に押込んだ。ほかの方法としては、オーガーを併用して設置する場合もある。後者では、シートパイルの周辺が乱されるので単に押込んだ場合と異なった値を得る



図—3.4.5 土圧計設置時の変化

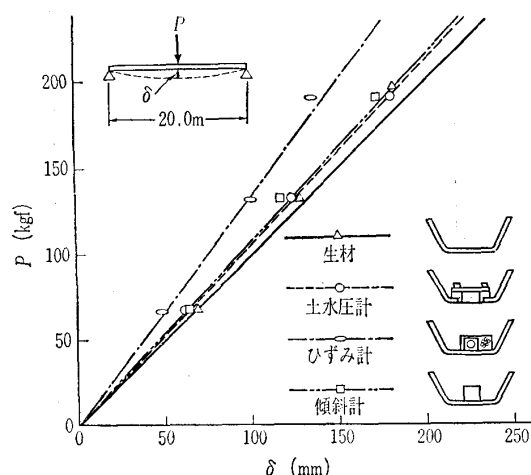
ものと思われるがその差異は明らかでない。

本工事の場合のシートパイル設置直後の各計測器の挙動は図—3.4.5 のようであった。押込み直後はいずれの測定位置でも圧力は大きく、3～5日程度で減少して落ち着いている。押込み直後に値が大きい理由は間隙水圧の上昇、砂のダイレイタンス、埋込み物による密度の変化などによるものと思われる。

ほかに連続地中壁等に壁面土圧・水圧計を取り付ける方法としては「同指針図—6.1(a), (b)」のようなものがある。(a)の場合は、コンクリート流動圧でセンサーを溝壁面に押しつけて密着させコンクリート流動圧を一種のプレロードとして作用させるものである。これは、溝壁面に比較的良く追随する特徴がある。(b)の場合は油圧ジャッキ等により土・水圧計を取り付けた板を溝壁に押しつけ、その後にコンクリートを打設する方法である。これは、押しつけ力を意識的にある圧力まで加圧する場合と、せいぜい密着する程度に止め、その後はコンクリートの流動圧にゆだねる場合とがある。前者は、ジャッキのストロークをきっちりと固定せねばならない。一方後者においては、延びの方を自由におかねばならない。いずれにしても(b)方式の場合は、ジャッキによる加圧を各測定深度ごとにセットすることになるので、その際に既にセットした箇所の値が変動することに注意を要する。その原因としてはジャッキの操作が鉄筋籠を動かすためと推測される。

場所打ちコンクリート杭やモルタル杭あるいはソイル柱列などの柱列山留め壁の場合はその設置が非常に難しくなり、上の(b)のような例が多い。

このようなコンクリート流動圧の影響を受けながら設置された土・水圧計は、はじめコンクリートの流動圧による溝壁面への押しつけ反力を検出している。これにはそのほかにコンクリートの凝結温度の影響も含まれていることも



図—3.4.6 計測器取付けによるシートパイルの剛性変化

あるようであるが、しかしその影響度合は明確ではない。コンクリート打設前後の圧力の変化は模式的には、コンクリート圧によって上昇して次第に低下していくものとそれが起こらないものがある。これはこの種の設置法において、設置後の計器の作動が正常か否かの判断材料と計器の容量を決める指標を与えている。

(2) 山留め壁の曲げひずみ

本工事では、シートパイル内面に「同指針図—6.2」に従い、差動トランス型ひずみ計を取り付けて計測した。この場合におけるカバープレートによるシートパイルの剛性変化は図—3.4.6 のようであった。また本例のような差動トランス型ひずみ計の場合、計測器が対象材の面より離れている分の若干の修正が必要となる。連続地中壁のような場合は、鉄筋計によって計測するのが一般的である。

(3) 山留め壁の変形

山留め壁の変形は「同指針図—6.3」のようにシートパイルに角パイプを取り付け、その中をいわゆるローラー型傾斜計を上下させることにより任意の点で傾斜を計測し、それらを累積することによって求める方法によった。この場合は1.0mごとに測定を行った。このほかには、固定型傾斜計を埋め込む方法もあるが、対衝撃性が弱いので設置法に制約がある。またフロートを用い鉛直線を基準として同様の原理によって壁の変形を求める方法もある。簡易な方法としては、下げ振り等によることもあるが、初期値を得にくいのが欠点である。どのような方法によっても絶対変形量を求めにくいので、必ず壁体頭部の変位量も測定しておく必要がある。

