

II-539

ヘドロの固化・覆土による池の水質浄化の一事例

－固化体からのアルカリ溶出対策について－

(株)大林組技術研究所 辻 博和 喜田 大三
加藤 顕 漆原 知則

1. はじめに

某池（水面積4400m²、水量5000m³）では、後掲の表に示す性状の有機性ヘドロが池底に堆積（約4000m³）し、これが原因となって池水の水質汚濁が進行していると考えられた。そこで、池水の浄化を図るためのヘドロ対策として、まず浚渫・除去することを検討したが処分地の確保等の問題からこの工法の採用は難しく、現位置にヘドロを封じ込めることとなった。そして、ヘドロのまき上りやリン等の溶出による、池水の再汚濁を防止することを目的として、ヘドロをセメントで固化し、固化体表面を良質土で覆土する、池の改修工事が計画された。その際、固化体からの高アルカリ溶出が鯉等の生育に影響を与えたと考えられた。そこで、ヘドロの固化材として、固化後の施工に必要な強度及び固化体からの溶出アルカリ量の両面から適切な固化材を選定するとともに、固化後に溶出してくるアルカリ量の低減方法、さらに、覆土材として付近の現場発生土で入手可能な関東ロームのpH緩衝効果について、室内試験を行い現場に適用した。

2. 固化材選定試験

(1) 試験方法

供試ヘドロの性状を表-1に示す。固化材は、普通ポルトランドセメント（以下、普通セメント）及び有機質土用の特殊セメント2種類（以下、特殊セメントA、B）を用いた。固化材は、固化材1:水1のスラリー状にしてヘドロに添加し混練した。混練物はモールド（5φ×10cm）に充填して28日間水中養生後、一軸圧縮強度試験を行った。また、アクリル容器（6φ×5cm）にも充填、密封して空気中で1日養生し、1.2ℓの水中に沈め、試料の上面のみを水に接した状態にしてpHの経日変化を測定した。

(2) 試験結果及び固化材の選定

① 固化強度について 28日養生後における固化材添加量と一軸圧縮強さの関係を図-1に示す。

現場においてヘドロ固化後、ブルドーザによって覆土材の巻き出しを行うものとし、室内での一軸圧縮強さの目標を2kgf/cm²（現場では約1kgf/cm²を想定）とした。

普通セメントの場合、300 kg/m³ 添加しても目標強度2kgf/cm²を得られなかった。一方、特殊セメントでは、2kgf/cm²を得るための添加量は、特殊セメントAで約110 kg/m³、Bで約100 kg/m³と普通セメントに比べるとかなり少なかった。

② 固化体からの溶出アルカリについて pHの経日変化を図-2に示す。普通セメントは7日目にpH12近くまで達するのに対して特殊セメントはpH11付近にとどまった。7日目におけるpHより、

7日間で発生したアルカリ量(mol-OH⁻/cm²)を計算すると、普通セメントは 2.33×10^{-4} 、特殊セメントAが 4.05×10^{-5} 、Bが 6.13×10^{-5} となった。このことから、特殊セメントのアルカリ溶出量は、普通セメントのその1/6～1/4と、非常に少ないことが分かった。

表-1 供試ヘドロの性状

含水比 (%)	強熱減量 (%)	COD (mg/g)	全窒素 (mg/g)	全リン (mg/g)	硫化物 (mg-S/g)
458	28.0	80	5.4	1.6	0.08

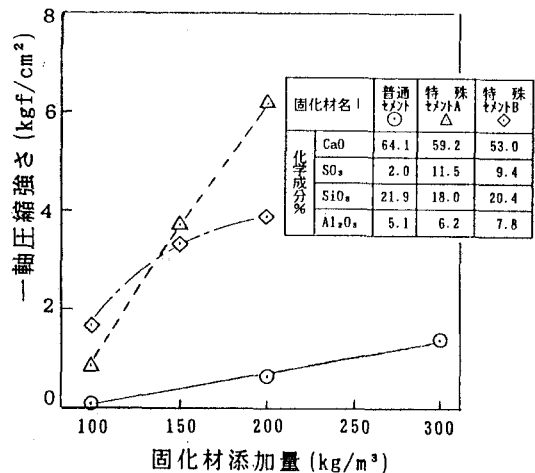


図-1 固化材添加量と一軸圧縮強さの関係

以上の結果から、特殊セメントA、Bは少量の添加量で目標強度を確保でき、かつ固化体からのアルカリ溶出量も少ないことから、本件の固化材として採用できる。さらにこの両者を比較すると、少ない添加量で目標強度が得られる特殊セメントBが適していると判断した。

