

ら数十日であり、今これを20日⁴⁾と見て、その間汚泥や生物等の堆積による空隙率の減少は略々一様であるとすれば、 $\lambda = \text{const.}$ 従つて

$$\dot{\lambda} = 0$$

となる。又濾過開始直後の λ が略々0.40(有効径0.2~0.5 mm, 均等係数1.5内外)で削り直前には危険側に見て恐らくその25%内外、即ち $\lambda = 0.10$ 程度迄に減少していると見れば、 λ は cm-sec unit で

$$\dot{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t} = \frac{0.4 - 0.1}{86400 \times 20} = 1.736 \times 10^{-7} \text{ (sec.}^{-1}\text{)}$$

となり、又 $k = k'v/g$ だから (4.12) を書き直すと、

$$h_s = \frac{8.68 \times 10^{-8}}{k'} z(z-\delta) + z \left(1 - \frac{H'}{\delta}\right) + h_0 \dots\dots\dots(4.13)$$

($0 \leq z \leq \delta$) cm-unit

滲透係数 k' の値はこの場合 0.005~0.020 cm/sec 程度であるから、(4.12) あるいは (4.13) の第1項は非常に小さいものであつて無視しても差支えない。すると圧力水頭 h_s は2次函数としての性質を失つて、濾速(断面流速)と同じく、層内で直線的に変動することになる。

$$\therefore h_s = z \left(1 - \frac{H'}{\delta}\right) + h_0 \quad (0 \leq z \leq \delta) \dots\dots\dots(4.14')$$

濾速が大きく、又原水が濁濁度の高いものであれば当然濾過持続日数は相当短縮され、 k' の値も充分小さくなり得るから、この場合の圧力水頭なり損失水頭は (4.12) 式で計算するべきであろう。

要するに以上の理論は、砂層閉塞が濾過膜及びその

近傍に限られると考へた緩速濾過に対する1つの見解で、濾膜層内の断面流速の変化が直線的であるとともに、砂面から濾膜直下に至る圧力水頭の低下即ち水頭損失が略々直線的に起ることを示した。一方有効空隙率を減少せしめる最大の原因たる緩速濾層内汚泥量の分布状態は大阪市(近藤博士⁵⁾)や、名古屋市(波多野氏⁶⁾)の調査によれば、砂層年代の新旧で様相が違つており、特にそれらが混合し、又互層をなしている様な場合、上の計算法を適用するには余程検討を要する。

本研究は昭和25年度文部省科学研究費による「砂濾過浄水の基本的研究」の成果中基礎理論の項であり、終始御指導を賜つている京大教授石原博士及び岩井博士に深謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 高木俊介: 土壤水の運動機構について, 応用物理 17 卷, 8~9号, 1頁, 昭和23年9月
- 2) 本間 仁: 高等水理学, 168 頁, 昭和17年
- 3) 例えば K. Terzaghi.: Erdbaumechanik, s. 111, 1924
- 4) 岩井四郎: 砂ろ過池を中心とする 浄化機能について, 昭和25年
- 5) 近藤正義: 上水道における濾過膜の生物学的研究, 水道協会誌 25号, 53頁(昭和10年); 同30号, 15頁(昭和10年); 59号, 36頁(昭和13年, 等
- 6) 波多野宏: 急速濾過池における砂層汚染に就て, 水道協会誌 180号, 23頁(昭和24年)
- 7) P. Néményi: Über den Darcyschen Gesetzes und deren Grenzen, Wasserkraft u. Wasserwirtschaft H. 14, 1934

(昭26.9.20)

UDC6 52.951.4: 532.291

気泡管の感度について

准員 北 郷 繁*

ON THE SENSIBILITY OF BUBBLE TUBE

(JSCE Jan. 1952)

Shigeru Kitagō, C.E. Assoc. Member.

Synopsis The author measured the sensitiveness of tubular levels with various magnitude, some of which were tested under different temperature. From the results of these measurements, he presents in this paper a discussion and proposition on the specification of bubble tube in the Japanese Engineering Standard (Temporary) No. 9801~No. 9804.

