

③特殊土における住宅地盤対策～黒ぼく～

加藤 清次*

* KATO Seiji、アキュテック(株)技術部 埼玉県上尾市五番町 14-4

1. はじめに

特殊土のシリーズは、これまでに東京湾臨海部の液状化に始まり、南九州の「しらす」、北海道の「泥炭」と特定地方の土が取り上げられてきたが、今回は、全国的にみられる特殊土「黒ぼく」について紹介する。



写真-1 黒ぼくと関東ローム（東京都）



写真-2 黒ぼくの例（東京都）

2. 黒ぼくとは

黒ぼくとは、主として台地、丘陵地、山麓に分布する黒または黒褐色の腐植に富んだ粘性土をそのようによぶことが多い。どのような土をさすのか簡単にいうと、ロームが分布する台地上にみられる畑の真っ黒な土がそうで（写真-1）、ロームの表層部分を覆っているのが通常である（写真-2）。黒ぼくの名前は、黒くてほくほく（ぼくぼく）した感触があることに由来するといわれており、地方によっては黒ボコ、黒二ガなどとよばれることもある。黒ぼくの分布面積は日本の国土面積の約17%にもおよぶといわれている。母材の粘性土は、主としてロームからなることが多いが、中には非火山性のものもある。前者は北海道から東北、関東、九州地方を中心に火山灰が分布する地域に広く分布し（図-1）、後者は特に、東海地方の段丘面上でみられる（図-2）。また、ロームからなるものは、地盤材料の工学的分類の小分類では、有機質火山灰土（OV）に該当する。以下、特に母材をロームとする黒ぼくについて述べる。

3. 黒ぼくの特徴

一般的な特徴は、手に取ると軽く、土の粒子同士がくっついて丸っこい様相を呈している。また、保水性が良い一方で、排水性（水はけ）もよく、作物栽培用の土と使用されていることが多い。このような性質は、団粒構造によるところが大いと考えられる。団粒構造とは、土粒子が有機物や細菌等により固められた集合体を団粒といい、この団粒が集まったものをさす（図-3）。土中の有機物を微生物などが分解する過程で生じるある種の高分子が接着材の役目となり土粒子と土粒子を結び付けている。団粒には水分が保持され、また団粒と団粒の間には隙間が生じており、前者は高い保水性、後者は排水性がよいとされる理由である。このような性質上、一見して作物栽培に適した土であると思われるが、作物に必要なリン酸が欠乏しやすい性質もある。土を構成する物質は、降雨等の水と反応し長い年月をかけて徐々に粘土化していく。このような風化の過程で解放されたアルミニウムが土中のリン酸と結びついてリン酸アルミニウムとなる。リン酸アルミニウムは水に溶けず、土中に固定されてしまう。そのため、作物はリン酸を吸収できないため、やがて作物の成長に必要なリン酸が

