

サウンディングに関する標準規格化ヨーロッパ小委員会の報告

土質工学会現地調査法研究委員会

はじめに

サウンディングの方法には数多くの種類があり、それらの標準化は古くから関係者の関心を集めていた問題であった。

特に、ヨーロッパ国際土質工学会では、各種のサウンディングの結果の相互比較、標準試験法の樹立に意欲的であり、1965年のモンリオール国際土質基礎工学会議の際、Dr. Zweck を委員長とする貫入試験標準規格化ヨーロッパ小委員会を結成し、活動を続けてきた。

この委員会は1974年の ESOPT (European Symposium on Penetration Testing) の成果をふまえ、活動を続け、静的サウンディング、動的サウンディング、標準貫入試験、スウェーデン式サウンディングの4項目についての標準試験法をまとめ、1977年に開かれた東京国際土質基礎工学会議の際、報告書を実行委員会に提出した。これは、すでに、東京会議のプロシーディングス Vol. 3 に掲載されている。

これらの試験方法は、我が国でも極めて利用頻度の高いもので、JIS に制定されているものも少なくない。ヨーロッパ地区小委員会の報告の中で提案された標準試験方法は、細かい点で、我が国の基準と相違するところもあり、大いに検討する必要があると考えられるのである。原文は26ページに及ぶもので、「土と基礎」にはこれを翻訳し、本文は4月号に、付録資料は逐時紹介する予定である。

貫入試験標準規格化ヨーロッパ小委員会報告

付録資料A. 標準貫入試験標準規格案

付録資料B. 静的コーン貫入試験標準規格案

付録資料C. 動的貫入試験標準規格案

付録資料D. ウェイトサウンディング (スウェーデン式サウンディング) 標準規格案

1. 貫入試験標準規格化

ヨーロッパ小委員会報告

1957年、ロンドンにおける、第4回国際土質基礎工学会議で、静的及び動的貫入試験に関する小委員会が発足し、原位置における貫入試験を、標準規格化すべきであるという意見が提出され、貫入試験方法についての研究を行っていくことを決定した。

1957年から1961年までの間に、数多くの貫入試験法による測定結果の、比較研究が行われてきたが、1961年に、パリで開かれた第5回国際会議では、実行委員会から、何らかの報告を行うまでには至らなかった。

この第5回国際会議において、小委員会は、現在、西ヨーロッパ及びアメリカで、最も普及している原位置貫入試験方法を、整理選択して、標準規格化を目指す作業を、今後も継続して行っていくことを決定した。

引き続いて持たれた会合では、この作業を、二つの部分に分けて行うことに決定した。

すなわち、Dr. H. Zweck は、ヨーロッパにおける貫入試験の標準規格を統一することを望み、また Prof. H. Ireland は、標準貫入試験 (SPT) についても、同様の標準規格化の作業を実行することを希望した。

ヨーロッパグループは、1963年に、Wiesbaden において小委員会を開催し、ドイツ式動的貫入試験、オランダ式コーン貫入試験及びスウェーデン式サウンディングテストの標準規格化草案作製について討議した。

1965年、モンリオールにおける、第6回国際会議で、小委員会書記 Prof. M. Vargas は、ヨーロッパグループ及びアメリカグループから出された報告を提示した。この席上、小委員会メンバー内での意見の相違が、かなり幅広いものであったところから、小委員会は、これらを分類編集して、ASCE の会報、Geotechnique、その他適当と思われる雑誌に発表すべきであることを提案した。発表された報文は、次のとおりである。

Recommended method for static and dynamic penetration tests (subsurface sounding), 1965 Geotechnique, Vol. 18, No. 1, pp. 98—101, 1968.

Ireland H.O., Moretto O. and Vargas M.: The dynamic penetration test, A standard that is not standardized, Geotechnique, Vol. 20, No. 2, pp. 185—192, 1970.

