

立地と気候条件が異なる堤体の降雨浸透挙動に関する現地観測

北見工業大学大学院 学生会員 ○岡村 健斗, 南 穂香
 九州工業大学大学院 正会員 川尻 峻三
 豊田工業高等専門学校 正会員 小笠原 明信
 北見工業大学 正会員 中村 大, 川口 貴之

1. はじめに

北海道は国内の多雨地域と比較してこれまでに台風や集中豪雨の影響が小さく、降雨浸透による崩壊の免疫が低い。そのため、今後の気候変動による降雨量の増加は河川水位の上昇に匹敵する外力となる可能性がある。しかし、降雨波形が堤体内水位の上昇過程や浸潤線の形成に及ぼす影響等は不明な点が多く、堤体土質によって危険な降雨波形は異なる可能性もある。それらを考慮した堤防の設計降雨の考え方の検討は進んでいないのが現状である。以上のような背景から本研究では、堤体土質に応じた基本的な水理挙動の把握のために北海道東部の3つの流域の堤防において動態観測を行っている。本稿では、観測堤体の概要と代表的な降雨履歴における堤体表層での体積含水率の変化について考察した結果を報告する。

2. 観測地点概要

本研究において現地観測を行った常呂川、札内川、釧路川は堤体土質、気候条件の変化に富み、各地点は最大で140km程度離れており、水系は完全に独立している。図-1は現地観測した堤体断面および観測機器の設置図を示している。常呂川の堤体(図-1a)は堤体高4m程度、法面勾配2.0~2.5割程度、堤体敷幅25m程度である。札内川の堤体(図-1b)は堤体高3.5m程度、法面勾配2割程度、堤体敷幅16m程度である。釧路川の試験堤防(図-1c)は堤体高1.8m程度、法面勾配3割程度、堤体敷幅13m程度である。各堤防には土壌水分・土中温度計、水位計を設置した。堤体土質については、現地で採取した試料に対して土質試験を行い、堤体土質断面を推定した。常呂川では大部分が礫質土と砂質土で構成されている。裏法尻付近はシルト質土で構成されている。札内川では礫質土であった。釧路川の試験堤防については、砂質土にシルト質土が被覆されている。なお、粒度分布の結果を用いてクレーガーの経験式から推定した飽和透水係数 k_{sat} をそれぞれの堤体における各層での k_{sat} を平均した $k_{sat,ave.}$ 、常呂川では $k_{sat,ave.} = 3.2 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 、札内川では $k_{sat,ave.} = 1.8 \times 10^{-2} \text{m/s}$ 、釧路川では $k_{sat,ave.} = 4.78 \times 10^{-7} \text{m/s}$ となった。

3. 観測結果および考察

図-2は各観測地点において同程度の累積雨量 R を観測した際の降雨履歴と、その際の所定の R における堤体表層での体積含水率 θ の変化を比較している。常呂川と札内川では代表的な値として川裏中腹での降雨前、 $R = 10\text{mm}$, 30mm , 50mm の結果を、釧路川では川表中腹の降雨前、 $R = 10\text{mm}$, 30mm , 40mm の結果を示している。常呂川と札内川では最終的に $R = 60\text{mm}$ 程度の降雨波形であるが、札内川では時間雨量 r の最大値が大

キーワード 河川堤防, 降雨浸透, 実効雨量, 飽和透水係数

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165号 北見工業大学 TEL:(0157)26-9478

