

高吸水性ポリマー安定液中のコンクリート品質評価試験

戸田建設(株) 正会員 ○下坂 賢二, 田中 徹, 守屋 健一
 鉄道総合技術研究所 正会員 土橋 亮太, 石橋 奈都実, 佐名川 太亮

1. 目的

高吸水性ポリマー材を用いた掘削安定液（以下、SAP 安定液）は、孔壁の安定性、杭体の品質確保とともに廃棄安定液の産廃処分量を減量化できる環境配慮型の新しい材料である。SAP 安定液の既往の研究¹⁾では、安定液性能に関わる各種試験は行われているものの、SAP 安定液中に打ち込まれるコンクリートの品質については明らかになっておらず、現行の鉄道設計標準（基礎構造物）で規定される施工修正係数および低減係数（表 1）

では SAP 安定液の取扱いは無い。そのため著者らは、既往の試験³⁾を参考に、場所打ち杭を模擬した打込み試験、供試体コアの強度試験を実施し、SAP 安定液中に打込まれたコンクリートの品質評価を行った。

2. 高吸水性ポリマー安定液（SAP 安定液）

高吸水性ポリマー材は、多量の水を吸水してゲル化し、その水を保持する機能を有している。SAP 安定液は、水と吸水膨張させた高吸水性ポリマー材が懸濁した水溶液で、安定液に必要な粘性を少量の配合によって調節できる特徴を持っている。掘削施工中は、高吸水性ポリマー材が膨潤した状態で細粒分土粒子を取り込んで懸濁性を保持しているが、施工完了後の廃棄安定液に分離材（塩化カルシウム）を添加すると、膨潤ゲルが水を放出し、安定液を水と泥土に容易に分離することができる特徴を持っている（図 1）。

3. 試験方法

場所打ち杭コンクリートは、自然地山を型枠とし安定液中にトレミー管を用いて打設されるため締固めできない等の要因から、鉄道設計標準ではコンクリートの呼び強度に施工修正係数 ρ_c を乗じて特性値を算定されている。本試験では、現行の ρ_c を設定するにあたって実施された既往の試験³⁾を参考に、場所打ち杭を模擬した打込み方法により供試体を作製し、硬化後（28 日養生）採取したコアを切出し、単位体積重量、圧縮強度、静弾性係数、割裂引張試験による引張強度を評価した。また評価にあたっては、性能が明らかとなっている CMC 安定液を用いた条件でも供試体作製、強度試験を行い、SAP 安定液と相对比较することとした。

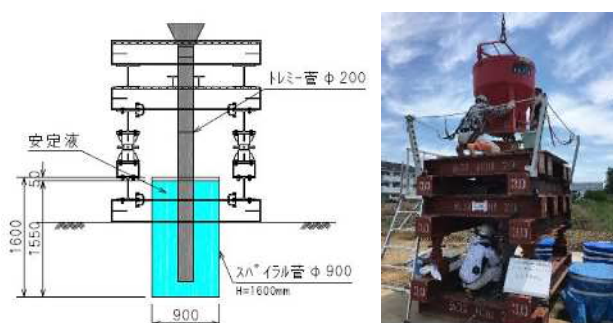


図 2 供試体作製方法及び打込み状況

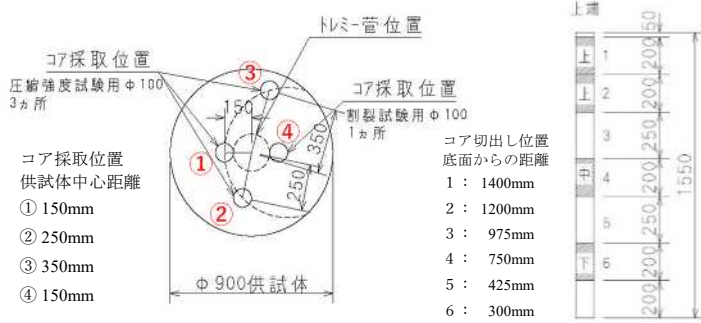


図 3 供試体コア採取・切出し位置図

表 1 施工条件に関する施工修正係数 ρ_c および低減係数²⁾

打込み時の状態	施工法、施工部位	施工修正係数 ρ_c				せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力 F_{sd} の低減係数 ^{※4}
		打込み時の泥水比重に関する施工管理条件	圧縮強度引張強度曲げひび割れ強度支圧強度	付着強度	コンクリートのヤング係数	
水中施工	・オープンケーソンの底スラブ	なし	0.8	0.7	0.8	0.9
	・オールケーシング工法	泥水比重1.04以下	0.8	0.7	0.8	0.9
	・自然泥水 ^{※3} またはCMC系安定液 ^{※2} を用いたリバース工法およびアースドリル工法	なし	0.7	0.6	0.8	0.9
	・ベントナイト系安定液 ^{※3} を用いたリバース工法、アースドリル工法	泥水比重1.10以下	0.7	0.6	0.8	0.9
		なし	0.6	0.5	0.7	0.8

