

清水建設(株)土木技術部 正員 ○ 磯路 昭夫
 同上 吉系 重紀
 東北川鉄工所技術部 白木 久

はじめに セメント系安定処理剤を用いて超軟弱地盤を固化する工法は表層部(2~3mの深さ)に対しては実用化され多数の実績を収めている。今回、清水建設(株)と東北川鉄工所は、この表層処理技術と、地盤を混合処理する工法を複合することにより、深層部までセメント系安定処理剤を注入混合する工法を共同で開発し、現場施工実験を実施して、改良に用いる機械性能のテックと、地盤改良度の調査を行なった。

施工実験は、昭和60年11月から3月を要し、三重県四日市港内で、水面下8mの海底地盤を使って行なった。その現場施工実験の結果について以下に述べる。

2 工法の概要 本工法はセメント系安定処理剤を用い、有機質、細粒を含む地盤に対しても安定効果があるようにしたもので、その主成分はセメントで、その他にリグニンスルホン酸ソーダ、ステアリン酸カルシウム、トリポリリン酸ソーダなどを少量添加したものである。今回の実験では、小野田セメント(株)の製品ケミコライムSの3を使用した。

本工法の原理は、軟弱粘性土で構成している地盤にかくはん翼を回転させながら、スラリー状にした安定処理剤を注入し、地盤と安定処理剤を均一に混合して化学反応で軟弱地盤の土粒子間の結合構造を安定化しようとするものである。このような工法では、改良性能をあげるには安定処理剤の添加量の増加も不可欠な要素であるが、地盤と安定処理剤をいかに均一にかくはん混合するかによって、その改良性能が左右される。したがって、かくはん翼が効率よく混練できる形状を有することが要求されるとともに、かくはんエネルギーをより多く与えることで混合性能があがる傾向がみられる。かくはんの程度を示す指数として同一場所をかくはん翼が通過していく回数を用いている。すなわち、図-1に示すようにかくはん翼の直径にあたる長さに対して何回上下運動するかにより、練り回数としている。この回数を増すことで混練性能をあげることができるが、施工能力を低下させる。

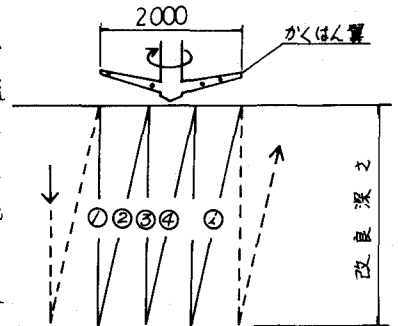


図-1 練り回数(1回練り)

当工法の特徴は①かくはん翼の昇降速度と地盤改良船が前進する速度を機械的に同調させることで壁体状に改良することができる。②二次公害を起さない。③化学反応を主とした改良を行なうので、改良効果がきわめて早く出る。④計器で管理するので、特別の技能を要しない。

3 実験結果 今回の実験は表-1に示すような供試体6基を作製し、No.1~4で試作した地盤改良機の性能をテックと操作訓練を行ない、No.5, 6で改良効果の調査を行なった。

機械性能に関しては、設計仕様おりの能力を発揮したものと結論が出せよう。一方、改良性能の調査では、実験場所における原地盤の性状調査と、原地盤から採取した土を用いて室内配合試験を行なって、改良地盤と比較する資料を得ることから始まった。原地盤の土質試験の結果を図-2、図-3、表-2に分散して示す。

表-1 供試体一覧表

供試体番号	改良深度	安定処理剤添加率	練り混ぜ回数	かくはん翼回転数	処理能力	形状
No. 1	15 m	4 %	6 回	25 rpm	82 %	粒状
2	15	6	6	25	72	〃
3	9	6	6	25	72	壁状
4	12	4	6	25	67	〃
5	15	6	6	25	67	〃
6	7	10	10	35	25	〃

原地盤のN値の深さ方向の分布は、表層の埋立砂が鬆散しKとこころでは極端にN値が高いが、平均的である。また、一軸圧縮強度は $0.2 \sim 0.6 \frac{kg}{cm^2}$ 、単位体積重量 $1.54 \frac{g}{cm^3}$ 、鋭敏比は1.0、含水比70~90%で液性限界に近い。粒度分析の結果から、粒径 $0.075mm$ 以下の 95% を占め、 $0.075mm$ 以下では 95% を占める。自然含水比が低く、粘着力も比較的に大きいので、この工法の対象地盤としては混練しにくい地盤であるといえよう。

地盤改良後、サンプリングを行ない、各種土質試験を実施した。改良地盤と原地盤との比較を図-3、表-2に示す。結果はN値に関しては、No.5供試体で4~6、No.6供試体で10~12の間にある。一軸圧縮強度は28日強度を示すと、No.6供試体で平均 $q_u = 2.89 \frac{kg}{cm^2}$ が得られたが、No.5供試体では連続した資料が得られなかったが、代表値として $2.5 \frac{kg}{cm^2}$ が計測された。また、N値と q_u の関係は $q_u = \frac{N}{4.7}$ で示されている。含水比は多少あがっているが、これは安定処理剤をC:W=1:2でスラリー化しているの、この影響が表われているものと思われる。

