粘性に富んだセメント混合土の長距離圧送技術の開発

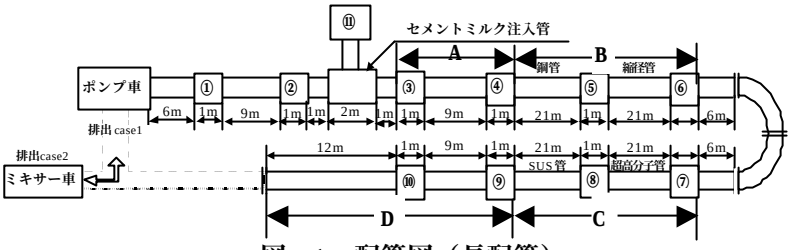
九州共立大学大学院　○学　江頭　智嘉
九州共立大学工学部　正　高山　俊一
関門港湾建設（株）　酒井　能具
“　湯　宜新

1.まえがき

今後の循環型社会の構築の一環として建設発生土の再利用や減容化の促進が予想される。海峡や漁港の浚渫などで大量に発生している浚渫軟弱土の固化処理事業がさらに増加するものと考えられる。しかしながら、環境保全の立場から土砂や浚渫土の捨て場所が採取地から遠くなる傾向にある。また、土砂や浚渫土は多岐に分かれ、ポンプによる圧送が困難となることもある。このような状況下において、ポンプによる長距離圧送を順調に行うために、圧送試料を固化するために3種類のセメントミルク注入管の選定を行い、それぞれの圧送性について検討を行った。

2.実験概要

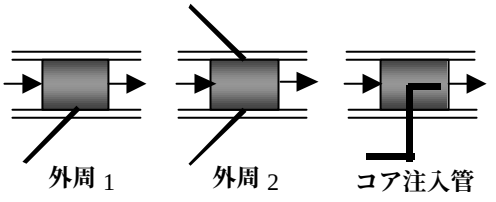
実験は長さ180mの長配管および90mの短配管で行い、図−1は長配管の場合を示す。管は5B管を使用した。図中の番号の位置にはフラッシュダイヤフラム型圧力変換器（東京測器研究所製）を設置し、デジタル動ひずみ計（東京測器研究所製、DRA−101C）に接続し、ひずみ波形を測定した。また、短配管では、図中のBおよびCの区間を外し、Cの区間には鋼管、Dの区間には超高分子を設置し、Dの吐出先に圧力変換器10番を設置した。設定吐出量は0.3m³/hおよび0.5m³/hとした。表−1に示すように実験は3日間にて行い、1日目は長配管で実験を行い、水および軟練土（有明海浚渫土、含水比104%、液性限界84.6%）を圧送して実験を行った。2日目は短配管に切り替え、セメントミルク注入管の選定（外周1型・外周2型、コア型）に関する実験を行った。3日目も同様に短配管で行い、途中から中練土（含水比92%）を使用し、中練土単味およびセメントミルクを注入して管内圧力を測定した。図−2にセメントミルク注入管の3タイプの概略を示す。



図−1　配管図（長配管）

表−1　実験条件

実験日	圧送試料	セメントミルク注入管	配管長さ(m)	目的
1日	軟練土	無し	180	軟練土のみ
2日	軟練土+ミルク注入	外周1 外周2 コア型	90	セメント注入管の選定
3日	軟練土	外周2	90	圧送試料と管内圧力・圧力損失の測定
	同上+ミルク注入			
	同上+プレミックス			
	中練土+ミルク注入			
	同上+プレミックス			
	同上+注水			



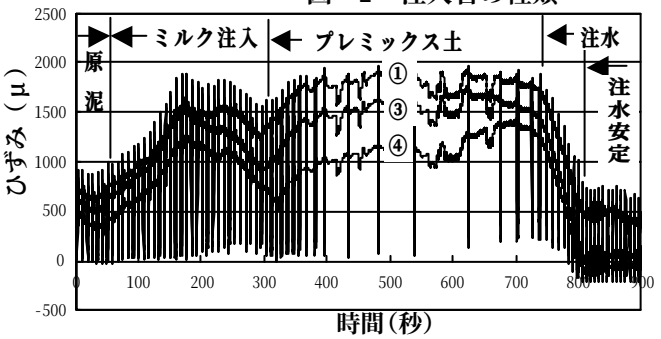
（下部注入管）（円周注入管）

図−2　注入管の種類

3.実験結果および考察

3.1圧力計のひずみと時間の関係

図−3に圧力変換器による波形ひずみと時間の関係を示す。初めの圧送試料は軟練土である。図中の番号は圧力変換器の番号を示し、図中に管内の圧送試料名を示している。これらの図をみると、軟練土（原泥）にセメントミルクを注入するとひずみが増加し（150〜250秒区間）、さらに、ミキサー車で軟練土とセメントを混合攪拌してプレミックス土とし、それを再度圧送するとさらにひずみが増加した。同図の350〜700秒の区間ではポンプ圧送車が圧送できなくなったため、圧送速度を減速している。これは、セメントミルクを注入することにより粘性がさらに大きくなり、圧送抵抗が増加したことを示している。また、740秒附近から注水を行うと、ひずみが急激に減少していることが分かる。

