

下水道管路施設の水密性判定試験

平成 20 年 2 月 20 日(改訂 3 版)

ペンタフ株式会社 後藤清

はじめに

本資料は、下水道管路施設の水密性試験について、欧米の基準とわが国への適用についての所見をとりまとめたものである。

平成 12 年 6 月現在、日本においては水密性試験の基準が無く、方法として標準化されたものが見当たらない。たとえば「維持管理マニュアル」(日本管路施設維持管理業協会刊行)には注水試験と圧気試験の例を載せているが、水密性の判定基準が明示されているわけではなく、注水試験についてはその方法、圧気試験については 0.5kgf/cm^2 (約 50kPa) 加圧の事例を載せているに過ぎない。

しかしながら欧米では既に水密性試験の方法と判定が規格化されており、日本においても国内事情を加味しながらも、欧米規格を参考に規格化されるであろうことは容易に想像される。

「低圧圧気試験」は、欧米の各国で既に制度化されており、試験の厳密性と導入効果を実証しつつあるけれども、判定基準が「経験則」に頼る部分が多いことも否めない。しかし導入した国々に共通して言えることは、この試験の導入が環境政策を重視し、下水道管路施設建設後のリスク管理を含めてトータルな費用対効果が高いことを予測した結果であると考えられることである。

国内でも不明水問題や、漏水がもたらす環境汚染問題の根本的な改善として、管渠の水密性確保が重要視され始め、新管や更生管検査を手始めに水密性試験を実施する自治体が増えてきている。

残念ながら既設管では、水密性試験をするところは多くない。しかし多量の不明水を抱える自治体を中心に、浸入水削減のための補修順位評価を目的に水密性試験を実施する自治体が増加している。

以上のような時代の要請を受けて、水密性試験器であるリークテスタ LT-7000 は設計・開発されている。その開発コンセプトは、半自動化による操作の簡便性と、公正な検査判定結果の記録と出力にある。また広汎な対応を考えて、主要な欧米規格を網羅したばかりでなく、日本の実情に合わせて独自提案の既設管検査規格と手動操作モードをもち、オプションで自治体独自の検査基準にカスタマイズできる特徴をもつ。

以下、水密性試験の必要性、歴史、欧米規格と独自規格の詳細、リークテスタへの適用としての操作フローと操作上の注意についてとりまとめる。なお本資料で取り扱う低圧圧気試験の計測単位は S I 単位の Pa(パスカル) また補助単位には k(キロ) を用い、米国規格の基準単位であるインチポンド単位のデータは S I 単位に丸めて用いるため、米国規格から引用した圧力値は総て換算丸め誤差を含んだ概数である。また重力の加速度を含んでいない単位からの変換や、漏水量や漏気量の単位も同様に理解しやすいように概数にしている。

1. なぜ水密性試験が必要か

地下水を初めとする浸入水は、管路施設の水密性不良箇所から流入する。浸入水対策では浸入箇所・スパンの特定において水密性試験は欠かせない。水密性と浸入水量は必ずしも比例しないが、水密性が確保されれば地下水浸入水はなくすることができる。

浸入水は、処理場の過負荷をもたらし、放流水質の悪化や環境汚染の原因となる。また浸入水は管路周囲の土砂を引き込み、浸入水と相乗的に管渠の通水能力を弱めて溢水の原因となり、人孔蓋飛散による二次災害を誘引する。さらに管路周囲の地耐力を弱めて、不同沈下やクラック、破損の原因となり管渠の寿命そのものを短くしてしまう。土砂引き込みによる管渠周囲の空洞化は道路陥没やこれによる交通事故などの二次災害を引起す。かかる故に水密性試験を中心とした浸入水対策の必要性は増大の一途である。

浸入水と並んで、管渠の水密性不良個所からの微量有害物質の漏出も、環境汚染に関わる大きな問題である。工場廃水が漏水しこれに含まれるトリクロロエチレン等が、土壌や地下水を汚染して社会問題になったことは記憶に新しい。流下流量から漏水量を定量することは非常に困難で、漏水対策には水密性試験を基準にした対策が必要であることは言を待たない。