3. 溶出アルカリの低減方法に関する試験

(1) 試験方法

低減方法として下記の2つの方法を検討した。

①自然放置 固化体を空气中で1週間または2週間放置し、アルカリの中性化を促進させた(乾燥放置)。また、現場での降雨、乾燥の繰返しを想定し、固化体表面が乾燥したら水で湿らせる操作を1週間続けた(湿潤放置)。上記の操作後、固化体を1.2ℓの水の中に移しpHの経日変化を測定した。

②覆土 覆土材として、現場付近で入手可能な関東ロームのpH緩衝効果を明確にするため、ロームに水を添加してスラリー状にし、これに $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を適当量添加して、1日放置後のpHを測定した。

(2) 試験結果

①自然放置について 1週間または2週間乾燥放置した固化体、あるいは1週間湿潤放置した固化体を水につけた時のpHの経日変化を前掲の図-2に併記した。1週間乾燥放置ではpHが8.2まで上昇し、2週間乾燥放置ではpHが7.8まで上昇した。また、湿潤放置では、pHが9.5まで上昇した。2で述べたように、固化後すぐに水中養生したものはpHが11.2まで上昇したのに比べると、自然放置にはかなりのアルカリ溶出抑制効果があるものと分かった。これは、固化に伴ってセメント中から遊離した $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が炭酸ガスによって、 CaCO_3 に変化したと思われる、実際に固化体の表面土をX線解析したところ、 CaCO_3 の結晶が認められた。

②覆土について ローム中に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を加えた時、pHが9以下に抑えられる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の許容量はローム10g当り0.05gであった。この値から、ロームのアルカリ吸着によってどの程度の溶出抑制効果があるか計算した。2で求めたBセメント固化体からの初期の溶出アルカリ($6.13 \times 10^{-5} \text{mol-OH/cm}^2$)が、ロームの覆土(50cm厚、湿潤密度 1.4g/cm^3)中に移動してきたと考え、この覆土は溶出アルカリ量に対して155倍の許容量があるということが分かり、ロームによる覆土のアルカリ溶出抑制効果は大きいと思われる。

4. 工事実施内容

試験結果をもとに、アルカリ溶出対策を組み込んだ池の改修工事を以下の通り行なった。①鋼矢板の二重締切によって池を二分割し、片側の水を抜く。②特殊セメントを粉体でヘドロに散布、攪拌混合する。③4週間自然放置。④ヘドロ固化後、関東ロームを50cm厚に覆土。さらに碎石を敷き、水を張る。⑤もう一方の部分と同様に固化・覆土、二重締切を撤去。⑥橋、護岸等の池周辺の環境整備の付帯工事を施工し、完了。

自然放置期間中は断続的な降水の影響を受け、固化体は完全な乾燥放置でなく湿潤放置に近かった。自然放置後の固化強度は約 1kgf/cm^2 を確保でき、施工上問題は発生しなかった。また、覆土後水を張り、約270日経過した段階でも、池水のpHは8付近を維持しており、鯉や水生植物は正常に生育している。

5. まとめ

以上、池水の浄化に関連して、池底に堆積したヘドロを現位置にてセメントで固化し封じ込める場合の、固化体からの高アルカリ溶出対策について、①固化に適した固化材の選定②固化体からのアルカリ低減方法③覆土の効果を検討、工事に適用し良好な結果を得ることができた。今後、ヘドロの処分地等の問題から、ヘドロを固化・封じ込め、処分する工事が増えると考えられ、本報がその参考になれば幸いである。

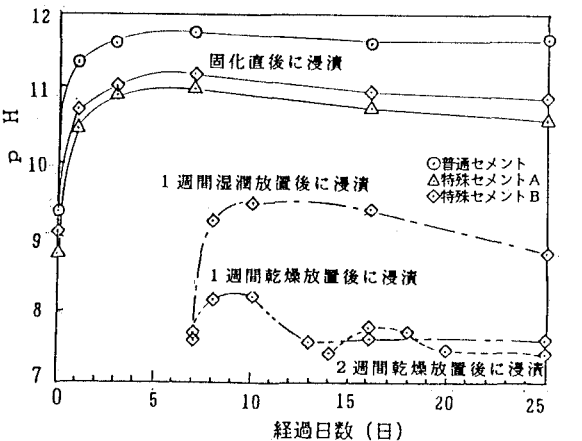


図-2 固化体の各種放置後の水中養生におけるpHの経日変化(固化材添加量は 100kg/m^3)