原位置貫入試験国際小委員会は、モンリオールの会合を期に解散された。しかし、ヨーロッパ国際土質工学会としては、学会の本拠であるヨーロッパ地域においては、貫入試験法の標準規格化の作業を、今後も継続していくことの必要性を感じ、Dr. H. Zweck を委員長とする、ヨーロッパ小委員会を設立した。この小委員会の活動については、

資料-341

1969年のメキシコ及び1973年のモスクワ国際会議で報告されている。

1974年に、Swedish Geotechnical Society は、原位置貫入試験法に関するヨーロッパシンポジウムを開催した。このシンポジウムにおいては、“貫入試験の標準規格化と、今後の各国の協力関係”が討議された。シンポジウムで討議された内容は、ESOPT 会報の、Vol. 2: 1, pp. 53—55 に報告されている。この報告は、次のことを指摘している。

- 1) 貫入試験装置及び試験方法の標準規格化は、それを行うことが望ましいというよりは、必要欠くべからざるものである。
- 2) 貫入試験法の標準規格化は、できるだけ少ない数に限定して行うべきである。
- 3) 今後、更に貫入試験標準規格化作業の基盤を、拡大発展させるために、国際土質工学会は、国際委員会を設立し、ヨーロッパ小委員会との交流メンバーを任命すべきである。

1975年、イスタンブールにおける ISSMFE 実行委員会の会合で、貫入試験標準規格化ヨーロッパ小委員会は、次の9人のメンバーに拡大された。

H. Zweck	FRG (Chairman)
B. Broms	Sweden
A. von Moos	Switzerland
E. Schultze	FRG
C. Van der Veen	Nether lands
E. de Beer	Belgium
Y. Trofimenkov	USSR
S. Rodin	UK
G. Stefanoff	Bulgaria

この拡大小委員会の第1回会合が、1975年8月、ベルギーの Ghent で開催された。この会合には、フランスの Dr. F. Baguelin が特に招待され、またスウェーデンの U. Bergdahl 氏が、小委員会の書記に指名された。

この会合では、標準規格化を行うべきものとして、以下に示す4種の貫入試験法が提案され、今後、これらの標準規格化を発展させていくことを決定した。

静的サウンディング

動的サウンディング

標準貫入試験

スウェーデン式サウンディング

標準規格化の作業は、以下に示した方々を委員長とする、4グループに分かれて行うことが決められた。

- | | |
|------------|------------------|
| E. de Beer | (静的サウンディング) |
| B. Broms | (動的サウンディング) |
| S. Rodin | (標準貫入試験) |
| B. Broms | (スウェーデン式サウンディング) |

第2回ヨーロッパ拡大小委員会は、1976年、オランダのハーグで開かれた。この会合には、ヨーロッパの15か国か

ら、約40人の代表が参加し、四つのワーキンググループから出された提案について討議した。討議では、これらの提案を再検討するための原案を、1977年に東京で行われる、第9回国際会議の前に、最終レポートにまとめ、実行委員会へ提出することで意見の一致をみた。

第3回ヨーロッパ小委員会は、1976年11月、スウェーデンのストックホルムで開かれ、小委員会としての報告内容について、最終討議が行われた。

2. 貫入試験標準規格化に関する、USE 小委員会の提案

種々の原位置貫入試験法を標準規格化する試みが、1957年から1976年までの間に、いろいろと行われてきた。しかし、1968年の小委員会の提案については、これらの提案された試験法を、従来から用いていた国々を除いては、広い容認は得られなかった。これまでも、多くの国々の現場あるいは実験室で、貫入試験に関する様々な研究が行われており、これらの研究成果は、国際土質工学会誌で見ることができる。ところが、これらの研究は、従来から行われてきた、多種多様な貫入試験法を用いているために、それぞれの成果を、比較検討することができない場合も多かった。したがって、貫入試験標準規格化ヨーロッパ小委員会は、次のような提案を行った。

- 1) 国際土質工学会誌あるいは雑誌に研究成果を発表する場合、研究成果を、同種の他の発表成果と直接比較検討することができるよう、少なくとも、一試験は、小委員会が提案した標準規格案に従って実施すべきである。
- 2) 発表は、英語及び仏語の両方で刊行すべきである。
- 3) 小委員会の活動は、今後も継続して進めて行き、貫入試験に関する会議あるいはシンポジウムを、ヨーロッパの各国での、いろいろな経験を発表することができ、標準規格案のよりよい改善について討議できる場所、1979年又は1980年に開催する。

3. 貫入試験標準規格案

現在、様々な貫入試験が、世界各国で数多く行われている。これらを整理分類して示せば、次のとおりである。

静的サウンディング

動的サウンディング

標準貫入試験

スウェーデン式サウンディングテスト

4種の標準試験が提案された。これらは、いずれも現行の試験方法が基礎になっている。標準規格案には、貫入試験器類の寸法規格や、試験手法ばかりでなく、たとえば、粗雑に作られた先端コーンが、測定値に与える影響というような細部にわたっても、詳細に述べられている。標準規格化を決定した貫入試験は、次のとおりである。

