

ハイスピード工法による柱状碎石補強体の透水能力試験

透水性 碎石 液状化

ハイスピードコーポレーション(株) 正会員 小串隼人
ハイスピードコーポレーション(株) 正会員 堀田誠

1.はじめに

報告¹⁾によれば、東日本大震災後の調査から柱状碎石補強体を用いた地盤補強工法(ハイスピード工法)には液状化の抑制効果があるということが確認された。しかし、ハイスピード工法による柱状碎石補強体の具体的な透水能力について実証はされていない。

本報告では、ハイスピード工法により築造された柱状碎石補強体の鉛直透水係数を試験により確認したので報告する。

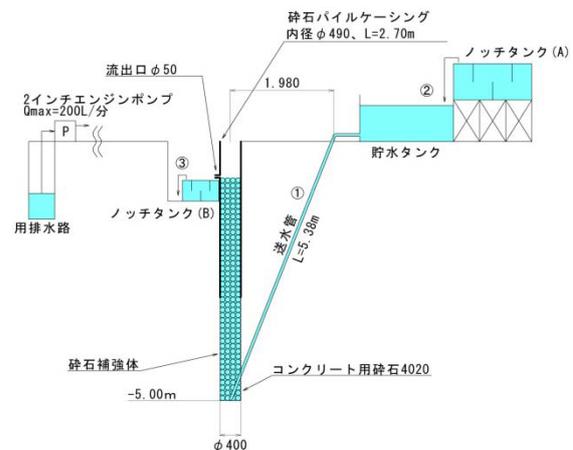
2.試験概要

ハイスピード工法による柱状碎石補強体の鉛直透水係数を調べるため、現場にて透水試験を行った。

試験概要を図.2に示す。地盤内に構築した柱状碎石補強体の下部より水を注入し、柱状碎石補強体内を上昇し溢水した水位等から鉛直透水係数を算出した。試験地盤は砂質土主体の地盤(愛媛県松山市)で行い、図.1にボーリング柱状図を示す。



(図.1 ボーリング柱状図)



(図.2 透水試験概要図)

3.試験内容

地盤内に表.1条件の柱状碎石補強体を築造した。GL-1.00mまでは水位確認のために碎石を投入せず、止水のために

GL-2.70m 深度まで直径 490mm のケーシングを建込んだ。次に柱状碎石補強体に水を注入するため 1.98m 離れた所から角度 21.35°で柱状碎石補強体下部へ向かって 5.38m ボーリングを行い、先端部から 60cm 間を φ8mm の穴で千鳥に合計48箇所開口した送水管を挿入した(図.2 ①)。続いて送水管に水を流すために貯水タンクを繋げ、その上部にノッチタンク(A)を設置し注水時の流入量を測れるようにした(図.2 ②)。また、流出量を測るため、ケーシングの真横をバックホウで掘削し、ケーシング流出口の真下にノッチタンク(B)を設置した(図.2 ③)。

透水試験方法は近接する用排水路から2インチのエンジンポンプでノッチタンク(A)へ送水し、これから貯水タンクへ流入する。貯水タンクから送水管を介して柱状碎石補強体下部に流入する。流入した水が柱状碎石補強体内を上昇し、ケーシングの流出口を流れ、最終的にノッチタンク(B)へ水が流れる。その時の水量を測定する。

又、このノッチタンクから流下した水位が一定となる水位も測定する。この時、ノッチタンク(B)が浸かることの無いように水中ポンプで排水を行う。

計算方法は、室内試験で用いられる定水位法を参考にした。水位差を一定にし、碎石を通過した水量を測定する方法であり、算出方法は次式で表される。

$$k=L*Q/(h*A).....(1)$$

k:透水係数(m/sec) L:柱状碎石補強体の長さ(m)

Q:透水量(m³/sec) h:水位差(m) A:断面積(m²)