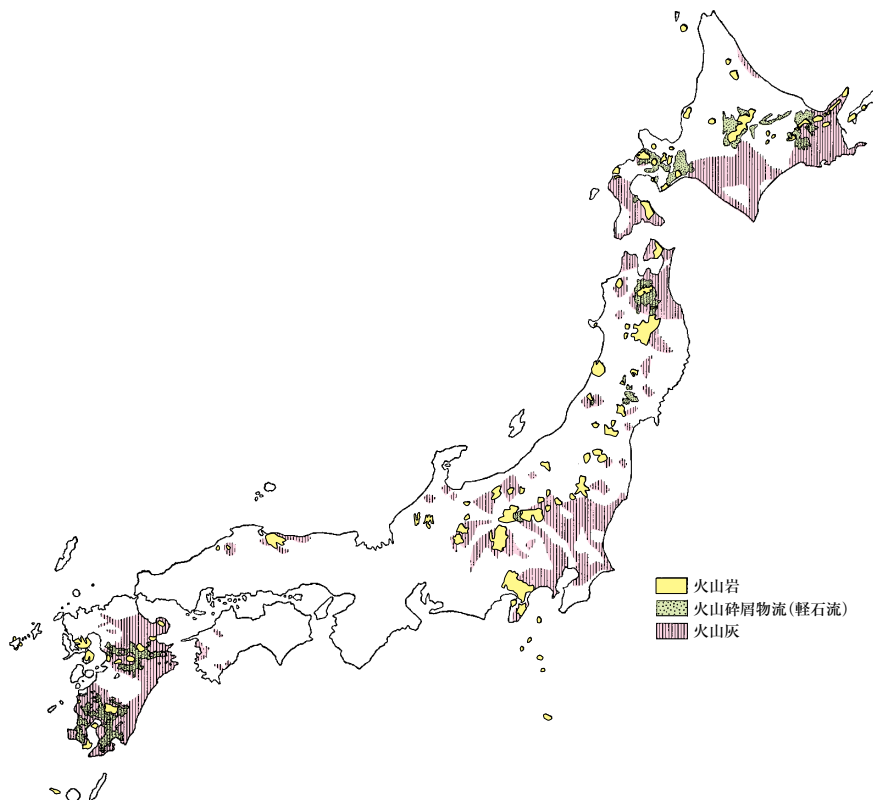


図-1 第四紀の火山岩および火山碎屑岩の分布¹⁾

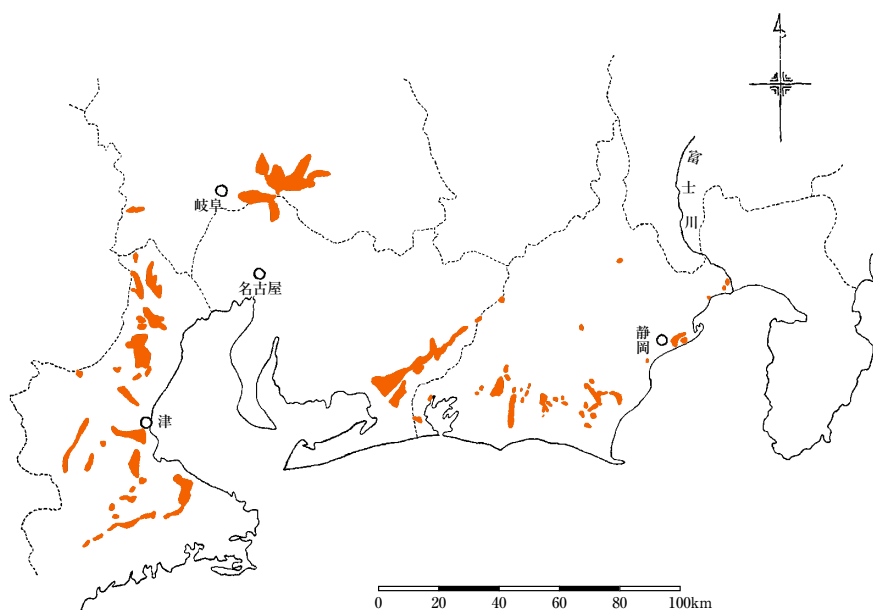


図-2 東海地方の火山源粒子に乏しい土を母材とする黒ぼくの分布²⁾

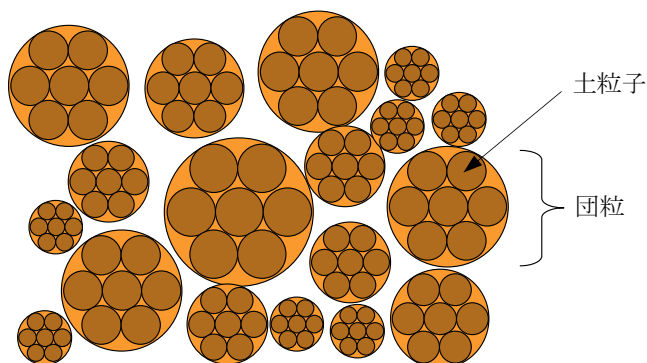


図-3 団粒構造の概念図

欠乏してしまうのである。黒ぼくは、酸性でリン酸固定力の高い性質のある土であることから、畑を作る上ではまず石灰を混ぜて中和し、土のリン酸固定力以上のリン酸を投入する必要がある。昔は肥料の性質が現在よりも良くなく、価格も高かったため、黒ぼくを作物栽培用の土地として利用することは大変であった。しかし、高度経済成長期にリン酸などの肥料が農産物価格に対して相対的に安くなった上、リン酸を土壤改良資材として投入する為の補助金が出るようになり事態が改善したとされる。黒ぼくは、現在ではその保水性の高さと水はけの良さから、作物栽培用の土として広く使用されるようになっている。

