

堤防の表層劣化に関する一考察

A Study on Deterioration of Dike surface

中山 修*

Osamu Nakayama

1. はじめに

河川堤防は、政令である河川管理施設等構造令で規定する断面形状を最低限度確保するものとして築造されており、維持管理がなされている。また、土で構築されている堤防は、護岸が施されている個所を除けば、のり面は降雨による侵食等に対して表面を芝等によって覆うものとしている。

しかし、堤防の表層部分は、温度の変化等による土の膨張収縮や乾燥収縮に常日頃から遭遇しているとともに、芝等の根の枯死に伴うゆるみ、モグラ等の小動物の生息による空洞、堤防の嵩上げ、拡幅に伴う亀裂等の変形があり、当初期待していた機能が低下している箇所も見受けられる。

本研究は、現地の河川堤防を対象に堤防表層部の緩みに関する現地観測を行い、緩みについて、堤防表層部の土の強度を指標として、表層部の植生の状況、張り芝後の経過年等の要因との関係を検討したものである。また、堤防表層部の緩みによる機能低下を土の劣化として捉え、これに対する対応策について考察を加えたものである。

2. 堤防表層部の劣化に関する一般的現象

河川堤防は、一般に材料の入手が容易で、嵩上げ、拡幅等の補強も容易な土を材料として用いている。土は他の土木材料に比べ、材料の劣化がし難い等の特徴を有しているが、堤防の表層部は、日射や降雨等の自然現象に曝されているとともに、芝以外の植物やモグラ等の動物の生息区間となっているところもあり、また、交通荷重等の人為的な作用も加わり土の緩みや変状を呈している区間も少なくない。これらの緩み、変状等を発生形態、原因、発生場所等により表-1に整理した。

発生形態は雨裂、亀裂、緩み及び空洞の4形態に分類でき、発生場所は堤防の天端、のり面及び小段に分類した。雨裂は、堤防に降った雨水がのり面を流下する過程において生じる場合が多く、のり面が筋状に侵食されるものでガリー侵食とも呼ばれている。一般的に降雨強度が大きいほど雨裂による変状は大きく、堤防表層部の堤体材料や表層の植生による被覆状況により異なる。

亀裂は局所的な部分を除けば、堤防縦断方向に発生する場合と横断方向に発生する場合がある。縦断方向の亀裂は堤防の拡幅や腹付けによる場合や地震に起因する場合があり、基礎地盤の性状によっても変状の規模は異なる。横断方向の亀裂は樋門等の堤防を横断する構造物周辺で見られ、地震に起因する場合が多い。また、この他に堤防表層部は、土の乾燥収縮や凍結等の気象変化による亀裂が生じる場合がある。

緩みは乾湿の繰り返しや凍結融解等の気象現象による場合、交通荷重による場合及び被覆植物の根の伸長による場合がある。一般的に堤防表層部は芝で覆われているが、張り芝後の年数が経過するほど、現地植生

キーワード：堤防、植生、土の劣化、余裕高

財団法人国土開発技術研究センター 調査第1部 上席主任研究員（〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10 第15森ビル）

に遷移する場合が多く、維持管理が十分行き届かない箇所では芝以外の植生に遷移しているところも少ない。

また、空洞は堤防表層の被覆植生の根の枯死による場合、モグラやネズミ等の地中生息小動物の巣穴や生活路による場合がある。モグラによる空洞の深さは、モグラの主な餌であるミミズが生息する深さであり、植生の根の深さとほぼ同一とされている。概ね30cm～40cm程度が多いようである。¹⁾

