

粉末パック型流動化剤を現場添加した高流動コンクリートの施工について

Casting of self-compacting concrete produced through the addition of powder type superplasticizer on site

キーワード

高流動コンクリート, 粉末パック型流動化剤
現場添加

小山 広光*, 藤原 正佑*, 北川 真也*, 飯塚 建**

研究概要

上井草給水所内送水管（2600mm・2000mm）新設及び制水弁室築造工事において、アーチ型外構擁壁を対象に、締固め作業を不要とする高流動コンクリートの適用について検討を行った。経済性と簡便性を考慮し検討した結果、生コンプレントから出荷されたコンクリートに粉末パック型の流動化剤を現場で添加して製造する高流動コンクリートを採用し、薄肉構造物への確実なコンクリート充填と施工品質の確保を図った。本報では、粉末パック型流動化剤を現場添加した高流動コンクリートを用いた結果について報告する。

1 はじめに

上井草給水所は、現在の幹線送水管（朝霞上井草線 ϕ 2700mm）が布設から約50年が経過し、老朽化の進行と抜け出し防止機能がない継手が使用されているため、漏水事故の危険性が高まっている。また、局内最大量を送水する重要路線であるにもかかわらず代替路線がないため、震災や事故が起きた際に甚大な断水被害が懸念されている。こうした状況を踏まえ、新たな幹線として第二朝霞上井草線 ϕ 2600mm を布設し、送水管の二重化を進めている。

当該工事は、上井草給水所において新設された送水管 ϕ 2600mm と配水池を接続する工事で、既設送水管 ϕ 2700mm と新設された送水管 ϕ 2600mm を連絡管で接続し、朝霞上井草線を二重化させることを目的としている。2箇所の現場ヤードのうち1箇所のヤードにおいて、アーチ型外構擁壁の復旧工事を行う必要があり、最小で約150mm の厚さを有する部材へのコンクリートの打設が求められた。

今般、アーチ型外構擁壁の復旧工事において、粉末パック型の流動化剤を現場で添加する高流動コンクリートを採用し、経済性を確保しつつ品質の確保を図った結果について報告する。

2 高流動コンクリートを用いた工事の概要

2.1 高流動コンクリート施工対象箇所

図-1に復旧対象のアーチ型外構擁壁を示す。この擁壁は高さが最大2400mm、下部の厚さが400mmで上部の厚さ

が150mmの湾曲した鉄筋コンクリート構造物である。コンクリートの打込みは、上部の150mm幅の開口部から行う必要があり、構造物の最下端部まで棒状バイブレータを挿入することが困難な部材形状であった。

2.2 高流動コンクリートの検討

上述の部材形状に加え、施工計画ではコンクリートは設計スランプ8cmの配合となっており、締固め不足による充填不良に起因した、豆板や未充填箇所発生等の欠陥部発生が懸念された。そこで、欠陥部発生のリスクを低減するため、自己充填性を有する高流動コンクリートを採用することとした。

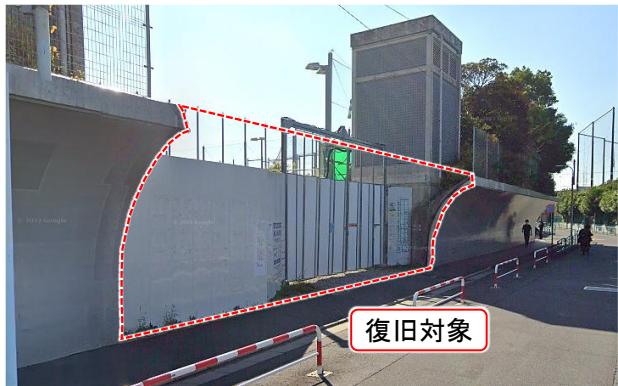
一般的に、高流動コンクリートは生コンクリート単価が増大する傾向にあるため、コストの観点で採用が見送られることが多い。そのため本工事では、普通コンクリート（ベースコンクリート）に流動化剤「フローリック LGP」を添加する高流動コンクリートの使用を検討した。