※1 補助的にベントナイトを使用する場合でもベントナイト濃度が3%未満であれば自然泥水としてよい

※2 CMC (Carboxy Methyl Cellulose, ポリマー) を主成分とする安定液で、新液の状態でベントナイトの配合率が3%未満のもの

※3 ベントナイトを主成分とする安定液で、新液の状態でベントナイトの配合率が3%以上のもの

※4 F_{sd} は ρ_c により低減した設計圧縮強度から算定した値に対して低減するものとする

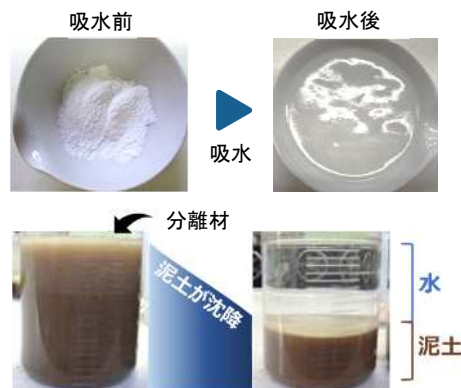


図 1 高吸水性ポリマー材と分離特性

キーワード 場所打ち杭, 掘削安定液, 水中コンクリート, 高吸水性ポリマー

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋1丁目18-1 戸田建設(株) 価値創造推進室 技術開発センター TEL03-3535-2641

供試体作製方法及び打込み状況を図 2, 供試体コア採取・切出し位置を図 3 に示す。供試体は、内径 φ900mm, 高さ 1600mm のスパイラル管に、試験ケース毎に配合した安定液を満たし、トレミー管を用いてスパイラル管底部から打ち上げる形でコンクリートを打設（締固め無し）した。

4. 試験ケースおよび仕様

試験ケースを表 2, 安定液材料の仕様を表 3, コンクリートの配合を表 5 に示す。試験は、CMC 安定液と SAP 系安定液の相対比較とし、施工で用いられる各安定液の濃度および孔内水に含まれる土粒子を模擬したベントナイトの有無による影響を評価した。なお、使用した安定液は、作液後に安定液品質管理試験を実施し、既往の試験および管理値（表 4）と隔たりがないか確認した。

表 4 安定液の管理値

比重	ファンネル粘性 (秒)	pH	ろ過水量 (ml)
1.01~1.10	20~36	7~11.5	30以下

表 2 試験ケースおよび安定液配合

Case	施工条件	配合条件	安定液配合 (%)			比重
			ベントナイト	CMC	SAP	
No-00	安定液無し	—	—	—	—	—
No-01	CMC 安定液	低濃度	—	0.10	—	1.00
No-02		高濃度	—	0.80	—	1.00
No-03		低濃度・Bc有り	3.00	0.10	—	1.01
No-04		高濃度・Bc有り	3.00	0.80	—	1.01
No-05	SAP 安定液	低濃度	—	—	0.10	1.00
No-06		高濃度	—	—	0.15	1.00
No-07		低濃度・Bc有り	3.00	—	0.10	1.01
No-08		高濃度・Bc有り	3.00	—	0.20	1.01

表 3 安定液材料の仕様

材料	仕様
ベントナイト	250メッシュ
ポリマー (CMC)	基礎工事用 (テルボ® リマー-30L)
ポリマー (SAP)	高吸水性樹脂 (GEOSAP)

表 5 コンクリートの配合

呼び強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)
30	20	18±2.5	4.5±1.5	49.5	45.2

5. 試験結果

試験結果は、各供試体の強度試験結果とともに、各供試体強度を各ケース打設時に採取したテストピースの標準養生の強度試験結果で除した圧縮強度比、静弾性係数比、引張強度比で整理した（表 6）。鉄道設計標準の CMC 系安定液の施工修正係数 ρ_c は、圧縮強度比 0.7, 静弾性係数比 0.8, 引張強度比 0.7 である。供試体にジャンカの見られた No-01 を除き、CMC と SAP 安定液を比較した結果、各強度比において最大最小値の差は 0.1 以下と小さく、概ね同様の結果であることが確認された。SAP 安定液は、CMC 安定液と同様にコア採取位置、切出し位置でバラツキはみられたものの、圧縮強度比の平均値は 0.9 以上であり、材料強度の特性値の下限值 f_k を考慮した場合においても 0.8 以上であった。また、静弾性係数比、引張強度比の平均値は全て 0.8 以上であり、SAP 安定液がコンクリートに及ぼす影響は CMC 系安定液の同等以下であることが確認された。

表 6 強度試験結果一覧表

CASE		圧縮強度			静弾性係数	引張強度
		圧縮強度比平均値 f_m (採取/標準)	圧縮強度比 標準偏差 σ	圧縮強度比下限値 $f_k = f_m - 1.64\sigma$	静弾性係数比平均値 (採取/標準)	引張強度平均値 (採取/標準)
CMC 安定液	No-01	0.82	0.237	0.431	0.89	0.95
	No-02	1.02	0.085	0.881	0.93	0.87
	No-03	1.05	0.061	0.950	0.84	1.04
	No-04	1.03	0.023	0.992	0.90	1.13
SAP 安定液	No-05	0.92	0.052	0.835	0.84	0.83
	No-06	0.95	0.081	0.817	0.85	0.80
	No-07	1.05	0.082	0.916	0.84	1.04
	No-08	0.99	0.047	0.913	0.93	1.06

6. おわりに

SAP 安定液は、本試験の条件の範囲において、鉄道設計標準の”自然泥水および CMC 安定液を用いたリバー工法およびアースドリル工法”に相当する施工修正係数および低減係数と同等であることが検証された。ただし、実構造物での知見が少ないため、適用当初はコアを採取し施工修正係数等を確認する予定である。

参考文献

1)浅野均他：高吸水性ポリマー材を利用した地盤掘削安定液の基本性状と場所打ち杭工法への適用, 土木学会論文集 F1, Vol.73, No.2, 71-87, 2017
2)国土交通省監修 鉄道総合技術研究所監修：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物, 丸善出版, 2012. 1
3)千葉佳敬他：ポリマー系安定液中でのコンクリート強度評価試験, 第 62 回土木学会年次講演会, 5-360, 2019