表－1 堤体表層部の劣化・変状現象

現象形態		主たる発生部位	原因	概要
一次的	二次的			
雨裂 (カリ侵食)	植生の剥離・脱落	のり面	①雨水の流下による侵食 ②素因として植生の被覆状況や土質	・雨水が集中する箇所、構造物際に発生しやすく、また規模も大きい ・堤防の安全性を直接脅かす恐れは少ない ・復旧も容易であるが、雨水の流下状況を十分に把握した上での対応が必要
亀裂		天端 小段	①拡幅等による引き込み沈下 ②堤体土の乾燥収縮 ③凍上 ④交通荷重 ⑤地震 ⑥その他	・開口幅は15cmに達することがある ・深さは2m前後の場合が多い ・原因を特定できない場合も多い ・通常は部分切り返しによる良質土置換で対応
ゆるみ	強度低下	のり面 小段	①被覆植物の根の伸長 ②乾湿繰返し ③凍結融解 ④人や家畜の歩行 ⑤その他	・根の深さはシバで50cm程度、低木で50～110cm、高木で180～250cm ・根系には土を緩める反面、土壌緊縛力がある ・実態は不明確
空洞	陥没	のり面 小段	①地中生息小動物の巣穴や生活路(トンネル) ②樹木等の根系の枯死・分解	・巣穴等を作る小動物はモグラやネズミ ・モグラトンネルの深さは30～50cm以浅、最大150cm程度 ・トンネルの直径はモグラで4～6cm ・巣穴の多い箇所は背後地が水田、畑、草地 ・実態は不明確

3. 現地堤防における堤防表層の実態調査

3.1 調査方法

前述したように河川堤防の表層部は、一般的に芝等の植生で覆われているものの、緩みや亀裂等の変状を受けやすい状態となっている。このため、河川管理者は、芝刈りや日常点検、地震後及び出水後の点検等を行い、堤防の状態をモニターしているが、構造物周りの堤防開削調査やモグラ等による空洞調査を除けば、堤防表層部の緩みの状態を工学的に調査した事例は少ない。

本研究では、E川の堤防を対象に表層部の緩みを把握するため、下記の調査を実施した。

◆調査位置

調査位置は、表層部の緩みの実態を把握するとともに、緩みの程度が、植生、気象(主に日照)及びのり面や小段等の堤防構成部位に関連するかどうかの観点から下記の4地点を選定した。また、各地点の調査箇所は、場所の片寄りがないように考慮し数箇所設定した。

◆調査内容

各地点における調査内容は、コドラー法による被度・群度調査、サウンディング(土研式簡易貫入試験、ポータブルコーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング)、ピットを掘りその断面のスケッチ観察、土壌硬度計による測定、現場密度測定、土のサンプリング及び室内土質試験であり、現場密度測定と土のサンプリング、室内土質試験については、No.1及びNo.2地点のみで実施した。

表-2 調査地点の概要

調査地点	地盤地形/堤体土質	堤防法線の向き	表層植生	張り芝後の経過	備考
No.1	氾濫平野/ローム	NNW-SSE	被度 5	3年	表腹付け箇所
No.2	氾濫平野/ローム	NNW-SSE	被度 5	10年以上	No1の500m下流
No.3	氾濫平野/砂質	NW-SE	被度 5	10年以上	のり面変形箇所
No.4	旧河道/ローム,砂	N-S	被度 5	10年以上	開削箇所
備考	治水地形分類より		芝以外の植生あり		

3. 2 調査結果

調査結果は、工学的評価が可能である土壤硬度計、ポータブルコーン貫入試験及び土研式簡易貫入試験の測定値を堤防表層からの深さ方向に整理した。これらの値を植生の新旧、のり面の向き（日照の差）、堤防の構成部位との関係で整理すると以下のことがいえる。

◆植生の新旧と土の緩み

No.1 地点と No.2 地点は近接しており、気象条件、堤防法線の向き及び堤体土等は同様な環境であるが、張り芝後の経過年数が異なっている。図-1 は No.1 地点と No.2 地点の表のり面での夫々の深さにおける各種測定結果毎の平均値を比較したものである。表層の緩みを測定値の変曲点付近と解釈すれば、表層の緩みは 20 c m～30 c m 程度となるが、3 年前に表腹付けにともない張り芝を行った No1 地点の方が、張り芝後 10 年以上が経過した No2 地点に比べ表層の測定値は大きくなっている。

◆のり面の向きと土の緩み

図-2 は、No.2 地点及び No.4 地点の表のり面と裏のり面の調査箇所を対象に図-1 と同様な整理を行ったものである。両地点とも表のり面は東～北東を向いており、裏のり面は西～南西を向いている。同図をみると、のり面が西～南西を向いている箇所の測定結果が概ね大きな値を示しているが、これが有意なものであるかどうかの判断は難しい。なお、概ね表層から 20 c m～30 c m の付近に測定値の変曲点がみられる。

