

締固め条件が砕石補強体の支持力に及ぼす影響

地盤改良, 砕石, 平板载荷試験

㈱尾鍋組 正会員 ○大石新之介, 尾鍋哲也
濱口幸三

三重大学大学院 国際会員 酒井俊典

㈱アシスト 正会員 神村真

1. 概要

近年, 地中に構築した砕石柱体(砕石補強体と称す)によって地盤を補強する工法が多数開発され, 住宅などの基礎地盤に採用されている。これらの工法では, 砕石補強体と原地盤の支持力を, その面積比率に応じて配分する複合地盤の考え方を採用して補強地盤の支持力を算出しているため, 砕石補強体の支持力が補強地盤の支持力に大きな影響を及ぼすことが考えられる。本報告では, 砕石で地盤改良を行った地盤における締固め条件が支持力に影響を及ぼす過去の研究成果¹⁾を基に, 砕石補強体の支持力が締固め条件に大きく影響されると考え, 砕石の撤出し層厚および締固め時のトルクが, 砕石補強体の支持力に及ぼす影響について検討を行った。

2. 試験概要

試験は三重県鈴鹿市で実施した。試験を実施した地点は, 図1のSWS試験結果に示すように, 深度4m付近まで自沈層が続く粘性土地盤となっている。試験に用いる補強体は, 「エコジオ工法」により単粒度砕石 S-30 (4号) を使用して構築し, 改良深度は3mとした。エコジオ工法は, 図2に示す専用施工機により, 地盤を直径0.42mのケーシング(外部スクリューを含む)で所定の深度まで掘削した後, ホッパーを用いてケーシング内に砕石を投入しながら, 先端スクリューで砕石を連続的に締固めて砕石補強体を構築し, 原地盤の支持力と複合させて支持する地盤補強工法である。試験では, エコジオ工法で規定されている砕石の撤出し層厚0.1mおよび締固めトルク値3kN・m以上の条件を変化させた表1に示す7ケースと, 補強体を構築していない無補強原地盤の合計8ケースについて, 各々の砕石補強体の頭部にφ0.3mの円形载荷板を設置し, 1サイクル5分の段階式平板载荷試験を実施した。

3. 結果・考察

平板载荷試験による各試験ケースにおける荷重度と沈下量の関係を図3に, 沈下量Sと载荷板幅Bの比 $S/B = 0.1$ における荷重度(極限支持力)を図4に示す。また表2は, 砕石補強体に使用した砕石量および掘削と締固めに所要した施工時間を示す。なお設計砕石量は, ケーシングの直径0.42mと掘削長3mから求めた値である。図3に示す荷重度と沈下量を見ると, すべての補強体試験ケースで原地盤より支持力は増加した。

図4(a)に示す締固めトルク値の違いによる極限支持力度を比較する

表1 砕石補強体の撤出し層厚・締固め条件

	補強体長 (m)	撤出し層厚 (m)	締固めトルク値 (kN・m)
原地盤	-	-	-
Case.1	3.0	0.1	3.5
Case.2		0.2	
Case.3		0.3	
Case.4		0.5	
Case.5		0.1	3.0
Case.6			4.0
Case.7			5.0

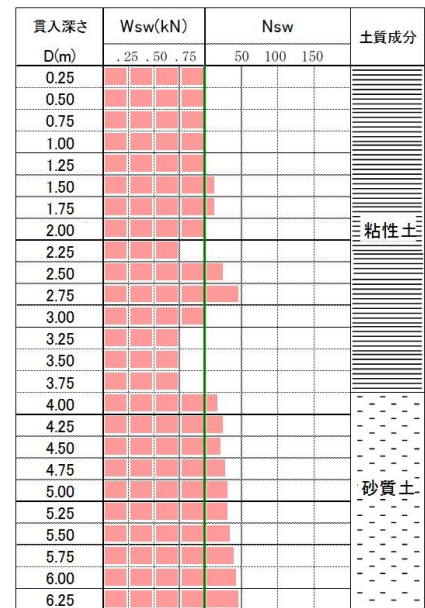


図1 SWS試験結果

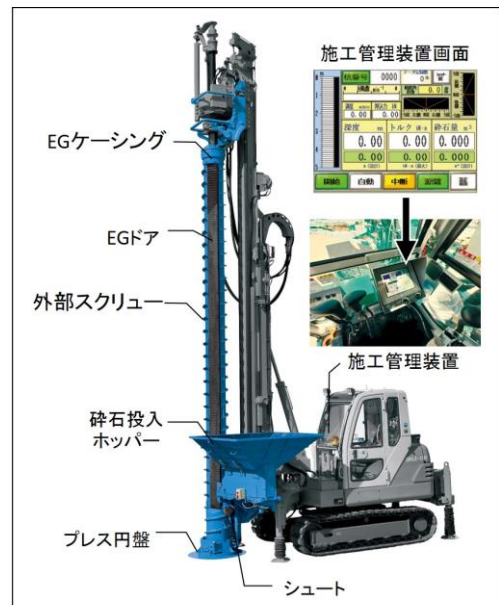
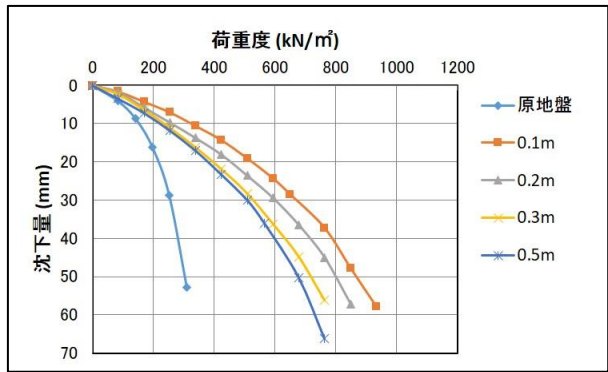
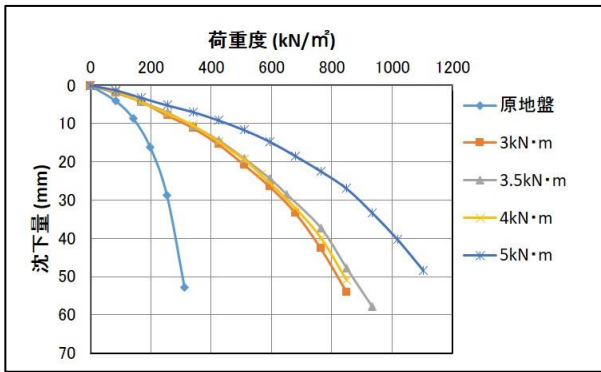


