

## 根切り・山留めの設計・施工 これからの問題点

ごとうだ きくお  
古藤田 喜久雄\*

## 1. 根切りおよび山留めの現状

一例としてこの10月のはじめに、東京都内において、関東ローマ台地に対して沖積層の低地に属する千代田区三崎町で、一辺の大きさが60 m、50 mで、深さが35.7 mといった深い地下室の根切り工事が完了し、それとほぼ同時に、この建物の地下室、及び地上11階の建物全体の骨組く体、及び地上階の外装をはじめ内部の仕上げ工事もほぼ完成した。つまり、この建物の地下室のく体工事は、あらかじめ深さ52 mの砂礫層を支持層とする場所打ちコンクリート杭（最大直径 3.5 m）を礎柱として、この上に建てられた長大な鋼管柱で支えながら、逆打ち工法によって進められてきたものである。

山留め壁は厚さ 0.9 m の場所打ちコンクリートの連続壁で、湧水を締め切るためその先端は、深さ40 mの不透水層中に根入れされている。山留め壁は地下室く体のスラブやはりのほかに、補強のためにH型鋼材の仮設切ばりや腹起こしによる支保工により支持された。

仮設切ばりの架設に際しては、山留め壁の変形を抑制するために、連動ジャッキによる全切ばり一斉プレロード工法が採用された。

この根切りは東京電力㈱の九段地下変電所の新設のための工事であるが、現時点における最大深さの根切りの例といえよう。これより先に、中央区新川の隅田川沿いの軟弱地盤において、同じく日本橋地下変電所のための深さ30 mの根切り工事が行われた。この工事の状況及びこの工事に際しての計測管理については、本学会による山留めの諸測定に関するシンポジウム（昭和53年3月）で、詳細に報告されている<sup>1)</sup>。

日本橋変電所工事での根切り及び山留めは、上述の九段変電所のそれとほぼ同じであって、九段での工事に際しては日本橋での経験が直接的に活かされたといえよう。

両工事では共に工事に際して、場所打ちコンクリートの連続壁の壁面に、土圧計及び間隙水圧計を取付けて、側圧荷重の計測をはじめ、壁の変形及び応力その他、地下水位の変動状況の測定、また周辺の沈下や変状についての観測を行って、支障のないことを確かめている。こうした計測の結果、共に根切り底部からの湧水が、事前の調査におけるよりも激しく、止水のために当初の計画よりも多く薬液注入を追加するなど、補強またときには省略を適宜に行い、密集した市街地において安全かつ合理的に記録的な深さの根切り工事を無事に完了した。すなわち、山留めの計測管理を十分に活用した代表的な例であるといえよう。

「山留めの諸計測」は根切り工事の施工管理として、ますます注目され一般的に普及した。なお、コンピュータによる情報処理技術の発展に伴い、この数年間に計測及びデータ処理の自動化の面でも著しい進歩を示した。電話回線の利用による中央での工事現場の遠隔管理もかなり一般的に利用されている。すなわち、今日における根切り山留めの技術水準を示す一つの特徴として、計測管理の普及とその技術の向上を挙げることができると思う。

つぎに、山留めの材料及び工法に関しては、工事に際しての振動及び騒音を低減するため、また止水性の向上のために、深い根切りではいわゆる連続壁が多く用いられているが、現在では場所打ちコンクリートだけではなく PC 壁を使用する地中プレキャストコンクリート壁工法も出現している。なお、この工法では、その止水性を良くするためにベントナイト泥水を硬質粘土に固化するための技術がキーポイントになっている<sup>2)</sup>。

