

次世代型大口径深層混合処理工法（CDM-EXCEED 工法）の開発

清水建設(株) 正会員 ○遠西 幸男 日本基礎技術(株) 原 俊郎
 (株)竹中土木 正会員 徳永 幸彦 正会員 廣渡 智晶
 港湾空港技研 正会員 森川 嘉之
 東京工業大学 フェロー会員 北詰 昌樹

1. はじめに

CDM 工法は、軟弱地盤にセメントスラリーを吐出して、攪拌混合翼の回転により軟弱地盤と攪拌混合しながら、化学的な結合作用を利用して強固な地盤を形成する機械攪拌式深層混合処理工法として 1975 年に開発され、日本国内のみならずアジア、米国においても軟弱地盤対策工法として広く利用されている。 CDM 工法の特徴は、あらゆる地盤に適合でき、改良地盤周辺の変形が少なく、施工機械も低振動、低騒音のため市街地でも適用が可能である。しかし、開発から既に 40 年が経過し、当初は $\phi 1000$ mm の 2 軸式であった改良形状も、コスト削減、工程短縮の流れから、 $\phi 1300$ mm まで大径化したものの、近年は更なる生産性向上が求められ、又改良目的も多様化していることから、対象地盤も硬質、低含水粘性土等、より広範囲な地盤への対応が求められている。これらを解決すべく、今回、新発想の内圧緩和翼とプロセス設計を取り入れた、次世代型大口径 $\phi 1600$ mm 2 軸式 CDM 工法＝CDM-EXCEED 工法（以下当工法と称する）を開発したので（写真-1）、開発における主な課題と解決策、今後の展望を報告する。



写真-1 $\phi 1600$ mm 2 軸
（CDM-EXCEED 工法）

2. 開発への課題 ①（スラリー吐出による内圧と貫入抵抗の増大）

当工法は、改良径が $\phi 1600$ mm と大口径であるため、一度に施工出来る改良対象体積は増大し、それに伴ってスラリー吐出量も増加する。スラリー吐出量が増加すれば地中内圧も増大することになるが、一般径（ $\phi 1000$ mm）に比べその量は大幅な増大となる。地中内圧は周辺地盤の変位を引き起こす要因となるため、この内圧を緩和させることが課題であった。又、大口径ゆえに施工時の貫入抵抗が増大し、施工速度が低下することも問題であった。これについては、40 年蓄積の知見から、エアーを併用しながら貫入させれば抵抗が減じることが判明している。よって、当工法はエアー併用の貫入を標準としたが、吐出されたエアーの圧力がスラリーの吐出圧力に加わり、さらに地中内圧を増加させることが懸念された。

3. 課題 ①の解決策

地中内圧による地盤変位のメカニズムは、攪拌ロッドと周辺地盤が密着してしまうことにより、吐出したスラリー及びエアーの逃げ場がなくなり、周辺地盤を押す、というものである。これを防ぐためには、吐出したスラリーとエアーによる地中内圧をスムーズに地上に放出する機構が必要になる。この課題を解決するために、筆者らは、攪拌ロッドに羽根状の内圧緩和翼を装備することを考案した。この新発想の内圧緩和翼により、攪拌ロッドと周辺地盤の空隙を増加させ、そこを内圧が抜けるように工夫した。この効果を確認するために実証実験を行った。（写真-2）この写真でもわかるとおり、地中内圧はエアーと共

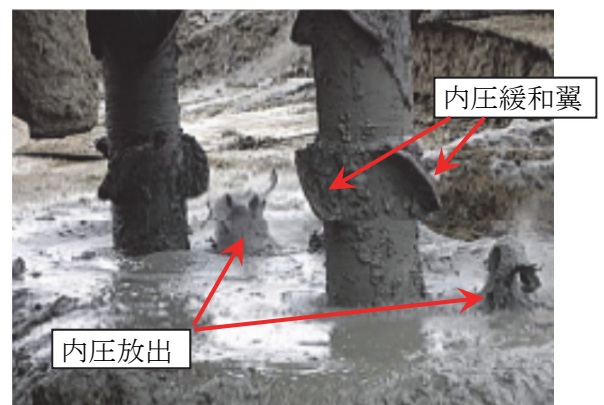


写真-2 内圧緩和翼の効果確認

キーワード：地盤改良、大口径深層混合処理、内圧緩和翼、プロセス設計

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株) 土木東京支店 生産計画部 TEL 03-3561-3826

に内圧緩和翼のすぐ脇から地上に放出されている。これは、内圧緩和翼がうまく機能していることが証明されたと考えられる。この実証実験から、内圧緩和翼を装着することにより、増大するスラリー吐出による内圧を抑え、エアを併用し貫入抵抗を減じる、という当工法の施工標準が確立された。