ただし低圧圧気試験や注水試験で定量された減圧量や漏気量、漏水量をもって、浸入水量や汚水の漏水量の定量に用いることはできない。少なくともその相関についてこれまでに証明されたものは見当たらない。もちろん水密性良好が浸入水や漏水が無いことを示す証明になることは言を待たないが、このことは水密性不良の状況が浸入水量や漏水量との相関を示すものではないので、データの取り扱いには注意が必要である。

2. 水密性試験の歴史

低圧圧気試験の歴史は比較的新しい。米国では 1964 年にカリフォルニアにおいて陶管の圧気試験結果に基く判定基準が考案され、翌年にシアトルにおけるコンクリート管の圧気試験結果によってこれを追認している。さらに 1973 年米国コンクリート管協会は、協会誌において低圧圧気試験の適用について発表した。最終的には 1975 年以降関連する ASTM 規格(C-924、C-828、F-1417、C-969 以下これらの規格を米国規格と称す)が次々に発効され管種に応じて順次規格が整備される形で、標準化が進んだ。

欧州では、独のほか、英仏および北欧、オーストリアなどが独自の基準をもって水密性試験を実施してきた。1979 年の独規格 DIN4033 では、圧気試験の必要性を認めず、スパンまたはジョイントに対応する 2 種類の水圧検査(注水試験)だけが規格化されていたが、英仏や北欧の規格を評価してほしいという要求にこたえて、何年間もの協議の末、1997 年欧州統一規格として EN1610 が成立発効し、低圧圧気試験のほか注水試験や負圧試験が規格化された。(以下 EN1610 を欧州統一規格と称す) また独 ATV 規格 M143E(6)では、欧州統一規格を準用した既設管の水密性試験が規格化されている。(以下 ATV M143E(6)を独規格と称す)

日本においても昭和 62 年(1987 年)に、「下水道管路施設における浸入水防止対策指針」(財団法人日本下水道協会刊行)において、注水・揚水および低圧圧気試験が水密性試験として紹介されているけれども、その内容は調査方法の説明を述べるにとどまり、判定基準は明示されていない。また「下水道管路施設維持管理マニュアル」(1997 年社団法人日本下水道管路維持管理業協会刊行)でも、注水試験や水圧(圧気試験)の解説があり、圧気試験ではジョイント試験及び支管口試験の例として試験圧 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ (約 50kPa)の例が示され、許容減圧 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ (約 10kPa)の圧力測定特性図が掲載されているが、判定根拠が定かでなく、加圧初期の均圧保持時間の設定がなく、試験時間も適当なため検査の要件を満たしていない状況にある。近年、不明水と環境汚染問題が重要視され、これらへの取り組みの一環として水密性試験が重要視され始めている。欧米規格に準拠する判定基準を新管検査に持ち込む自治体も徐々に増加しており、本格的な対応の端緒にあると考えられる。

3. 低圧圧気試験の方法について

3.1. 低圧圧気試験の2つの方法

低圧圧気試験には、管径または管径と管延長から規定された試験時間内の減圧が許容範囲にあるかどうかを試験する「許容減圧一時間法」と、規定の圧力を保持するように制御しながら規定された試験時間内の漏気量をロータメータなどで定量する「試験圧保持一漏気量法」の2種類がある。

米国規格では両方、欧州統一規格では「許容減圧一時間法」が採用されているが、測定の簡便性から、「許容減圧一時間法」が用いられることが多い。以下、この方法を中心に内容を説明する。

3.2. 試験対象

試験対象は主として本管で、スパン間調査では取付管も同時に調査することが多い。

1000mm を超えるような大口径管では、スパン間圧気試験は装置のセットや安全性の問題から現実的に困難で、ジョイント毎に測定する方法が一般的である。詳細は検査規格一覧表を参照のこと。

ジョイント毎の調査は、スパン間調査で不合格になったケースの追跡調査としても利用される。

取付管単独でも調査は可能であるが、人孔や公共柵は安全上の問題から注水試験が一般的である。

3.3. 低圧圧気試験の特徴

低圧圧気試験は、短時間で経済的に水密性試験ができることが最大の特徴で、注水試験を補完するもしくは、注水試験のバックデータとしての役割を果たしてきた。

圧気試験で気密が確保される管路施設は、注水試験をするまでも無く水密性が確保されていることを前提に、緩やかな漏気状況を注水試験による追試で最終判定する方法が一般的である。

