

立命館大学理工学部	学生員	堀田 潤一
立命館大学理工学部	正会員	武田 字浦
住友大阪セメント(株)		島田 保彦
(株)ロッシュ		稲葉 継男
立命館大学理工学部	正会員	岡本 享久
立命館大学理工学部	正会員	児島 孝之

1. はじめに

本研究では、ポーラスコンクリートを用いた水質浄化システムの構築を目的として、ゼオライトを用いたポーラスコンクリートの配合要因について検討した。さらに、汚泥中の有機物を分解する微生物群の、コンクリートの硫酸劣化抑制効果についても検証した。本研究成果より、コンクリート下水道施設の硫酸劣化抑制可能な下水処理システムへの展開を目指す。

2. 実験概要

2.1 ポーラスコンクリートの配合要因の検討

セメントには高炉セメントB種(BB、密度：3.02g/cm³)、微生物担持および重金属類除去を目的にモルデナイト系天然ゼオライト(Ze、密度：2.3g/cm³)を使用した。また、ペーストフロー調整を目的に、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤(SP)を使用した。表1に実験要因を示す。水結合材比4水準、セメントに対するゼオライト置換率を0～50%まで4水準とし、目標ペーストフロー値を180±20mmとした。以上の要因により、試験練りを行い決定したポーラスコンクリートの示方配合を表2に示す。JCI基準(SPO-1～3)に従い供試体を作製し、圧縮・曲げ強度試験、空隙率試験、透水試験を行った。

2.2 コンクリート硫酸劣化抑制効果の検討

表3に硫酸劣化抑制試験に用いたコンクリートの示方配合を示す。セメントには早強ポルトランドセメント(H、密度：3.14g/cm³)、細骨材に川砂(S、表乾密度：2.62g/cm³、粗粒率：2.84)、粗骨材(G、表乾密度：2.7g/cm³)に碎石を用いた。また、リグニンスルホン酸系のAE減水剤、アルキルアリルスルホン酸系のAE助剤を使用した。

供試体には、10×10×40cmの角柱供試体を用い、打設翌日脱型後、材齢7日まで標準水中養生を行った。

表1 実験要因

要因	水準
ペースト粗骨材率(P/G) (%)	22.5
水結合材比[W/B] (%)	22.5、25、35、47.5
ゼオライト置換率[Ze/B](%)	0、10、30、50
粗骨材粒径 (mm)	5～13
空隙率 (%)	35
ペーストフロー値 (mm)	180±20

注)B=BB+Zeを示す

表2 ポーラスコンクリートの示方配合

W/B (%)	Ze/B (%)	単体量(kg/m ³)				
		W	BB	Ze	G	SP
22.5	0	48.3	215	0	1433	1.50
25.0	10	56.9	185	20.5	1433	11.5
35.0	30	61.3	123	52.6	1433	9.29
47.5	50	70.3	74.1	74.1	1433	11.9

表3 コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m ³)				AE減水剤 (m ³ /m ³)	AE助剤 (m ³ /m ³)
		W	H	S	G		
50	45	147	340	814	1014	1700	850

まず、硫酸劣化促進試験として、硫酸5%水溶液に10日間浸漬した。その後、供試体を硫酸1%水溶液、硫酸1%水溶液+0.6m / の微生物製剤、硫酸1%水溶液+0.4m / の微生物製剤、硫酸1%水溶液+0.2m / の微生物製剤、水の計5水準の試験水に浸漬し、微生物群を用いた時の硫酸劣化抑制効果を確認した。ここで用いた微生物製剤とは、4種類の微生物群を混合したものである。劣化抑制効果は、質量減少量および動弾性係数(JIS A 1127)、曲げ強度(JIS A 1106)をそれぞれ測定し評価した。

3. 実験結果および考察

3.1 ポーラスコンクリートの配合要因の検討結果

図1にポーラスコンクリートの圧縮および曲げ強度、空隙率、透水係数に関する物性試験結果を示す。

ゼオライト置換率 10%の時に圧縮強度の増加が確認された。しかし、置換率 30%以上では、置換率の増加に伴って、圧縮強度、曲げ強度共に低下した。

空隙率試験結果より、ゼオライト置換率に拘らず目標空隙率が得られた。また、ゼオライト置換率の増加に伴い、連続空隙率・全空隙率共が増加する傾向が確認された。特に、全空隙率の増加が著しかったことから、ゼオライトの多孔質性が空隙率に影響していると推察できる。

強度と空隙率の関係を観察すると、空隙率の増加に伴い強度が低下した。また、ゼオライト置換率 10%のとき、置換率 0%に対して全空隙率は若干低下し、強度は増加した。このことから、両者の間には相関性があることが示唆された。