(4) 切ばり軸力および温度

切ばり軸力の計測は、切ばり材に油圧式の反力計を介在させる方法やひずみ計を添在させる方法が既に類書に詳しく述べられており、日常多く活用されている。ここでは、前者の方法で、かつ、プレロードも導入できる装置によった。介在型による場合はその箇所に緩みを生じないよう、また弱点とならないような補強カバーを取り付けることと、

解体時に除荷するに十分なストロークが得られることを確認する。

次に切ばり軸力計によって測定された値を見る上で無視できないのは気温の変化による影響である。それは気温が切ばり材料を膨張や収縮させることによって軸力の変化を起こしているからである。そのため場内の気温を同時に記録しておき、その影響を除いて考える必要がある。

(5) 背面地盤および構造物の沈下・傾斜

根切り場外の地盤や構造物等の挙動観測は施工管理上特に重要である。本工事の場合は幸い広い敷地の中であつたので、前出図—3.4.4に示すように周辺地盤の挙動をレベルによって測定することとし、周辺構造物への配慮はなくて済んだ。かつ周辺沈下等の許容値を比較的緩く押えることができた。このような好条件の例は市街地ではあまりみられない。

一般には周辺沈下は地表面上等に測定ポイントを決めて定期的に不動点からの変動として光学的測量によって計測する。この方法は埋設物や構造物についても同様である。この測定ポイントは、車両走行などの特別な影響を受ける時は埋め込み式にしてふたをするなどの処置がある。構造物等の沈下をより効率的に計測する時は、連通管の原理を応用して水位の変化を電氣的に捕らえる方法もある。

また、構造物の挙動を速やかに常時観測するために傾斜計を取り付けて観測する。これには、水管式と電気式がある。

(6) 地下水位の観測

地下水位の観測は、計測項目の中でも重要である。山留め外部の水位は、山留めに対する側圧として、また、水位の変動は弾性沈下や圧密沈下を引き起こす大きな要因となる。山留め内部の水位は、掘削に伴う除荷と被圧水頭による上向き水圧によるバランスが問題となる。地下水位の観測は本工事の場合、前出図—3.4.4に示した2深度4か所で行い上述の問題について検討し予測をフォローした。地下水位の観測法には、主に2とおりがある。一つは2重管式にするなど目的とする土層以外の影響を受けないように十分にシールした状態での水位観測井を作ることであり、今一つは、同様に独立した状態で間隙水圧計を埋設することである。これまでの観測では両者の食い違いは少なく、互いによく一致した値を示している。なお設置法については「同指針図—6.7」に従った。

(7) その他

山留めの管理は、日常の全体に対する目視による観測が重要であり、これは山留め壁を設置する段階から既に始まっている。掘削に際しては、その土砂の性質や分布の観察、根切り深度のチェック、山留め壁の品質の観察、背面地盤の状況がそれである。また、切ばりの通りや継手・仕口の移動やずれ、山留め壁頭部の倒れ等も主要な点検項目である。本工事においては前出表—3.4.3によった。

3.4.3.4 計測

(1) 初期値の設定

初期値の設定は、捕らえようとする現象や計測器によっても異なる。光学測量のような直接的観測項目は、その基準となる点や線が明快であれば施工の着手前に慎重に計測すれば十分な初期値が得られる。

電気的な変換器などによる間接的なものは、測定頻度のところでも述べたように設置の条件と経時的測定値が落ち着くまで待たねばならない。しかしこのような場合、落ち着いたところが初期値であるとしてよいかどうかの判断は難しい。それまでの経緯や経験的なものによって決めざるを得ないところがある。測定値の変動が計器の特性値の変化によっていることもあり注意を要する。

本工事の場合には、前出図—3.4.5から杭工事開始1週間前の値を基準として観測した。

連続地中壁に鉄筋計を取り付けた場合もコンクリート打設の影響を種々受ける。コンクリートの重量、コンクリートの凝結に伴う収縮ひずみ等が特に影響する。これに対する初期値は、いまのところある落ち着いた状態での値を基準にし、それからの変化分として取扱っている例が多い。しかしこれでは軸力が作用する時などは不適当な場合もあるのではないと思われる。

