

### 不来内排水樋管周辺堤防の漏水に及ぼす函体周りの空洞の影響

土木研究所 正会員 ○石原 雅規, 齋藤由紀子  
土木研究所 正会員 川井 正彦, 佐々木哲也  
北上川下流河川事務所 大沼 敏治

**1, はじめに** 吉田川右岸 13.7km に位置する不来内排水樋管においては, 平成 23 年 9 月の台風 15 号の出水により, 吐出水槽脇及びのり尻部から大量の漏水が発生し, 吐出水槽周辺及び裏のり肩付近に陥没が確認された. その後 11 月には裏小段においても陥没が発見され, 翌 24 年 5 月の洪水でものり尻付近から漏水が生じた. ここでは, 不来内排水樋管の函体周りの空洞と漏水の関係について検討するために, 浸透流解析を実施した結果を報告する.

**2, 不来内排水樋** 不来内排水樋管は 1970 年に完成しており, これまで 1978 年宮城県沖地震 (函体脇沿いに 2 列の開口横断亀裂), 2003 年宮城県北部地震 (被災記録なし), 2011 年東北地方太平洋沖地震 (後述) の 3 回の大きな地震を経験している. 図-1 に樋管横断模式図を示す. 樋管周辺の基礎地盤は, 直下流の品井沼大橋辺りの丘陵地を構成する岩盤が急激に潜り込んでおり, その上に約 1.5m の砂層, 約 5.5m の粘土層, 約 9m の砂層の順に堆積したものである. 函体は岩盤上面に達する鋼管杭に支持されている. 函体には 3 箇所止水矢板 (函体下側のみ) と遮水壁が 1 箇所設けられている. 継手は翼壁と函体間, 函体間, 函体と吐出水槽間の 3 箇所設けられている. 2011 年東北地方太平洋沖地震では, 護岸に亀裂, 管理橋傾斜 (堤防の沈下) だけでなく, 翼壁と函体の継手と函体間の継手が開き (函体は最大 15 cm 程度移動), 止水板が破断した. 基礎地盤の液状化によるものと推測される. 平成 23 年 9 月の台風 15 号の出水における目撃証言によると, まず河川水位が約 6m の時点で吐出水槽脇 (①) から漏水が始まっている. 次いで, 河川水位がピークを過ぎた時点でのり尻付近 (②) から漏水が始まっている. この時点で吐出水槽脇の漏水は止まっている. その後, 漏水が原因と考えられる陥没が吐出水槽脇 (①), 法肩 (②), 川裏小段 (③) の順で確認された.

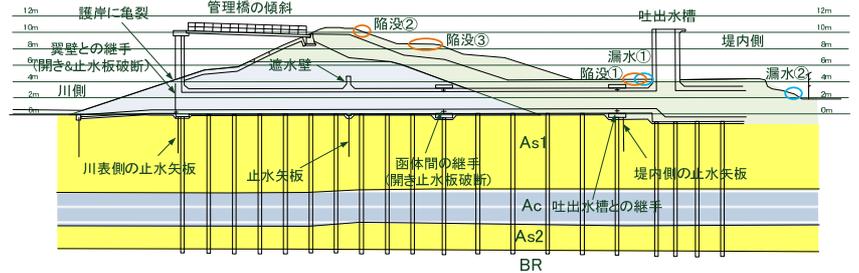


図-1 樋管横断模式図

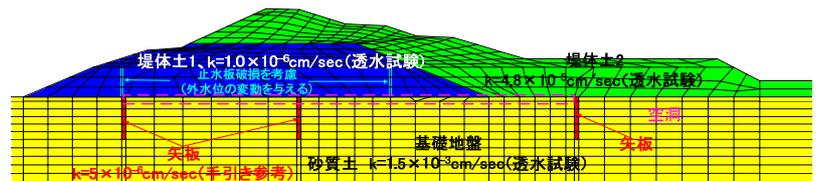


図-2 解析モデル図(堤防部分の抜粋)

**3, 解析方法** 樋管周りの水の流れは, 函体下の空洞をとった水が函体側面を伝って漏水になる等のように, 本来 3 次元で考えるべきところではあるが, ここでは函体脇の堤防横断を図-2 のとおりモデル化した. 外力条件は, 近傍観測所の記録を元に図-3 に示す降雨と外水位を与え, ケース A (函体底面下部に空洞がない. 空洞部の透水係数=基礎地盤の透水係数), ケース B (函体底面下部に空洞があることを模擬. 空洞の透水係数  $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ ), ケース C (函体底面下部に発達した空洞があることを模擬. 空洞の透水係数  $1.0 \times 10^{-0} \text{cm/sec}$ ) の 3 ケースの非定常 2

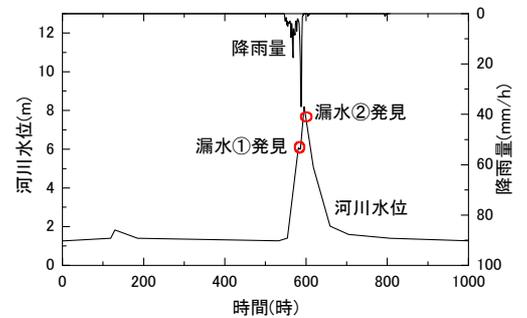


図-3 解析で用いた外力条件

キーワード 樋管, 漏水, 浸透流解析, 被災事例

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木件研究所 土質・振動チーム TEL029-879-6771

次元飽和-不飽和浸透流解析を実施した。開削調査<sup>2)</sup>の結果から止水矢板は健全であると考えられるため、空洞があるケースB,Cにおいては空洞が止水矢板によって分断された状態を再現している。また、東北地方太平洋沖地震により、函体と翼壁の継手と裏のり小段下の継手の止水板が破断したことを模擬するため、いずれのケースにおいてもこの2箇所継手部に相当する位置に外水位と同じ水位変動を与えた。