ノッチタンク(A)で測定した水の流出量を透水量Q、貯水タンクの水位とノッチタンク(B)から出た溢水の水位差を水位差hとした。

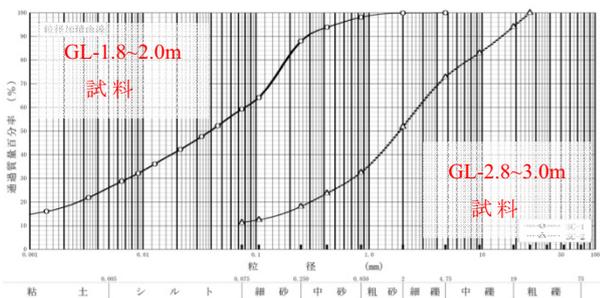
(表.1 柱状碎石補強体条件)

柱状碎石補強体径	φ400
使用材料	コンクリート用砕石 40-20
柱状碎石補強体長	GL-5.00m

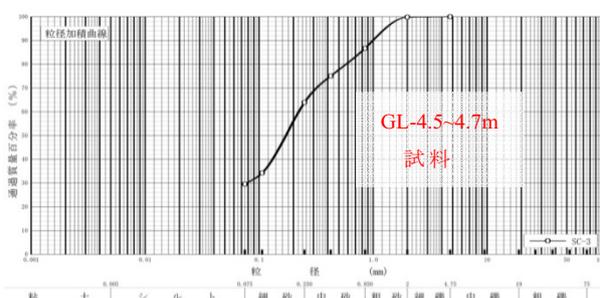
3. 試験結果

図 3-1、3-2 に原地盤粒度試験の結果を示す。図 3-1 の左側の曲線が GL-1.80 ~ 2.00m の試料で、右側が GL-2.80 ~ 3.00m、図 3-2 が GL-4.50 ~ 4.70m である。土質はそれぞれ左から砂質シルト、粘土混じり砂礫、粘土混じり砂となっており、クレーガーによる20%粒径と透水係数の関係から原地盤の透水係数をそれぞれ推定した。GL-1.80 ~ 2.00m は 3.0×10^{-5} 、GL-2.8~3.0m は 3.02×10^{-5} 、GL-4.50 ~ 4.70m は沈降分析を行っていないため不明であった。

透水試験を行った2回の結果を表.2に示す。原地盤への漏水量を無視した場合の柱状碎石補強体の鉛直透水係数は、平均で $5.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ であった。また、漏水量を考慮した場合の鉛直透水係数は、平均で $3.4 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ であった。



(図 3-1 粒度試験結果)



(図 3-2 粒度試験結果)

4. 考察

透水試験の結果から得られた漏水量を無視した場合の柱状碎石補強体の鉛直透水係数 $5.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ は一般的な単粒度碎石 40-20 の透水係数 $5 \sim 15 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ と比較しても同程度の透水能力を有していることがわかった。これは柱状碎石補強体築造の際に原地盤の砂の混じりの懸念があるが、透水能力として問題のない程度であるといえる。また漏水量を考慮した場合の鉛直透水係数 $3.4 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ は、報告⁴⁾によれば一般的な碎石ドレーン材の透水係数は原地盤に対して 200 ~ 1000倍必要とされているが、これと比較しても柱状碎石補強体は原地盤の1000倍もの透水能力を有していることから液状化抑制に有効だと言える。

また、報告³⁾によれば当工法と類似材料による短期目詰まり実験によって確認された碎石ドレーン外周部の目詰まり幅は 20mm 程度以下であることが報告されている。当工法の出来形直径

400mm に対してわずか 20mm 程度の断面欠損なので、透水能力は大きく失われないと考えられる。また報告⁴⁾によれば、ある程度の砂が流入すると、碎石と地盤の境界における砂が安定し、それ以上の目詰まりが進行なくなると報告されている。よって長期経過時においても柱状碎石補強体の透水能力は保持できると考えられる。

5. まとめ

ハイスピード工法は、東日本大震災後の調査結果より液状化に対して有効であることが確認されているが、実際の地盤での透水試験を行うことにより、透水能力が十分にある事が確認出来た。また、当工法には碎石の透水能力とは別に、碎石を締めながら施工することによる地山の締め効果が期待できるため、今後は締め効果の確認等の検証を深めていきたい。