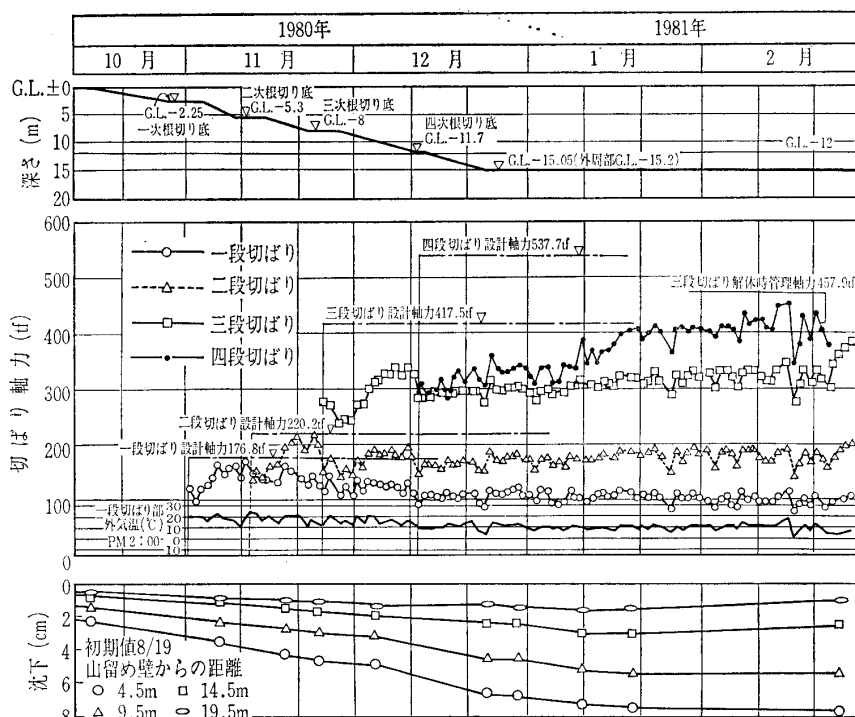
ローラー型傾斜計や固定型傾斜計によって山留め壁の変位を計測しようとする場合、必ず基準となる変位をほかの不動点から押え得るようにしておく必要がある。その原因としては、例えば大規模な根切りでは掘削幅の2～3倍の深さまでリバウンドによって変位していることがあり、山留め壁頭部をく体によって支持してもその収縮等によって山留め壁が変位することなどがある。したがって初期値の設定としては2重に行っておく必要がある。

ほかの計測項目においても上のような特質を考慮して初期値を設定する。

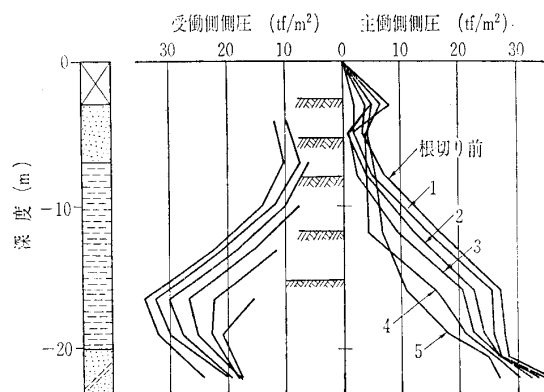
(2) 計測値の整理

採取されたデータは管理基準値と対比できるように整理し、工事の進捗の可否の判断材料に活用する。それには工事の実施工記録も重要である。本工事の記録を一覧にすると図—3.4.7, 3.4.8のようであった。

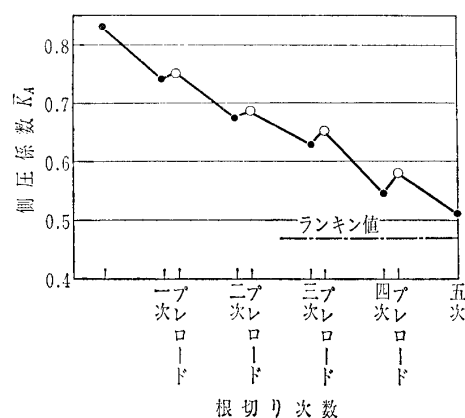
計測値の整理には各計測器ごとに経時的に細かく記録し、図示すると共に、活用しやすいように区切りごとにまとめる必要がある。例えば前者は切ばり軸力のようなものであり、後者は側圧の分布図やそれから計算される主働土圧係数がそれである。試験的な計測項目は上の両者の記録が必要であり、研究的な判断を下すに耐え得る記録が重要であ



