

東北地方におけるローカルな土

Local soils in the Tohoku district

東北地方執筆小委員会

1. はし が き

土質工学会東北支部に設置されている東北地区地盤調査研究委員会では、一部で東北地方のローカルソイルについての研究調査が進められていた。この特集号の企画を聞くに及んで、上記委員会の中に執筆小委員会を設けて総説の執筆にあたることとなり、伊藤 驍(秋田工業高専助教授)、石田 宏(岩手大学助教授)、及川 洋(秋田大学助手)、佐藤恭輔(福島工業高専助教授)、清水正輝(建設省東北地方建設局)、月舘光三(弘前大学教授)、天間則光(長谷地質調査事務所)、森 芳信(日本大学助教授)、諸戸靖史(八戸工業大学助教授)の諸氏に執筆委員をお願いすることとなった。実際には、各委員より資料の提供をいただき小委員長の柳澤栄司(東北大学教授)がとりまとめを行ったが、各委員の校閲を得る時間的な余裕がなかったために、委員諸氏の意向を十分に反映できなかった面もあることを付記しておきたい。

2. 東北地方の特色

東北地方は、青森・秋田・岩手・福島・宮城・山形の6県をあわせて67万km²に及ぶ面積を有し、国土全体の18%を占める広い地域である。耕地面積・森林面積が大きく、産業は第1次産業に依存する比率が高く工業化の面で立ち遅れが見られるが、豊かな自然と天然資源にめぐまれた土地である。奥羽せき梁山脈によって東西に二分され、また、南北に長くのびているために、地形・地質的な特徴はもとより気候・風土も地域によってかなりの差異がある。

東北地方は、日本列島の北部に位置するために気温が低く、太平洋沿岸の一部を除いて全般に冬期間の降雪量が多く、また、積雪深も大きい特徴がある。このため、凍上あるいは凍結融解現象などによる凍害をはじめ、雪崩などの雪害や融雪期の地すべりや斜面崩壊など寒冷地特有の災害が見られる。冬期間は積雪や降雪のために、また、夏期にもあまり気温が上昇しないために土が乾燥しにくく、年間を通して土工の可能な期間がほかの温暖な地方に比べて著しく短いなどの特徴もある。このような気候上の特徴は、後述する土質工学的な特徴と相まって、東北の特色をなすものである。

3. 東北の地質とその特徴

東北地方の地質には、いわゆる盛岡-白河構造線を境にして東側と西側とで顕著な差異が認められる。東側にある北上山地および阿武隈山地は、古生代および中生代の古い地層からなる山塊で、地質学的には安定している。一方、西側の奥羽山脈を含む部分は、いわゆるグリーンタフ(緑色凝灰岩)地帯であり、新第三紀から第四紀にかけての比較的新しい山地である。奥羽山脈沿いに点在する那須火山帯に属する一連の火山と鳥海火山帯に属する火山からの噴出物は、広く東北地方を覆っている。

図-1は、グリーンタフおよび古生代と中世代の地層の分布を示したものである。グリーンタフ地帯には凝灰岩、砂岩、泥岩および頁岩が存在し、特に風化が進んだ部分では吸水膨張やスレーキングあるいは土砂化など軟岩に特有の性状を示すことがある。同図中には、東北地方の地すべり箇所も示されているが、地すべり地点のほとんどが新第三紀層に属し、特にこのグリーンタフ地帯に集中していることが知られる。

図-2は、花崗岩の分布と第四紀の火山成堆積物の分布

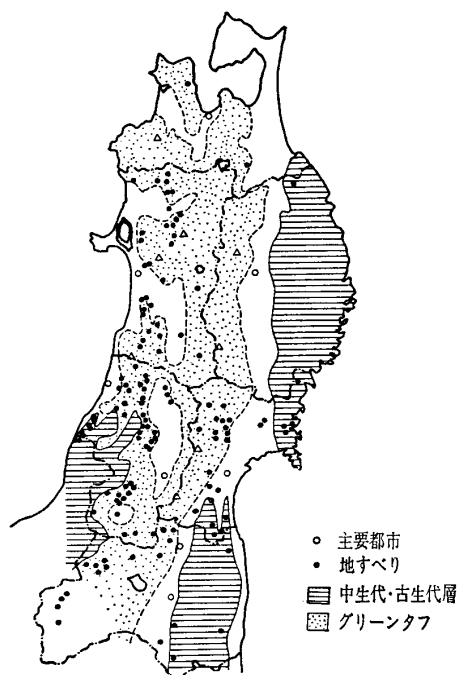


図-1 グリーンタフの分布

総説(Ⅱ)