黒ぼくの色調（黒色）は、前述の風化の過程で解放されたアルミニウムが植物遺体の分解過程でできる土壌中の腐植と結合して、アルミニウムと腐植の複合体を土中にためるためである。また、黒ぼくの形成過程は、二つの異なる見解があるといわれている。一つは、すでにある堆積物の表層付近から腐植を二次的に上方から下方へ集積させた形成したと考える立場。もう一つは、腐植が堆積しつつ土壌が下方から上方へ形成されたと考えられる立場である。

4. 黒ぼくの地盤の工学的性質

前章では土壌的な視点から特徴を述べたが、ここでは地盤の工学的性質について述べる。黒ぼくは前述した通り全国的にみられるが、その細かな特徴は母材の性質を反映することを考えると地域によって異なっていると考えられる。また、腐植土の影響を考慮するとその含有量によってもやや異なると考えられる。これらを踏まえた上で、ここでは、黒ぼくのごく一般的な特徴について述べる。表-1、表-2に黒ぼくと他の土質との物理的性質の比較の一例を示

す。黒ぼくの特徴としては、

- ①高含水比
- ②乱したとき、または、その状態において加水した時の強度低下が大きい
- ③セメント系固化材による地盤改良では強度がでにくい傾向にある

ということが挙げられる。また、表層付近の地下水位より浅い深度に分布していることが多いため不飽和状態（粒子間の隙間が水と空気よりなる）にあることが多いことから、強度特性や圧縮特性等は通常の地下水位以下にある沖積粘土とはやや異なった挙動を示すと考えられる。以下、①②③について説明する。

①の傾向は、前述の団粒構造や腐植物の混入を考えると理解しやすい。団粒構造の発達状況に影響されることが考えられるが、沖積粘性土より含水比が高い傾向が認められる。

②について、ロームは乱したときの強度が乱さない状態の強度に比べて著しく低下することは一般的に言われているが、黒ぼくも同様な傾向が認められる。図-4に東京の黒ぼくについて行った突固めによる土の締固め試験およびコーン指数試験を示す。これによると、自然含水比 W_n =

96.7%の状態から乾燥させるとコーン指数は大きくなるのに対し、加水側では乾燥密度の低下と共にコーン指数が極端に低下しているのがわかる。自然含水比の状態から含水比を10%程度上昇させた含水比 $W=106.6\%$ のときコーン指数は $q_c=156.8\text{kN/m}^2$ を示し、自然含水比時のそれと比べて80%程度低下したことになる。これは、例えば面積 50m^2 、表層から深度 0.3m までの土について考えると、自然含水比 $W_n=96.7\%$ から含水比 $W=106.6\%$ まで上昇させるのに必要な水の量は約1000リットルとなる。一般家庭のお風呂の水がだいたい200～300リットル程度であるので、お風呂一杯で250リットルと仮定すると、1000リットルはお風呂約4杯となる。この程度の水があれば表層付近はぐちゃぐちゃとなり、工事車両がにっちもさっちもいかないような状況となる可能性があることが予想される。また、加水を行わずとも乱したときの強度低下が大きい傾向があり、地業工事において過度の転圧によりかえって支持力を低下させることがある。

③について、母材のロームはそれ自体がその中に含まれるアロフェンの影響または団粒構造により固化しにくい傾向が認められるが、黒ぼくはさらに腐植物中の酸の影響を

表-1 主な土質の土粒子の密度³⁾

	黒ぼく	沖積粘性土	泥炭	関東ローム
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.3～2.6	2.50～2.75	1.4～2.3	2.7～3.0