参考文献

- 1) 小串ほか：柱状碎石補強体を用いた地盤補強工法(ハイスピード工法)による支持力特性（複合地盤の地盤補強効果の確認と液状化に対する効果）、日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.597~598，2012.9
- 2) 建設省土木研究所耐震技術研究センター動土質研究室ほか：液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）pp.136~152，1999.3
- 3) 伊藤克彦ほか：碎石ドレーンにおける目詰まり防止に関する研究，土木学会論文集 No.439/III-17，pp.53~62，1991.12
- 4) 運輸省港湾技術研究所：港湾技研資料 碎石ドレーン材の目詰まり評価法に関する室内試験

(表.2 透水試験記録表)

経過時間 (分)	流入量 (m ³ /sec)	流出量 (m ³ /sec)	漏水量 (m ³ /sec)	流入側水位 (m)	流出側水位 (m)	水位差 (m)	透水係数	
							漏水量 無視 (m/sec)	漏水量 考慮 (m/sec)
1	0.0032	0.0015	0.0017	10.971	9.245	1.726	0.059	0.028
2	0.0022	0.0017	0.0005	10.991	9.237	1.754	0.039	0.031
5	不明	不明	不明	10.933	9.246	1.687	不明	不明
10	不明	不明	不明	10.731	9.243	1.488	不明	不明
15	0.0021	0.0018	0.0003	10.602	9.243	1.359	0.049	0.043
20	0.0025	0.0018	0.0007	10.661	9.265	1.396	0.058	0.041
25	0.0022	0.0022	0.0000	11.246	9.425	1.821	0.038	0.038
30	0.0022	0.0018	0.0004	10.713	9.255	1.458	0.049	0.040
40	0.0024	0.0018	0.0006	10.711	9.246	1.465	0.052	0.039
50	0.0025	0.0018	0.0006	10.720	9.250	1.470	0.053	0.039
60	0.0022	0.0022	0.0000	10.726	9.250	1.476	0.047	0.047
70	0.0024	0.0018	0.0006	10.734	9.245	1.489	0.051	0.039
80	0.0024	0.0018	0.0006	10.734	9.250	1.484	0.051	0.039
90	0.0022	0.0018	0.0003	10.737	9.250	1.487	0.046	0.039
100	0.0022	0.0018	0.0004	10.731	9.250	1.481	0.048	0.039
120	0.0022	0.0018	0.0004	10.731	9.250	1.481	0.048	0.039
平均	0.0023	0.0018	0.0005	10.792	9.259	1.533	0.049	0.039

経過時間 (分)	流入量 (m ³ /sec)	流出量 (m ³ /sec)	漏水量 (m ³ /sec)	流入側水位 (m)	流出側水位 (m)	水位差 (m)	透水係数	
							漏水量 無視 (m/sec)	漏水量 考慮 (m/sec)
1	0.0028	0.0017	0.0011	11.011	9.237	1.774	0.050	0.030
2	0.0028	0.0012	0.0015	11.006	9.230	1.776	0.050	0.022
5	0.0028	0.0012	0.0015	11.001	9.227	1.774	0.050	0.022
10	0.0028	0.0015	0.0013	10.986	9.380	1.606	0.055	0.030
15	0.0028	0.0017	0.0011	10.968	9.232	1.736	0.051	0.031
20	0.0028	0.0016	0.0012	10.963	9.232	1.731	0.051	0.030
25	0.0028	0.0016	0.0012	10.956	9.239	1.717	0.052	0.030
30	0.0028	0.0017	0.0011	10.944	9.236	1.708	0.052	0.031
40	0.0028	0.0016	0.0012	10.944	9.237	1.707	0.052	0.030
50	0.0028	0.0016	0.0012	10.948	9.237	1.711	0.052	0.030
60	0.0028	0.0016	0.0012	10.953	9.237	1.716	0.052	0.030
70	0.0028	0.0016	0.0012	10.953	9.237	1.716	0.052	0.030
80	0.0028	0.0016	0.0012	10.966	9.240	1.726	0.051	0.030
90	0.0028	0.0016	0.0012	10.966	9.240	1.726	0.051	0.030
100	0.0028	0.0016	0.0012	10.966	9.239	1.727	0.051	0.030
120	0.0028	0.0016	0.0012	10.960	9.240	1.720	0.051	0.030
平均	0.0028	0.0016	0.0012	10.968	9.245	1.723	0.051	0.029