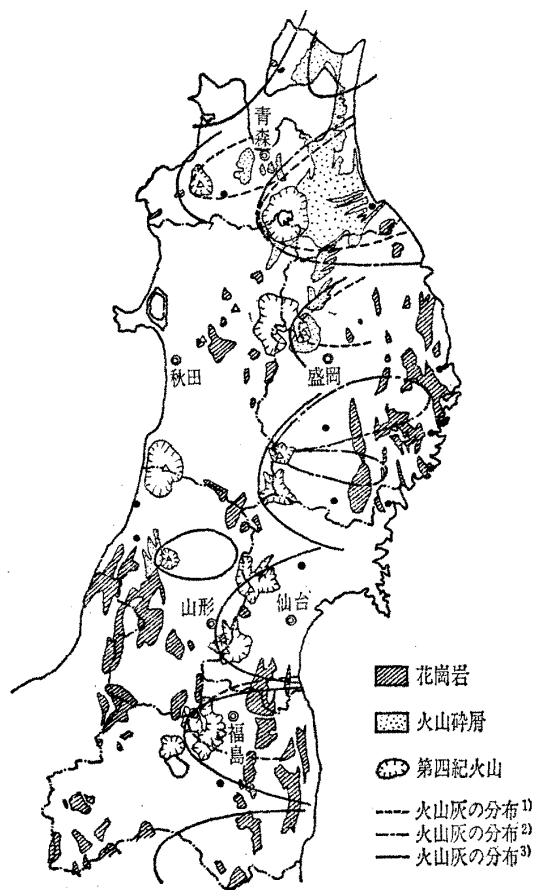


図-2 花崗岩および火山成堆積物の分布

を示したものである。花崗岩は北上山地および阿武隈山地に多く分布するほか、山形・福島の新潟県境付近の越後山脈にも見られる。これら花崗岩地帯では、風化の進んだ箇所でも部分的にまき土が見られ、時として斜面崩壊の原因となることがある。

この図には第四紀の火山活動による堆積物の分布および降下火山灰の分布が記されている。奥羽山脈沿いには八甲田山、十和田、八幡平、岩手山、焼石岳、栗駒山、鳴子、蔵王山、吾妻山、安達太良山、磐梯山が並び、日本海側には岩木山、鳥海山、月山などがあり、付近一帯を火山成堆積物で覆っている。特に青森県南部と岩手県北部は、第四紀の新しい火山碎屑物が広く分布し、一般に堅硬な岩盤に乏しく基礎条件としては比較的良くない場合が多い。

降下火山灰は、上記火山の周辺東側に広く分布し、赤褐色のローム土として地名を冠して呼ばれることが多い。これらの火山灰質粘性土は、特異な締め固め特性を有し、高含水比で過度に締め固めると締め固め過ぎの現象が現れることで知られている。東北地方では、緑色凝灰岩をはじめ火山碎屑物、降下火山灰、しらす、黒ぼくなど火山成堆積物が多く分布するため、火山灰質粘性土の土工を行う機会が多く、一方、寒冷な気候であるために降雪や降雨の影響を長く受けて、含水比の高い時期が長く続くため土工に適した期間が比較的短く、一般に通年の施工が困難であるなど、ほかの地方とは異なった特色がある。

