

広島工業大学 正員 鈴木 健夫

1. まえがき

薬液注入工法は薬液を微粒子または低粘性の溶液にして土粒子間ギャクへの浸透を図り、砂質土に対しては効果をあげているが、粘性土に対しての適用は困難である。そこで粘性土で構成された軟弱地盤に対して、火薬の衝撃力を利用して薬液の浸透固結を図ろうとしたものである。この場合薬液は浸透性の良いものの方が有利と考えられるが、火薬の発破の際の高温、衝撃により低粘性ではあるが高分子系の薬液では変質分離の恐れがあるので、セメントミルクを使用することにした。この場合、まず粘性土中にセメントミルクが浸透するかどうか、浸透した場合に理想的な均質な固結物になるか、発破により分離した木の枝状又は団子状で効果はどうか、粘性土の含水比のためセメント固結強度の低下はどうか、セメントミルクの固結範囲が通常の場合の注入量、注入圧といった施工管理と異なるので、どのような方法で行えばよいか、又発破により土粒子の構造を乱してかえって地盤を弱くしないかなどといった問題点があるので、それらを検討するために以下の実験を行った。

2. 試料

土試料は広島県国泰寺付近より採取した図-1の性質を有するシルト質ロームを用いた。発破には通常火薬を使用すべきであるが、実験場所を学内の空地に選定したため、危険性を考慮して火薬の一種であるコンクリート破砕器を使用した。これは普通のダイナマイトに比較し表-1のように落植感度が鈍感で爆轟しないので燃焼するだけなので、本研究目的に使用する場合、火薬の量に比較して多少不利になっている。そこでコンクリート破壊の場合は爆速がおそいので強固なタンピングを必要とする。セメントミルクの配合は浸透性を向上し、水との分離を防止するためにフライアッシュを混合し、又適当なコンシステンシーを得るために水を加えた。その配合はポルトランドセメント：フライアッシュ：水=10：7：19であった。

3. 試験方法

まき土で構成された地盤に図-2のように直径130cm、深さ100~150cmの穴をあけ、その穴に図-1の土試料をつめ、ランマーを用いて締固めた。

そして内径3.8cmの塩化ビニールパイプをその中央に70cm差入れて、(Na₃のみは100cm)そのパイプ内にセメントミルクを注入し、パイプを引抜いた。その後コンクリート破砕器をセメントミルクの下部に押し込み、上部にピックアップを設置して発破をかけ、弾性波の波動状況をオシログラフその他により計測した。さらにNa₅、6、7はセメントミルクを追加して注入し、同じ手順で発破をかけ、これを数回繰返した。約10日そのまま養生後繰返して硬化状況を測定した。

4. 試験結果および考察

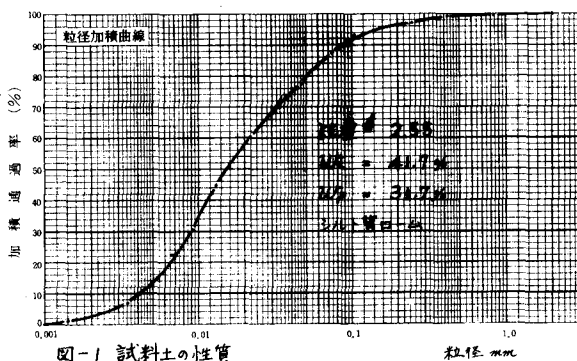


図-1 試料土の性質

表-1 コンクリート破砕器とダイナマイトの相違

試験項目	試験方法	薬種	コンクリート破砕器	桐 糸ダイナミト
落植感度	落植5g 不燃器高	60cm	20cm	
発火点試験	待ち時間(4秒)	455℃	180℃	
6号雷管起爆試験	35mmφ 3.5t 長さ 250mm 引線銅線	燃焼	爆轟	
経時変化	70℃ 170hr 加熱処理後	変化なし	——	
爆速燃速	オン・パルス法 %sec	60	6000	
反応熱	cal/g	1500	——	
比容	1/kg	50	800	