既設管調査では、ほぼ2元的な試験結果が得られることが多い。すなわち漏気過剰で試験ができないくらい悪いか、そうでないかの結果で、合否判定が簡潔である利点がある。このことは逆に、緩やかなランク分けの調査にはあまり適していないことを意味し、不良なものの中を更にランク分けして対策の順位評価をしたいケースでは注水試験のほうが望ましい結果を得やすい。

注水試験との違いは、段階的評価にあまり向いていないことのほかに、注水試験では水深によって圧力が変化するのに対し、ほぼ均等に圧力が懸かること、急管勾配でも試験ができること、水を使わない分手間が掛からず、結果として試験費用が安くなる、などである。

3.4. 作業安全の確保

欧州統一基準の成立過程から、30kPa を超える圧力で試験することは、作業安全上望ましくない見解が出されている。欧米の規格を見ても 28kPa を超えて試験する方法は見当たらない。(ただし、圧力管やジョイント毎の試験は別で、通常懸かる圧力の何倍かで試験をする必要がある。

ただし 30kPa 未満といえども、加圧中のプラグの外れなどによる事故の危険性は非常に高いので、加圧中は決して人孔の中に入って作業をしてはならないことが欧米の規格のなかには必ず網羅されている。

とくに間違っって規定圧力を超えて加圧したときの危険性は甚大で、リークテストの表示だけを頼りに加圧を制御することは、たとえば加圧パイプの途中が折れ曲がってリークテスト側に圧力が加わらないままに、加圧し続けると大変な事故を引起す。したがって、加圧ラインはつねに安全弁を有し、危険なレベルに達する前に自動的に排気されなければならないことはいうまでもない。

事故予防の観点から、プラグが間違っって抜け出さないように添え木でプラグを固定させることもある。

3.5. 締め切り

試験区間のプラグ等による締め切りが十分でなければ、その箇所から漏気してしまい試験することができない。一般的にいてコンクリート管では微細な空隙からの漏気は避けられず、試験装置の通気ラインも含めて、完全な気密状態を作り出すことは非常に困難で、これらのことが許容減圧量の根拠になっている。

ジョイント試験では、ケースによって予め、短管などを利用した地上模擬試験や、ジョイント間の明らかに水密性が確保されると目される区間を利用したジョイント間模擬試験によって、気密限界を調べて良好なレベルを確認しておくことがある。

プラグの締め切り圧は、日本の「下水道管路施設維持管理マニュアル」では、パッカー圧として 50kPa の試験圧に対して 200kPa の例がある。

3.6. 加圧と初期減圧

欧州統一規格では試験圧の 10%増し圧力になるまで最初加圧し、初期減圧に対処する。水密性がある試験対象でも初期減圧は見られることが多い。この初期減圧の大きな原因は、コンプレッサから送り込まれる空気と対象管路内の空気の温度差にある。たとえば、気温が 25℃、管内温度が 10℃とし、欧州統一規格の LC 基準である 10 k Pa で加圧したとき、ゲイリュサックの方程式から、温度差による減圧は 5.5kPa にもなり、この温度差による減圧量だけで、許容減圧量の 1.5kPa を大きく上回ることになる。したがって初期減圧は判定根拠から除

外されなければならない、このような理由で低圧圧気試験では均圧保持に一定の時間が必要である。ただし、加圧には試験対象の容積に応じて時間を要し、加圧過程で温度が順次均されてゆくので、加圧後、急激な変化を伴うものではない。

水密性試験における原則として、加圧は地下水圧よりも必要なだけ高い圧力であることが要求される。地下水位が対象管路施設より高いばあいは、注水試験や低圧圧気試験ではなく、揚水試験(漏水量定量試験)を用いるほうが望ましい。

3.7. 均圧保持

初期減圧による誤差を試験判定条件から省くために、一定時間加圧状態で保持する。

欧州統一規格では 5 分、米国規格では 2~5 分の不定期(圧力低下状況から判断する)の保持時間を要求している。日本の「下水道管路施設維持管理マニュアル」には、ジョイントや支管口の例としてまったくこれに関する記載がない。