4. 平野部の土質

4.1 平野部の地盤構造

東北地方の平野は、北上川、阿武隈川、最上川、雄物川、米代川、岩木川などの大河川系の堆積物で覆われた海岸平野と盆地とからなっている。仙台平野の地盤構造を一例として見ると、新第三紀の凝灰岩層の上に洪積世の砂礫層があり、その上位に沖積層が覆う形になっている。図-3には、仙台平野における地表から凝灰岩層までの深さと洪積層までの深さが等深線で示してある。基盤と考えられる凝灰岩層は所によって深くえぐられており、七北田川、名取川および阿武隈川の三つの埋没谷を形成していて最深部では70mにも及ぶ。洪積砂礫層は、埋没段丘礫層をも含めて層厚10~40mであり、 N 値50以上の良好な支持層である。洪積層上面の等深線が海岸線にほぼ平行な曲線であることから、洪積層の上面は海岸に向かって傾斜する比較的平坦な面であることが知られる。一方、沖積層は、下位から順に N 値5~7の中部粘土層と N 値25~45の上部砂層および N 値5以下の上部粘土層とからなる。中部粘土層は場所によって欠けている場合もある。上部粘土層には、この地方で「すくも」と呼ばれる腐植土が発達している所が多く、圧縮性が極めて高いために地下水の過剰な汲上げによる地盤沈下が問題となった箇所もある。山地と平野部の周辺には扇状地堆積物あるいは河岸段丘と段丘礫層が発達しており、一般に礫分の多い支持力の高い地盤が形成されている。

新第三紀鮮新世からの構造的な沈下によって形成された、いわゆる陥没盆地では、地盤構造はこのような類型的なも

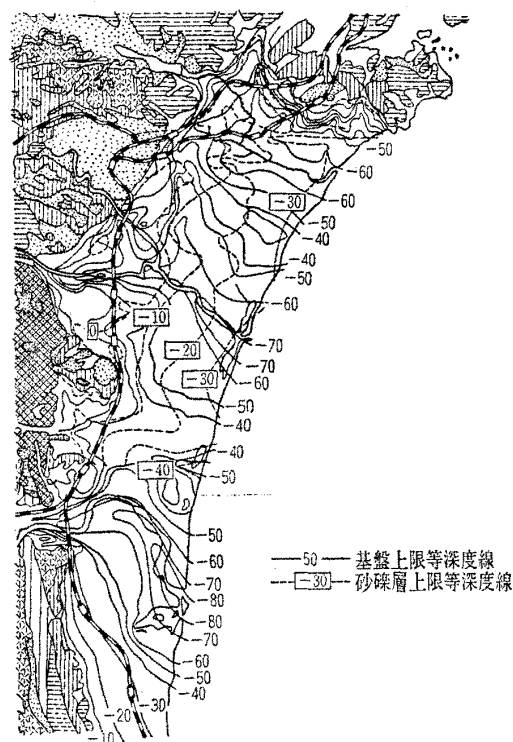


図-3 仙台平野の地盤構造

のとは異なることがある。例えば山形盆地の場合、基盤岩は新第三紀新統のものとされ、盆地内には第四紀層が200～400mの厚さで堆積しているとされている。堆積物は周辺の山地から流入する河川によって運搬された土砂であり、盆地周辺部では礫層・砂層が発達し、盆地中央部に向かうに従ってシルト層・粘土層へと変化していく傾向がある。山形盆地の東側には大規模な扇状地が幾つか見られるが、西側ではあまり顕著ではない。盆地中央部には最上川のはん濫原が発達し、有機質の多い湖沼性の堆積物が存在している。従来、盆地中央部の沖積層の境界には諸説あって不明であったが、 C^{14} による年代測定や花粉分析によって沖積層は比較的薄く3～17mの厚さであることが明らかにされた。この沖積層の下位には厚い洪積世のシルト層・砂層の互層があるが、このシルト層中には圧密降伏応力が小さく過圧密度の低いものや正規圧密状態のものもあり、一般に知られている洪積粘性土の地盤とは性格をやや異にする。事実、山形盆地においては現在でも地盤沈下現象が見られ、その対策が講じられているところである。

4.2 沖積および洪積粘性土

仙台平野、山形盆地のほかに郡山盆地の粘性土について自然含水比と湿潤密度との関係を示したものが図-4である。この図には飽和状態と仮定した場合の湿潤密度の曲線が併記されているが、多くの点はこの $G_s=2.5$ の線上に並び地域による差はほとんど見られない。有機物を多く含ん