静的コーン貫入試験 (CPT)
 動的貫入試験 (DPA 及び DPB)
 標準貫入試験 (SPT)
 スウェーデン式サウンディング

貫入試験標準規格案は、付録資料A～Dに付記されている。また、この付録資料には、試験結果の表示法についての提案も述べられている。

3.1 静的コーン貫入試験 (CPT)

静的コーン貫入試験 (付録資料A) は、試験装置が、本質的に非常に単純な機構であるところから採択された。また、連続した測定値が得られる利点も、採択理由の一つである。

標準規格化したコーン貫入試験とともに、規格化されるもの以外のコーン貫入試験器が、今後も引続いて用いられるものと思われる。これらについては、標準規格案 (付録資料A) の、第10節に述べられている。

3.2 動的貫入試験

1965年、モントリオールにおける、第6回国際会議の際、小委員会から、3種の動的サウンディング法が提案された (Geotechnique, Vol. 18, No. 1, March 1968)。しかし、標準規格化すべき試験法の数には、これまでの討議で、できる限り少数に限定すべきであることが明らかになってきた。このため、小委員会は、二種の変形を有するただ一つの試験法を提案した (付録資料B)。現在、light dynamic sounding 及び heavy dynamic sounding と呼ばれている試験法は、採択しなかった。標準規格化を目指す段階途次にあるため、提案の細部については、一部、標準貫入試験法 (SPT) と、一致しているところがある。

light dynamic sounding は、中央ヨーロッパで広く用いられており、西ドイツ (DIN 4094 Sheet 1 & 2) 及びブルガリア (Bulgaria state standard 8994—70) で標準規格化されている。light dynamic sounding は、比較的感受度が高く、medium あるいは heavy dynamic sounding よりも、土の状態の細かい変化を検出することができる。しかし小委員会は、軟弱地盤のほとんどのケースでは、コーンペネトロメーターの方が、土の状態によく適合するものと考えた。

heavy dynamic sounding は、一般的に、土の密度などの、細かい変化を検出することはできないが、深い所での硬質な土の試験には適している。このような利点を考えて、小委員会は、正規の標準規格案の範囲外ではあるが、試験方法について、若干触れておいた。

3.3 標準貫入試験

標準貫入試験 (SPT) は、北米及び南米で広範に用いられており、またヨーロッパ地域では、英国及び南ヨーロッパで一般的に用いられているところから、提案した (付録資料C)。標準規格案は、現行の ASTM 標準規格、D 1586—67 (1974年再認) を基本としている。しかし、その

装置と試験方法については、更に詳細に述べてある。

また、ハンマーの自由落下は、再現性の良い結果を示し、ウインチとマニラロープの間に摩擦力が働く、コーンプリーによる打撃法で行った場合よりも、小さいN値を示す (SPT 標準規格案に述べたように) ことにも注目すべきである。

3.4 スウェーデン式サウンディング

スウェーデン式サウンディングは、スカンジナビア地方及び日本で広く用いられている調査法である。1976年6月の、ハーグにおける委員会で、本試験法を、標準規格化の対象とすべきか否かが検討されたが、結局、採択することに決定した。

スウェーデン式サウンディングの標準規格案は、現行のスカンジナビア標準規格案と、全く同一である (付録資料D)。

4. 貫入試験に関する、今後の研究についての提案

ベルギーの Ghent における小委員会では、貫入試験装置及び試験手法の細部が、試験結果に与える影響について、いくつかの疑問が投げかけられ、また、試験結果の解釈についても討論された。これらの点に関しては、四つのワーキンググループが、それぞれの標準規格化に関係する、研究のための問題点を提出することで、解決を見た。小委員会は、提示された問題点を解決すべく、各国で、貫入試験の研究が開始されたものと期待している。

標準規格化のための研究は、密度及びコンシステンシーの異なった、様々な土で行われる必要がある。研究は、現場で実行することができるが、ある要素については、十分に管理された状態のもとで、試験室においても、容易に行うことができよう。