フローリック LGP は粉末パック型の流動化剤で、普通コンクリートに現場投入することで、簡便に高流動コンクリートの製造を実現する。セメント量を抑えられることで、環境負荷低減にも貢献し、経済的に建設現場の生産性向上が図ることができる。

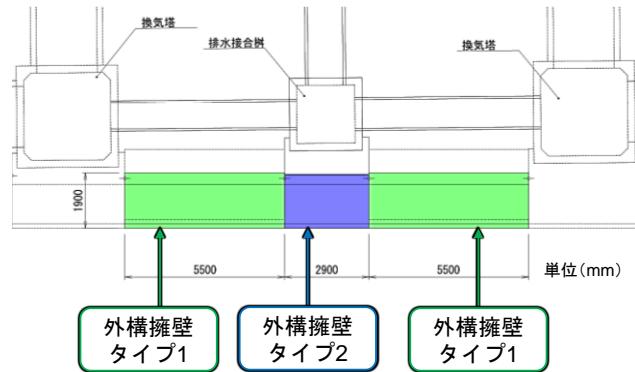
以下にフローリック LGP の特徴を示す。

- ・ JIS A 6204：流動化剤 標準形（I種）に適合
- ・ 粉末タイプのため、水セメント比を変えることなく流動化が可能

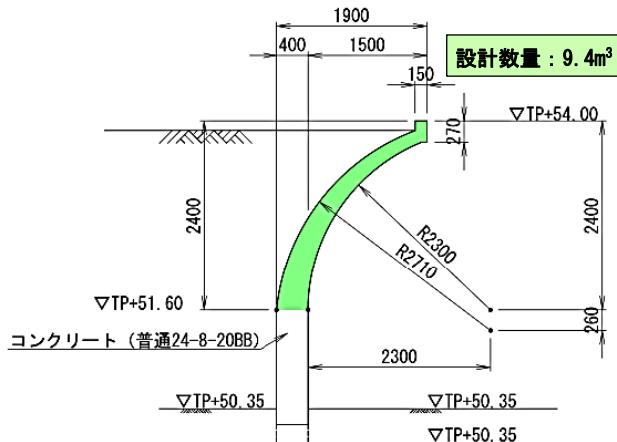
* 技術センター 土木研究部, ** 土木事業本部 設計部



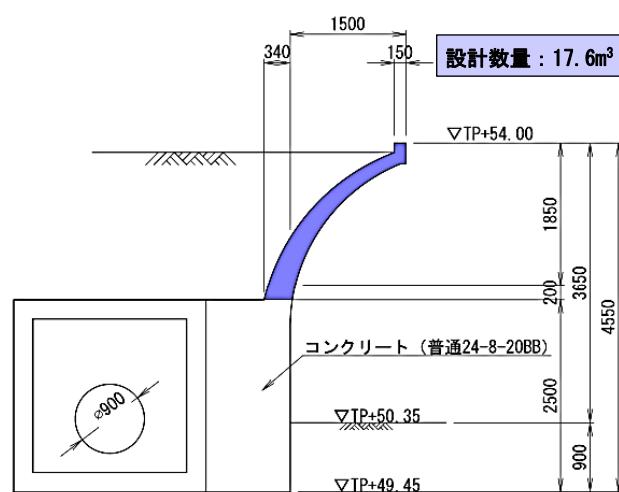
(a) 復旧対象のアーチ型外構擁壁



(b) アーチ型外構擁壁の平面図



(c) 外構擁壁タイプ1 標準断面図



(d) 外構擁壁タイプ2 標準断面図

図-1 アーチ形外構擁壁



図-2 粉末パック型流動化剤フローリック LGP

- 粉末分散剤を水溶性紙で個装 (1パック当たり0.24kg) しているため、投入数の管理が容易 (図-2参照)
- スランプ15~18cm程度の普通コンクリートに対して現場添加することで、分離抵抗性を有したスランプフロー500~600mmの高流動コンクリートの製造が可能

本工事では、上記の特徴を有する流動化剤を使用した高流動コンクリートによって、経済性を確保しつつ品質の確保を図った。

2.3 高流動コンクリートの配合選定

表-1に目標とする自己充填性ランクと構造物の条件を示す。外構擁壁部材の鋼材最小あきと部材形状から、自己充填性のランク3、目標スランプフロー600mmを目標値と設定した。

