

○正員 建設省土木研究所 深見親雄
葛西敏彦

1. ハドロの処理とは

河川による沖積作用でできた河口附近の最も新しい軟弱な堆積層のほとんどが有機物や有害物質をかなり含んでいるといっても間違いではないだろう。人間活動がそれほど高度でなかったときに比べ、仮りに堆積シルト量が半減し汚濁物の負荷が2倍になったとすると、単純に考えれば堆積物中のこれらの濃度は4倍になる訳で、新しい堆積物中に有害物が多く含まれているということとは不思議なことではない。現在、ハドロと呼ばれているものはこのような有機物や有害物質を比較的多量に含む最新の沖積層を意味することが多く、それらはまた還元状態にある場合が多い。

このようなハドロが水底に堆積していると水質の悪化あるいは生物環境の破壊をもたらす。また特定の場所では食物連鎖によって人体にまで重大な影響をおよぼしている。このようなことから、また航路維持等の理由からハドロの除去が強くさげられている。ハドロを除去する際の問題としては浚渫中のハドロのまき上げによる水底の汚濁や埋立地等におけるハドロの流出、有害物質の溶出、海床の環境破壊などをあげることができる。浚渫中のまき上げについては浚渫機械や浚渫方法の改良によって防ぐことが可能であり、実際にそのような方法が種々考えられている。埋立場所は適地が少なく、選定にあたっては十分な配慮が必要である。埋立地があれば、必要に応じてハドロを安定化する為の処理法を考えてやれば良い。今回の報告はハドロを埋立てる場合の処理法として添加剤による土質改良とその際の有害物の溶出に関するものである。

2. 添加剤によるハドロの一軸強度の増加

表-1に示すようなハドロにセメント、消石灰、生石灰、石膏等を単独にあるいは組合せて添加し、供試体、大きさ $\phi 5\text{cm} \times 10\text{cm}$ 、含水比 $115 \pm 2\%$ を作成後、密閉、 20°C の環境で14日間養生した場合の一軸強度の増加を調べた。表-2はそれぞれの添加剤で所定の一軸強度を得る為に必要な添加率を表わしたものである。

表-1 使用したハドロの土質性状

含水比	113%	液性限界	86.3%	砂分	17%
粒子比重	2.56	塑性限界	39.0%	シルト分	35%
強熱減量	17.6%	塑性指数	47.3	粘度分	48%

表-2 一軸強度と添加率

添加剤 \ 一軸強度	0.5 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²	2.0 kg/cm ²
セメント(普通ポルトランド)	17 %	20 %	22 %
改良剤F	16	18	21
消石灰(工業用1号)	36	—	—
生石灰(工業用1号)	15	21	29
リン酸石膏(工業副産物)	—	—	—
消石灰5%+セメント	14(19)	17(22)	—
消石灰10%+セメント	8(18)	12(22)	20(30)
消石灰15%+セメント	7(22)	11(27)	15(30)
リン酸石膏5%+消石灰	9(14)	14(19)	—
リン酸石膏10%+消石灰	9(19)	11(21)	14(24)
リン酸石膏15%+消石灰	10(25)	12(27)	15(30)

このうちセメント、改良剤F、消石灰+セメントを添加したものは添加剤の水和作用による凝結および硬化による強度増加を得るもので、消石灰、生石灰、石膏+消石灰を添加したものは添加剤と土粒子の化学反応によって強度を増加するものである。また生石灰は自身の水和作用による脱水作用も伴う。後者は当然ハドロ中の粘土鉱物の種類によって効果が異なるが、わが国の土壌粘土鉱物はハロイサイト系でありそれらに対しては効果が得られると言われる。この試験でもリン酸石膏+消石灰が効果を上げていることがわかる。これらの組合せのほかにも、セメント+消石灰+石膏という組合せも効果があるようである。

