

剛構造樋門の設計

正員 小寺隆夫

1. はじめに

樋門は用排水舟行のため堤防を横切って扉を有する暗渠で貫通する治水利水上必要不可欠な存在で数多く設置されている重要な河川工作物である。その設計施工維持管理が不適切であれば、扉の閉鎖の遅れ不完全による浸水氾濫、暗渠に沿う水みちの形成による漏水破堤の危険を蔵している。最近支持杭を有する樋門が周辺の地盤沈下に追従できず浮上り、暗渠底版下に空洞発生・水みちの形成・漏水破堤の原因となることが指摘された。このため、支持杭の施工は禁止され、柔構造樋門と称して地盤変位に追従する継手を設けたR C（鉄筋コンクリート造）の暗渠の樋門が提唱され実施されている。

従来R C暗渠は継手無く、短い木杭を打ち込んだ地盤に築造されていた。高度成長期の激しい地盤沈下、阪神淡路・中越の大地震を経て半世紀以上が経過している。遮水土留壁の不等沈下、引上扉門柱の破損等の被害は発生したが、暗渠本体は地盤の沈下に追従して沈下し、漏水破堤につながる暗渠底版下の空洞、暗渠本体の亀裂、扉の操作に支障をきたす縦断方向・横断方向の傾斜の発生も認められていない。著者は、このことに着目し、この継手のない暗渠を有する従来の樋門に、いくつかの改良を施した樋門を剛構造樋門（以下「本樋門」という。）と名付け、柔構造樋門に比べて、設計施工維持管理が容易で耐久性経済性に優れ安全で安心できる樋門と考え提案し、その設計について述べる。

2. 剛構造樋門

本樋門は、既設の堤防を開削して真空井列工法（ウエルポイント工法）によって強化した地盤に、遮水矢板・袖壁・開渠側壁を剛結したR Cの基版を施工し、基版上に、回転式の扉（マイター／スイング／フラップ）を二重に内蔵し、翼を剛結した継手のないR C暗渠を築造する。暗渠高は、暗渠を一樣な地盤上におかれた完全剛体の梁として求められる最大曲げモーメントに対して必要な暗渠底版引張鉄筋の配筋が可能なように設定する。本樋門は堤防が計画嵩上高まで嵩上げされたときに対応できるように寸法・強度を設計し、胸壁高は計画嵩上高として予め施工しておくものとする。

2. 1. 基版

既設堤防を開削して樋門を設置する場合は、地盤に加わる荷重はほとんど変化しない。排除される土の重量と樋門の自重等の荷重がほとんど変わらないからである。すなわち、樋門の設置による新たな圧密沈下は発生しない。1956年暮れに木曽川下流に赴任したとき、揖斐川右岸に建設されたR C樋門が竣工直後に亀裂が発生し問題となっていた。普通樋門は既設堤防を開削し施工されるが、この樋門の場合、堤内地に築造した後、盛土して堤防を完成させ既設堤防に取り付け旧堤を撤去するという工法がとられていた。地盤に新たな大きな荷重が加わり急速な沈下が発生し、R Cが十分強度発揮しない時期に、亀裂が発生したと推定した。本樋門では木杭を廃し真空井列工法によって地下水位を低下させ地盤を強化し、遮水矢板・袖壁・開渠側壁を剛結したR Cの基版を施工する。著者は1952年暮から揖斐川右岸大樽川の樋門改築の設計施工を担当したがgamma（自噴水）の処理に悩まされた。後年、埼玉県浦和で水理実験用の配水塔地下貯水池の施工に真空井列を用いその効果を確認した。基版は建築という不等沈下を防ぐためのベタ基礎と同じである。暗渠の前後に施工される開渠の水叩を兼ねる。地震時における堤防地盤の流動化によってR C樋門が改築を要するほど傾斜・移動した例は聞かない。締固め強化された地盤遮水矢板が効果を発揮したものと推定される。