要旨 本文は、種々なる感度を有する気泡管について感度の測定を行い、之らの結果から日本暫定標準規格中に示される気泡管に関する規定を検討して或る種

の提案を行つたものである。

1. 暫定標準規格

JES 土木 9802 暫定(水準儀), 同9803(微動水準儀), 同9804(経緯儀)に於て、夫々の器械の気泡管

* 北海道大学助教授, 工学部土木教室

に対して同じく次の様に規定している。

a. 感度は、各目盛についての測定値の平均をとり、之と「呼び感度」〔以下公称感度という〕との差の公称感度に対する % が ±20 以下であること、

b. 感度の均一度として、上記各測定値と平均値との最大差の算術平均に対する % を ±10 以下とする。

この他、両面気泡管の平行度に関する規定があるが、これにはふれない。

この規定の不備及び不足の点を列挙すると次の様である。

- 1) 抜取検査が許されている事。
- 2) 温度の規定が不明確である事。
- 3) 対称性についての規定がない事。
- 4) a の規定が妥当でない事。

等であつて、これらについて以下順を追つて測定及び文献から検討を加え、いくつかの提案をしようとするものである。

2. 感度の測定

試験に使用した気泡管の番号、公称感度その他は表一1の様である。測定は島津製作所製のレベルテスターにより、これを強固な試験台の上に固定し、テスター台の前後左右への傾斜を修正した。テスターは1秒読みで、之と平行に遊動顕微鏡を置き、視野の縦線を正確に気泡端に合わせ、遊動盤の「送り」によつて顕微鏡を気泡管軸の方向に正しく2mm だけ送る。テスターの目盛盤をまわして気泡端を縦線に合わせ、前後のテスターの読みの差を、その時気泡端ではさまれた目盛附近の感度とする。之を連続して全部の目盛について測定する。以上の事を、気泡管の向き、テスター上の場所を変えて、一目盛について合計6回の観測を行い、その算術平均をその部分の感度とする。観測値がよく揃う場合は5回にとどめた事もある。上記の様な感度をより正確に得るために出発点を種々に変えた。この測定の際、管に接近して吊下げた温度計の読みと

その温度に於ける気泡の長さを測定した。温度は室温を原則とし、内7本については種々の温度のもとで上記の観測を行つた。この際の加熱は、600 W の電熱器を垂直に保持し距離を調節して所期の温度に着落くのを待つた。気泡端の見えを明瞭にするために100 W の電気スタンドにより照明を行い、之によつても温度の調節を行つた。この加温の方法については、文献1)を参照されたい。観測は1949年の冬と翌年の秋に、筆者によつて行われた。

3. 抜取検査

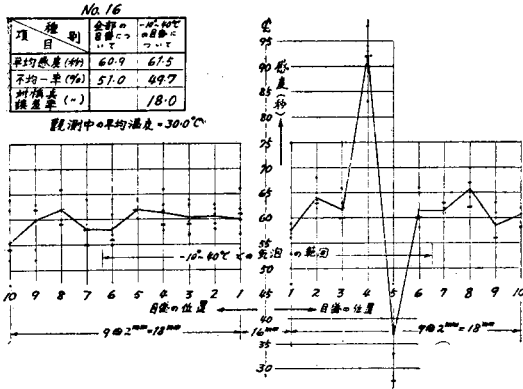
JES 土木 9801 通則第3条によると、原則として各個について検査するが、状況によっては、抜取検査による事も出来るとしている。抜取数は検査施行者が指示し、この検査で不良とされた製品群は個々に再検査すると規定している。