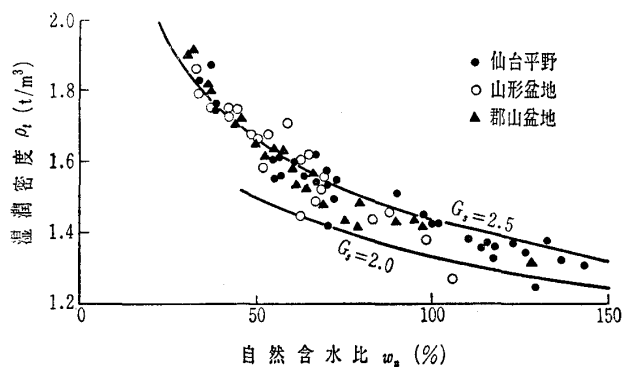


図-4 湿潤密度と自然含水比 (第四紀粘性土)

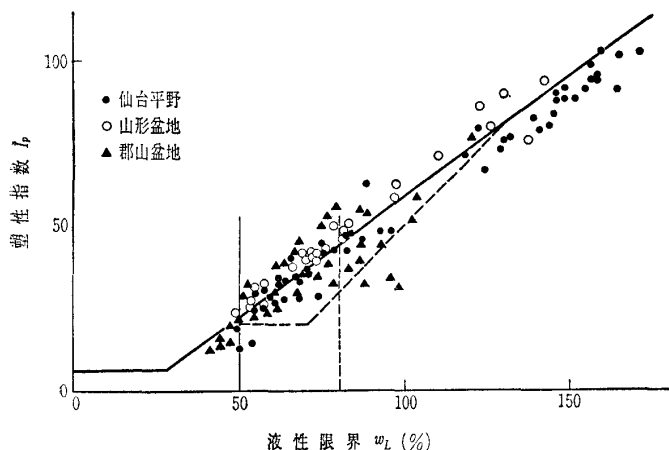


図-5 第四紀粘性土の塑性図上の分布

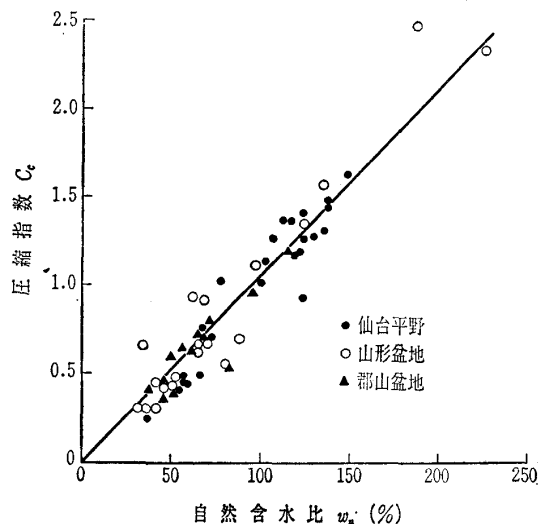


図-6 圧縮指数と自然含水比

だ高含水比の粘土の場合にはこの線より下側にはずれてくる。

図-5は、前回と同じ地域の粘性土について塑性図上でその特性を見たものである。仙台平野の例で、液性限界の極端に高い一群は松島湾の海成粘土であり、ほぼA線の下側に位置しているのに対し、若竹地区あるいは石巻地区の粘土は液性限界が中程度であってほぼA線上にのっている。一方、山形盆地の堆積物は、ほとんどA線より上にあり、液性限界の範囲が極めて広い特徴がある。郡山盆地の場合は、A線を中心にばらつきが大きく、塑性に著しい差異があるのが特徴的である。

圧縮特性を見るために、圧縮指数 C_c と自然含水比 w_n との関係を記したものが図-6である。この図によれば、沖積土・洪積土ともに正規圧密状態の圧縮指数は自然含水比と良い対応にあり、ほぼ $C_c=0.0107 w_n$ の関係が成り立つ。この図に関する限り圧縮特性には地域的な差異は認められない。

4.3 泥炭

東北地方の平野部にはかなりの範囲で泥炭が見られる。宮城県においては泥炭地の全面積は平野部の20%にも及び、また、青森県では10%にも及ぶ泥炭地が存在する。東北地方全体を平均した場合、平野部面積の8.9%に泥炭地が分布しており、北海道における分布が6.1%であるのと比較しても分布範囲がかなり広いことが理解される。