既設管の調査経験からは、均圧保持の間に漏気過剰による不合格が明確になることが多いので、均圧保持時間は圧力低下を睨んで判断するほうが合理的である。

米国規格では新管検査においてもそのような対応を認めているが、しかし欧州統一規格では関係各国の基準を刷り合せてきた経緯があつて、安全側を見込んで 5 分に統一されている。ただし欧州統一規格に準拠している試験例でも経験的に 1~2 分しか保持時間をとらず、試験圧にしてコックを閉めたあと 10 秒程度の中に生じる瞬間的な圧力低下は気密不良に拠るものではないとして、許容減圧範囲に含めないケースも見られるため、実際は圧力低下の状態から判断しているケースが多いものと思われる。

3.8. 試験圧と試験開始

欧州統一規格では、それまで関係各国で実施されてきた試験基準に基づいて 4 種類の試験圧を基準化している。英仏の基準をベースにした LA (1kPa)、LB (5kPa)、北欧および独の基準をベースにした LC (10kPa)、独の基準をベースにした LD (20kPa) で、これ以外にもオーストリアで実績のある 30kPa の試験圧が検討されたが、安全性の問題から欧州統一規格には採用されていない。また LA・LB 基準は圧力が低い分安全であるけれども、許容減圧の判定が試験装置や均圧保持の観点から若干難しい。

既設管検査としては独基準(ATV-M143E(6))が LC 相当の 10kPa を採用している。

米国規格では、欧州統一規格の LD 基準より高い 24~25kPa である。

日本の「下水道管路施設維持管理マニュアル」では、ジョイント試験および支管部試験として地下水水圧+50kPa の例が示されている。これらの試験では

スパン間試験に比べて試験対象の空間が小さく、均圧保持時間はほとんど必要がない。

試験開始は米国規格のように均圧保持ルーチンで圧力低下の状態を判断して、人為的な判断で行うか、欧州統一規格のように 5 分の均圧保持後、試験圧を確認して自動的にスタートさせる両方があるけれども、米国規格における均圧保持状態を自動判定できれば、いずれの方法も自動で計測することが可能で、リークテスタ LT-7000 では手動・自動の両方をカバーしている。

3.9. 許容減圧と試験時間

欧州統一規格の許容減圧量は LA が 0.25kPa、LB が 1kPa、LC・LD が 1.5kPa で、試験時間は管径と圧力で表される関数である。

米国規格の許容減圧量は 7kPa で、欧州統一規格に比べて大きい。許容漏気量を基準にした試験時間は管径(口径)と管延長(長さ)で表される関数である。(詳細は検査規格一覧表を参照)

日本の「下水道管路施設維持管理マニュアル」では、許容減圧量をジョイント試験および支管部試験として 10 k Pa としている。試験時間は 10～30 秒としているが、その根拠は定かではない。

米国規格では、明らかに許容減圧範囲内あることや不合格であることが判断できるケースでは、試験時間を短くできる。実際、明らかに不合格と判断されればそのあとの試験は不要であるし、ほとんど漏気が無く減圧状況から見て必要な試験時間に達するまでもなく合格と判断されれば、やはりそれ以後の試験は必要がない。

とくに既設管検査では、合否判定が瞬時にわかることが多いので、合理的な判断基準に基いて、冗漫な検査時間を合理化することは、進捗率を改善し経済的である。リークテスタ LT-7000 では自動判定機能によってこれを実現している。

4. 注水試験の方法について

4.1. 注水試験の 2 つの方法

注水試験には、漏水量に見合う補水により水圧を一定にして、このときの漏水量から判定する「補水流量定量法」と、一定以上の水圧を保つことを条件として計測水位の変化から漏水量を定量して判定する「水位変化定量法」の 2 種類がある。リークテスタ LT-7000 では、このうち「水位変化定量法」に対応している。また「水位変化定量法」の応用として、許容漏水量に見合う低下水位を決めて簡易に評価する方法もある。

米国規格・欧州統一規格とも定量的な厳密性を背景に「補水流量定量法」で

規格をとりまとめているが、補水作業を示す水位変化記録と補水量の記録両方を必要とするため、「水位変化定量法」で代用することが多い。

4.2. 注水試験の特徴

注水試験は勾配の大きい管路では本管全体を満水にすることが困難である。取付管にプラグをして試験することも考えられるが、思わぬところから漏出溢水して道路や宅地を汚損することがあるので、あまりお勧めできない。