元来抜取検査は、試験の対象となる製品群が、相当程度の等質性を保証出来る様な繰返し作業のもとに製作されたものである事、即ち比較的等質の原料により同一程度に熟練した工員が、ほぼ同一精度の機械又は手段を用いて作った製品である事、及び製品数が莫大に過ぎて實際上全数についての検査が不可能であるか又は可能であつても経済上不得策である事がその基礎条件である²⁾。本邦の様に量産組織の不完全な機械工業の中での測量器械製作は、資本、設備、規模、需要等から考えて、上記の様な抜取検査の基礎条件を備えているものとは考えられない。特別の大製作所を除いては、下請手工業的であつて、材料の等質性や、部品精度の均一性は、先づ期待出来ないと考えるのが妥当であろう。更に、製品数が、ラヂオの部品や、電球の様に莫大になる筈はなく、又間に合わない程の輸出があるとも考えられないから、全数についての検査が不能又は不経済という事も積極的には成立しないと考えてよいであろう。殊に気泡管は器械にとつて重要な部品であり乍ら、大製作所でさえも自製する事なく、不完全な設備と思われる専門工場から購入するのが実情の様であるから、抜取検査による需要者の危険率は相当高いと考えざるを得ない。この危険を実証する極端な1例は、図-1に示す No.16 であつて、横軸に目盛の位置、縦軸にその目盛間の測定感度の平均値を示している。正しい内面を有するものはほぼ水平な折線をなすべきであるが、これには右半部中央に甚だしい異状部分があつて、然もこの部分は常温で気泡端の位置する所であるから、この気泡管で求める水平は全く信用出来ないわけである。No.16 程ではないにしても、上記の折線が甚だしく偏倚するものは実質的には No.16 と同じであつて、之は内面の各部が異なる曲率をもつ

表一1 検査した気泡管

番号	製作国	公称感度	目盛の間隔	備考	番号	製作国	公称感度	目盛の間隔	備考
1	不明	30	7.5		12	日本	26	7.5	両面=重ノズ
2	ドイツ	30	7.5	Teles Level	13	ドイツ	35	7.5	Teles Level
3	..	57	..	Plate Level	14	..	40	..	Plate Level
4	..	57	..	..	15	..	50	..	..
5	..	36	..	Teles Level	16	日本	..	..	Teles Level
6	..	55	..	Plate Level	17	ドイツ	..	..	遊動顕微鏡
7	..	30	..	..	18	ドイツ	20	..	両面=重ノズ
8	..	77	..	レベル用	19	日本	..	..	1907 Y 414
9	..	40	7.5	Teles Level	20	ドイツ	20	..	No.18に同じ
10	..	50	..	Plate Level	21	日本	7.5	..	特殊の製品
11	..	65	..	..	22	..	..	..	..

図-1 異状点の例



ため測定値が分散するものと考えられる。この事は気泡管の生命の大半を失う事を意味する。

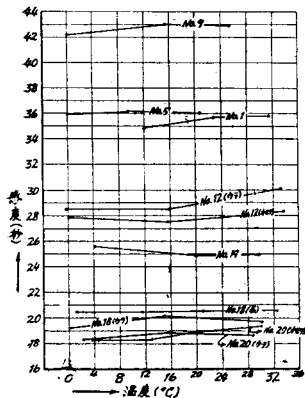
以上の事実より見る時、実際の気泡管の精密さは、決して抜取検査を許し得る様な状態にないと考えられるから、これを禁止すべき事を提案したい。

4. 温度に関する事項

前出通則第6条によると、検査時の温度は常温とし、気泡管の検査の項には、すべての目盛について検査する、としている。ここでは、この規定で充分であるか否かについて吟味する。

気泡管の感度が温度によつて変わるかどうかという事は、一応誰しも考える所であろうが、文献1), 3), 4) 及び筆者の実験から結論的に云えば、我々の普通使用する気泡管については、温度の影響を殆んど考える必要がない様である。従つて、規格で検査時の温度を常温としているのは、少なくとも気泡管については妥当であつて、この時の感度を以つてその気泡管の感度としてよい様である。筆者の測定結果は図-2に示す通りで、変化の量は僅少で、その方向も不定である。