東北地方の泥炭は、特殊な山間沼沢地を除いてそのほとんどがよしを主体とした低位泥炭地であり、北海道におけるように低位から高位泥炭への典型的な推移・分布が見られない。また、泥炭が更に分解したいわゆる黒泥が北海道にはわずかしかな存在しないのに対し、東北地方では極めて多量に分布していることなどが大きな特色である。東北地方の泥炭の分布や諸特性については別に詳細な報告があるので⁶⁾、重複を避けるためにここでは省略する。

総説(Ⅱ)

5. 火山成堆積物

5.1 火山灰質粘性土

東北地方の土質の特徴は、既に述べたようにこの地方のほぼ全域にわたって分布している火山成堆積物にある。特に火山弾や浮石を含む降下火山灰は、起源となる火山を中心に風下に向かってかなりの範囲に分布している。一般に降下火山灰は、火山からの距離に従って粒径が粗いものから細かいものへと変化するが、泥流堆積物の場合にはこの限りではない。堆積の状況や風化の進み具合によっても粒度組成や工学的性質に著しい差がある。降下火山灰には、山砂やしらすのような非塑性のものから、山地・丘陵部・段丘などを覆う関東ロームと同様な黄褐色の火山灰質粘性土まである。特に太平洋側の地域では、工学的性質が調べられている幾つかの代表的な火山灰質粘性土が知られており、これらは起因している火山やその地域の名を冠して呼ばれることが多い。比較的性状がよく知られているローム土は、青森ローム、岩手ローム、蔵王ロームなどであるが、このほかに、鳥海系、月山系、岩木山系、八幡平系、焼石系、栗駒系、鳴子系および吾妻系の火山灰質粘性土が知られている。青葉山ロームは蔵王系であり、八戸ロームは十和田系である。岩手ロームは岩手山の噴出物としてよく知られているものであり、本号にその分布や性状について報告がされている⁷⁾。

青森ロームと岩手ロームの乱さない状態での現場密度と自然含水比との関係は図-7に示すとおりである。飽和状態で $G_s=2.5$ と仮定した時の ρ_t の曲線よりかなり下側にくるものが多い。不飽和状態の土が多いために粘土におけるように明白な関係は得られず、ばらつきが多い。東北地方の火山灰質粘性土は、概して関東ロームのように高含水比のものは比較的少ない。

図-8は、青森ローム、岩手ローム、青葉山ロームについて塑性図上での分布を調べたものである。この図では、青森ロームおよび青葉山ロームは比較的液性限界の高いところに集中し、日本統一分類法ではほぼ VH_1 の範囲に多く見られるが、岩手ロームは液性限界が極端に高いものから低いものまで広く分布し VH_2 に属するものが多い。これは既に述べたように採取された場所や環境によって風化の度合や粒度組成が著しく異なるためである。火山灰質粘性土では、初期含水比によってコンシステンシー限界が変動するので、塑性図上の位置は必ずしも厳密な意味をもたない。

5.2 黒ぼく

黒ぼく土は、腐植物を多く含む黒色ないし黒褐色の火山灰土であり、長石・角せん石・輝石・浮石・火山ガラスなどの鉱物分と粘土分を含むものである。粘土分は風化が進む程その含有率が増加するものと言われ、産出する地域によってその含有量には差異がある。例えば、岩手山系では