RC 連続壁については、これを単に仮設的な山留め壁としてではなく、地下室の外壁として、特に耐震壁として面内方向の水平力を負担する機能、また杭としての機能を兼ねる本体構造として利用する、いわゆる RC 地中壁工法<sup>3)</sup>が現時点における山留め工法の特徴の一つに挙げられる。また、山留めの支保工として PS アンカーなどによるタイバックアンカー工法が根切り工事において一般的に利用されるようになったことも今日の代表的技術の一つに数えて差支えないと思う。アンカーの利用それ自体は必ずしも今日に限ったことではなく、その基準化委員会（委員長：山門明雄）による「アース・アンカー工法」によれば、岩盤アンカーは昭和32年、PS アンカーは同じく39年で、以来、アースアンカーは山留めのタイバックアンカーなどの仮設用として、広く採用されるようになったと述べられているが、昭和52年に本学会により「アースアンカーの設計・施工基準」が制定されて以来、使用が便利になったといえるようである。なお、仮設用ではなく永久構造物のアンカーとしての利用が増えている。すなわち擁壁のアンカーをはじめ鉄塔や煙突さらに建物の基礎にも、地震力や風力などの水平力による転倒モーメントに対抗するよう岩盤への定着に利用されている。アンカーに関する上記の各問題については、「土と基礎」本年2月の小特集号及び本学会の最近の年次研究会の講演集を参照できる。

## 2. 根切り山留めの変遷

前項に、現時点における根切り山留めの工法及び計測管理について、今日の特徴なり技術水準の概況を述べた。本項では、ここに至るまでの変遷のあらましを述べることにする。

30年前の根切り山留めの工法及び関連問題については、会誌「土と基礎」に掲載された講座を参照することができる。すなわち、通巻10号（1955年7月）を皮切りに28号ま

\*早稲田大学教授 理工学研究所

で続いた建築基礎工法講座編集委員会（委員長：久良知丑二郎）によるもので、そのうち、11号には根切りに使用されるブルドーザーやパワーショベルなどの土工機械の紹介のほか作業の方法も解説されている。ついで、12号にボーリングやヒービング及びのり面の安定の検討方法、さらに13号に矢板にかかる土圧問題として、テルツァーギ・ペック (Terzaghi-Peck) 及びチェボタリオフ (Tschebotarioff) 分布の紹介、並びに排水工法について、深井戸やウェルポイントについての解説とならんで電気浸透も解説されている。また25号と26号にはアンダーピニング、28号には薬液注入工法やサンドドレーン工法などによる地盤改良工法が詳しく解説されている。

上記の根切り山留めに関する問題についての講座は、建築基礎を対象としたもので、28号の発行が1958年7月であるが、この講座が後に建築学会の建築基礎構造設計規準・同解説 (1960年版) に述べられているA・第7章「根切り工事」の原案ともなり、現行の同規準 (1974年版) においてもかなり活用されている。

本誌の土質工学20年の歩み特集号 (142号、1969年12月) には、昭和30年頃を境として我が国の急激な経済成長に伴い、諸工法の開発が急速に発展した経緯が述べられている。建築工事にも場所打ちコンクリート杭を連ねた柱列工法、及び連続壁工法が用いられるようになったことと、そしてこれらについての各社の工法の要点が、建築学会誌を引用して説明されている。これによると、当時の各社とはいわゆる大手建設会社のみであって、今日の基礎の専業業者の名はあがっていない。すなわち、当時はまだこれらの工法の始まりの時期であったということになる。また、根切り工事にタイバックアンカーの利用、また凍結工法も既に採用されていたことが報告されている。なお、逆打ち工法が採用されたことも報告されている。

また、この特集号には「連続壁工法の現在の努力目標は建築物の地下外壁を構築することに向けられている」、また「地下壁のプレハブ化も考えられるべきであろう」<sup>9)</sup> と述べられていることが興味深い。現時点においては結果的にみて、前者の目標は既に達成され、後者にも実用化のきざしが見えはじめた段階である。

「土と基礎」の歩みと共に30年前までを顧みることができ、それ以前はどうであったであろうか、建築の分野だけについて以下に要点を回顧してみよう。

根切り山留め及び建築基礎について、日本建築学会編の「近代日本建築学会発達史」<sup>9)</sup>、建築基礎研究会（会長：内藤多仲）の会誌「基礎研究」（第1輯～第8輯、昭和12年2月～18年5月）の各号、また日本建築協会の「建築基礎工法と実例」<sup>9)</sup> 及び「建築技術」に掲載の豊島光夫の報文<sup>7)</sup>などを参考にして、根切り山留めの変遷をたどるとき、結論的に言って、戦前といわれる時代に既に、20mもの深い地下室の根切りが行われ、その山留めに高度の技術が採

