

汚染水に暴露された膨潤性止水材の膨潤特性

膨潤性止水材；膨潤特性；海面廃棄物処分場

連結鋼管矢板工法研究会 ○(正)若月 正・(正)西山嘉一
(正)山村和弘・(非)牛嶋 純
京都大学 (国)稲積真哉・(国)木村 亮

1. はじめに

膨潤性止水材は合成樹脂エラストマーを母材とし、高吸収性ポリマー、充填剤および溶剤等を配合した流動性ならびに自己修復性を有する止水材である。土木分野において膨潤性止水材は、鋼矢板や鋼管矢板の継手箇所の止水性を高めるために、継手遮水処理材として多用されている(図1参照)^{1),2)}。なお、継手箇所に塗布もしくは接着された膨潤性止水材は、地盤中の水と接触することで膨潤して継手内通水空間を塞ぎ、結果的に継手箇所の遮水が図られる。

本報告では、膨潤性止水材が海面廃棄物処分場における遮水処理材として適用されることを想定した上、廃棄物に含有が予想される種々の有害物質に対する膨潤性止水材の膨潤率特性を検討している。

2. 膨潤性止水材の既往概要

膨潤性止水材の乾燥塗膜から抽出された水は食品衛生法に基づく水質基準を満たし、環境に適合するものである。現状において使用頻度の高い膨潤性止水材の組成では、淡水および海水に浸漬すると、24時間後に重量比でそれぞれ15~30倍および5~7倍に膨潤する。

近年では、海面廃棄物処分場における鋼矢板¹⁾ならびに鋼管矢板工法の一つとして新たに開発されたH-H継手を施した連結鋼管矢板²⁾の高遮水化において、継手遮水処理材として膨潤性止水材の積極的な適用が試みられている(図1参照)。さらに、膨潤性止水材が接着されたH-H継手を施した連結鋼管矢板の遮水性能は、例えば淡水および人工海水(3%食塩水)の環境において、換算透水係数 $k_e=1 \times 10^{-8}$ cm/sオーダーの低透水性を確保することが明らかにされている²⁾。また、原位置における膨潤性止水材の剥離や遮水性能等も同時に検証されており^{3),4)}、概ね良好な結果が報告されている。

膨潤性止水材を継手遮水処理材として適用する場合、シートとして継手内に接着する止水材(膨潤性シート)、ならびに塗料として塗布する止水材(膨潤性塗料)があり、現場条件に応じてこれら膨潤性止水材の性状を選択することが可能である。ここで、膨潤性塗料の塗布は止水材と鋼がより密実に合成することで剥離などを防止できる。また、膨潤性シートは品質管理に優れており、所定厚さでムラなく鋼へ接着することができる。なお、膨潤性止水材自体の透水係数はシートもしくは塗料による相違がなく、いずれも 1×10^{-9} cm/sオーダーである。

3. 膨潤性止水材の膨潤率試験

実施した膨潤率試験の手順は以下のとおりである。

- (1) 膨潤性止水材を一定量乾燥させて2mm厚さのシート状にし、2cm×2cmの試験片を準備する。
- (2) 試験片の初期重量を測定し、様々な水質および水温に調整された水槽内に浸漬する。
- (3) 48時間浸漬した後、試験片を取り出して浸漬後の重量を測定する。
- (4) 膨潤率(=浸漬後重量/初期重量)を計算する。

3.1 浸漬水の塩分濃度、水温およびpHと膨潤率

浸漬する水質(塩分濃度；淡水もしくは海水)、水温およびpHは、膨潤性止水材の膨潤特性に大きく影響を及ぼすものと考えられる。そこで、浸漬水の水質、水温およびpHを変化させた条件下において膨潤率試験を実施した。

浸漬水が淡水もしくは人工海水(3%食塩水)であることによつて、膨潤性止水材の膨潤率には大きな差異が生じる(2.参照)。この要因に関して、膨潤性止水材に配合されている高吸収性ポリマーは高分子電解質であり、水環境に浸漬すると高吸収性ポリマーの網目構造内に水分が吸収され、ゲル化状態(膨潤状態)を呈する。しかしながら、高吸収性ポリマーは多価金属イオンとも結合する性質があり、水中に多価金属イオンが存在すれば不溶性の