図—3.4.7 実測値の経時変化（切ばり軸力、周辺地盤の沈下）



図—3.4.8(a) 側圧分布



図—3.4.8(b) 主働側土圧係数

る。

3.4.3.5 計測値の活用

本工事では、当初の地盤調査資料に基づいて鋼製5段切ばりで工事に着手したが、その後全体工期を2か月短縮する必要が生じ、計画の見直しが行われた。その結果、5次

講座

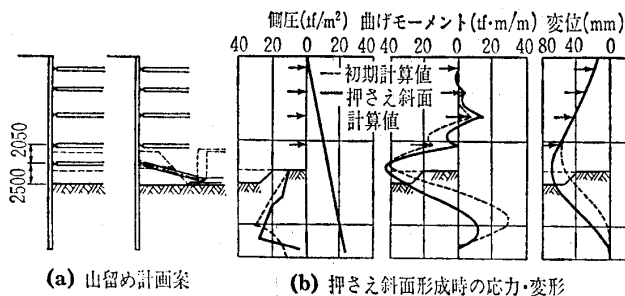


図-3.4.9 押え斜面の検討

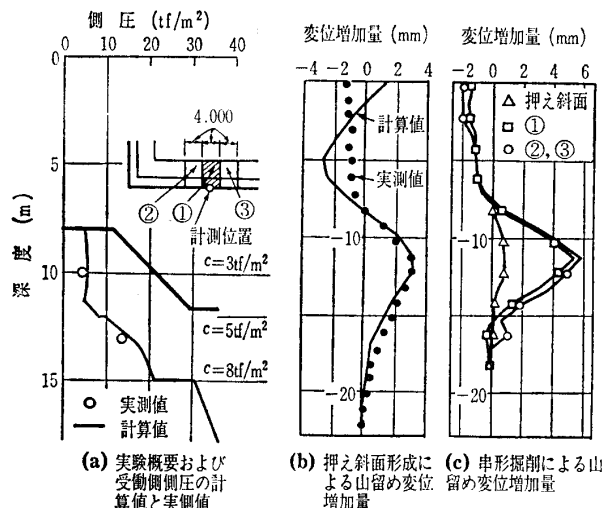


図-3.4.10 串形掘削によるシートパイルの変化

掘削時における中央部先行掘削、押え斜面形成によるアイランド工法の可能性の検討を行うこととした。しかし問題点として、①土質定数は周辺敷地における調査に基づいており、かつ調査時期が古いこと、②押え斜面の評価が難しいこと、が挙げられた。そのため①に対しては追加の土質試験を行う、②に対しては4次掘削時に押え斜面の現場実験を行うこととした。

さらに、問題としては、③斜め切ばり架設時の施工能率がある。すなわち、工程短縮の効果をより以上に高めるには、斜め切ばりを架設する前にその部分の押え斜面をできるだけ掘削（串形掘削）しておく必要がある。そこで、③に対しては串形掘削の効果を確かめるための試験施工も併せて行うこととした。

土質定数の見直しおよび実験の結果、アイランド工法の可能性の確認ができたが（図-3.4.9）、新たな問題点として、④押え斜面の串形掘削をした場合、応力・変形が、押え斜面をすべて掘削（全掘削）した場合と変わらない、という結果が観測された（図-3.4.10）。そこで、より以上の工程短縮を図るため、5段切ばりに代る斜め切ばりの省略を検討することとした。ここでの問題点は、⑤最終掘削底以深の土質性状、⑥押え斜面掘削時の側圧、をどう予測するかにある。⑤に対しては、ダッチコーンによる土質試験を行い（図-3.4.11）、⑥に対しては、4次掘削時までの計測結果とランキン側圧との比較により決定した。