表-2 含水比の測定例³⁾

	黒ぼく (九州)	沖積粘土 (東京)	泥炭 (石狩)	関東ローム (関東)
含水比 (%)	30～270	50～80	110～1300	80～150

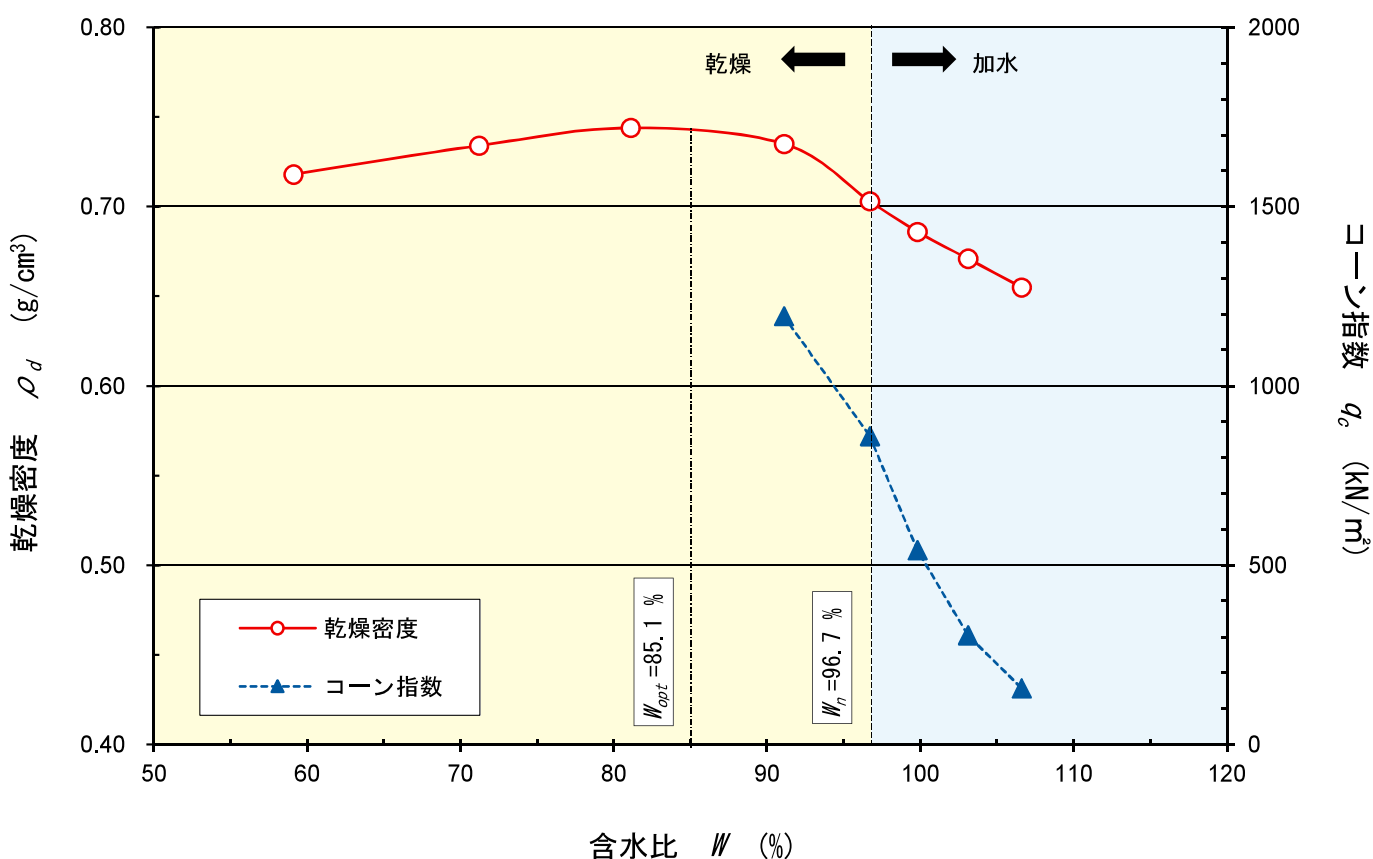


図-4 黒ぼくの突固めによる土の締固め試験及びコーン指数試験結果

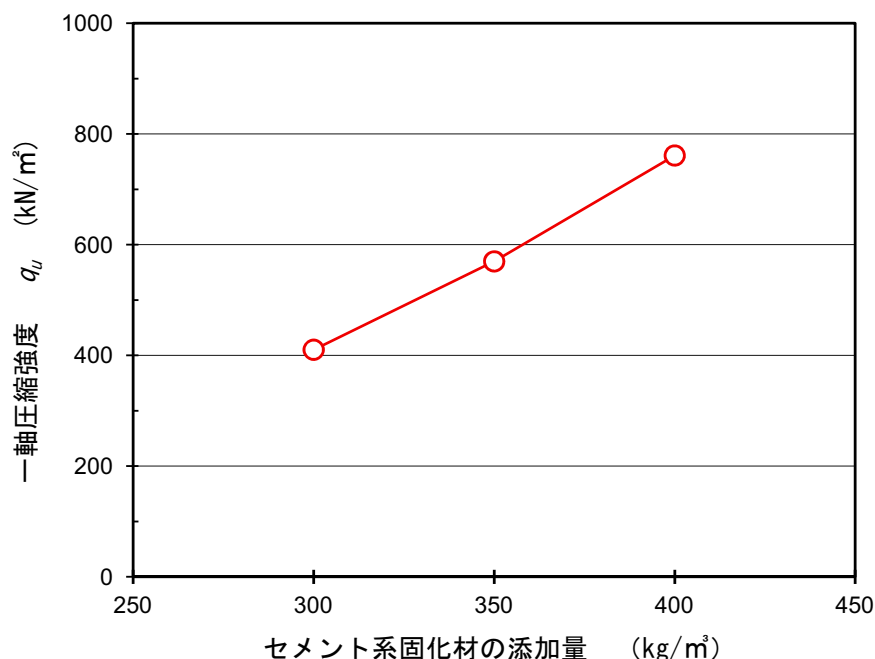


図-5 黒ぼくの室内配合試験結果（材令7日）

うけ強度がでにくい傾向がある。図-5は関東ローム覆う表層の黒ぼくについて行った室内配合試験結果の一例を示す。固化材は一般軟弱土用セメント系固化材を使用し、スラリー状態で、水セメント比 $W/C=60\%$ の状態で行っている。この表が示すように、添加量300～400kg/m³で、一軸圧縮強さは $q_u=410\sim760\text{kN/m}^2$ と低い値を示している。住品協の技術基準『住宅の地盤の調査・施工に関わる基準書』（以下「住品協基準」）では、柱状地盤改良の設計基準強度は $F_c=500\sim800\text{kN/m}^2$ となっているが、日本建築センター『建築物ための改良地盤の設計及び品質管理指針』を参考に配合量350kg/m³での材令7日の一軸圧縮強さから設計基準強度をもとめると、強度のバラツキをやや小さく見積もったと仮定しても $F_c=300\text{kN/m}^2$ にはおよばない。これらの結果から、柱状地盤改良を行う際に、黒ぼくなので配合試験を行わず、通常セメント系固化材を使用し添加量を通常より多い配合量350kg/m³でやっておけばよいという安易な考え方は強度不足をまねく可能性があることを心にとめておく必要がある。このように必要な強度が得られない場合は、固化材の種類の変更、設計基準強度を低く設定、あるいは他の工法を選択などの検討が必要となる。

5. 住宅地盤と黒ぼく