注水位は地下水位よりも高くなければ、水密性不良箇所から漏出しないので試験にならない。また地下水位計測自体が結構手間で、下水関連調査では人孔を利用して横穴を貫通させ観測井を設ける方法が一般的であるが、横穴の位置によっては水の通り道の関係で地下水がある箇所を検出できないことがある。簡易には人孔直壁の濡れ具合から判断することもある。

地下水位が管頂よりおおよそ 50 cm 以上のケースでは対象人孔間を締め切って揚水試験で漏水量を定量する。ただし揚水試験による揚水量は締め切ることにより上流側の回り水の影響や地下水位によって変動するため、そのまま浸入水として定量的に評価することには問題があり、地下水位との関連で相対的に評価されなければならないし、データは定性的に取り扱う必要がある。

4.3. 初期注水と保持時間

欧州統一規格では人孔を利用して地上付近まで初期注水し、1 時間以上、地上付近(−10cm 以内)で保持する。

既設管対応の独規格では管頂+50cm 以上で初期注水し、規定はないが欧州統一規格に準ずるため、1 時間以上保持するものと考えられる。

米国規格では管頂または地下水位+60cm 以上で初期注水するが、管渠の浸漬時間として 4~72 時間の保持時間規定がある。

4.4. 許容漏水量と試験時間

欧州統一規格では試験時間 30±1 分の、接水面積当りの漏水量($\text{ℓ}/\text{m}^2$)で判定する。許容漏水量は管渠 0.15 $\text{ℓ}/\text{m}^2$ 、管渠+人孔 0.2 $\text{ℓ}/\text{m}^2$ 、人孔 0.4 $\text{ℓ}/\text{m}^2$ である。

既設管対応の独規格では試験時間が 15 分に変更される。

米国規格では管径と管延長から計算される許容漏水量が規定されており、試験時間については 15 分~24 時間の適当な時間を設定する。

5. 新管・更生管・既設管試験の相違について

欧米基準で見ると、新管試験では引渡し基準としての合否判定を、経験値から割り出して、基準以上の水密性を保てることができれば、漏水も浸入水も生じないと考えられるレベルで行っている。(車に例えれば新車の工場検査のレベル)

これに対し既設管試験のレベルは、新管試験のレベルを基準にして、検査要領を簡単にする方向か、許容検査時間を短くして実質的に判定基準を緩和しているようみえるが、基準としての厳密さは窺えない。例えば独基準では欧州統一規格に準拠しながらも、試験圧、許容減圧量は同じながら試験時間を半分にする方法で基準を半分に弱めている。このことにどのような根拠があるのかどうかは明確ではないが、少なくとも管渠の経時変化に配慮したものと思われる。

更生管試験では、本管・取付管・公共柵の一体補修であれば新管レベルの試験基準が必要であると考え、公共柵ライニングや取付管だけの更生では、既設部分との取り合いにおいて、実際問題として新管レベルの試験基準を設けることは、これまでの試験経験から言っても難しい。

6. 省時間自動判定型簡易検査の必要性と自動操作の内容

6.1. 水密性試験における現状の問題点

欧米の規格内容を比較しても判るように、均圧保持や試験時間は、一定の約束事はあっても、厳密なものではないことが判る。例えば米国規格では、明らかに良好なものは規定の時間を計測する必要はないとしているし、欧州統一規格に準拠した実際の試験作業手順書のなかでも、均圧保持時間を 2 分程度にしているケースが見られるなど、現場適用に柔軟性が見られる。

新管検査では、水密性試験を工程の中で消化できるので、24 時間を越える試験でもそれ自体問題にならないが、既設管や更生管検査では、汚水が流下しているため、検査区間を締め切るにしてもできるだけ短い時間で行いたい。これは、締め切りによる溢水発生の危険性または、水替え手間(道路占有による交通問題、水中ポンプや発電機などの水替え費用)を生じるばかりでなく、日進量が落ちて相対的に試験費用の高騰を招き、試験の実施そのものを危うくしやすい。