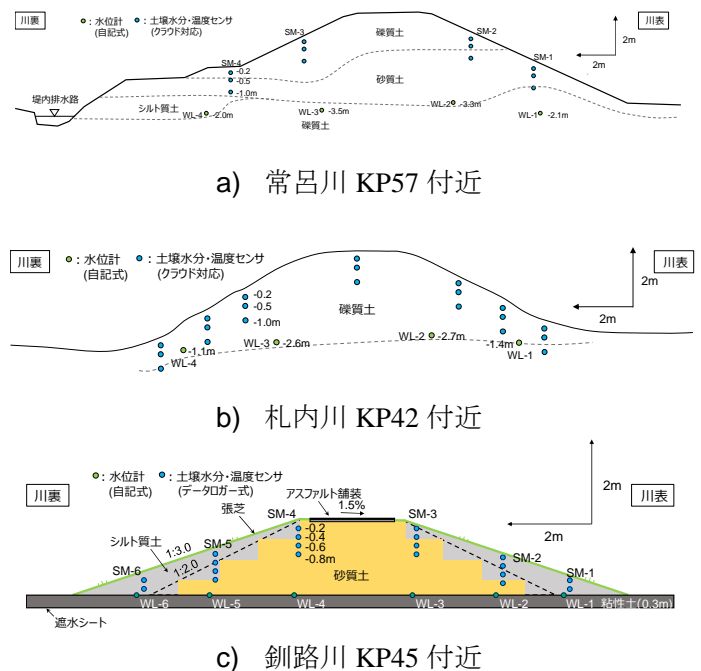


図-1 観測対象の断面および計測機器の配置図

きい。常呂川では R の増加に伴い地表から1.0m の地点で θ が増加しており、降雨浸透に伴い浸潤線が降下している様子が伺える。一方で札内川では、堤体が礫質土で構成されているため飽和透水係数 k_{sat} が高く表層付近での応答が良く、降雨浸透が発生している。しかし、深度が増すと共に反応が緩慢になることから、一次元的な浸透よりも法面法尻方向へ浸潤線が移動している可能性がある。釧路川については θ が大きく変化しているのが地表-0.2m の限定的な領域である。堤体表層がシルト質土で被覆されていることから k_{sat} が低く、降雨の一部は浸透せず流出していることが考えられる。しかし、深度-0.4m 以深での θ もわずかながら増加傾向にあることから、降雨浸透によって飽和度が上昇し、不飽和透水係数 k_{unsat} が k_{sat} に近づくと浸潤線の降下が発生すると予想される。ここで堤体への降雨浸透挙動は時間遅れを伴う現象であるため、地盤に浸透した雨水の影響度合いを間接的に表現可能な実効雨量¹⁾に着目した。実効雨量 R_e とは式(1)で表される雨量指標である。

$$R_e = \alpha r_0 + \alpha^2 r_1 + \dots + \alpha^{n+1} r_n \quad (1)$$

$$\alpha = (0.5)^{1/T} \quad (2)$$

ここで、 α : 1時間単位の減少係数、 r_n : n 時間前の時間雨量、 T : 半減期である。なお、式(2)から T は地盤に浸透した雨水の貯水量が半減するのに必要な時間であると理解できる。図-3 は各観測地点において $\theta \sim R_e$ 関係で最も決定係数が高くなった T と先述した $k_{sat,ave}$ の関係を示している。 T は $k_{sat,ave}$ の増加に伴い減少することがわかる。これは透水係数が低い堤体ほど、堤体内に貯留された雨水の影響が長時間にわたり影響することを表している。

4. まとめ

- ・ 高い透水係数を有する礫質土の堤体では、急激に累積雨量が増加するような降雨波形の際にも降雨浸透が生じたため、浸潤線は鉛直方向の降下と法尻方向へも移動している可能性がある。堤体表層をシルト質土で被覆されている堤体では、地表からの深度-0.2m の極表層でのみ浸透が発生していた。
- ・ 平均飽和透水係数の増加に伴い実効雨量の半減期が減少したことから、半減期の大小によって堤体へ浸透した貯水雨量の影響を評価できる可能性が示された。

謝辞

本研究は令和3年度 国土交通省水管理・国土保全局 河川砂防技術研究開発の助成を受けて、北海道開発局 網走開発建設部、帯広開発建設部、釧路開発建設部および(株)ドーコンとの共同研究として実施した。末筆ながら記して深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 田中ら: 締固め度を変化させた盛土の降雨による崩壊形態と実効雨量, 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.73, No.3, pp276-281, 2017.

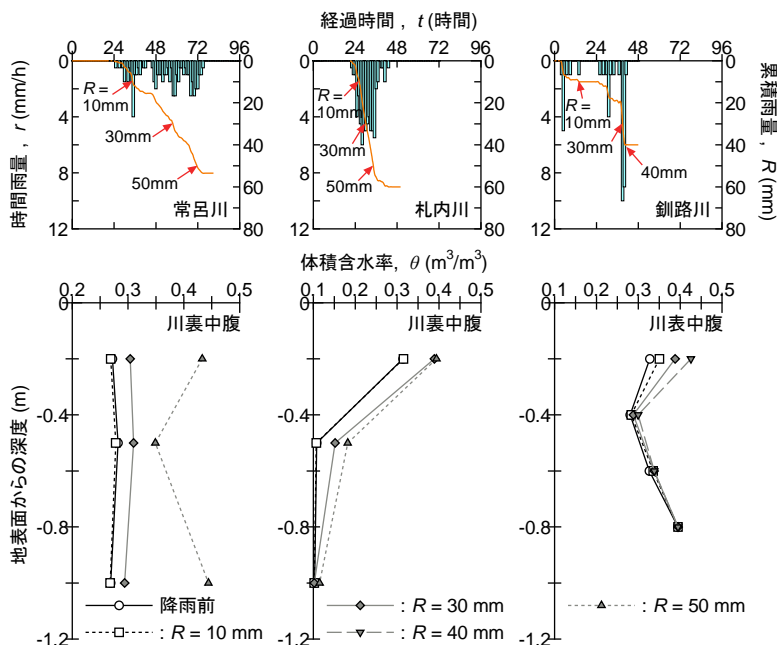


図-2 堤体表層での体積含水率の変化

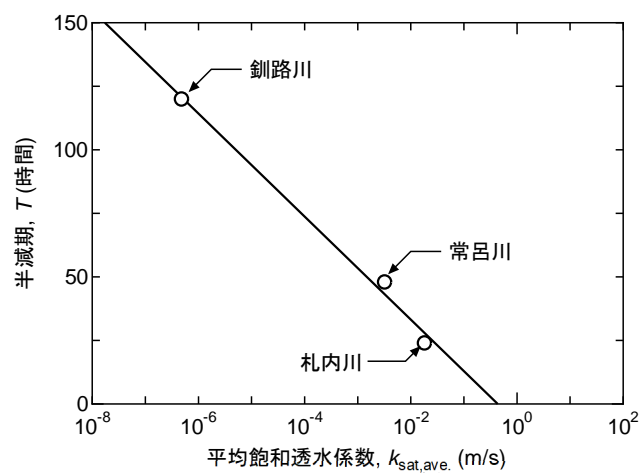


図-3 $T \sim k_{sat,ave}$ 関係