透水係数は、ゼオライト置換率に拘らず、ほぼ同程度の透水係数を示した。

これらの結果から、ゼオライト置換率 10%とすることで、本研究での目標空隙率 35%を満足し、強度、透水係数ともに置換率 0%とほぼ同程度の物性を得られた。

3.2 硫酸劣化抑制効果に関する実験結果

図2に硫酸劣化抑制試験開始後の質量変化率の経時変化、図3に曲げ強度および動弾性係数の経時変化をそれぞれ示す。

試験水 以外の供試体は、ほぼ同程度の質量変化率を示した。このため、本実験期間における質量変化率から、微生物製剤による硫酸劣化抑制効果は確認できなかった。しかし、試験水 ~ と試験水 およびに浸漬した供試体の曲げ強度を比較すると、微生物製剤を投入することにより、緩やかな強度低下の傾向を示した。硫酸劣化した供試体の強度は、内部に残留している硫酸イオンがコンクリート中のアルカリ成分と化学反応を起こし、膨張することで一度は増加するが、その後ひび割れ等の破壊が起き減少する^[1]。試験水 ~ の供試体の方が、緩やかな強度低下の傾向を示したことから、微生物製剤に含まれる微生物群が硫酸を分解し劣化を抑制している可能性が期待できる。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) ゼオライト置換率に拘らず目標空隙率を満足した。
- (2) ポーラスコンクリートの物性試験結果より、ゼオ

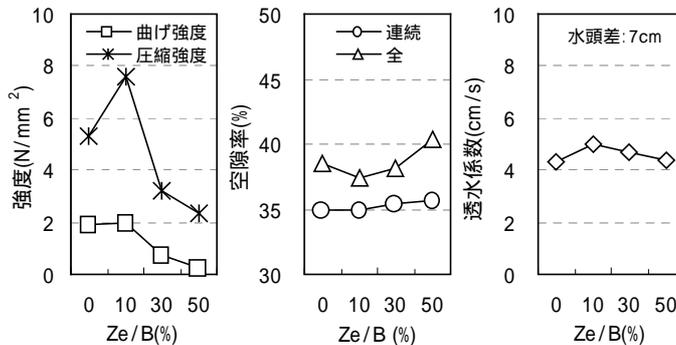


図1 ポーラスコンクリートの物性試験結果

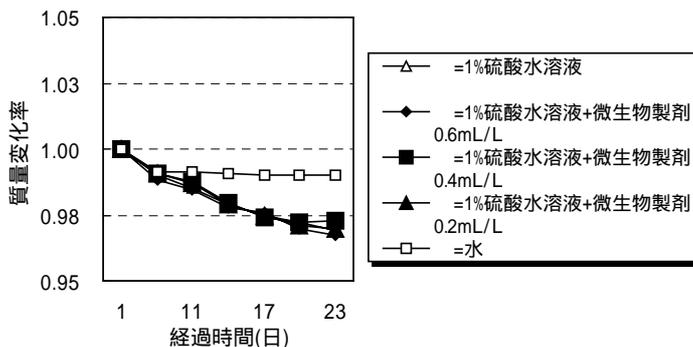


図2 質量変化率の経時変化

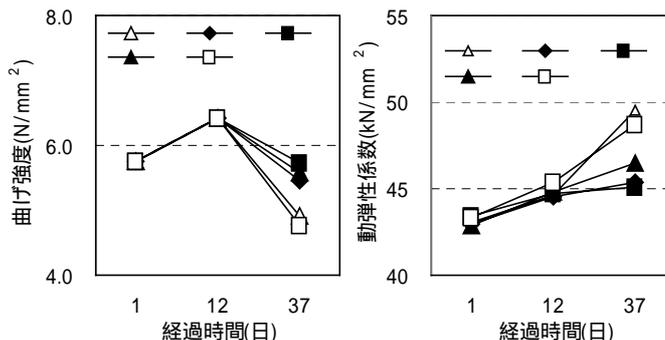


図3 曲げ強度および動弾性係数の経時変化

ライト置換率 10%とすることで、置換率 0%とほぼ同程度の物性が得られることが明らかとなった。

- (3) 硫酸劣化抑制試験より、本実験で用いた微生物群には硫酸劣化抑制効果があると期待できる。

今後は、ゼオライト使用量が微生物付着量に及ぼす影響、ゼオライト置換率の増加により予想される強度低下が使用に及ぼす影響を明らかにする必要がある。また、本実験で用いた微生物群の持つ硫酸分解効果について検証し、効果的な下水処理システムを構築していくことが課題である。

<参考文献>

[1] (社)日本コンクリート工学協会：エココンクリート研究委員会報告書、pp23-25、1995.11

<謝辞>

本研究の実施にあたり、立命館大学理工学部環境システム工学科 市木敦之准教授、見島伊織研究員のご指導をいただいた。ここに記し、感謝の意を表す。