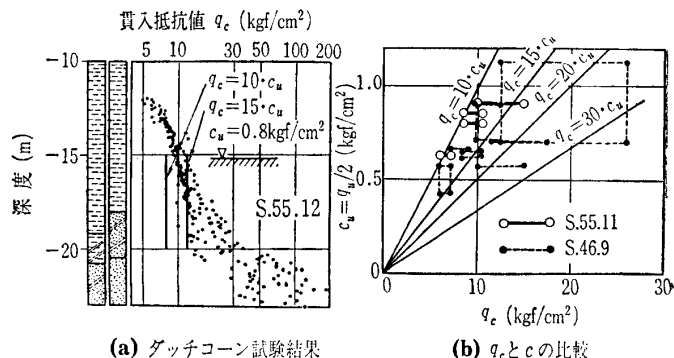


図-3.4.11 追加土質試験の評価

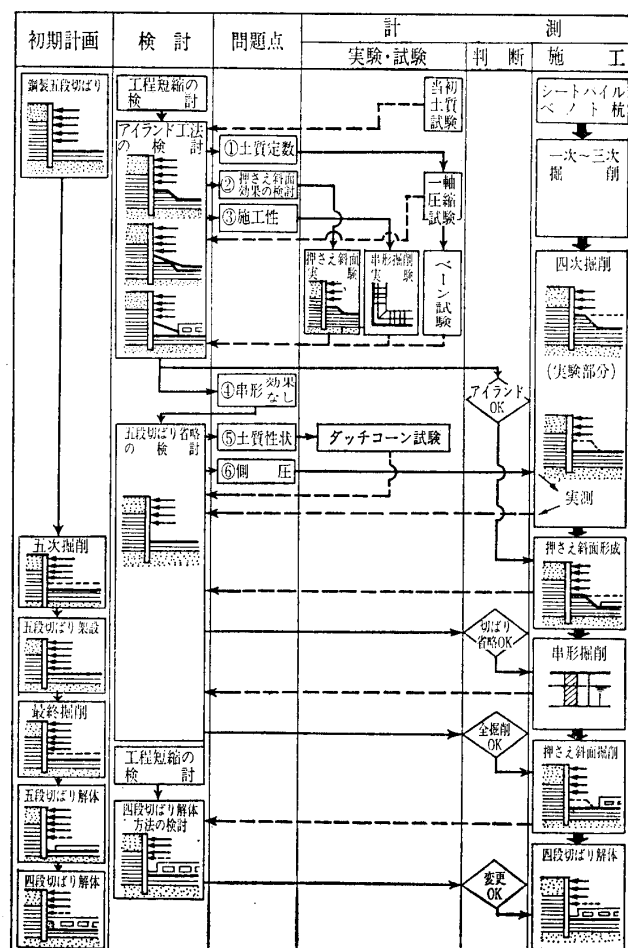


図-3.4.12 工事遂行のフロー（工事着工から4段切ばり解体まで）

以上の検討により、最終的には5段切ばりを架設しないで掘削を行うことができた。切ばり解体時においても工程短縮のために当初の計画に対する変更案が出され、最終掘削時における計測結果を基に検討した結果、変更が可能となった。以上のプロセスをまとめると図-3.4.12のようであった。

3.4.4 山留め計測手法の傾向^{10)~13)}

山留め計測管理は、その規模や周辺状況によって項目や測点数が大・小あり、数量が増せば、その観測の手間や処理に膨大な人手を要する。また多くのデーターを整理して活用するためにはその処理の迅速性が要求される。現場計測システムの構成については既に本講座2現場計測の手法2.2計測方法（12月号）において図-2.2.3に示されるよ

うに大略, 次のような段階に分けられる。

- (a) 手動測定
- (b) 半自動測定
- (c) 自動測定

これらはその必要性に応じて選択される。

一方データーの採取から活用までを考えると前出図一3.4.1のようなフローとなり, 上の(a)~(c)はデーターの整理を中心としたシステムに当たる。自動化への発展は目的の項に述べた①に対する管理基準値との照合を迅速に行うことを可能にしたものである。しかし, 目的の②に対するデーター活用の手法あるいはシステムは十分確立されていないように見受けられる。

最近では, 実測値に適合するように, 設計における入力定数を逆推算する試みが所々に見られるようになってきている。例えば土質定数など条件を数多く設定して実測に近い値が求まるまで繰返し, 試算する方法, 実測値に近い値を求めるための実測値相互間の関係から初期入力値を修正する方法などが研究中である。これらはまだまだ土質性状, 架構挙動等の相互間の影響度が解明されていない点に問題がある。観測施工法の一層の発展のために突破しなければならない大きな山である。

