

Ⅲ-B 231 地下水の豊富な転石・玉石・砂礫地盤における高圧 噴射攪拌地盤改良工の施工例（間隙水圧と強度特性）

東洋建設株式会社 ○小竹 望・八田 直治、木下 秀之
日本鉄道建設公団 久湊 豊、渡邊 修

1. まえがき

北陸新幹線糸魚川～魚津間のうち、J H北陸自動車道高架橋との交差箇所における下部工基礎の施工に際して、高圧噴射攪拌地盤改良工（GTM工法）を施工した。同工法は超高圧の硬化材噴射と清水によるプレカット方式に特長がある。本文では、同改良工施工時の地中間隙水圧の発生状況と改良体の強度特性について報告する。

2. 施工条件概要

図1に工事箇所を示す。工事箇所は青海川によって形成された谷間扇状地で、転石・玉石などの粗大石を多く含む砂礫地盤である。透水係数は、 $2.1 \times 10^{-2} \text{cm/s} \sim 3.2 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ と著しく大きい。GTM工法は、J H北陸自動車道に近接するP6、P7橋脚の基礎工として地中連続壁基礎を構築する際の溝壁防護として採用した。近接構造物防護のため、泥水の逸泥防止と壁面崩壊防止を主な目的として採用した。採用にあたっては試験施工¹⁾を実施し、改良効果および施工手順等の確認を行った。

3. 間隙水圧の発生

図2にP6Rの改良体造成手順を示す。造成深度GL-2.0～-26.0mを6ステップに分割し、各ステップでプレカット工程と造成工程を繰り返した。各ステップ間の造成ラップ長は50cm、改良体の設計造成径はφ160cmである。間隙水圧測定は、プレカット工程（P=29.4MPa）の清水と造成工程（P=39.2MPa）の硬化材の高圧噴射が、近接構造物に与える影響を把握する目的で実施した。

間隙水圧計は、改良体の中心から水平距離で2.58m離れた地点の深さGL-20.55mの位置に設定した。

図3(a)はステップ(1)、図3(b)はステップ(2)を造成中のときの間隙水圧発生状況図である。図中、横軸の鉛直距離の表示は、間隙水圧計の設置深度を基準としてマイナスが下方、プラスが上方に噴射ノズル位置がある場合を示す。プレカットおよび硬化材噴射時の最大増分間隙水圧は10.0kpa程度で、鉛直距離-2.5～+0.5mの間で発生する。また、鉛直距離が+0.5mより大きくなると間隙水

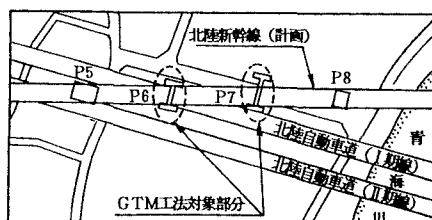


図1 工事箇所概略

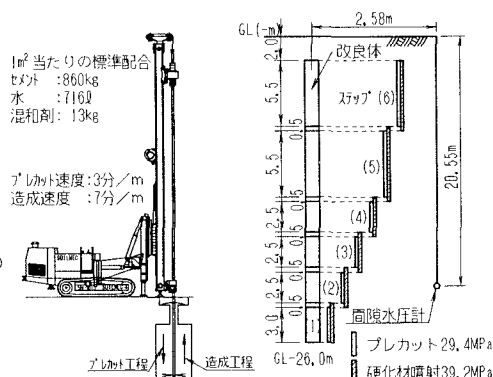


図2 改良体造成手順（P6R）

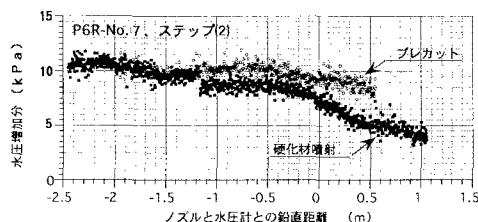


図3(b) ステップ(2)造成時の間隙水圧

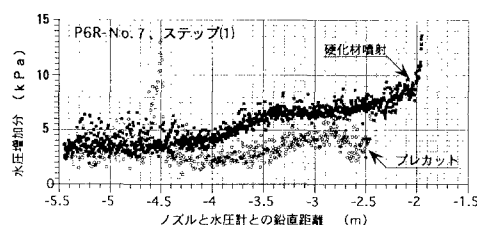


図3(a) ステップ(1)造成時の間隙水圧

キーワード；地盤改良／高圧噴射攪拌工法／強度特性／間隙水圧測定

連絡先；〒920-0852 石川県金沢市比花町6-10 TEL 076-262-3591 FAX 076-265-71

圧の増加は小さくなった。地表付近のステップ（6）の施工に際しても周辺地盤の変状は認められず、土被り厚さおよび近接構造物との離隔を2m程度確保すれば、高圧噴射の影響は、特に問題無いと考えられた。

