

第二会場

土と水に及ぼす Fe 石灰の影響

Fe 石灰工業技術研究所 井 杉
Fe 石灰工業技術研究所 井 月夫

1. まえがき

土は固体粒子と水と空気とから成る。土の固体部分と土壤水分とは絶えず互に影響を及ぼしあって、土中の水分の挙動に關係する色々の性質——吸着性、保水性、透水性、毛管上昇能、溶水量などを土によりおこす原因となる。この相互作用は、水分に固有の又土粒子表層を構成する分子および吸着イオンに固有の種々の質と量の力によっておこされると土壤学者はいう。

また、土は立地土壤学的に鉱物の崩壊風化したもの、有機物の腐植したものが種々の割合に混合して生成したもので、土の鉱物質および有機物は密に混合していてその程度はそれぞれちがいはあるがいずれも分解の途中にあるといわれている。そして粘土は、雲母のような構造をなしており 2 つの違った部分からなっている。1 つは内部の非常に大きな不溶性多孔質のミセル (Micelle) で、1 つはその外側を囲んだ多少とも解離した陽イオン群である。これはいろいろの程度に和水している。また、これらの吸着された陽イオンは普通は容易に置換されるから置換性陽イオンといわれる。ゲドローライツはすべての陽イオンを、吸着エネルギー（浸出の困難さ）と凝固能力から一定の順にならべ、この順序を離液系列とよびぎの事を明らかにした。

$\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{++} < \text{H}^+ < \text{Ca}^{++} < \text{Ba} < \text{Al}^{+++} < \text{Fe}^{+++}$ そしてイオンの吸着エネルギーと凝固能力は、原子価の増大とともに増し、同じ原子価のイオンの間では、原子量の増大とともに大きくなる。この一般法則からの例外は、1 価の陽イオンである水素であって 2 価の陽イオンである Mg, Ca の中間にあるが、学者によれば Mg, Ca よりさらに大きいといわれている。このことが降雨の多いわが国の土の 80% 以上が酸性土である理由と考察される。

前述のように鉱物の崩壊風化して生成されたもの、有機物の腐植したものが種々の割合に混合して生成したものまた、いずれも分解の途中にあるといわれる土であるので、長期間の降雨による土の軟弱化をともない地すべりとなり、また自動車交通荷重により化学反応である土の風化が促進されて、ペネトレーション、イントルーション等の原因となり路盤構造の変形ならび舗装の破損の原因とも考えられる。

そこで、水に弱い酸性土を $\text{Fe}^{+++} \text{Ca}^{++}$ イオンによって、水に強いアルカリ土に改良して、耐久性と耐水性を保たせる工法を発明して、土の安定処理を研究現場に利

用した。その報告である（注 1,2,3）。

2 ノリ面スベリ土の含水比の変化が土の力学的諸性質に及ぼす影響、粘着力、内部摩擦角、セン断応力は、土の含水比とその突固め状態によって異なる。さらに降雨などによる飽和含水状態が長いか、短いかに大きく影響をうける。O.M.C. で突固めた試料も 30 分間飽和含水状態に置くと突固め直後 $17^{\circ}30'$ の内部摩擦角が 9° となり、2 時間の飽和含水状態で 3° となる。

3 破損した舗装道路の路床土（自然含水比）の圧応力とヒズミの関係。土は鋼やコンクリートと異なり、その強さは固有のものではなく、その土の置かれている状態、密度、含水比および荷重とその状態によって違った値となる。その土が現在および将来において、どのような状態におかれるかを念頭におき、その強さの変化を調査試験して設計にあたることが親水性の酸性土では必要である。