キーワード 地球温暖化、地盤沈下、ベタ基礎、引上扉、柔構造、堤防嵩上

〒509-0115 岐阜県各務原市緑苑南2-63 TEL 058-370-5053

2. 2. 用語の定義 土木では本樋門でいう開渠側壁・袖壁を翼壁、翼および胸壁をまとめて胸壁と名付けている。建築では建物の左右に張り出した部分を翼といい、建物の屋上に設けられた低い手摺壁を胸壁という。広辞苑でも同定義である。著者は建築の定義に習い暗渠の端部において左右に張り出し土留・遮水の役割を果たす構造物を翼、翼の頂及び暗渠の頂を通して剛結して将来堤防を嵩上げしたとき翼と一体となって土留・遮水擁壁の役割を果たす低い壁を胸壁と呼ぶ。開渠の端部において左右に張り出し土留・遮水の役割を果たす壁を袖壁と名付ける。1950年代は確かそのように呼んでいたように記憶している。

2. 3. 暗渠高と暗渠長

暗渠の縦断方向の応力は従来どおり暗渠を一樣地盤上の完全剛体の梁と仮定して求める。RC暗渠の剛性は地盤の剛性に比べて著大であるから完全剛体の仮定は成立する。また暗渠長は大きくても50m未満であるから、自然の堆積地盤において、一樣地盤と仮定するのは妥当である。この仮定で設計された従来のRC暗渠に漏水につながるような重大な亀裂が発生していないことから帰納的に仮定の安全性が立証される。しかし、この仮定で求められる曲げモーメントは極めて大きく暗渠底版の引張鉄筋の配筋が困難な場合が生ずる。本樋門では、配筋を最大径29mm、最小鉄筋中心間隔125mmで段数2段に収まるように、暗渠高を定める。暗渠の長は、暗渠両端において堤防法面に一致するように定める。すなわち、暗渠長と暗渠長は繰り返し計算によって定められる。

2. 4. 暗渠側壁厚

暗渠の側壁厚は暗渠の縦断方向に発生する最大剪断力に対して、斜め引張鉄筋を配筋しないでコンクリートのみで剪断力を負担する場合の許容剪断応力度以下に剪断応力度が収まるように設定する。

2. 5. 計画嵩上高

地震・地下水位の低下による地盤沈下、地球温暖化による海水面の上昇によって堤防は嵩上げしなければならない。将来必要となる堤防の嵩上高を予測することは困難であるが本樋門においては計画嵩上高を1mと策定する。したがって胸壁の高は1mとなる。暗渠の横断面、翼、胸壁、開渠の側壁、袖壁は堤防が計画嵩上高に嵩上げされたものとして設計する。嵩上げによって増加するのは等分布荷重であるから暗渠の縦断方向の応力は変化しないので縦断方向の鉄筋は当初のままでよい。

2. 6. 翼

暗渠端の土留遮水壁は暗渠から自立したL型擁壁として設計され、暗渠との間には遮水板が施工されていた。地震や永年の間の地盤変動で暗渠側壁との間に隙間が拡大し、遮水板が破損し、暗渠側壁を沿う漏水の最大の原因となっていた。前述の大樽川樋門改築で著者は、コの字型で暗渠側壁に剛結する枠構造の翼を提案した。現在でも亀裂等の発生が認められていない。本樋門では、暗渠側壁が1m程度あれば片持ち版の翼とする。

2. 7. 扉

本樋門は暗渠内2カ所に回転式扉を装着している。暗渠の敷高は前後の開渠の敷高より高いので土砂等は堆積しない。また、暗渠の両端に冊戸を設けて浮遊物の侵入を阻止する。後の扉は何時でも前側の扉は平常時外水位が内水位をより低いときに点検整備し扉が完全に閉鎖することを確認しておく。引上式扉を回転式扉のように使うには、商用電源、自動起動予備発電機、巻上機、川表側川裏側に水位計、テレメータ、水位データを処理巻上機に指令をだす制御装置を備え常に点検し良好に整備しておかなければならない。それらを設置した操作台は堤防天端に将来の嵩上高を加えた高さ以上になる。また、堤防天端から操作台までの管理橋も必要である。操作台に設計値以上の地震力が働き操作台を支える門柱が破損した例がある。門柱を強固にすれば操作台・門柱両者に作用する地震力が門柱を剛結している暗渠に作用する。門柱は堤防に接近しているので洪水時堤防法面に影響を与える。本樋門の扉は引上扉に優っている。