◆堤防構成部位と土の緩み

図-3 は、No.1 地点の裏のり、No2 地点及び No3 地点ののり面、小段、のり肩付近の調査箇所を対象に図-1 と同様な整理を行ったものである。No.3 地点の堤体土質が砂質であり他の地点のそれと異なる他は、各地点とも気象条件、堤防法線の向き等は同様な条件である。図より堤防構成部位による表層部の緩みの厚さに有意な差は認められないが、小段及びのり面の測定値がのり肩のそれに比べ大きく、のり肩付近が相対的にみて脆弱であることを示すものと考えられる。

◆植生の差異と劣化

今回調査した地点は、ほとんどが芝で覆われている個所であったが、No4 地点では、植生が芝から野生の大根に遷移していた調査箇所が見られた。図-4 は、No.4 地点での芝で覆われた個所と大根が優先種となっていた箇所での各種測定値を比較したものである。土壤硬度計での測定値をみると、芝の箇所では 15 c m 程度で測定値の変曲点がみられるが、大根の箇所では変曲点がみられず 50 c m まで小さい値となっている。

以上より、サウンディングにより堤防表層部を測定し、測定値の大小及び測定値の表層からの鉛直分布に着目すると、堤防表層部は、深部に比べて測定値が小さい緩みゾーンが存在することが分かった。また、維持管理の水準によっても異なるが、張り芝後の経過年数が経ち、表層部が芝以外の植生に遷移している箇所では、緩みの程度も大きく、緩みゾーンも深い傾向を示すものといえる。