用されていたことを知って、改めて敬意を感じずる次第である。

代表的な例として、終戦直後に進駐軍のGHQとして使用された皇居前の第一生命保険相互会社ビル（昭和9～13年、地下4階、深さ：21.2m）などでは、木田深礎または井筒工法その他ウォールケーソン工法を用いて、今日いうところの逆打ち工法が採用されており<sup>9)</sup>、当時は深層建築法と呼ばれているが、「……地下へ地下へと逆建前を行い、それと同時に地上においても鉄骨建方を進行せしむる施工法で、換言すれば地下建築の逆築造法である」と説明されている<sup>9)</sup>。

本誌通巻1号及び45号に大内二男によって報告された東京日比谷交叉点角の日活国際会館ビル工事（昭和26年）に際して、当時大いに注目された地下室全体を一体のケーソンとして沈降させる竹中式潜かん工法も、昭和9年、大阪松坂屋をその緒として、またその後本格的には昭和13年に上野及び銀座松坂屋などの地下室工事で既に採用されている<sup>7)</sup>。

その他、日銀本店工事（昭和2～13年、平面：約69m×43m、深さ約14m）では、外側に鋼矢板、内側にIビーム横矢板の二重山留め壁を用いたトレンチカット工法が採用され、大いに注目されたという。なお、この日銀の山留めには、鉄骨製大型の腹起こしや切ばりが使用されたことも記録されている<sup>9)</sup>。

前記文献<sup>9)</sup>によると、この書物の発行は昭和47年であるが、「一般工事における地下掘削の順序や工法については、機械化という点を除いては、現在とその当時とあまり差がない。総掘りで陸棚切ばりをかける方法もあったし、アイランド工法もあった……」として、東京有楽町角の日本劇場工事の計画図が掲載されている。ここでいう当時とは昭和の初期のことを意味しているが、土工機械としては、土揚げ機械は、一般にリフト、デレッキであり、大きい工事にはバケットコンベアやパワーショベルが用いられ、ブルドーザーも昭和のはじめに輸入されたことがあったというが、当時の我が国の社会事情により失業救済などのため、一般には使用されなかったと付記されている。この点については、現在と比較して隔世の感がする。

上記の例をはじめとして、かなり古い時代における根切り工事の記録を読むとき、誰もが先に述べられているような感じ、すなわち、現在と比べて山留めの材料や機械化施工の点でひらきはあがあるが、山留めの工法それ自体は意外にもかなり進んでいたと感ずるであろう。また往時は、下町の軟弱地盤では、まだ工事数も少なく、土が一層柔かかったうえに地下水も豊富であったとみられ、一方ではポンプの性能や排水井戸が劣っていたこともあって、地下水の処理が現在よりまして技術的に大きな問題であったことがうかがわれる。しかし、根切りに際しての地下水処理の問題に関しては排水及び注入などによる止水や復水工法も含め

## 土質工学 30年の歩み

て往時とは技術的に大きな差異はあるが、現在においても大きな問題であることには変わりがない。ただし、この50～60年の間に根切り及び山留めの技術的水準が全体的に進歩向上したことは言うまでもない。すなわち、かつての工法として先に例を記したような工事は、記録的な大工事でむしろ特殊工事の範ちゅうに入るべき例で、今日ではあのような大工事も一般的な工事になっているわけである。

再び「土と基礎」の報文により、変遷をたどると、まずはじめに工法の紹介として通巻第1号に、「地下工事におけるウェルポイント法」(甲野繁夫・池田太郎)と「潜函工法」(大内二男)が掲載されている。

ついで、ウェルポイント及び次に述べるのり面によるおさえを利用した「名鉄ビル基礎工事とウェルポイント工法」(通巻3号, 森博, 鷹野昭治)による根切りが報告されている。この報文には工事期日が明記されていないのが残念であるが、多分1952年頃のことと、地下室の根切り工事においてはじめてのことと思われるが、マンメーター及びダイヤフラム形水圧計による間隙水圧の測定のほか、矢板に接近した位置でインダクタンス形土中土圧計を用いて土圧測定を行っていることが注目される。また、この報告で特筆すべきこととして、豪雨によるのり面の洗掘と、それに伴う根切りの事故について報告されていることが興味深く、参考になる。