4. 改良体の強度特性

品質管理および改良体強度を把握する目的でコアボーリングを実施した。コア写真の観察から、 $\phi 160\text{cm}$ の改良体が造成され、改良体が確実に固化していることが確認された（写真1）。コアの一軸圧縮試験結果を表1に示す。一例として、P7R供試体の一軸圧縮試験結果を図4に示す。なお、プロトジャコノフの方法による溝壁の安定計算等に基づき、改良体の設計基準強度を $q_u=3\text{N/mm}^2$ とした。また、写真2は供試体の破壊状況である。供試体の破壊形態は、砂礫層に含まれる粗大粒子の混入程度により大きく影響を受けた。今回の強度試験結果から、以下の点が認められる。

- ①応力・ひずみ曲線には、一次変曲点(P1)と二次変曲点(P2)が存在する。P1は初期直線部分の最大軸ひずみ、P2はP1通過後に生じる応力・ひずみ曲線の最大曲率発生軸ひずみである（図4）。
- ②P1の軸ひずみの最小値は0.02%、最大値は0.285%、平均値は0.105%であった。P1まで供試体にクラックが生じないことから、P1がほぼ弾性限界に相当すると思われる。
- ③弾性限界（P1）を越えると、セメント固化部分に微細亀裂の進行が始まり、P2付近でクラックが顕著になり、破壊に至る。平均破壊ひずみは0.28%、破壊強度は $\sigma_c=6.7\text{N/mm}^2$ であった。P1での軸応力は破壊強度の54%程度であり、設計基準強度の 3N/mm^2 とほぼ同程度であった。

5. まとめ

GTM工法により、地下水の豊富な転石・玉石・砂礫地盤の止水と強度増加を目的とした改良を実施した。透水性および強度が設計目標値を満足する事ができ、また近接構造物の防護が達成できた。

表1 コアの一軸圧縮試験結果

橋脚No.	コア深度(m)	$\rho_t(t/m^3)$	1次変曲点 P1		破 壊 時		$E_{50}(\text{N/mm}^2)$	σ/σ_c (%)
			$\epsilon(\%)$	$\sigma(\text{N/mm}^2)$	$\epsilon_t(\%)$	$\sigma_c(\text{N/mm}^2)$		
P6R	14.05~14.28	2.377	0.085	3.0	0.183	5.0	5.00×10^3	60
	17.00~17.25	2.421	0.160	4.5	0.211	6.0	3.41×10^3	75
	19.40~19.70	2.364	0.050	1.6	0.250	4.1	2.99×10^3	39
P6L	8.00~8.25	2.491	0.170	4.0	0.457	9.0	2.39×10^3	44
	18.00~18.35	2.358	0.100	4.5	0.169	7.1	4.44×10^3	63
	20.50~20.80	2.356	0.060	3.2	0.264	6.3	4.20×10^3	51
P7R	11.60~12.00	2.337	0.020	2.2	0.373	8.7	4.22×10^3	25
	15.23~15.45	2.394	0.075	4.3	0.125	6.5	5.42×10^3	66
	19.00~19.25	2.383	0.100	5.0	0.266	8.5	4.83×10^3	59
P7L	3.32~3.65	1.781	0.285	5.0	0.501	6.4	1.83×10^3	78
	14.20~14.45	2.294	0.090	3.0	0.275	6.1	3.08×10^3	49
	24.00~24.30	2.206	0.085	3.1	0.282	6.8	3.40×10^3	46
平均 値			0.105	3.6	0.280	6.7		54

参考文献1)久湊、渡邊、八田、小竹、木下：地下水の豊富な転石・玉石・砂礫地盤における高圧噴射地盤改良工の施工例（試験施工）、第34回地盤工学研究発表会（投稿中）、1999

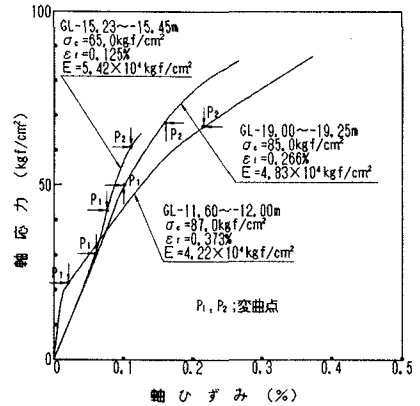


図4 P7R供試体の一軸圧縮試験結果

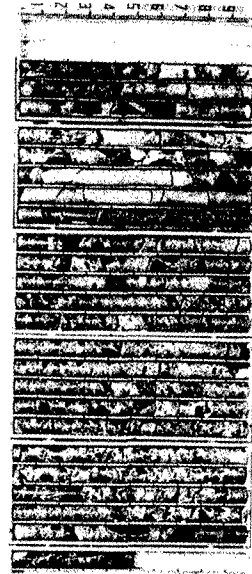
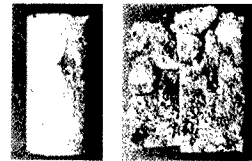


写真1 P7Rのコア写真



（複列縦亀裂破壊）
GL-19.00~19.25m

写真2 P7R供試体