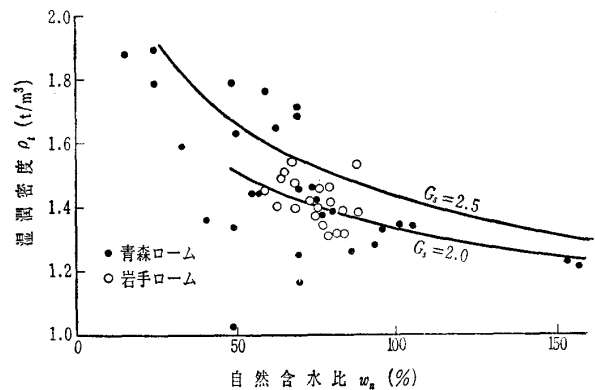


図-7 ローム土の湿潤密度と自然含水比

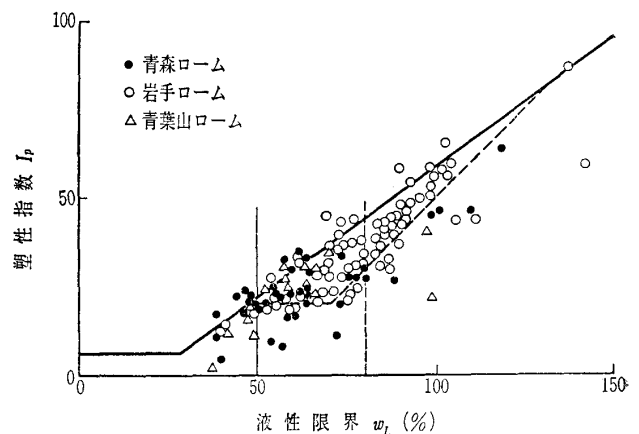


図-8 ローム土の塑性図上の分布

10~20%, 蔵王・岩木・磐梯山系では25~40%, 焼石・鳥海山系では40%以上である。ちなみに宮城県川渡産の黒ぼくの諸性質を表-1に掲げる。

黒ぼく土の比重の多くは2.4前後であり、一般の沖積土や関東ロームに比べるとかなり小さな値である。東北地方には黒ぼくがかなり広範囲に分布し、層厚の大小を別にすれば図-9に示すようにほぼ6県のすべてで見られる。

図-10は、川渡黒ぼくのコンシステンシー限界を初期含水比を変えて求めた結果であるが、初期含水比を90%以下にした場合にはこれらの値にかなりの差異が現れる。自然含水比は採取の時期によって80~130%程度まで変化するので、コンシステンシー限界の試験に際しては注意が必要である。

黒ぼくの締固め特性は、関東ロームなどの火山灰質粘性土の締固め特性と類似の傾向を示す。図-11は川渡黒ぼく

表-1 川渡黒ぼくの諸性質

一次鉱物組成(%)		物理化学的性質			
斜長石	46.8	比重	2.34	pH	5.3
浮石	22.5	粘土分	24%	有機物含有量	20%
石英	10.9	シルト分	40%	C/N比	25
火山ガラス	8.7	砂分	36%	塩基飽和度	8.0%
輝石類	6.2	液性限界	95~130%	塩基置換容量	27.0
不透明鉱物	4.3	塑性限界	80~100%	粘土鉱物、(主)アロフェン、(副)モンモリロナイト、ハロイサイト	
角せん石	0.6	塑性指数	50~70%		

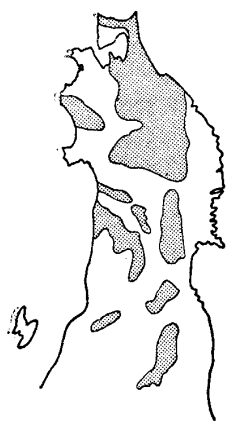


図-9 黒ぼく土の分布

を JIS の標準突固め試験方法の非繰返し法を用いて乾燥法および非乾燥法で締め固めた結果と繰返し法で締め固めた結果を示したものである。最適含水比と最大乾燥密度が乾燥法では初期含水比によって異なり、非乾燥法では締め固め曲線に明りょうなピークが存在しない。一方、乾燥法の繰返し法で締め固めた場合には明りょうなピークが現れ、しかも最大乾燥密度が比較的大きな値を示すが、初期含水比の影響が極めて大きいことが

知られる。初期含水比が70%を越えると締め固めによる強度増加が見られず締め固め過ぎの現象が現れてくる。

5.3 しらすなど

東北地方にはしらすも分布し、特に青森県では十和田湖付近を中心に広く分布していることが知られている。東北のしらすについては、九州のしらす程その工学的性質やその分布について詳しく調べられていない。しかし、フィルダム材料や高速道路の盛土材料として用いられるばかりでなく、長大な斜面で切土するなどの工事例も多く出るに従って徐々にデータが蓄積されてきている。また、凝灰質の山砂も材料として利用されることが多く、その工学的性質もある程度知られてきている。現在、これらの土の分布や工学的性質については系統的な研究が進められているので、その成果が期待される。