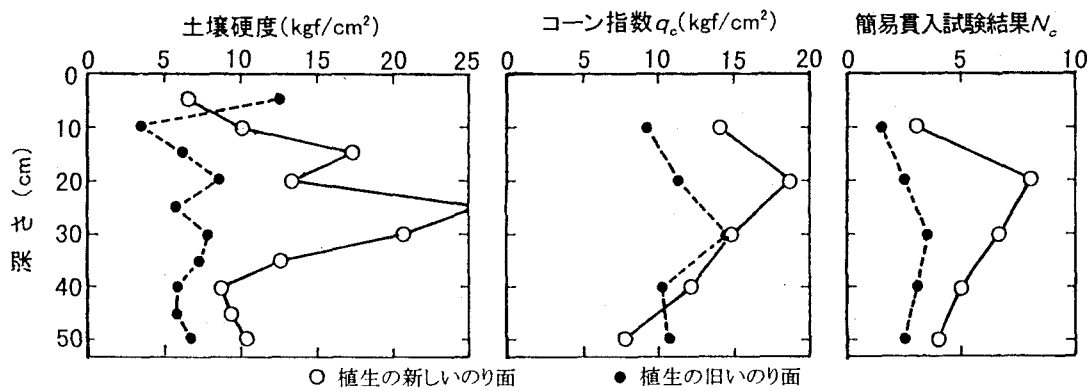


図-1 植生の新旧と各種測定結果

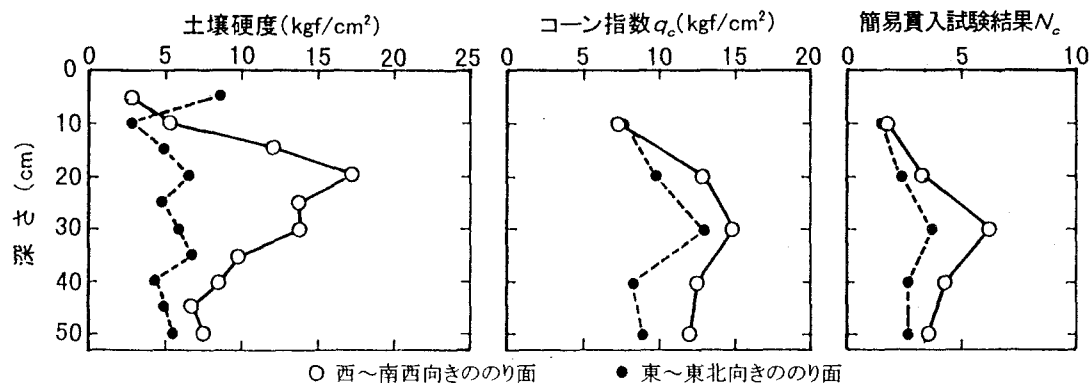


図-2 のり面の向きと各種測定結果

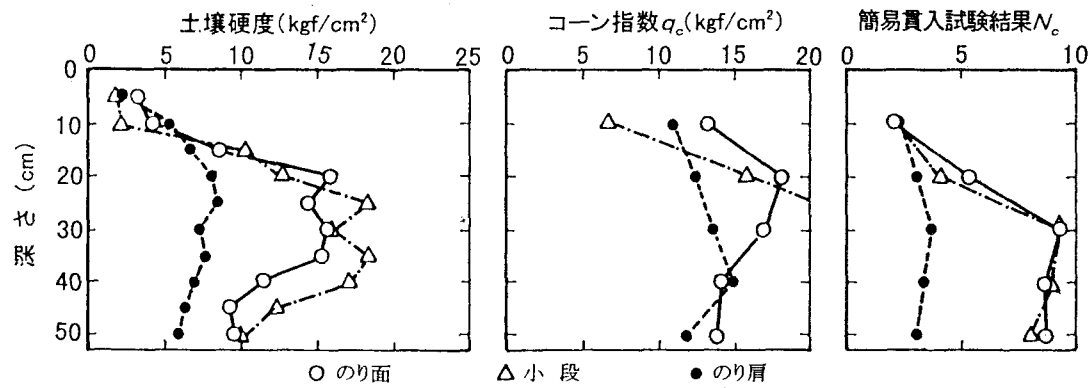


図-3 堤防構成部位と各種測定結果

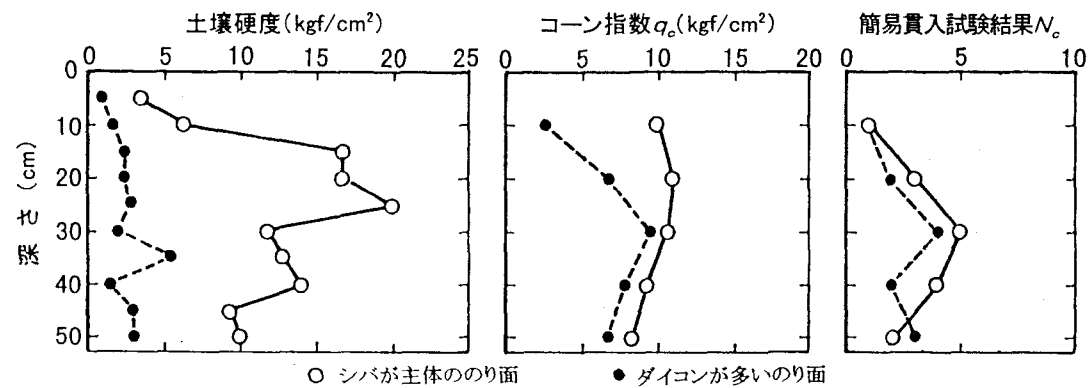


図-4 被覆植生の種類と各種測定結果

4. 堤防の表層劣化に関する考察

4. 1 表層劣化の調査方法

堤防表層部の変状は、発生形態により雨裂、亀裂、緩み及び空洞の4形態に分類でき、これらの変状が見られる箇所では堤防の機能が低下し、堤防の安全性が脅かされる場合もある。上記の4形態の変状のうち雨裂や亀裂については、現場点検により発見が容易であるが、緩みや空洞については、モグラ塚による空洞の推定以外は規模等を工学的に特定することは一般的に容易ではない。