図-2 温度による感度の変化

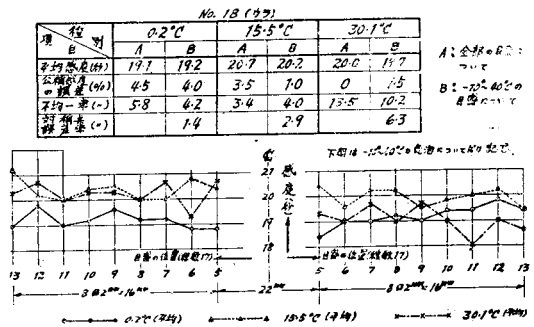


又前述の文献は高感度のものについての実験及び理論を取扱つているが、その結論は断定的でない。従つて我々の使用する20"程度以下のものについては、温度の影響を考慮する必要がない様である。この場合注意すべき事は、比較的高温での測定

値の変動が大きい事であつて図-3はその1例である。この原因は色々考えられるが、兎に角この様な場合に得られる水平の信頼度が低い事には間違いない。之によつても災天下或いは直射日光のもとでの作業を避けるべき事が理解される。

次に検査すべき目盛の範囲についてあるが、之についての規定は不備の様である。即ち規定によれば全目盛について検査する事になつてはいるが、之は不必要なばかりか不合理でさえある。普通の気泡管は野外作業時の気温に於ける気泡長に対するよりも多くの目盛を持つているのが一般であつて、実測によれば、作業時気温を-10~40°Cとする時、使用

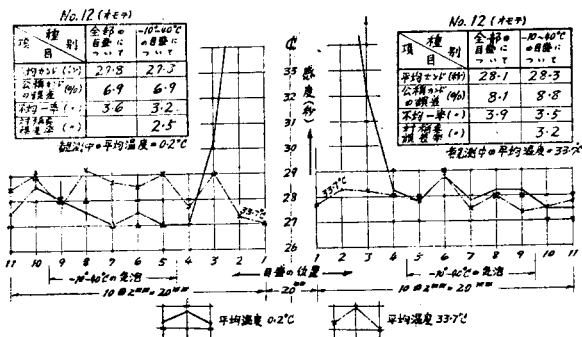
図-3 温度別の感度



される目盛は、全目盛の30~75%で、平均して60%にすぎない。半分に近い目盛は上記の温度に於て、水平を得るために使用されないものであるから、全目盛についての検査が不必要な事は明白である。次に不合理なる事の理由の第1は、気泡管製作の際、液体を封じ込むに当つてこの加工のために、管の両端附近は、不規則にして他の部分より小なる曲率を示す事であつて、多くの場合この部分にまで目盛がついている。従つて、この部分をも検査する事は不合理である。第2には、前者と反対に、管の中央部分の検査であつて、この時気泡の他端は、前述の不規則、過小な曲率部分を運動するから、真の曲率が得られない事である。図-4はその一例である。この事は比較的低温で、気泡長の大きな場合に甚だしいが、15°C近辺の常温でも認められる。これあるがために、規格に合格すべきものも不合格になりかねない。この部分も多くの場合、前者同様使用されないものであるから、検査を実施する事は不合理である。

以上よりする時、在来通りの目盛の打ち方をする気泡管の感度を検査するには、検査すべき目盛の範囲を適当な温度の上下限をきめて指示するか、或いは今後の気泡管については、目盛を上記の温度に於ける気泡長に対応せしめて目盛るか、の何れかに定めるべきで