なお、下記の旧NHK会館工事でも、土圧計による直接的な土圧の測定を行っている。ただし、土圧計は現在一般に使用されている山留壁に取付ける壁面形ではなく、土中土圧計である。このほか、その当時の根切りでは、尼ヶ崎港開門工事(通巻2号, 佐藤肇, ほか)及び日本放送会館工事(通巻6号, 村上忠直)など、土木工事また建築工事ともに、鋼矢板で締切り、のり面で押さえるアイランド工法に関する報文が目立つ。これらの報文では、水位及び間隙水圧の測定を行い、のり面の安定などに関する理論的検討とともに、計測による安全管理が行われたことが注目される。

一般的な開削の根切りではないが、土圧問題に関連して「強烈無類の土圧を克服するまで」と題しての日振隧道工事の記録(通巻3, 4, 5号, 粕谷逸男)は、本学会創立の頃の話題的であったことが思い出される。

今日の根切り工事の計測管理に欠くことのできない計器の一つである壁面土圧計及び間隙水圧計に関連する事項としては、土圧計の種類とその機構また取扱上の注意について、通巻3号に「土圧計について」と題して針生幸治が解説している。また、初の測定例として宇部港岸壁の土圧測定(通巻8号, 北川典生ほか)がある。「山留めの諸測定に関する研究委員会」によるシンポジウムにおける市原松平博士特別講演の冒頭に、「土圧計測をはじめて行ってから約20年を経過した。それは、船舶技術研究所の大津留喬久室長らと行った宇部港岸壁の土圧測定であった」と述べ

られている<sup>10)</sup>。我が国における最初の壁面土圧計の設置は1952年10月8日、測定開始が1953年7月25日ということになる。

土圧計のキャリプレートに関する問題について(通巻16号, 大原資生)の報告がある。

根切り工事に際して行う山留め諸計測としての土圧などの測定例の報告については、営団地下鉄丸の内線新宿駅構内工事での土圧測定(通巻34号, 網本克己ほか)がはじめてで、切ばり反力の測定と同時に壁面土圧計による測定を行っている。

## 3. 根切り山留めに関する研究の動向と問題点

根切り工事の安全性については、問題の要点を分けると次のようになる。

- 1) 山留めに作用する土圧・水圧などの側圧
- 2) 根切り底面の安定
- 3) 根切り周囲の地盤沈下その他の影響
- 4) 山留めの強度及び変形
- 5) 土砂及び水もれに対する締切り効果

山留めの強度及び変形は、山留めに作用する土圧及び水圧などととも、最も基本的な問題であることは言うまでもない。しかし、今日では第14回大会での研究発表会に例をみるとおり、FEM<sup>11)12)</sup>による解法をはじめ、山留め壁の根入部に対する土の水平抵抗に関して、土を弾性的にみなして土の変形係数( $E_s$ )を一定値とするいわゆるチャン(Chang)式、またこれを塑性的に取扱う解法<sup>13)14)</sup>、更にまた変位量( $y$ )に応じて非線形に減少する $E_s$ 値をとり、かつ壁の深さに応じた $\gamma$ をとる $E_s-\gamma$ 法<sup>15)</sup>などの諸解析法を適用して、根切りに伴う山留めの変形などの挙動を推測することができる。

しかしながら、それはもっぱら解析理論の発展と、電算機による数値解析方法の飛躍的な進歩と普及に負うもので、必ずしも側圧などの実態が今日なお十分に把握できていないわけではない。むしろ、今日の根切り山留めに関しての最大の問題点は、側圧荷重をはじめ土の変形係数その他、数値解析に際して必要な、土質定数の適確な評価を第一に挙げるべきであろう。

土圧などの側圧荷重の分布について、かつてはこの問題に関しての安全性の確保にとって、必須かつ最も実用的な方法として、切ばりの反力測定及び腹起こしのたわみ測定が行われた。ベック及びフレート(Flaate)のレポート<sup>16)</sup>によると、そのはじめは古く1908年(Meem)及び1916年(Miller)であったといわれている。最も代表的な例は、いうまでもなくベックの測定(1943年)で、切ばり反力の実測結果に基づくテルツァーギーベックの見かけの土圧分布<sup>17)</sup>は、その後1967年<sup>18)</sup>及び1969年<sup>19)</sup>また1973年<sup>20)</sup>にも若干の修正を加えられて、今日なお最も信頼性のある側圧分布推定法の一つとして、建築学会基礎構造設計標準・同