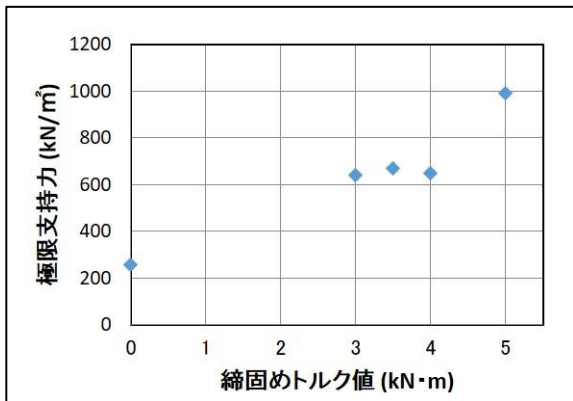
図2 エコジオアタッチメントと地盤改良機



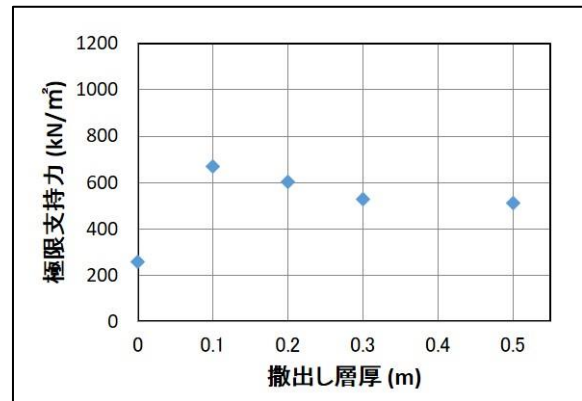
(a) 撤出し層厚 0.1m - 締固めトルク値 3~5kN・m

(b) 撤出し層厚 0.1m~0.5m - 締固めトルク値 3.5kN・m

図3 荷重度と沈下量の関係



(a) 撤出し層厚 0.1m - 締固めトルク値 3~5kN・m
(原地盤, Case.1, Case.5~7)



(b) 撤出し層厚 0.1m~0.5m - 締固めトルク値 3.5kN・m
(原地盤, Case.1~4)

図4 施工条件による極限支持力

表2 施工記録

	設計砕石量 (m ³)	使用砕石量 (m ³)	掘削 (分:秒)	締固 (分:秒)	トータル (分:秒)
Case.1	0.416	0.518	10:32	5:03	15:37
Case.2		0.475	12:26	4:16	16:43
Case.3		0.469	11:02	7:13	18:17
Case.4		0.459	11:48	6:10	17:59
Case.5		0.555	12:22	5:30	17:52
Case.6		0.701	11:24	7:44	19:09
Case.7		0.556	14:06	6:31	20:39

と、3~4kN・m では 650kN/m² 程度の値を示すのに対し、5kN・m では 1000kN/m² と 1.5 倍近い値に増加する。表 2 を見ると、使用砕石量はいずれの締固めトルク値も 0.5m³ 以上を示し、設計砕石量を上回っている。また、締固めに要した時間は、使用砕石量が多い順に長く、締固めトルク値が大きいほど長くなる傾向を示す。また、砕石補強体に使用された砕石量は、撤出し層厚が大きくなるほど使用量が少なくなる。

図 4(b)に示す砕石の撤出し層厚を見ると、層厚が大きくなるほど極限支持力度は低下し、撤出し層厚 0.5m の場合の極限支持力度は、層厚 0.1m に比べ 25% 程度減少する。また、図 3(b)に示す荷重度と沈下量の関係を見ると 200kN/m² 程度の荷重度までは同様な沈下傾向を示すものの、それ以上の荷重度になると撤出し層厚が 0.3m 以上の場合には沈下量が大きく増大する傾向を示す。

以上の結果、撤出し層厚が厚くなることで、先端スクリーによる転圧の締固め力が下方まで十分に伝達されず、砕石補強体の締固め度が不足し、極限支持力が低下することが考えられる。また、締固めに要する時間は撤出し層厚 0.2m、次いで 0.1m と層厚が小さい方が短時間で締固めが終了し、これ以上の撤出し層厚となる場合には締固めに要する時間が長くなるため、エコジオ工法で規定されている撤出し層厚 0.1m で施工を実施することにより、施工時間の短縮にもつながると考えられる。

4. まとめ

砕石補強体の支持力は、撤出し層厚や締固め時に加える締固めトルクに影響を受けることが明らかとなった。特に撤出し層厚が極限支持力に大きい影響を及ぼすことが明らかとなった。以上の結果、砕石補強体で補強された地盤の支持力は、砕石補強体の構築方法の影響を受けるため、品質確保のための適切な施工管理が重要であると考えられる。

<参考文献>

1) 例えば尾鍋ら：砕石地盤改良における地盤改良率が支持力に及ぼす影響，第 46 回地盤工学研究発表会概要集, pp863-864, 2011