図-4 中央部検査不能の場合

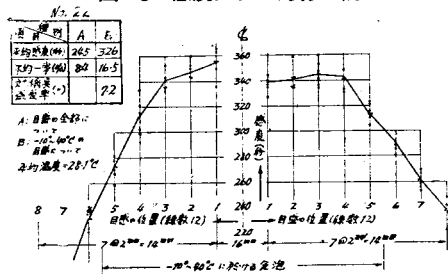


現在の規定ではこの点不十分と言わざるを得ない。筆者としては、後者を提案したい。

5. 対称性

一般的に言つて気泡管内面の示す曲率は、円弧即ちすべての部分の曲率が等しい事を理想とする。之を検査するのがb項であるが、之だけでは不十分である。何故ならb項の規定で個々の測定値が、その平均値から、偏倚してもよい割合は $\pm 10\%$ だから、感度 A の気泡管の左右両半部の対称点で許される喰違いは A/5 で、実に A の 20% という大なる値となる。この値は実用上は勿論、測定値から見ても大にすぎる様で、測定値によると 0.3~18.0% で平均 5.6% であつた。理論的に言えば、すべての対称点の感度が等しければ、前後の感度に大小があつても、一応は水平を得られるわけでその適例は 図-5 である。反対に或る限度以上の差違があれば、たとえ気泡端を目盛に従つて対称の位置に持ち来しても真の水平は得られないわけである。そこで筆者は、この喰違いの量と平均感度との比を対称点誤差率⁹⁾として 6% 以下とする事を規定に附加したい。25 ケの内之を越えるものは 7 ケにすぎず、然も之らは 10% を越える不良のものであるから、6% の値は決して酷にすぎるものではない。尙測定の結果から推論出来る対称点誤差率の特性は、1) 平均感度の大小、及び金属包管の有無に関係がない、2) 観測時の温度が高い程大である事の 2 つである。

図-5 感度変化が対称な例



上記により対称性が完全であれば、一応は目的を達するわけであるが、部分によつて感度に差があると、それによつて得られる水平度に精粗を生じて好ましくなく、従つて信頼出来る結果は望めない。こゝに於てb項に定める均一度の検査が必要になるわけである。従つてこの均一度の検査と前記の対称性のそれを併用して、始めて完全なる検査となるわけである。

6. a の規定

この規定は結局公称感度の真偽を確めるのが目的と思われる。その必要は抜取検査のために生ずる。従つて提案の様に之を廃すればこの規定は不要になる。一步を譲つて、之を存続するとしても、ガーレーの様に管表面に感度を目盛つておくのは殆んどないから、実際上公称感度なるものを知る事が出来ない場合が多い点から見て、この検査の実行が不能となる事がある。更に規定の $\pm 20\%$ は事例から見て余りに緩にすぎる値で、実用上公称感度に対するこの程度の差違は測定結果に左迄の影響は与えないにしても、規格としての意味は相当に薄らぐものと考えられる。観測の結果では、1.2~10.4% で平均 4.8%、10% を越えるものは僅かに 1 例にすぎない。よつて如何にこの規定が緩にすぎ、従つて無意味なものであるかが分る。通則に示す様な抜取検査を禁じて全数検査を行い、之を個々に表示せしめる事が測量器械の性質及び本邦の精密加工の現状から見て妥当と思われるから、この規定は削除すべき事を提案したい。もし存続するとすれば、温度の項に提案した事を実施して、限度を $\pm 10\%$ とする事を提唱したい。

7. b の規定

この規定は前記の様に対称性検査と併用して始めて有効で、規定する所の限界も妥当の様である。即ち観測値によれば不均一率(規定では $\pm 10\%$) は全部の目盛について、3~70% で平均 18%、 $-10\sim 40^\circ\text{C}$ の目盛については 2~50% で平均 9.7% である。前者の場合で 10% を越えるのが 11ケ、後者で 5ケである。規定通りに取捨すれば 25 ケの中 6ケは不当に棄却される事になる。之から見て温度の項に提案した事は公正である事が分る。それで温度を $-10\sim 40^\circ\text{C}$ とする場合に於ける $\pm 10\%$ の規定は、以上の結果から妥当の様である。

8. 結 言

以上の諸項を要約すると筆者の提案は次の様になる。

- 1) 抜取検査を禁止する。

- 2) 検査すべき目盛の範囲を指示する。之には目盛を $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ の気泡長についてだけ刻む。
 - 3) 均一度の検査は、上記 2) を採用して、之に対称度検査をつけ加え、その限度を 6% とする。
 - 4) a の規定は削除するか、或いは $\pm 10\%$ とする。
- 尙本文中の実験測定については北大工学部真井教授の援助を頂いた。附記して深甚の謝意を表する次第である。

文 献

- 1) Pinkwart: Zeits. f. Verm. 1931. s. 187~191

u. 215~230

- 2) 日本応用力学会編：応用統計学 1945. p. 905
坂本，高：新しい抜用検査法の理論と実際 1951, p. 1
- 3) Jordan: Handb. d. Verm. Bd II 1914. s. 189
- 4) Lüdemann: Zeits. f. Inst. 1909. s. 316
Zeits. f. Verm. 1932. s. 26
- 5) L. H. Berger: Civil Engineering 1937 p. 422
- 6) 筆者：“トランシット及びレベルの気泡管感度数について”として本誌に発表の予定