解説にも採用されている。この種の見かけの分布としては、首都高速道路公団の仮設物構造設計規準の土圧分布がある。この方法については「土と基礎」(通巻180号)で資料として玉置修により解説されたとおりである。

矢板可とう性の壁に対する土圧に関する研究の動向については、同題名のシンポジウムに関連して、と題した市原松平論文(通巻146号)を参照できる。これによると、1934年のテルツァーギ、続いてストロイヤー(Stroyer)の実験、また1949年のチェボタリオフ(1949)、また1952年以降のロウ(Rowe)の一連の研究など、著名な研究をはじめ、古く19世紀末に行われた模型実験の結果から比較的近年に至るまで、研究の大意が詳しく述べられている。

稀稿をまとめるに際して、根切り山留めに関連する研究に関して、通巻第1号から第258号までの「土と基礎」誌上に現れた研究の動向を追ってみた。

土圧や水圧による側圧の分布に関しては、切ばり反力の間接的な測定から壁面土圧計による直接的な測定が増加している。両者の測定結果の比較検討については、例として横山浩雄(通巻197号)や玉置修ほか(通巻226号)などの報告がある。

地下室の根切りに際しての壁面土圧計による直接的な側圧測定の例として、「土と基礎」ではじめての報告ではウォールケーソンに取付けた実測の報告がある(通巻69号、佐藤寛)。連続壁による地下室の根切りでの実測としては金谷祐二らの報告(1966年)<sup>21)</sup>が最も古い例とみられる。

建築基礎構造設計規準・同解説の改訂(昭和49年)に際しては、それまでの砂質地盤においてはテルツァーギーパックの見掛け分布、また粘土質地盤についてはチェボタリオフの  $K_n=0.5$  分布に変えて、直接的な実測結果に基づく山留めの設計側圧が提示された。ただし、切ばり反力の算定にはテルツァーギーパックの見掛けの分布も適用できることになっている。

ここで、側圧と称することにしたのは、粘性土地盤の場合、間隙水圧計による読み(水圧)と、土圧計による読み(土圧と水圧)との分離が一般に難しかったことによる。直接的な測定結果における土圧と水圧の問題については、山留めでの測定例ではないが、仮締切り壁に対する外水圧の影響についての、富永真生らの実測研究(通巻187号)が参考になる。

根切りに際しての山留め壁の挙動については、変形もまた大きな要素である。変形測定には一般に傾斜計が用いられている。この測定方法については、川崎孝人らの報告(通巻155号)がある。同報告で川崎らは受働側の側圧分布の測定結果から、根入部での受働抵抗の取り方について言及している。

「土と基礎」また年次研究会の発表講演集の中から、根切り山留めに関する報文や論文などを読み返したとき、その実測項目の量と、その結果に対する綿密な整理、及び高

表一 内容別山留め根切り関係報文論文数

期 間	内 容 号	1	2	3	4	5	6	7	8	合 計
		山工 留め法	山計 留め測	孔安 底定	解資 析料	排 水	山そ の他	そ の他 土	計精 器度	
昭和28年4月	第1号									
昭和38年5月	第63号	1	3		1	1		7	2	15
昭和38年6月	第64号									
昭和44年12月	第142号		11		4		2	14	1	32
昭和45年1月	第143号									
昭和54年9月	第259号	10	11		12			6	3	42
合 計		11	25		17	1	2	27	6	89

度の解析技術による検討、そしてそれぞれについて注目すべき結果の豊富なことに驚かされる。せめて各報文及び論文のテーマと発表者のお名前だけでも稀稿に紹介したいと思っただが、紙数に限りがあるので、ここでは、「土と基礎」創刊10周年号(63号)、及び学会創立20周年記念号(142号)で、期間を分け、論文の内容を分類すると表一のようになる。

内容項目の1は山留め工法、2は根切り工事における山留め諸計測、3は孔底の安定に関するもの、4は山留めの挙動解析及び設計に関する理論ないし資料、5は排水のみに関する事項、6は根切り問題に関する模型実験で、この中には、故久保浩一博士らの鋼矢板の透水性に関する実験(通巻60号)及び矢板に対する砂の圧力分布に関する実験(通巻34号、山下丞二ほか)がある。項目7及び8は関連事項についての研究で、7は山留め以外、例えば、岸壁などでの土圧の測定、また8は土圧計の精度検定をはじめ計器の取扱いに関する事項である。