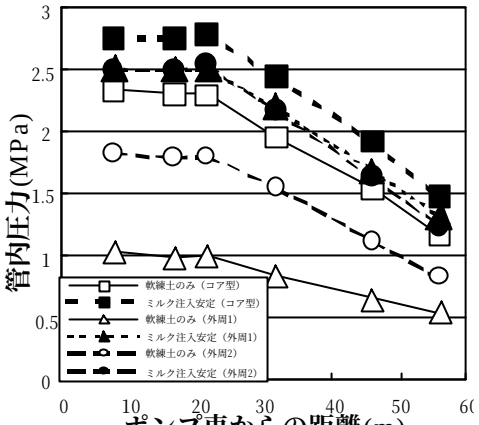


図−3　圧力計のひずみと時間の関係

3.2セメントミルク注入管の種類と管内圧力の関係

キーワード：pressure loss, pumpability, dredge soil　電話：093-693-3228 FAX:093-693-3225
連絡先：北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8　九州共立大学工学部

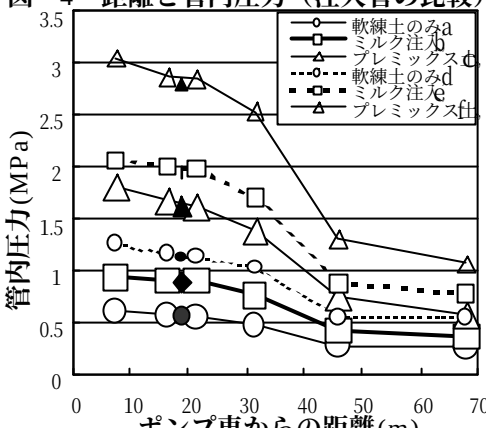
3種類の注入管と管内圧力の関係を図−4に示す。注入管はポンプ車から18m（図−1）の位置に取り付けた。管の内部中央に注入口を有する「コア型注入管」使用時の管内圧力は、軟練土のみの場合でもポンプ車から約20mまでで約2.3MPaにも達し、管内圧力が他の注入管と比較しても大きいことが分かる。管の中央に注入管を設置するということは、管の中央に障害物が有することになるので、コア型注入管の場合には、管内圧力が増大したものと考えられる。よって、注入方法としてコア型注入管は適してないものと判断した。「外周1」と「外周 2」について検討するとセメントミルクを注入した場合の管内圧力は、両者とも約2.5MPaであった。管内圧力の結果から判断すると、外周1の方が若干優れている。しかしながら、管から排出後の土とセメントミルクとの混合の程度を考慮した場合、土の周囲に均等にセメントミルクが塗布された方がミキシング効果は大きいものと判断して、本実験では「外周2型注入管」を使用することとした。



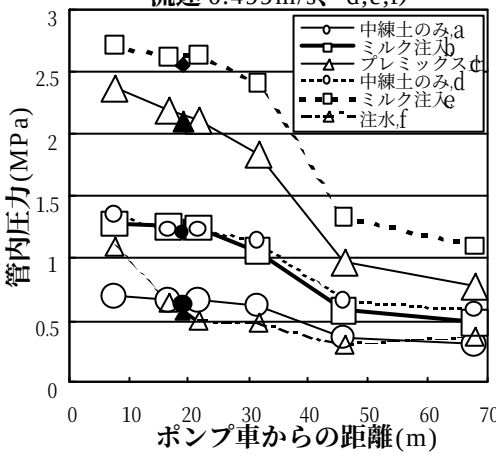
図−4　距離と管内圧力（注入管の比較）

3.3 管内圧力とポンプ車からの距離の関係

図−5 および図−6 に管内圧力と圧力変換器のポンプ車からの距離の関係を示す。両図とも、最初に①浚渫土（軟練土または中練土）のみを圧送した後、②注入口からセメントミルクを注入して圧送、さらに③セメントミルクと浚渫土をミキサー車にて混合攪拌したプレミックス土を再度圧送する、3 項目の実験を連続して行ったものである。また、図中の実線は平均流速が0.279m/sの場合であり、点線は平均流速0.541m/sの結果である。これらの図からポンプ車からの圧力変換器の設置位置が遠くなるほど管内圧力は小さくなっている。また、ポンプ車からの距離が30m〜45mの区間で管内圧力が急激に減少している。図−1の配管図をみると、この区間は90度の曲がり管が2個設置されている。すなはち、曲がり管の前の圧力が大きくなり、曲がり管直後の圧力が急激に低下していることを示している。両図を比較すると、軟練土を圧送したときより、中練土の方が管内圧力が全体的に大きくなっていることが分かる。また、管内流速について比較すると、両図とも目標流速が0.5m/sの方が全体的に大きくなっており、図−5のプレミックス土(f)をみると、目標流速0.3m/sに比べ約1MPaも増加している。このように、粘性に富んだ浚渫土の場合、圧送速度の大きさによって管内圧力が大きく左右されるものと考えられる。



図−5　距離と管内圧力（流速 0.265m/s、流速 0.499m/s、d,e,f）



図−6　距離と管内圧力（流速 0.292m/s、流速 0.583m/s、d,e,f）

図−6では、プレミックス土圧送時に注水を行った結果(f)を示している。同図をみると約0.5〜1.0MPaの著しい減少となっており、図−3の波形ひずみからも分かるように注水を行うと、急激にひずみが減少している。すなはち、「外周2」による水の注入方法は管内圧力が著しく減少し、粘性の大きな中練土の場合でも圧送効率が著しく改善されるものと考えられる。

4. まとめ

セメントミルク注入管としては「外周2型」注入管が優れていることが分かった。また、原泥からセメントミルク注入、さらにプレミックス土の各圧送にしたがって管内圧力か増大し、圧送性が悪くなることが明らかとなった。よって、「外周2型」を使用し、浚渫土とセメントミルクを同時に送れば、十分に長距離圧送が可能であると考えられる。

参考文献

[1]高山俊一；高強度コンクリートのポンパビリティーに関する研究、学位論文、平成5年2月