ここまで主には乱した黒ぼくについてふれたが、その地盤の工学的性質を考えると分譲住宅の造成地で黒ぼくの流用土（他現場の残土）を盛土として使用する場合は、その盛土は構造物を支持する地盤としては必要な強度が確保されにくいといえる。スウェーデン式サウンディング試験を主とした戸建て住宅の地盤調査では、自然地盤の黒ぼくと埋土・盛土などの乱した黒ぼくを見分けることは非常に難しく、また、状態が良い場合でも降雨後に転圧を行えば、

過転圧による著しい強度低下によりかえって地盤を悪くする場合も考えられる。このような事情を踏まえると黒ぼく地盤の多くが地盤補強を必要とする傾向にあると思われるが、セメント系固化材を使用する場合は、事前に配合試験を行うことや設計基準強度を低く設定するなどの対応を検討する必要がある。また、配合試験において一種類ではなく複数の種類のセメント系固化材を用いておけば、予定していた固化材で強度がでなかった場合にも対応できる場合がある。黒ぼくの地域性を考えると配合試験のデータを蓄積し、その地域でのセメント系固化材との相性の把握に努めることは重要であるといえる。この他、黒ぼく地盤

での工事は、前日の降雨により地盤の強度が低下し、工事車両の走行が困難（トラフィカビリティが確保されない）な場合がある。このような場合は表層地盤改良等による仮設対策を講じなければならない場合があることを工事管理者は事前に把握しておく必要がある。また、天候を随時確認し、仮設対策に必要な工期、費用などもあらかじめ把握しておく必要があるといえる。

6. 終わりに

黒ぼくは全国的にみられる特殊土であるが、今回はそれらの土壌的な視点と地盤工学の視点から大雑把な特徴のみをまとめた。地域によっては今回のお話とは異なる部分もあるかと思うので、今後、この地盤に携わる皆様のそれぞれの地域での詳細な特徴が報告されることを期待したい。

（参考文献）

- 1) 阪口豊編（1980）日本の自然. 岩波書店, 269p.
- 2) 加藤芳朗（1970）東海地方の「黒ぼく」土壌の一般理化学性-火山灰土壌との対比を中心として-. 日本土壤肥料科学雑誌, 第41巻, 第3号.
- 3) 社団法人地盤工学会（2009）地盤材料試験の方法と解説. 社団法人地盤工学会, 1190p.