4 河川水および Fe 石灰上澄水溶液が地スベリ土に及ぼす諸性質への影響。地スベリ自然土の試料 ($\text{pH}=5.6$) をろ過器に 30 cm 厚さにつめて、山国川河川水 ($\text{pH}=6.2$) と Fe 石灰上澄液 ($\text{pH}=11.4$) を注入する。そして、注入後の液の浸出状況とその pH の変化、注入回数と浸出液の pH の変化等を測定するとともに試料土の物理試験ならび化学分析および力学試験を行なった。また、地スベリ進行中の地山のクラックおよびボーリング孔等に Fe 石灰水溶液を注入後の地下水の変化についての試験をした。

5 Fe 石灰処理土の力学的諸性質

- ◎ 三軸試験
- ◎ C.B.R. 試験
- ◎ Fe 石灰処理土の C.B.R. 値に及ぼす処理土の経過日数と突固め回数
- ◎ Fe 石灰処理土の現場 C.B.R. 値の変化

Fe 石灰処理土は、前記諸性質を備えていることが、国鉄鉄道路盤の噴泥防止工事—昭和 37 年より 43 年 3 月までに施工箇所 180 ケ所、延長 18.5 km 等一により証明され、かつ過去国道の拘束層として九州地建、中国地建において昭和 39 年度より国道舗装修繕工事—国道 2 号線 (5 ケ所) 3 号線 4 ケ所) 34 号線 (3 ケ所) 202 号線 (2 ケ所) 等一に使用その効果をあげた。軟弱地盤地区舗装工事の拘束層としての Fe 石灰工法の特性をあげると、(1) ヒズミ抵抗を備えた即ち軟弱路床土になじみがよく、かつ水硬性材料であること。(2) 締固めが充分に行なえないとしても、時間の経過と上部路盤よりの交通

注 1 AA ロージエ著 土壤と水 山崎不二夫訳 東京大学出版会
ヘーハー著 土壤物理学 野口弥吉、福口仁志訳 朝倉書店

注 2 菅野一郎編 日本の土壤型 農山漁村文化協会
I.P. ゲラーシモフ著 土壤地理学の基礎 菅野一郎外訳 築地書館
注 3 井 月夫 舗装と路盤路床土の土質工学的検討 昭 32 建設省 12 回直技研

第二会場

ならびに転圧荷重により、路床土の強さに順応して一体となり、支持力の増加ができるとともにポンピング・ペネトレーションを防止できること。(3) 降雨等による上層路盤の含水比が増加しても、路床土の含水比の増加を防ぐことのできる不透過水層であること。(注 4,5,6,7)

豪雨に起因する斜面の浸食と崩壊の予想ならびに対策の研究

神戸大学工学部 田中 茂
神戸大学大学院 沖村 孝

1. まえがき

斜面浸食は斜面の表面の問題であるのに対して、斜面崩壊は表面のみならず厚さを考えた三次元的問題を包含しているだけに、より複雑である。豪雨時の斜面の浸食と崩壊の機構をいろいろな型について明らかにする必要があり、対策は上記の機構を正しく把握して始めて確立せられるのである。わが国の天然斜面では厚い均等質の土質または地層からなっていることはまれで、透水性の点からみても各種の異なった地層からなっていることが多い。さらにまた、一降雨で数百ミリメートル以上、一時間降雨量で百ミリメートル前後にも達することも外国と異なるわが国の特徴である。したがって、豪雨時の斜面安定の問題はわが国の実情に立脚した合理的研究成果に立脚して解明せられねばならない旨を第1節では述べている。第2節では豪雨に起因する斜面の浸食・崩壊の型とその機構について述べている。第3節では予想ならびに対策上の問題点についてふれている。つぎにこれらの諸節の要点について記述する。

2. 豪雨に起因する斜面の浸食・崩壊の型とその機構

浸食および崩壊に影響を与える要素のおもなものは、
 i) 境界条件 ii) 土質・地質の条件 iii) 先行条件
 iv) 降雨条件 v) 地カブリ条件などである。境界条件は斜面の表面、異なる地層の境界面などの三次元的凹凸などをさす。斜面の表面の条件とは地形や等高線および分水嶺の状態やその表面が転石や石じゅんなどでおおわれているか、切取りや盛土を施工してあるや否やなどの条件をさす。土質・地質の条件とは斜面を構成している土質および地質などの先行条件以外の工学的および水文水理土質的条件をいう。先行条件とは斜面構成地層が本格的豪雨の直前においてどの程度の含水状態であるかという条件であると説明している。