本研究において実施した堤防表層部の緩みに対する調査手法も確立されたものではないが、ピット堀による断面の目視観察との適合性や低廉で簡便な方法であることを考慮すると、土研式簡易貫入試験や土壌硬度計等のサウンディングによる方法が適当と考えられる。なお、事前に堤防を踏査し、施工時の表層被覆植生以外の植生が生息している場合は、その区間を明確にするとともに、植生の引き抜き、掘削を行い、根の状況を観察することも重要である。写真-1は、No.2地点でみられた野生大根であり、15cm程度までは根が太く、それ以深は急激に細くなって主根が30cm程度伸びている。つまり、15cm程度までの堤防表層部は、土が軟らかく大根の成育環境を満たしているものと考えられ、図-1に示した緩みのゾーンとほぼ一致する。また、大根の植生が密になると、芝等のヒゲ根タイプの植生とは異なり主根が周辺の土を緩くするものと考えられる。このように考えると、堤防表層部の植生観察は、堤防劣化のモニタリング手法として非常に有効な方策と考えられる。

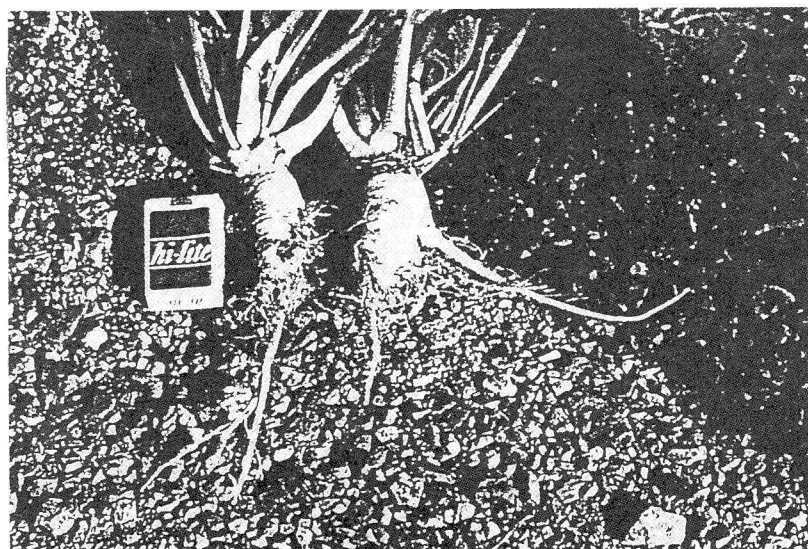


写真-1 No.2付近で見られた野生大根

4. 2 表層劣化に対する対応策

河川堤防は、長い歴史を経て現在に至っており、基礎地盤の性状や堤体の内部構造も十分に把握されていないのが現状である。河川管理施設等構造令では、堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体となって、計画高水位(高潮区間にあつては、計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとしており、経験を重視して堤防の形状を定めている。また、計画の堤防形状を確保するために必要な余盛や維持補修を実施している。

一方、前述したように河川堤防の表層部は、土の強度が低下している緩みゾーンが存在しており、このような箇所では、耐侵食性、耐浸透性の観点から見ると当初の機能が低下しているものと考えられる。

従来河川堤防では、堤防機能の低下、所謂堤防の劣化については考慮していなかったが、現在の財政事情や維持管理体制を考慮すると、今後は、風浪や水防活動上等の観点から必要とされている堤防の余裕高の一項目として堤防表層部の劣化を予め想定しておくことも必要と考えられる。

5. あとがき

本研究は、堤防表層部の土の緩みについて、堤防表層部の土の強度を指標として、表層部の植生の状況、張り芝後の経過年等の要因との関係を検討するとともに、堤防表層部の緩みによる機能低下を劣化として捉え、劣化に対する調査方法と劣化に対する対応策について考察を加えたものである。工学的調査方法としては、土研式簡易貫入試験や土壌硬度計等のサウンディングによる方法が有効と考えられるが、劣化の捉え方、劣化に関する工学的評価手法等は未だ確立していないのが現状である。

今後は、今回実施したE川その他、数多くの河川堤防を対象に同様な調査を行い、堤防表層部の劣化に対する工学的評価を明確化するとともに、劣化調査手法の適用性を評価していきたい。

参考文献

- 1) 建設省北陸地方建設局；河川堤防小動物(モグラ)調査マニュアル(案)、平成2年5月
- 2) 刈住 昆；新装版 植物根系図鑑、誠文堂新光社、1987