既設管検査に、新設管検査基準を適用しても、もともと新管検査段階で水密性を試験せず、劣悪な開発団地でみられる養生不良管などでは、ほとんどが不合格になって、検査そのものの意味が薄れ、少なくとも補修の順位評価に用いることができない。

そこで以上の問題点を解決するために、以下のような省時間自動判定型の簡易検査を提案し、リークテストではアルゴリズムの中に採用している。

6.2. 基本コンセプト

試験状態を自動判定して、判定まで時間を最小限度に抑える。このことにより試験の経済性、安全性を高める。

新管・既設管・更生管(修繕管)を1プログラムで一元的に試験し判定できるようにする。その方法としては、判定ランクを良好・不良(ABC区分)ランクに分ける方法による。すなわち新管や更生管では良好(合格)・不良(不合格)の厳密な2元判定を基準とし、既設管・修繕管では不良(不合格)をさらにABCランクに分け、改善の順位評価に利用し易くすることを想定している。

良好(合格)・不良(不合格)基準は、新管・既設管とも適用が可能な、欧州統一規格(LC基準)と独規格に準用し、不良(ABC区分)ランクは、これまでの試験経験に基き、現実的な対応が可能な方法を提案する。

6.3. 低圧圧気試験(自動モード)

7.3.1 試験方法

初圧開始—均圧保持—試験開始・終了—判定—加圧開放までの一連のルーチンを監視し、安定した減圧状態を特定して、自動的に試験を開始させ、判定する。

7.3.2 判定基準

新管の良好ランクは欧州統一規格(LC基準)に準拠し、既設管では独規格に準拠する。既設管の不良ランクはA:必要な初圧にならないか、なっても5秒以内に最低限度圧力ラインを下回るもの、B:試験開始までに試験圧から許容減圧量を差し引いた基準合格圧力ラインを下回るもの、C:Bよりも緩やかな減圧だが合格ラインには達しないもの、とする。

初圧 11kPa・均圧保持時間(自動判定、最長5分)・試験圧 10kPa・試験時間(自動判定、最長規定判定時間)・判定(規定判定時間値に換算して判定)

7.3.3 アルゴリズム

外的物理変化が無ければ、減圧の形態は減衰曲線または直線の2種類と考えられ、安定期には直線となることから、これを検出して、規定時間の減圧量を規定内時間で推定する。

急激な初期減圧に対する加圧補正は、加圧開始後1分以内に行うことを原則とし、1分後以降に加圧があれば試験操作不良として終了する。

圧力は1秒毎に監視し、圧力変化の度合い(または適当な移動平均値の変化)を定量して、予め設定した許容範囲にあれば、これを安定期と判断する。この判断は初圧開始1分後からおこなう。

原則的な総検査時間を3分以内とし、安定が保てなければ規定時間まで延長される。

初圧開始から圧力変化がほとんど無いものは、3分後の判断で良好(合格)と判

断される。

いずれのケースでも最低限度圧力ラインを下回れば、その時点で試験は終了し、試験は不合格となる。このとき減圧状況に応じて規定ランクが示される。

6.4. 注水試験(自動モード)

7.4.1 試験方法

注水開始—試験水位浸漬保持—試験開始・終了—判定—止水開放までの一連のルーチンを監視し、安定した減圧状態を特定して、自動または手動で試験を開始させ、自動的に判定させる。

7.4.2 判定基準

新管基準は欧州統一規格の W 基準に準じ、既設管基準は独規格に準ずる。

新管検査時には人孔地上付近まで注水し試験する。補水法ではないので低下水位から漏水量を計算する。水位低下が漏水以外の原因であると考えられるときは、1 時間を目安に地上付近まで補水したあと、試験を開始する。

既設管渠+人孔試験時は人孔内に注水し、管頂 50cm 以上を保持する。このため水位センサは管頂付近にセットし、原則として斜壁下まで注水するものとし、この位置と管頂+50 c mの間で試験する。