**4. 解析結果** 図-4に漏水①が発見された時刻(河川水位約6m)の浸透流解析により得られた等圧力水頭線を示す。

ケースAの空洞なしを模擬したケースでは堤内側の止水矢板付近の水面の盛り上がりは僅かであるが、空洞の存在を模擬したケースB,Cにおいては、大きく盛り上がっている。継手部から侵入した水が矢板に堰き止められた結果この位置で水面が盛り上がったものである。ケースAでは矢板に到達するまでに圧力水頭が徐々に低減し、矢板付近では約2mの圧力水頭しか持っていない。一方、ケースB,Cでは継手から作用する水圧が低減することなく矢板に到達し、ケースBで約5m、ケースCで約6mの圧力水頭であった。吐出水槽周辺の函体底面からの土被り厚さは約4mである。G/Wでは若干

1.0を上回るものの、構造物との境界では元々水が走りやすいことと、さらに東北地方太平洋沖地震による強い地震動による構造物と周辺堤体土の間の相対的な動きにより堤体土に緩みが生じたことも十分に想定され、これらも漏水に影響したものと推測される。ケースAとケースB,Cの比較から、函体底面に空洞が存在していたことが漏水①の発生条件の1つであると考えられる。函体底面の空洞の形成要因としては、長期的な圧密沈下以外に、基礎地盤の液状化による抜け出しも考慮する必要がある。さらに、函体の継手が開き止水板が破断していたことや堤内側の止水矢板が当初機能していたことも漏水①の発生条件と考えられる。

次に、図-5に堤内側の止水矢板前後の圧力水頭差の時刻歴を示す。ケースAでは圧力水頭差が最大でも約0.7mしか生じていない。一方で、ケースB,Cでは最大約3.2mとなり、漏水①が確認された時点でも約2.4m、約2.7mの圧力水頭差が生じている。実際には漏水が生じたため、ここまでの圧力差は生じなかったと考えられるが、比較的高い圧力差が矢板周辺に発生したことと、また水の流れによって止水矢板を迂回するような水ミチが新たに形成され、のり尻部の漏水(漏水②)に至ったものと考えられる。

**5. まとめ** 平成23年9月の台風15号による出水において、不來内排水樋管周辺堤防で確認された漏水に係る浸透流解析を実施した結果、この漏水の発生条件として、1)函体底面に空洞が存在していたこと、2)函体の継手が開き止水板が破断していたこと、3)堤内側の止水矢板が当初機能していたことが考えられる。本研究を実施するに当たっては、佐々木康広島大学名誉教授から様々なご指導頂いた。ここに深甚なる謝意を表す。

**参考文献** 1)大坪智博, 太田史朗, 大沼敏治: 不來内排水樋管における河川堤防健全度調査手法に関する一考察, 土木学会年次講演会, 2013(投稿中) 2)北上川・鳴瀬川水系堤防土質調査業務 報告書, 2013

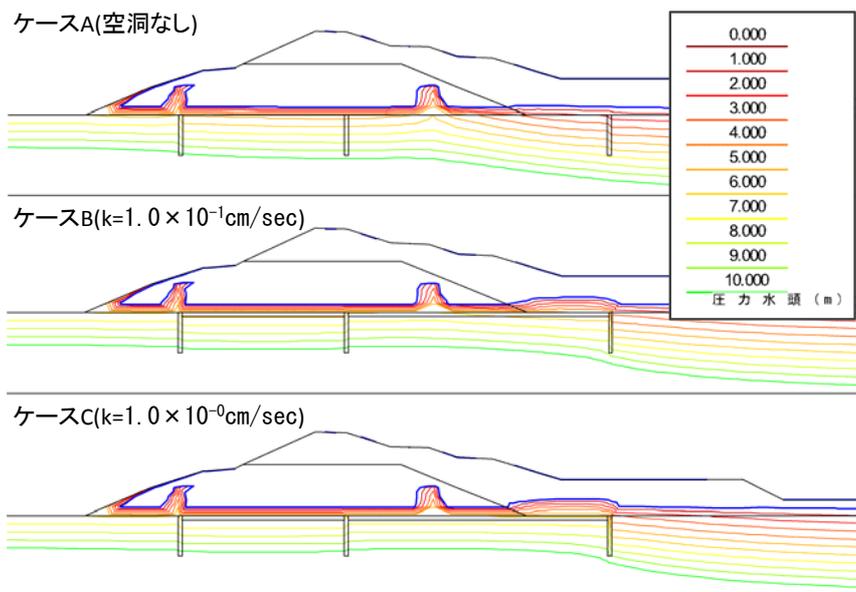


図-4 等圧力水頭線

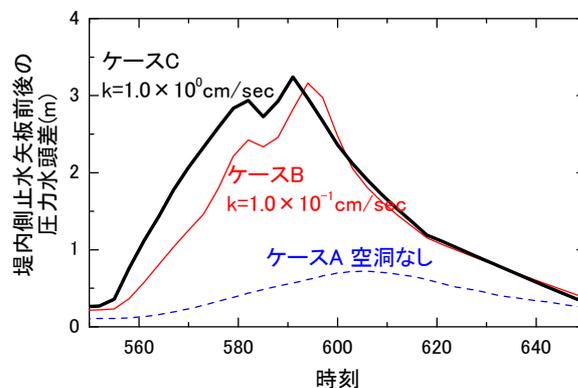


図-5 堤内側止水矢板前後の圧力水頭差の時刻歴