返して観察した結果は図-4であり、No.1はセメントミルクの量が少ないこともあるが、爆風により四方へセメントミルクを吹飛ばし、風船のように固結した薄いセメント皮の中は空洞の状態を呈し、上部よりの雨水もみられた。No.2はNo.1と同じ条件でただ火薬の量が多くなっており、この場合はより下部まで浸透し、セメント固結塊が生成していた。No.3は土の含水比は高いがセメントミルクはよく浸透し、6000mlも一度に入った状態で発破をかけたので木の枝状に固結し、粘性土の弱い部分を補強した準理想的な固結形態をとったといえよう。下部では15cm浸透した固結塊も形成した。No.4は発破なしの場合でセメントミルクはその位置で硬化し、下部への浸透はみられない。No.5はセメントミルクを注入して発破を行い、発生した空気にセメントミルクを注入し発破を繰返し、5度の補充で8900mlも注入した結果、固結塊は6000cm³にも拡大した。No.6はNo.5と同様に繰返し発破を行ったが含水比がやや高い状態の場合でセメントミルクは13600mlも入り、その結果体積は10lとなり、下部への浸透は最大になった。No.7は10度の発破の結果であり、弾性波の伝ば速度の変化は図-5で、1度目(未注入)の場合は640m/secとおそく、1200ml注入すると速度は約1500m/secまで上昇し、以後注入発破を繰返す毎に低下し一定の値に近づくように見える。これよりその深度での安定状態は5~6度の繰返しが必要と思われる。なお発破を繰返した場合の固結はポーラスな硬化塊になるが、その強度は30kg/cm²以上と推定される。以上の状況より発破による地盤の乱れは小さく、火薬の量に比例して下方へ、側方へと浸透し、その度数毎に注入が可能となり固結体積は増加してゆく。この場合の施工管理として弾性波の伝ば速度による方法が可能とみられる。

5. むすび

本研究は緒についたばかりで不確定の要因が多いが、従来不可能であった粘性土に対し薬液注入の分野を拡大できそうな傾向が見えたといえる。今後更に研究を継続したい。終りに臨み本研究に協力して戴いた本学卒業生堂野正博、渡部正雄両君に深謝する。

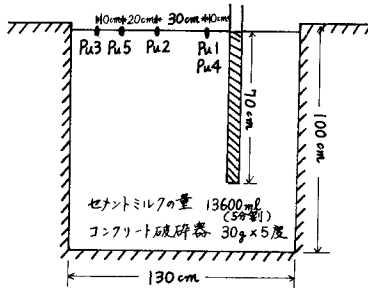


図-2 No.6試験の断面図

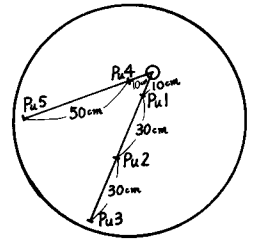


図-3 No.6試験のピックアップ配置図

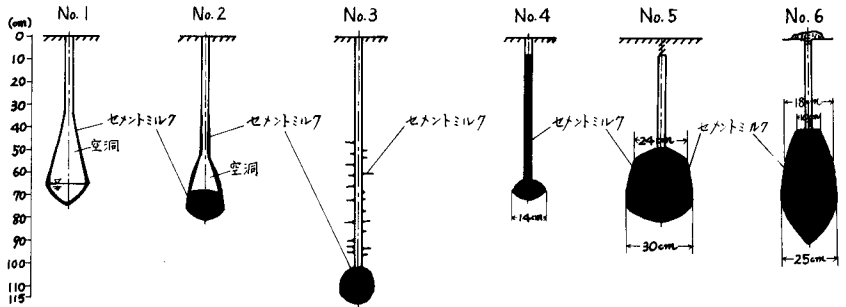


図-4 土中の硬化状況の比較

表-2 試験成績一覧表

試験	土の含水比	セメントミルクの量	コンクリート破砕器	塊の重量	塊の体積	下部への浸透状態
1	44.7%	800ml	20g	発見せず	発見せず	5 cm
2	40.7%	800ml	30g	410g	220cm ³	10 cm
3	68.9%	6000ml	30g	1050g	550cm ³	15 cm
4	49.5%	2100ml	使用せず	球状部1040g 球状部190g	球状部550cm ³ 球状部800cm ³	0 cm
5	49.6%	8900ml (5分割)	150g (5分割)	12000g	6000cm ³	10 cm
6	70%	13600ml (6分割)	150g (5分割)		径25cm 高さ50cmの筒状部 径27cm 長さ62cmの筒状部	20 cm
7	70%	14950ml (10分割)	300g (10分割)	18700g		20 cm

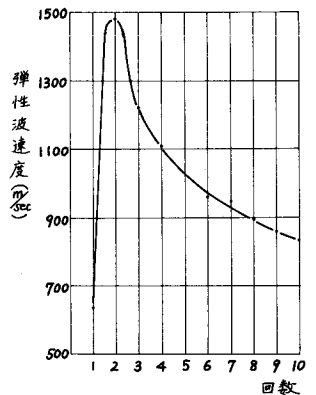


図-5 発破回数による地盤の性状の変化