既設枺+取付管試験時は、枺内に注水し、取付管頂 50cm 以上または地上付近まで注水する。

既設人孔・枺調査では地上付近まで注水し、試験する。

7.4.3 アルゴリズム

新設管では合格・不合格の 2 元判定とし欧州統一規格の W 基準に準じ、既設管では良好・不良 ABC の 4 段階判定とし、良好の判定は独規格に準ずる。

注水しても試験水位まで上がらないか、上がったも 1 分以内に最低限度圧力(下流側管内頂水位)ラインを下回るものは不良 A ランクとする。また補水を繰り返しても同様の現象が見られるときは中断ボタンを押すことによって、不良 A ランクが判定される。

試験開始後 1 分を越え、水位低下の傾向から 1 時間以内に最低限度圧力(水位)ラインを下回るものが推測計算で予測されると不良ランク B と判定される。下回らない場合、更に 3 分後に自動的に試験を開始し、試験開始後、種別の許容漏水量から 3 分後に合否判定をする。不合格の場合、不良ランク C とする。

浸漬保持の判断が困難なときは手動判定確認とし、自動作業ルーチンからは省く。

6.5. 簡易注水試験(参考)

欧米規格を参考にしながらも、日本の実情に合わせて見直し、よりシンプルな調査基準を定めたもの。添付資料参照。

7. 手動操作

7.1. 低圧圧気試験

初期加圧、均圧保持後の試験開始、試験終了、記録終了までを手動で制御するもの。試験時間は予め固定することができる。

7.2. 注水試験

初期注水、水位保持後の試験開始、試験終了、記録終了までを手動で制御するもの。試験時間は予め固定することができる。

8. 検査規格の一覧

規格一覧表を参照

水 密 性 試 験 規 格 一 覧

低 圧 圧 気 試 験

ID	試験区分		規格		適用		初期加圧	均圧保持	検査圧	判定時間	許容減圧量	備 考			
							kPa	分	kPa		kPa				
11	新設	区間 スパン	欧州統一 EN1610	LA	管種を問わず φ1000位ま で	HP	1.1	5分	1	計算書1	0.25	判定が微妙なときは注水試験結果に基づく。φ1000超ではジョイント毎の圧気試験でも良く、試験基準は同様 地下水位が高いときは水圧以上のより高い圧力が必要 圧力管は別規定			
12				LB			5.5		5		1				
13				LC			11		10		1.5				
14				LD			22		20		1.5				
15	既設	ジョイント	米国 ASTM	C924M-89	100~600	CP	27~28	検査圧以上 2~5分	24	計算書2	7(3.5)	地下水位が上流管頂より約60cm以上高いケースは不可。揚水試験を用いる 62kPaの安全弁下で試験すること と 大口径管や管長が大きい場合で試験時間が30分を超えるものは許容減圧量・判定時間とも1/2にして計測時間を短縮する			
				C828											
				F1417									VP	100~900	
16	既設	ジョイント	独ATV	M143E(6)	100~1200		11	10分×管径m	10	10分×管径m	1.5	EN1610:LCに準拠 φ1200超は $5.61 \times \sqrt{(2 \times \text{管径}[m]^3 + \text{管径}[m]^2)}$ で計算 卵形管等は管径相当値として、4×管断面/全周で計算			
17						ジョイント		11	15秒	10	計算書4		1.5		
18							参考(管路施設維持管理マニュアル)		-	-	50		10~30秒	10	
19	新設	区間スパン	日本	A市特記仕様	HP・VP700迄		22	5	20~21	計算書1準用	1.5	路線延長300m以上の標本調査			

注 水 試 験

ID	試験区分		規格		適用		初期注水	水圧保持	判定時間	許容漏水量	備 考
							人孔満水	初圧~1kPa(約10cm水頭) 範囲に1時間以上保持		管頂+60cm以上 浸漬 4~72時間	
21	新設	管渠	欧州統一 EN1610	W	φ1000位まで	-	人孔満水	初圧~1kPa(約10cm水頭) 範囲に1時間以上保持	30±1分	0.15%/m	管内頂レベルで10~50kPaの範囲 φ1000以上はジョイント検査でも良い
22										0.20%/m	
23										0.40%/m	
24	既設	管渠+人孔 取付+柵	独ATV	M143E(6)	-	-	上流管頂+50cm以上に保持 接続管頂より+50cmに保持	15分	15分	0.20%/m	ジョイント部の接水面積計算に代表値として1mを用いても良い。 試験対象の一番低いところで(50kPa以下) 接水面積(m)には、柵及び取付管の底部面積を含む
25										0.40%/m	
26										計算書5	
		2人孔間 人孔	米ASTM	C969M-94	-	-	管頂+60cm以上	浸漬 4~72時間	15分~24時間	計算書6	地下水位が管頂+60cm以下であること