3. 添加剤を加えた場合の重金属等の溶出（一例）

表-3のような重金属等を含有するヘドロ（河川ヘドロに某電気製品メーカーのスラッジを混合したもの）に前項と同様な添加剤を加えて養生後、250μ以下に粉碎し、海洋汚染防止法施行令第5条第1項に規定する埋立場所等に排出しようとする有害な廃棄物に係る判定基準に決られた方法に準じておこなった溶出試験結果を表-4に示す。重金属類の溶出はそれぞれヘドロ中にどのような成分で入っているかということと関係するが、

表-3 ヘドロの有害物分析値（Dry Base ppm）

T-Hg	Al-Hg	As	Cd	Pb	T-Cr	CN
0.270	0.0000	170	169	21000	14700	4.3

表-4 ヘドロの溶出試験結果（mg/l）

No.	添加剤 A	添加率 A	添加剤 B	添加率 B	調整 pH	Pb	T-Cr	CN	無調整 pH	Pb	T-Cr	CN
1	セメント	10%		%	7.8~8.3	0.02	0.02	0.07	9.9	0.01	0.02	0.02
2	セメント	20			7.8~8.3	0.01	0.05	0.05	11.3	0.01	0.07	0.02
3	セメント	30			7.8~8.3	0.01	0.09	0.05	11.7	0.04	0.08	0.03
4	改良剤 F	5			7.8~8.3	0.02	0.04	0.01	9.3	0.01	0.03	0.00
5	改良剤 F	10			7.8~8.3	0.01	0.03	0.02	10.1	0.00	0.03	0.01
6	改良剤 F	20			7.8~8.3	0.00	0.05	0.04	11.3	0.01	0.06	0.03
7	セメント	10	消石灰	5	7.8~8.3	0.01	0.05	0.01	10.7	0.02	0.05	0.01
8	セメント	20	消石灰	5	7.8~8.3	0.00	0.10	0.01	11.6	0.01	0.10	0.01
9	セメント	20	消石灰	10	7.8~8.3	0.00	0.10	0.02	12.1	0.01	0.08	0.01
10	消石灰	10			7.8~8.3	0.02	0.03	0.02	9.6	0.00	0.02	0.00
11	消石灰	20			7.8~8.3	0.00	0.04	0.01	10.5	0.00	0.07	0.01
12	消石灰	30			7.8~8.3	0.00	0.15	0.02	12.0	0.14	0.16	0.00
13	消石灰	10	リソ酸石膏	10	7.8~8.3	0.02	0.01	0.01	8.9	0.01	0.01	0.02
14	消石灰	20	リソ酸石膏	10	7.8~8.3	0.02	0.02	0.01	9.2	0.02	0.02	0.02
15	消石灰	20	リソ酸石膏	20	7.8~8.3	0.04	0.02	0.03	9.7	0.01	0.02	0.02
16	(無添加)									0.03	0.01	0.01

この試験の場合のPbとCrは水酸化物として入っていると考える水溶性を有するので、アルカリ性が増すと溶け出してくる。T-Crの溶出試験値はこのことをよく表わしている。No.13~15の場合、リソ酸石膏中に不純物のリソ酸が入ったまま使用したので、pH調整が行なわれT-Crの溶出が少なくなっている。

4. まとめ

軟弱な土質の改良剤としては、セメントや石灰あるいは石膏などが効果を表わす。この試験では含水比が自然含水比で短期間の養生しか行なっていないが、乾燥や脱水をとまったり、養生が長期になったりすればさらに強度が増加すると思われる。

重金属類の溶出については、このようなアルカリ性添加剤の使用は、それらの固結作用による透水性の減少を別にすればあまり好ましくない。この試験のように一度固結したものを細かく粉碎して溶出試験をするとアルカリ性の増大による悪影響が見られる。実際の河川ヘドロでは重金属類は水酸化物や硫化物のほか有機物やその他のものと複雑に結びついていると考えられるので、この溶出試験と同様の傾向になるとは言いきれないだろう。

結局重金属類の溶出問題は化学的な方法（pH調整など）と物理的な方法（固結化など）のどちらで解決するかによって扱い方が異なるのでさらに検討していきたい。