混練度を知らるために、採取した試料を固結した部分と安定処理剤がうまく混ざりに乱されそのままになっている部分を体積比で比べてみると、No.5供試体では70%、No.6供試体では95%以上の改良部が確認された。一方、室内配合試験と現場での実験との比較は、添加率10%、一軸圧縮試験の28日強度では、室内配合試験の約1/2になっている。これは室内配合試験における混練方法が非常に理想的な状態で行なわれており、現場では室内配合試験のように混合することが難しいことを示している。したがって、室内配合試験方法、養生方法の早急に確立しなければならぬ。

今回の実験では、地盤の改良度調査に土質工学的手法を用いたが、とくに有効に改良性能を把握できるものは標準貫入試験と一軸圧縮強度であった。両方法の中では、標準貫入試験の方が得られた数値のバラツキが少なく安定した値を示し、一軸圧縮強度に関してはバラツキが認められた。この原因としては、標準貫入試験は調査長さ30cmの平均的値が得られ、改良地盤の性状を的確に把握できるものと思われる。また、一軸圧縮試験では、安定処理剤の分布もさることながら、テストピースの一部にでも未改良部が介在していると、その部分の強度で表わされるので一軸圧縮強度の値がバラツクものと思われる。

今回の実験では、地盤の改良度調査に土質工学的手法を用いたが、とくに有効に改良性能を把握できるものは標準貫入試験と一軸圧縮強度であった。両方法の中では、標準貫入試験の方が得られた数値のバラツキが少なく安定した値を示し、一軸圧縮強度に関してはバラツキが認められた。この原因としては、標準貫入試験は調査長さ30cmの平均的値が得られ、改良地盤の性状を的確に把握できるものと思われる。また、一軸圧縮試験では、安定処理剤の分布もさることながら、テストピースの一部にでも未改良部が介在していると、その部分の強度で表わされるので一軸圧縮強度の値がバラツクものと思われる。

なお、今回の実験では、地盤の改良度調査に土質工学的手法を用いたが、とくに有効に改良性能を把握できるものは標準貫入試験と一軸圧縮強度であった。両方法の中では、標準貫入試験の方が得られた数値のバラツキが少なく安定した値を示し、一軸圧縮強度に関してはバラツキが認められた。この原因としては、標準貫入試験は調査長さ30cmの平均的値が得られ、改良地盤の性状を的確に把握できるものと思われる。また、一軸圧縮試験では、安定処理剤の分布もさることながら、テストピースの一部にでも未改良部が介在していると、その部分の強度で表わされるので一軸圧縮強度の値がバラツクものと思われる。

なお、今回の実験では、地盤の改良度調査に土質工学的手法を用いたが、とくに有効に改良性能を把握できるものは標準貫入試験と一軸圧縮強度であった。両方法の中では、標準貫入試験の方が得られた数値のバラツキが少なく安定した値を示し、一軸圧縮強度に関してはバラツキが認められた。この原因としては、標準貫入試験は調査長さ30cmの平均的値が得られ、改良地盤の性状を的確に把握できるものと思われる。また、一軸圧縮試験では、安定処理剤の分布もさることながら、テストピースの一部にでも未改良部が介在していると、その部分の強度で表わされるので一軸圧縮強度の値がバラツクものと思われる。

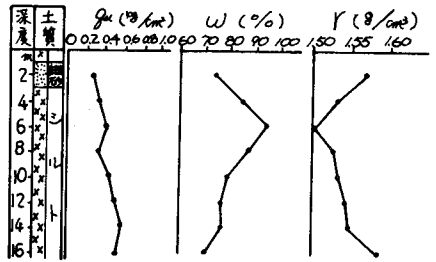


図-2 原地盤調査結果

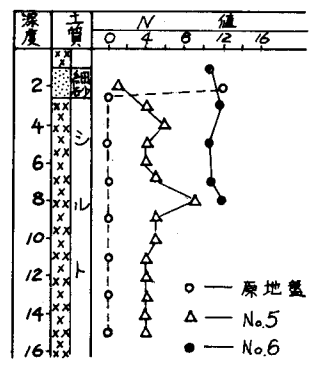


図-3 N値比較図

表-2 原地盤~改良地盤の比較

項目	原地盤	改良地盤No.6
一軸圧縮強度 $\frac{kg}{cm^2}$	0.47	2.89
単位体積重量 $\frac{g}{cm^3}$	1.567	1.490
含水比 (%)	73.5	79.1
粘着力 $\frac{kg}{cm^2}$	0.125	0.750
内部摩擦角	5.5	21.0
直	2.0	14.5
透水係数 $\frac{cm}{sec}$	2.32×10^{-7}	1.54×10^{-8}