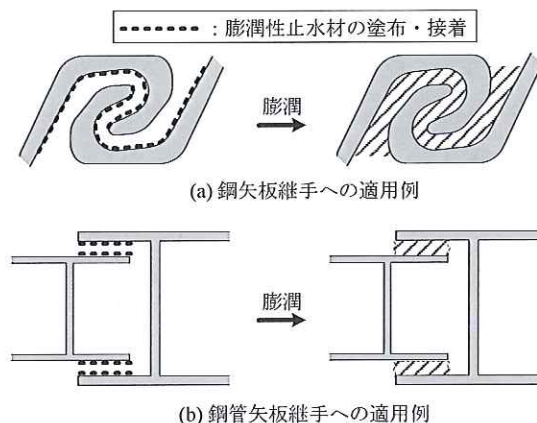


図1 膨潤性止水材による鋼(管)矢板継手の遮水処理

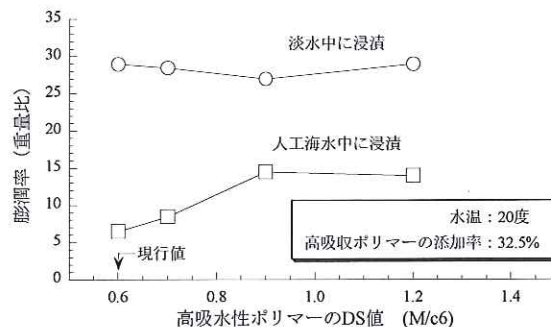


図2 高吸収ポリマーのDS値と膨潤率

金属塩を形成する。従って、人工海水環境においては膨潤性止水材の膨潤率が減少する。そこで、膨潤性止水材の組成成分である高吸収性ポリマーのエーテル化度 (DS 値) に着目し、人工海水環境下での膨潤率の向上を図った。その結果、図 2 に示されるとおり DS 値を 0.9M/c6 程度に改質した膨潤性止水材では、人工海水 (3%食塩水) 環境における膨潤率が大幅に向上し、高吸収性ポリマーの DS 値が 0.6M/c6 である現行の膨潤性止水材の 2 倍程度の膨潤率を得ることができる。なお、DS 値とはポリマー構造の結合強さを表す指標であり、高吸収性ポリマーにおけるグルコース (C₆H₁₂O₆) 1 ユニット (炭素数 6 個) に対するエーテル化 (ナトリウム化) したナトリウム (Na) の物質質量 (mol 数) である。

浸漬水温は図 3 に示すように、膨潤性止水材の膨潤率に影響を及ぼし、特に淡水環境では水温上昇に伴って膨潤率も増加する傾向にある。一方、人工海水の水温は膨潤性止水材の膨潤率向上に影響を及ぼさない。言い換えれば、人工海水環境下ではイオン濃度が高いため、高吸収性ポリマーが吸収できる水分量が減少する (不溶化が促進され、膨潤が小さい)。よって、高吸収性ポリマーの不溶化が促進され、膨潤性止水材自体の膨潤率が小さい条件 (人工海水環境下) においては、水温上昇に伴う膨潤率の増加も妨げられるものと考えられる。

図 4 は浸漬水の pH と膨潤性止水材の膨潤率の関係を示している。これより、膨潤性止水材は強酸もしくは強アルカリ領域において膨潤率が低下する傾向にある。しかしながら、pH が 4~12 の領域では pH が膨潤性止水材の膨潤率に及ぼす影響が小さく、膨潤性止水材の実質的な利用に際して、浸漬水の pH は大きな影響を及ぼさない。

3.2 浸漬水の化学物質濃度と膨潤率

表 1 には、化学物質を含有する浸漬水において得られた膨潤性止水材の膨潤率も示している。なお、実際の埋立廃棄物に含まれる全ての化学物質の特定は不可能であるため、表 1 に示した特定の化学物質を含有する浸漬水においてのみ検討を実施した。

表 1 では重金属類が含有された浸漬水中においても、膨潤性止水材は淡水中と同程度に膨潤することが確認でき、浸漬中において膨潤体膜の劣化も確認されなかった。すなわち、浸漬水に含まれた重金属類は、膨潤性止水材の膨潤率に大きな影響を及ぼさないと判断できる。一方、有機溶剤が浸漬水に含まれる場合、2.0g/L 程度の有機溶剤を含有する浸漬水では膨潤性止水材の膨潤に対して全く影響が確認されず (淡水環境における膨潤率と同程度である)、膨潤性止水材の膜劣化も確認されなかった。ただし、有機溶剤が飽和濃度では膨潤性止水材の母材である合成樹脂エラストマーが溶剤により侵されるため、膨潤性止水材に膨潤が確認されず、止水材膜は崩壊した。