6. あとがき

東北地方には火山灰質粘性土をはじめ、泥岩、まさ土、泥炭などいわゆる特殊土が広く分布している。特殊土という言葉には幾分普通でないという意味が含まれているため、これらの土を総称するにはあまり適切な言葉とは言えない。その地域で独特な土あるいはその土地に固有な土については（多くの場合それは特殊な土ではない）、一般的な呼び名が必要であった。土質工学会東北支部の東北地区地盤調査研究会では、研究討論会のテーマを選ぶにあたって討論を重ね、これらの土を総称する言葉としてローカルソイルという言葉を使用した。これがおそらくローカルソイルという用語の最初の使用例と考えられる。その後、九州支部の発刊による「九州・沖縄における特殊土」の中でこの言葉が引用され、ついに今日、特集号のテーマとしてローカルソイルという言葉が使われるに至り、ようやく一般化される機運にあることは大変喜ばしいことである。この言葉が今後土質工学用語として定着することを切に望む。

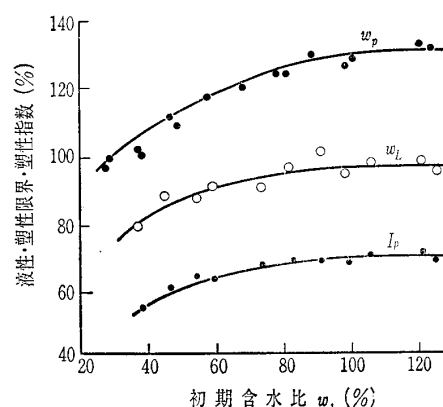


図-10 黒ぼくのコンシステンシー限界

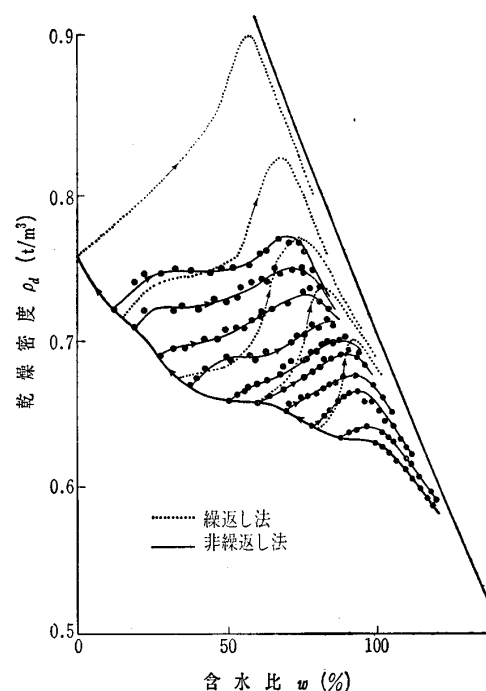


図-11 黒ぼくの締め固め特性

参考文献

- 1) 井本伸広・羽鳥謙三・藤田至則：日本列島の歴史，東海大学出版会，1976。
- 2) 小貫義男・北村 信・中川久夫：北上川流域地質図説明書，長谷地質調査事務所，1981。
- 3) 貝塚爽平：日本における第四紀の Tephra の分布，第四紀研究，3，pp. 72-79，1963。
- 4) 土質工学会編：日本の特殊土，土質工学会，1974。
- 5) 高速道路技術センター：東北縦貫自動車道酒田線摩擦グイに関する試験計画および調査研究報告書，1981。
- 6) 東山 勇・月館光三・及川 洋・対馬雅己・矢橋晨吾・吉田力：東北地方における泥炭の分布と理工学性，土と基礎，Vol. 31，No. 1，pp. 71-75，1983。
- 7) 石田 宏：岩手ロームの工学的性質と施工方法，土と基礎，Vol. 31，No. 1，pp. 77-81，1983。
- 8) 久保田勝守：黒ぼく土の工学的性質に関する研究，東北大学工学研究科修士学位論文，1968。
- 9) 土質工学会九州支部編：九州・沖縄における特殊土，土質工学会九州支部，238 p.，1982。
- 10) 土質工学会東北支部研究討論会講演集：東北地方の local soils の諸問題とその対策，土質工学会東北支部，53 p.，1981。（原稿受理 1982.10.5）