キャピラリーバリアを導入した盛土式廃棄物貯蔵施設の試験施工

森井　俊広・河合　隆行・鈴木　哲也

1. はじめに

土のキャピラリーバリア（CB）は，砂層とその下に礫層を敷設した単純な土層システムをいう．地表面から浸潤してきた土中水は，土の不飽和水分特性の違いにより，両土層の境界面に沿って遮断される．このCBシステムを導入して，危険な廃棄物，あるいは低レベルの放射性廃棄物を安全に隔離するための盛土式廃棄物貯蔵施設（図1）を提案する．表層部に敷設したCB被覆層により降雨浸潤水を遮断するとともに，万が一に浸潤が生じた場合，底部CB排水層により貯蔵廃棄物を通過してくる土中水を安全に集水し排水できる構造としている．盛土形式であるため地下水の流入はなく，かつ砂と礫の自然材料であることから長期にわたる供用性をもつ．盛土式廃棄物貯蔵施設を想定した試験施工を行い，CB層の施工性および野外条件下におけるCBの水分遮断機能を確認した．

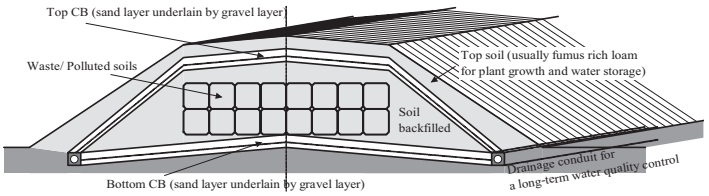


図1　CBシステムを導入した盛土式廃棄物貯蔵施設（提案）

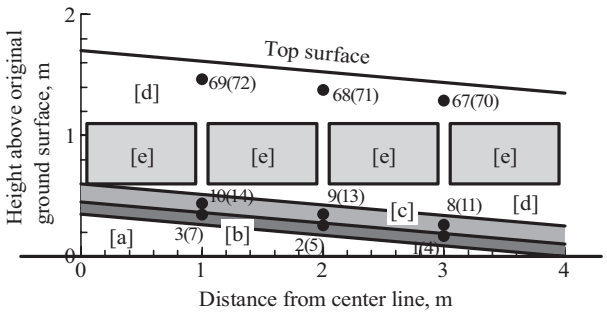


図2　CB盛土の試験施工断面



図3　法面バケットによるCB層の敷設

2. CB盛土の試験施工

CB層には，平均粒径0.22mmの砂と6.0mmの礫を用いた．盛土の構造規模は，CB層の限界長（傾斜したCB層が上からの浸潤を遮断し境界面に沿って排水できる距離）に決定される．土槽試験から，おおよそ限界長として4m程度が可能であることを確認したのち，図2に示すように，貯蔵施設の片側半分を模擬した高さ2m弱のCB盛土を試験造成した．原地盤（ローム）を5度の傾斜をつけ整地したのち，法面バケットを用いて礫を厚さ10cmに，続いて砂を厚さ15cmで静的に締固めた（図3）．CB層を敷設したのち，現地の砂質土を締固め，その上に貯蔵体を想定して砂質土を詰めたトンパックを設置し，さらにその上部に同じく砂質土を敷き，締め固めた．