3.4.5 むすび

本稿では根切り山留めに伴う観測施工法について事例と注意点について述べた。しかし, 本講座の標題である“土を測る”という視点からすると既に述べたように土の挙動を間接的に測っているに過ぎないことに気付かれるであろう。実際の所, “土を測る”手法はほとんど持ち合わせていない実情にあり, 相変らず土は分からないのである。したがって大きな山を越えるためにはこの種の計測がまだま

だ必要であり, 特に良質な記録とその蓄積が望まれる。

本稿をまとめるに当たり貴重な意見をいただいた丸岡正夫・青木雅路両研究員に謝意を表します。また参考にさせていただいた多くの文献の著者の方々に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会編：山止め設計指針, 日本建築学会, 1974.
- 2) 幾田悠康：根切り工事における諸問題と対策, カラム, No. 78, pp. 65~69, 1980.
- 3) 古藤田喜久雄：根切り山止め工事における現場計測とその応用, 基礎工, Vol. 7, No. 4, pp. 19~33, 1979.
- 4) 幾田・丸岡ほか：地盤条件に応じた山止め計測管理項目と計測管理費, 山留めの諸測定に関するシンポジウム発表論文集, 土質工学会, pp. 69~78, 1978.
- 5) 古藤田・桜木ほか：硬質地盤の根切り工事における諸計測について(その2), 第14回土質工学研究発表会, pp. 1445~1448, 1979.
- 6) 金谷・土屋ほか：RC 山留め壁にかかる側圧一測定値の評価法一, 第15回土質工学研究発表会, pp. 1473~1476, 1980.
- 7) 古藤田・池田ほか：RC 山留め壁における側圧測定の方法とその結果(その1・その2), 第16回土質工学研究発表会, pp. 1509~1516, 1981.
- 8) 古藤田・池田ほか：RC 山留め壁における側圧測定の方法とその結果(その3), 第17回土質工学研究発表会, pp. 913~916, 1982.
- 9) 幾田悠康・丸岡正夫：実測から見た山止め側圧, 土と基礎, Vol. 28, No. 3, pp. 19~26, 1980.
- 10) 金谷・宮崎ほか：山留めの計測管理一測定値の評価法と予測手法について一, 現場計測工法—シンポジウム論文集—, 土質工学会関西支部, pp. 171~176, 1981.
- 11) 内山・越後ほか：深い掘削工事における現場計測とそのシステム化, 土と基礎, Vol. 30, No. 7, pp. 25~30, 1982.
- 12) 瀧田・強崎ほか：東北新幹線土野地下駅の地下連続壁について, 土と基礎, Vol. 30, No. 11, pp. 25~32, 1982.
- 13) 丸岡・青木・幾田・佐藤：山留めの観測施工法に関する研究(その1, その2), 第19回土質工学研究発表会, pp. 1097~1100, pp. 1101~1104, 1984.

日本工学会 第46回見学会のお知らせ

主催：日本工学会

本会が加盟している日本工学会の見学会が, 下記のように計画されております。

参加を希望される会員の方々には, ふるってお申込みをされるようご案内します。

期 日：昭和59年5月15日(火)

見 学 機 関：科学技術庁海洋科学技術センター(横須賀市夏島町2-15 電話 0468-66-3811)

集 合：11:30まで, 同センター前(参加者には, 参加証のほか交通案内図等をお届けします。)

予 定：11:30より, 少憩・昼食後, 整備中の「しんかい2000」のほか所内の各施設を見学, 15:00過ぎ解散の予定。

参 加 人 員：50名(定員になり次第締切ります)

参 加 費：1000円(昼食代)

申込み方法：任意の用紙に氏名, 勤務先(職名), 連絡先, 所属学協会名をご記入のうえ, 参加費を添えて下記へお申込みください。(注)参加費のご送金は, 郵便局で発行します定額為替が便利です。なお, 参加費の領収書を必要とされる方は, その旨を付記してください。

申 込 先：〒104 東京都中央区銀座8-5-4 日本鉱業会館内 (社)日本工学会 電話 03-574-6176