4. おわりに

- (1) 高い DS 値を有する高吸収性ポリマーを配合した膨潤性止水材は、人工海水水中での膨潤率が大幅に向上する。
- (2) 淡水温の上昇は膨潤性止水材の膨潤率の増加に影響する一方、人工海水の水温は膨潤率に影響を及ぼさない。
- (3) 膨潤性止水材は強酸もしくは強アルカリ領域において膨潤率が低下する傾向にあるが、pH が 4~12 の領域では膨潤性止水材の膨潤率に及ぼす影響が小さい。
- (4) 重金属類が含有された浸漬水中において、膨潤性止水材は淡水中と同程度に膨潤する。
- (5) 2.0g/L 程度の有機溶剤を含有する浸漬水中においても、膨潤性止水材は十分な膨潤率が得られる。

- 【参考文献】 1) 沖ら：鋼矢板、鋼管矢板を用いた鉛直遮水壁の遮水性能の評価、第 5 回環境地盤工学シンポジウム、53-58、2003。
 2) 稲積ら：廃棄物埋立護岸における H-H 継手を施した連結鋼管矢板の開発と適用性評価、土木学会論文集 C、62-2、390-403、2006。
 3) 山村ら：H-H 継手を施した連結鋼管矢板の現場打設・遮水性試験 (その 1：打設性能)、第 42 回地盤工学研究発表会、1381-1382、2007。
 4) 菅野ら：H-H 継手を施した連結鋼管矢板の現場打設・遮水性試験 (その 2：遮水性能)、第 42 回地盤工学研究発表会、1383-1384、2007。

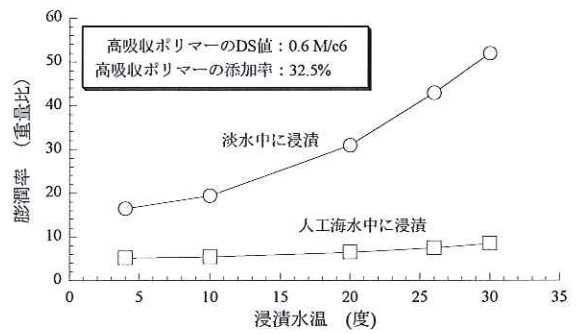


図 3 浸漬水の水温と膨潤率

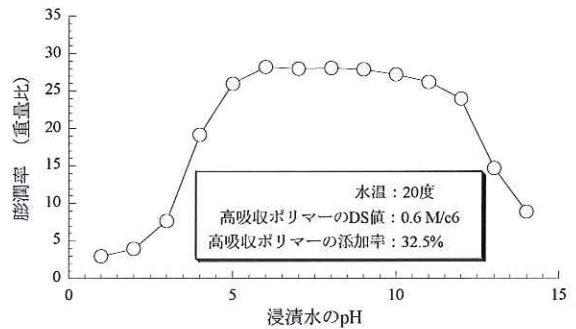


図 4 浸漬水の pH と膨潤率

表 1 化学物質を含有した溶液中での膨潤率

(a) 重金属類

化学物質	0.2 g/L 溶液
	膨潤率 (重量比)
酸化クロム IV	27.3
硫酸カドミウム	27.1
亜セレン酸	25.8
塩化鉛 II	28.7
硝酸水銀 II	27.3
フェロシアン化カリウム	27.5
三酸化二砒素	28.0
チラウム	26.5
チオベンカルブ	28.6
シマジン	27.0

(淡水環境における膨潤率: 28.0)

(b) 有機溶剤

化学物質	飽和溶液	2.0 g/L 溶液
	膨潤率 (重量比)	膨潤率 (重量比)
ベンゼン	膜の崩壊	27.3
トリクロロエチレン	膜の崩壊	28.6
テトラクロロエチレン	膜の崩壊	29.3
ジクロロメタン	膜の崩壊	28.1
四塩化炭素	膜の崩壊	27.4
1・2-ジクロロエタン	膜の崩壊	28.7
1・1・1-トリクロロエタン	膜の崩壊	27.1

(淡水環境における膨潤率: 28.0)