この10年間に、工法についての発表が増加していることが目立つが、これは通巻179号で「地下連続壁」小特集など、連続壁の工法についての発表が多かったことによる。また近年の傾向としては実測結果に基づく研究が増加している。すなわち、通巻183号の「山留め」小特集号、及び189号の「土質工学における理論と実際」小特集号に掲載された各研究などに例をみるように、理論との比較検討の結果により充実した成果が多く得られている。

土質工学の問題では設計に際して事前に土質定数を、適確に評価することが難しい。加えて根切り山留めの問題には工事の進行に伴う状態の変化がある。それだけに根切り山留めには計測が重要かつ最も確実な管理の手段となっている。現場計測管理については、「現地計測と施工管理」小特集号(通巻201号)を参照できる。特に「土圧計の機種選定に当って」は各器種の特長、特に長期安定性などに関して示唆に富む資料である。このほか、山留めの諸測定に関する研究委員会によるシンポジウム<sup>22)</sup>での各発表、及び岩崎好規らによる計測管理としてのクライテリア(基準

## 土質工学 30 年の歩み

値)の取り方及び実務的には幾田悠康らの計測費用に関する討論など<sup>23)</sup>が印象に残った。

シンポジウムではこのほかに、壁の変形測定による安全管理(野尻明美ほか)及び傾斜計の取扱い(池田正基ほか)など、傾斜計による測定精度を論じた発表、あるいはひずみ計の精度(小林幸男ほか)また土圧計など差動トランス形計器の絶縁度と測定の誤差(黒柳正得)など、実測の基本問題でありながら、今日なお問題点として残されているテーマに対しての地味な研究に関する発表が多く、実りが大きかった。

根切り山留めの他の一つの大きな問題として、底面の安定に関する問題がある。

近年、東京や大阪などの市街地において、かつては酸欠ガス問題を生ずるほどに低下していた地下水位が、回復している。そこで、再び根切りに際しての地下水の処理、及びボーリングが大きな問題となっている。また、ヒービングについても、依然、十分に理解されていないことも多い。

表一1を作るのに際して、「土と基礎」又は年次研究報告に、底面の安定問題を直接対象とした研究が見当たらないことが、意外に思われた。

ヒービングの危険性、また土圧の大きさ及び周囲の地盤沈下の危険性など、根切り工事の難易度の指標として、ベックの Stability Factor (根切りの安定係数)、 $N_c$ 、及び  $N_{cb}$  が利用されている。これによると粘性地盤における根切りに際しての主要な問題点が、根切り深さ ( $H$ ) と、土の非排水せん断強さ ( $S_u$ 、及び  $S_{ub}$ ) との関係に集約されており、実用的に便利である。

上記の安定係数と土圧の大きさとの関係を、調査した報告文は現在ではかなり多いが、第7回国際会議(メキシコ大会)での討論において、我が国での工事例を紹介し、根切り底面より下方に続く軟らかい地層の厚さと難易度との関係、及びベックの安定係数がよく適合することなどを、具体的に報告した遠藤正明の研究<sup>24)</sup>が注目される。

この安定係数について、ベックはモスクワ大会の討論において、当初の Stability Number<sup>18)19)</sup>を Stability Factor<sup>20)</sup>に改称するとともに、底面より上方の土を対象にした ( $N_c = \gamma \cdot H / s_u$ ) と、底面より下方の土を対象にした ( $N_{cb} = \gamma \cdot H / s_{ub}$ ) とに分けて新たな定義付けをした。更にベックは、 $N_{cb}$  が 7~8 を越える場合には、ヒービングの危険が強く、土圧が大きくなること、また、 $N_c$  が 10~12 程度の大きさを示す場合でも、 $N_{cb} < 6$  であれば、切ばり反力はベックの見掛けの分布で正しく求められると述べ、危険度の限界値を大幅に変更したが、その理由については十分に説明されていない。筆者の実測例では、上記の値が限界値としておおむね妥当とみられるが、ヒービングの問題については、かつて指摘したとおり、実際のすべり面の形状<sup>25)</sup>、及びビエラム (Bjerrum) が指摘したせん断方向とせん断強度と