(昭. 26. 8. 20)

アメリカ便り

そちらの方も大分寒くなつたことと存じます。こちらには11月の始めから大雪で面くらいました。

なれぬ英語を朝から晩までふりまわさなければいけないやせなさ、年をとつてから再び学生となつた悲しさに、月日のたつのが遅いように感じておりましたが、このイリノイ大学に落着いてから、もう2月半になります。やつぱり早いものです。

この大学は技術方面で特に高水準を自負しているせいか、学生もよく勉強しますし、とにかくアメリカの大学の忙がしいのには、一寸驚きました。尤も忙がしくしないでおこうと思えば簡単ですが、アメリカの学生なみにやろうと思つて、語学のハンディキャップも大きいし、山のような文献をかかえて、重圧下にあえぐことになります。

こちらでは、土木の中で、材料試験、応力測定等が Theoretical and Applied Mechanics という部門になつております。私もここに席をおいておりますが、機械系の学生と土木系の学生を数的にみますと、大分土木が非勢のようです。吉田先生のその又先生の Arthur Talbot の名前をつけた建物が T.A.M. の建物で、私もその中に1つ机を丁戴し、息をこらしながらまあ出来るだけやつています。

この試験室でうらやましいのは、ワイヤー ストレイン ゲージを簡単に使つていることも、もちろんあげなければなりません、やはり試験機の沢山あることが一番です。鉄道関係の試験を大学でやつているのは、殆どこの大学だけのせいもあります。今度鉄道技術研究所で、軌道研究室が備えられたレールの、すりへり試験機等7台もそなえ、やかましいので別室に入れ替々やつています。コンクリートの疲労試験も一度に4本づつやつておりますし、金属の疲労試験で小型のもの等20台位でやつていますから、かないません。1台きりの機械でよちよちやつている日本のこと

を考えると、一寸悲しくなりますが、しかしヨーロッパをみてきた教授のお話によりますと、イギリス、スイス等非常に成績をあげているそうです。(研究に使う予算も日本とは桁がちがうらしいですが、)日本もマックアサー元師でないけど、本当にスイスのようにになりたいものです。ワイヤー ストレイン ゲージのつくり方もイギリスはアメリカのところがいいし、また Transverse Strains の影響を除いた新しいゲージも、ヨーロッパで考え出されています。プレストレストコンクリート等完全にヨーロッパがおさえています。

シカゴは、鉄道の中心地の1つですので、この辺にも鉄道ファン会という会があり、私も毎月顔を出しています。あちらこちらの沿線風景を天然色写真で紹介する前に「私の親父は鉄道が好きだつたけど、私も小さな時から機関車の模型ばかりいじつていました。」等といいながら、古ぼけた白黒写真を見せる頭のはげかかつた人もいます。飛行機の模型でもいじつていながらアメリカ的ですが、全く微苦笑ものです。此の間は「戦後のフランス国鉄の復興」という映画をやりました。あれだけぶつこわして、よく復旧したものだと感心しました。

名物のフットボールは全部みました。ミシガン大学との試合の時など吹雪の中を集つた7万数千満員の大観衆の前で行われました。凍死しそうな寒さの中で全く修行しているようでしたが、試合の前に全員起立して、上つてゆく星条旗を見ながら、国歌を歌う時等感慨を覚えます。国旗に対し国歌に対し、昂然たるプライドを持つているこの巨大な人の群をみると、帝国主義だつたけど、負けたことのない誇りを持つていた昔の日本を思い出して涙が出ました。

こちらで土木学会誌をみるとあの表紙の書体も、中の諸先輩方のお名前も、鉄道が新線をつくる等というような記事も、みな懐かしいものです。

みな様方の御健勝御健闘を衷心祈念します。

(イリノイ大学にて 樋口芳朗)