参考：揚 水 試 験 (浸 入 水 定 量 試 験)

ID	試験区分		規格		適用		初期注水	水圧保持	判定時間	許容浸入水量	備 考
							上流管頂又は地下水位+60cm以上	15分~24時間		計算書7 計算書8	
-	既設	2人孔間 人孔	米ASTM	C969M-94	HP	-	上流管頂又は地下水位+60cm以上	15分~24時間	計算書7 計算書8	地下水位は上下流人孔で計測した平均水位とする 注水位は通常地上付近まで上げたほうが人孔全体の水密性が判断できる	

参考：負 圧 試 験

ID	試験区分		規格		適用		初期加圧	均圧保持	検査圧	判定時間	許容減圧量	備 考
							kPa	分	kPa		kPa	
-	既設	管渠	独ATV	M143E	100~1200	11	10分×管径m	10	10分×管径m	12		
-	新設	人孔	米ASTM	C1244M-95	コクリト製人孔	33.1Hg		30.6Hg		3.6Hg		

自動・手動試験モード

ID	試験区分		規格		適用		初期加圧	均圧保持	検査圧	判定時間	許容減圧量	備 考
							kPa	分	kPa		kPa	
001	圧気	自動				11	自動判定	10~11	自動判定	1.5	デフォルト・不良ランク区分は独自基準による	
		手動				手動	手動・固定	なし	手動・固定	手動・固定		
002	注水	自動				手動	自動判定	手動	自動判定	独規格に準ず	備 考	
003		手動				手動	固定・手動	手動・固定	手動・固定	手動・固定		

計算書1	判定時間(分) = 1/K × Ln(試験圧 / (試験圧 - 許容減圧)) 定数K(0.058以下) = P / 直径mm P = 湿潤管12、乾燥管16 判定時間5分以下は0.5分、5分超は1分単位に丸める。 管径-試験時間表を表2-1に示す
計算書2	判定時間(分) = 5.34E-4 × 管径[mm]^2 × 管長[m] / Q 許容漏気流量Q(0.06以上、小数点2桁に丸める) = 2.78E-4 × 管径[mm] + 1.1E-3 管径-試験時間表を表2-2に示す(規格はインチ基準の表引なので、計算式に直して概数を表にしてある)
計算書3	判定時間(秒) = 3.346 × 管径[m] × K / Q 定数K(1以上) = 0.05412 × 管径[m] × 管長[m] 許容空気損失係数Q = 0.0015 取付管は本管と取付管の総管内壁面積が58m ² 以上の時は無視してよい 以下のときは次の計算による 判定時間(秒) = 3.346 × Σ(管径^2 × 管長) / Σ(管径 × 管長) × K / Q 定数K(1以上) = 0.05412 × Σ(管径[m] × 管長[m]) 管径-試験時間表を表2-3に示す
計算書4	判定時間(秒) = 1800 × √(管径[m] + 0.5) × (試験空間体積 / 試験空間パイプ面積) ただし試験空間体積にはエアホースの内容積も含む 管径-試験時間表を表2-4に示す
計算書5	許容漏水量(%/h) = 18.5 × √(平均注水位m / 0.9m [1以上]) × 管径mm × 管延長km / 24 平均注水位: 上下流管頂から上の水位を平均したもの 特定条件時の管径・管長別許容漏水量の一覧を表2-5に示す
計算書6	許容漏水量(%/h) = 4 × 人孔径(m) × 注水位(m) 注水は周囲に地下水位があるばいその水位より上の水位として計算 人孔径別・注水位別の許容漏水量を表2-6に示す
計算書7	許容浸入水量(%/h) = 18.5 × √(平均地下水位m / 1.8m [1以上]) × 管径mm × 管延長km / 24 平均地下水位は上流人孔周囲の地下水位 + 管長 × 管勾配 / 2で計算できる
計算書8	許容浸入水量(%/h) = 4 × 人孔径(m) × 地下水位(m)