4.1 静的コーン貫入試験における問題点

- 貫入試験器の先端コーンは、単純な形状であるが、コーンの形状の変化が、貫入抵抗に与える影響の、系統的な研究。
- ある定まった形状のコーンを用い、連続測定あるいは不連続測定を行った場合に、測定結果に与える影響。
- 標準規格案に示した装置では、フリクションスリーブは、コーンの上に直接接して装着されている。このために、継いだロッドの末端に、特有な応力場が存在している。したがって、コーン上端とフリクションスリーブ末端の間隔を、標準規格案に示された装置よりも広く取った試験器を用いて行った試験結果と比較研究すること。
- 貫入速度が測定値に与える影響は、つなぎロッド末端における応力場の、いろいろな点での間隙水圧の大きさに関連するのではないかと思われる。
- つなぎロッドの形状は、孔内傾斜計を用いて検討す

資料-341

ること。

- f) 貫入抵抗に与える，寸法規格の影響（貫入試験装置の寸法規格の統一化のため）。
- g) 先端コーン及びフリクションスリーブの仕上り状態の影響，スリーブによるカパーの範囲（全長にわたって行うか，半ばまで行うか）及びスウェーデン学会で示唆した，深さ 1 mm，幅 1 mm の特殊な溝が与える影響の照査。

4.2 動的貫入試験の研究における問題点

- a) もし，適当なノッキングブロック (anvil cushion) が用いられるならば，打撃力の効率はかなり増加させることができよう。これにより試験結果は，ばらつきがなくなり，利用価値の高いものとなるだろう。
- b) DPB 試験では，ケーシング，泥水，圧搾空気，ロッドの回転，あるいはロッド径よりやや太目のロッドカップリングを用いることにより，ロッドの周辺摩擦を減少させることができる。このような技術は，DPB テストを容易にし，良い試験結果を生むであろう。また，研究の一つは，ロッドを回転した時の，回転モーメントを測定して，ロッドの周面摩擦力を知ること。
- c) DPB 試験において，先端ポイント位置での先端抵抗の測定方法を研究すること。これは，先端ポイント部で直接測定することもできるし，地表面での反射応力波を測定することにより，間接的に知ることでもある。
- d) 動的貫入試験の先端抵抗値と，静的貫入試験の先端抵抗値及び杭の支持力との比較。
- e) 動的貫入試験の先端抵抗値と，標準貫入試験 (SPT) 値及び平板載荷支持力との比較。
- f) 各種動的貫入試験器の適用限界。
- g) 貫入試験法の標準規格化が実施される前に，同一条件のもとで，light dynamic penetrometer 及び heavy dynamic penetrometer による試験結果の相違を比較研究すること。

4.3 標準貫入試験の研究における問題点

- a) 現行の，自由落下機構及びコーンプリー法による N 値の比較。
- b) 自由落下機構と，コーンプリー法の打撃装置の，

孔口及び孔壁の及ぼす作用が， N 値に与える影響。

- c) 標準貫入試験値の解釈については，多くの研究者が，1948 年に刊行された，K. Terzaghi 及び P. B. Peck の “Soil Mechanics in Engineering Practice” に示された提案を，自分の研究に適用させるために，いろいろな修正係数を考案し，発表している。しかし，これらの修正係数は，自由落下機構あるいはコーンプリー法の，いずれで行った試験結果をもとにしたものであろうか？
- d) 標準貫入試験で得られた N 値と，標準規格案に示した他の貫入試験から求めた N 値との比較。
- e) 種々の標準ロッドと，種々の深度の違いが， N 値に与える影響及びロッドの剛性の違いが， N 値に与える効果。
- f) ボーリング孔径が， N 値に与える影響。
- g) 試験を実施した場所での，応力の状態が， N 値に与える影響。

4.4 スウェーデン式サウンディングの研究における問題点

- a) いろいろな土の相関を得るための，他の貫入試験結果との比較。
- b) 貫入抵抗値と，支持力及び直接基礎，杭の沈下量との関係
- c) スクリューポイントの先端摩耗が，測定値へ与える影響の許容限界。

提案者

H. Zweck	FRG (chairman)
F. Baguelin	France
E. de Beer	Belgium
B. Broms	Sweden
W. Heijnen	Netherlands
S. Rodin	UK
E. Schultze	FRG
G. Stefanoff	Bulgaria
Y. Trofimenkov	USSR
U. Bergdahl	Sweden

※

※

※