4. 開発への課題 ②（低含水粘性土への対応）

機械攪拌式深層混合処理工法は、前述のように攪拌翼を回転しながら貫入、引抜きによりセメントスラリーと原地盤を強制攪拌する工法である。しかし、これまでの実績等で攪拌翼に土が付着し、攪拌効率が低下する地盤の存在が確認されている。その地盤は、液性限界が高く自然含水比が低い、いわゆる低含水の粘性土である。従来、含水比が高い一般的な粘性土では、スラリーを注入すれば、その水量により土中の状態は液性限界を越えた状態となる。このような地盤ではスラリー注入と同時に流動化し、攪拌効率は高くなる。しかし自然含水比が低い粘性土は、スラリーの水量を加算しても液性限界に達しないため、攪拌に必要な流動性の確保が難しいと考えられる。特に今回のようなφ1600 mmの大口径になれば、その傾向は顕著である。(図-1)

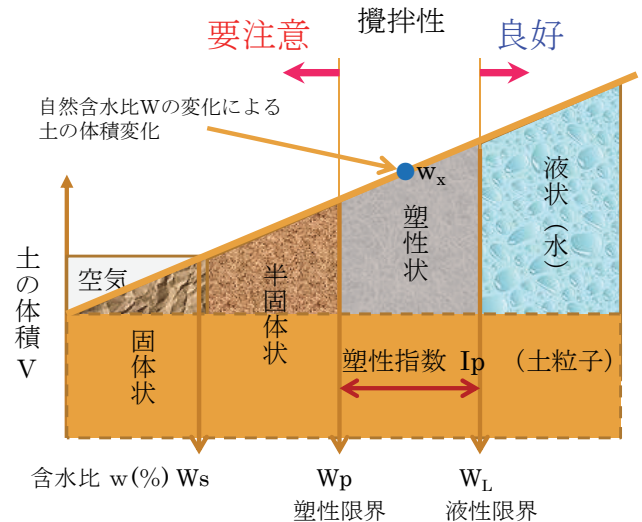


図-1 土の状態変化と攪拌混合効率

5. 課題 ②の解決策

この課題を解決するには、機械特性のみの解決策では限界がある。そこで、地盤特性、機械特性、材料特性の3項目を総合的に検討することが必要になる。筆者らはこれをプロセス設計と呼ぶ。(図-2) このうち、低含水粘性土に対しては、材料及び地盤特性を考慮しなくてはならない。すなわち、土中の状態を液性限界に近い状態にする必要がある。そのため、このような地盤では加水削孔を推奨することとした。低含水粘性土の判断は、室内配合試験の試料土を採取した段階で、コンシステンシー試験を実施し液性限界値を把握、それを自然含水比と対比させて判断する。

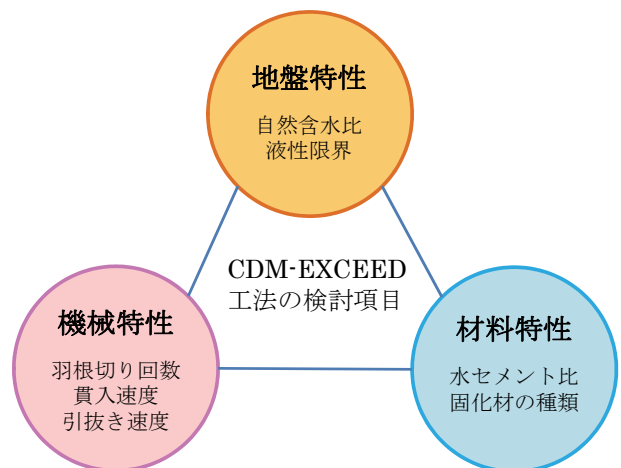


図-2 プロセス設計概念図

しかし、ただ加水したのではW/Cが高くなった状態と同様のため、設計基準強度の確保という観点から、通常の室内配合試験で算出されたセメント添加量では不足となる。そこで、加水を行う場合は、あらかじめ加水の水量を考慮した室内配合試験を実施することとしている。これにより、攪拌効率が低下するような粘性土であっても、通常の施工速度で大口径施工が可能となる。又、当工法のスラリーのW/C標準値を、通常の100%から120%とすることで更に広範囲な地盤に適応することを可能とした。

6. まとめ

今回開発した、次世代大口径φ1600 mm 2軸式 CDM 工法=CDM-EXCEED 工法は、市場の要求を十分に満たす工法として、今後実績を重ねていくと考えられる。その際、実施工によって得られた諸々のデータを蓄積、それを解析することで、更なるコストダウン、生産性向上を図っていく。

参考文献

- 1) 原他：新大口径深層混合処理工法の開発(その1)、第52回地盤工学研究発表会
- 2) 篠井他：新大口径深層混合処理工法の開発(その2)、第52回地盤工学研究発表会