限界長，したがってCB盛土の構造規模は砂の透水係数の大きさに比例して変化することから，砂層の締固め密度の均一性が重要な施工管理パラメータとなる．CB層を敷設したのち，100cm^{3}容器を用いて採土を行い，砂層の密度を測定した．図4aに乾燥密度の正規分布を示す．図4bは，現地測定の範囲にほぼ対応する密度で供試体を作製し，室内定水位透水試験により求めた飽和透水係数をまとめたものである．図4aより，砂層の締固め密度は変動係数2.0%となっており，バックホーに取り付けた法面バケット用いたにもかかわらず，比較的均質に締固めを行えることが分かる．しかし，密度の95%信頼区間でみると，図4bより，最大出現密度における透水係数は最小密度におけるそれより35%程度小さくなる．先に述べたように，限界長は砂の飽和透水係数に比例することから，砂層の締固めにできるだけばらつきが生じないようなしなければならない．限界長をできるだけ長くとるためには締固め密度は小さくすべきであるが，おそらく，逆に，ばらつきは大きくなり，なによりも，その後の上載土の施工により密度が増加し，当初設計の限界長を実現できなくなり遮水機能が低下してしまう．このため，CB層の施工にあたっては，通常の土工工事と同じように可能な限り締固め密度を確保し，その条件のもとで期待される限界長をもとに，CB盛土の構造規模を決定するとの設計方針，つまり砂と礫の組合せの材料選択が必要となる．

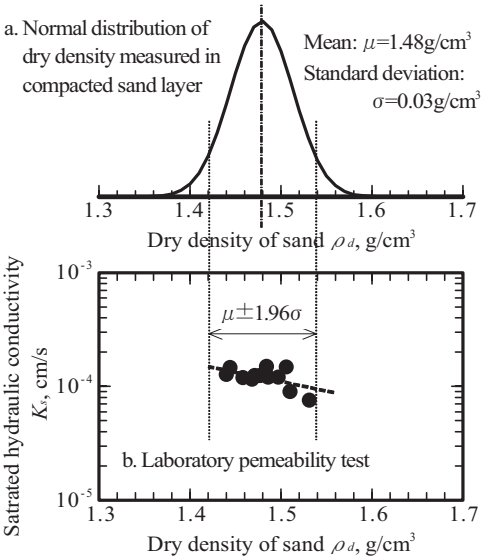


図4　砂層の締固めた密度と透水性

3.　CB層の遮水機能

先の図2の断面をもつCB盛土の奥行き（幅）は2mで，その奥側に，対照区として，CB層のない砂のみの盛土を造成した．同図の黒丸記号で示す位置に誘電率水分計EC-5（Decagon Devices社製）を埋設し，盛土内の体積含水率を測定した．CB層のない対照区の断面にあっては，CB層断面と同じ深さ位置に水分計を埋設した．図5に，CB盛土の試験造成後，6月から9月までの約4か月にわたる土中水分量（体積含水率）の測定結果をまとめる．CB層のない対照区の図5aでは，降雨浸潤水がストレートに降下し，盛土底部の原地盤に達している．これに対し，CB層を敷設した試験区の図5bでは，浸潤してきた土中水は砂層に達するものの，それ以深の礫層には移動していない．

これらの施工試験により，提案する貯蔵施設の実現可能性が具体的なものとなった．

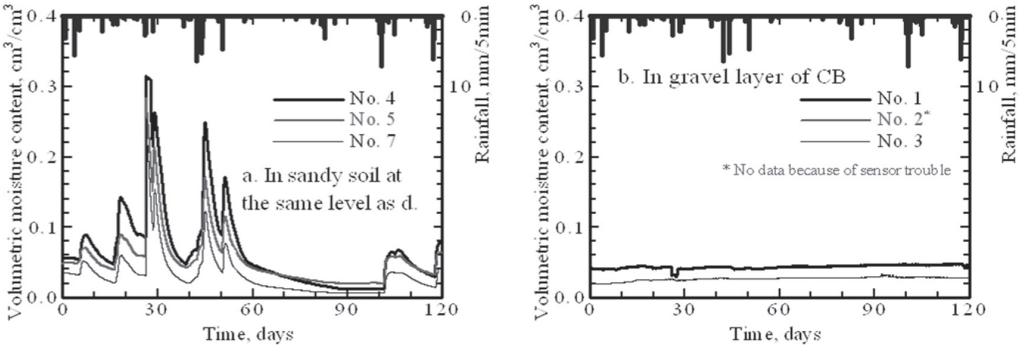


図5　降雨記録とCB盛土内で計測された土中水分量（体積含水率）