- 注 4 松本 功 化学的土質安定工法による路盤噴泥防止工法 昭 37, 39, 鉄道線路, 10-12, 13-3, 社団法人, 日本鉄道施設協会
- 注 5 広本 肇 Fe 石灰による安定処理路盤工について 昭 40 建設省 中国地方建設局第 16 回管内技術研究発表
- 注 6 佐賀国道工事々務所 Fe 石灰による路盤安定工法について 昭 42, 43 建設省九州地方建設局 第 18, 19 回管内技術研究発表
- 注 7 西村 昇 Fe 石灰による路盤処理工法について 昭 42 日本国鉄道下関工事局報下 I-26

つぎに、斜面の浸食の型とその機構について述べている。すなわち、浸食は斜面が裸地であるか地カブリ植物でおおわれているかによりもっとも大きく支配されるが、つぎには土自身の耐食性である。さらに、降雨特性と地表面の集水面積および地形により決まる流線の収カン(斂)性により支配せられると述べている。浸食の型には、i) 層状一様浸食 ii) 雨裂状浸食があり、別にまた i) 雨滴による浸食 ii) 表流水による浸食がある。浸食に与って力があるのは土粒子分散作用と土粒子運動作用である。浸食は水の衝撃、跳水、渦流および転波列などの作用に大きく影響せられるものとしている。

斜面崩壊の型とその機構については普通考えられる項目にわたる崩壊の型とその各型に関する機構に関して述べている。とくに崩壊は i) 表流水の浸食に起因するもの ii) 豪雨の浸透に起因するものに分けられる。浸透によるものはさらに多くの場合に分けられるが、そのなかでもつぎのものがとりわけ重要なものとしている。すなわち、浸透した雨水が基岩の表面あるいはその内部の透水性不良な層上に降雨中に貯留せられ、その水面が上昇して表土層の表面に浸出しあつ斜面の上手に進むにつれて貯留水深が小さくなっている場合には、「パイピング現象」が発生しやすく、さらに上記の場合でしかも透水性の悪い被覆層がその斜面の下方にのっていると、この層に下から貯留水が水圧をかけると、この層が崩落しさらに表土層が上と同じ機構で崩壊する。さらに基岩がキ裂に富んでいる場合には豪雨時には雨水は容易にキ裂のなかに浸入し、それが粘土化した層あるいは難透水性岩に到達してそれがその上に貯留せられて斜面の表面に近い目つまりを起こした破碎せられたブロック状基岩を押し出すと、基岩が大きく崩壊することを説明している。この場合、斜面の水平となす角度が大きいほど崩壊規模を増大すると同時に、難透水層が広い集水面積からの雨水を集めることによってそれが谷状をなしている時ほど危険であると指摘している。

3. 予想ならびに対策上の問題点

主として斜面崩壊の予想ならびに対策上の問題点について述べている。予想と対策とは崩壊のいろいろな機構が明らかになったので、このような問題の予想と対策とはこれに立脚して行なうべきことを述べ、さらに具体的に豪雨の hyetograph が与えられる時、このような雨が斜面に降ってそれが表層を表流するものとそのなかへ浸透するものとに分れるが、鉛直下方へ湿润前線が表層中を進行する速度と流量とを計算して降雨の継続時間中に表面からの前線の進行距離を明らかにし、もし継続時間よりも短時間で基岩の表面に到達する時には、基岩のなかへ浸透する水量と基岩の上へ入ってくるそれとの差を求めて、雨水が基岩上に貯留されるとすると、その水深