の関係<sup>26)</sup>、更に非排水せん断強さの評価などにも、問題が残されている。

## 参考文献

- 1) 大塚員生, 他: 日本橋変電所における測定計画と測定システム, ならびに測定上の問題点について, 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, 昭和53.3.
- 2) 増沢鮎男: プレキャストコンクリート板を用いた地中連続壁工法, 土と基礎, 223号, 1976年9月
- 3) 榎並 昭: 場所打ち鉄筋コンクリート地中壁の発展と展望, 土と基礎, 179号, 1973年1月
- 4) 大内二男: 土質工学20年の歩み (建築), 土と基礎, 142号, 1969年12月
- 5) 近代日本建築学発達史委員会: 近代日本建築学発達史, 日本建築学会, 昭和47年
- 6) 谷口尚武: 建築基礎工法の発展過程「建築基礎工法と実例」, 日本建築協会, 昭和47年
- 7) 豊島光夫: 建物の基礎はどう変わってきたか, 建築技術, No.145, 1963年8月
- 8) 名古屋徳次: 空気潜函並に堅工法を併用せる第一生命保険相互会社本館建築基礎工事雑感, 基礎研究, 第1輯, 1937年2月
- 9) 堀 紫朗: 深礎地業並に深層建築法に就て, 基礎研究, 第3輯, 1938年7月
- 10) 古藤田喜久雄, 他: 山留めの諸測定に関するシンポジウム概要, 土と基礎, 247号, 1978年9月
- 11) 岩崎好規, 他: 掘削に伴う土留壁周辺地盤の応力径路についての一考察, 第14回土質工学会研究発表講演集, 1979年6月
- 12) 遠峰孝栄, 他: 二段式山留壁の現場測定例, 第14回土質工学会研究発表講演集, 昭和54年6月
- 13) 山肩邦男: 掘削にともなう鋼管矢板壁の土圧変動 その1: 実測の目的とその結果, 土と基礎, 111号, 1967年5月 その2: 実測結果に関する考察, 土と基礎, 112号, 1967年6月
- 14) 中川清治・岩田一昭: 土留めグイのタワミ量計算方法, 土と基礎, 183号, 1973年5月
- 15) 風間 了, 他: 山どめ壁およびくいの水平抵抗に関する研究 (その1, 水平地盤反力係数), (その2 水平力を受けたくいの挙動), (その3, 山どめ壁の挙動), 第10回土質工学会研究発表講演集, 昭和50年6月
- 16) Flaate, K., Peck, R.B.: Braced cuts in sand and clay, Norwegian Geotechnical Institute Publication, No.96, Oslo, 1973.
- 17) Terzaghi, K., Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, 1948.
- 18) Terzaghi, K., Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice 2nd Edition, John Wiley and Sons, 1967.
- 19) Peck, R. B.: Deep excavations and tunneling in soft ground, State-of-the-art Report, 7th Int. Conf. S.M.F.E., Mexico, 1969.
- 20) Peck, R. B.: Discussion, Specialty Session 5, Lateral Pressure of Clayey Soils on Structures, Proc. 8th Int. Conf. S.M.F.E., Moskva, 1973.
- 21) 金谷祐二, 他: 剛壁にかかる土圧測定, 日本建築学会論文報告集, 昭和41年10月
- 22) 山留めの諸測定に関するシンポジウム, 土質工学会, 昭和53年3月
- 23) 野尻明美・宮崎祐助: 山留めの諸測定に関するシンポジウム概要, 土と基礎, 247号, 1978年9月
- 24) Endo, M.: Discussion, Specialty Session 4, Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground, Proc. 7th Int. Conf. S.M.F.E. Vol. 3, Mexico, 1969.
- 24) 古藤田喜久雄: 国際土質基礎工学会第6回アジア地域会議, 第3部門 基礎と掘削, 土と基礎, No.220, 1976年6月
- 26) Bjerrum, L.: Earth Pressures on Flexible Structures, Proc. 5th European Conf. S.M.F.E. Vol. 2, Madrid, 1972.