表-2にそれぞれのコンクリートの試験項目と規格値を示す。コンクリートの配合選定については、流動化剤のカタログ¹⁾に記載された配合例を参考に、ベースコンクリートの配合を検討した。単位セメント量が380kg/m³程度となる配合をプラント保有のJIS配合の中から選定し、33-15-20 BBをベースコンクリートとして採用することとした。次に、土木学会2023年制定コンクリート標準示方書[施工編:施工標準]²⁾を参考に、単位粗骨材絶対容積が0.33m³/m³以下となるようにs/aを調整した。

試験練りによって決定したコンクリートの配合を表-3に、使用材料を表-4に示す。

2.4 高流動コンクリートの製造方法

高流動コンクリートは、生コンプレントから出荷されたベースコンクリートに現場で流動化剤を添加することにより製造を行った。

表-1 自己充填性ランクと構造物の条件

条件レベル (自己充填性のランク)	1	2	3
鋼材の最小あき (mm)	35~60程度	60~200程度	200程度以上
主な対象構造物	高密度配筋部材、複雑・異形型枠を使用した構造物	通常のRC構造物や複合構造物	配筋量の少ないマスコンクリート構造物や無筋構造物

表-2 試験項目と規格値

種類	試験項目 (試験方法)	規格値
ベースコンクリート	スランプ (JIS A 1101:2020)	15±2.5cm
	空気量 (JIS A 1128:2019)	4.5±1.5%
	コンクリート温度 (JIS A 1156:2006)	-
高流動コンクリート	スランプフロー (JIS A 1150:2020)	600±100mm
	空気量 (JIS A 1128:2019)	4.5±1.5%
	V漏斗流下時間 (JSCE-F 512-2018)	4~11秒 (V ₇₅)
	U形充填高さ (JSCE-F 511-2018)	300mm以上 (障害なし)
	圧縮強度 (JIS A 1108:2018)	24N/mm ² 以上 (材齢 28日)

表-3 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	S1	S2	G	AD	SP
47	49.8	4.5	175	373	652	212	884	3.73	0.66*

*2.75 パック/m³

表-4 使用材料

使用材料	記号	種類または品名	産地または製造者	物性値または成分等
水	W	地下水	-	-
セメント	C	高炉セメントB種	日立セメント(株)	密度 3.04g/cm ³
細骨材	S1	砕砂	栃木県佐野市産	表乾密度 2.66g/cm ³ , 粗粒率 3.00
	S2	陸砂	千葉県香取市産	表乾密度 2.59g/cm ³ , 粗粒率 2.00
粗骨材	G	碎石 (最大寸法 20mm)	埼玉県秩父市産	表乾密度 2.68g/cm ³ , 実積率 60.0%
混和剤	AD	AE減水剤 (標準形1種) フローリック SV10	(株)フローリック	リグニンスルホン酸塩, オキシカルボン酸塩, ポリカルボン酸系化合物
	SP	流動化剤 標準形 (I種) フローリック LGP	(株)フローリック	リグニン誘導体 (褐色粉体)

流動化剤の添加方法を以下に示す。

- ① アジテータ車が現場に到着後、ベースコンクリートの受入れ検査を行い、所定の性状であることを確認した後に流動化剤の添加を行う。
- ② アジテータ車のホッパーから、ドラムの奥側へ向けて1パックずつ流動化剤を投入する (図-3)。
- ③ 必要数量の流動化剤を投入後、ドラム内部を確認しながら中速で180秒攪拌を行う。
- ④ 攪拌完了後、製造した高流動コンクリートの受入れ検査を行う。
- ⑤ 高流動コンクリートが各規格値を満足すること確認した後、コンクリートポンプ車に荷卸しを行い、型枠内へ圧送する。
- ⑥ 2台目以降のアジテータ車のコンクリートにおいては、攪拌時や添加後にアジテータ車からポンプ車へ



図-3 流動化剤の投入状況

排出されるコンクリートの性状を目視確認しながら圧送を行う。

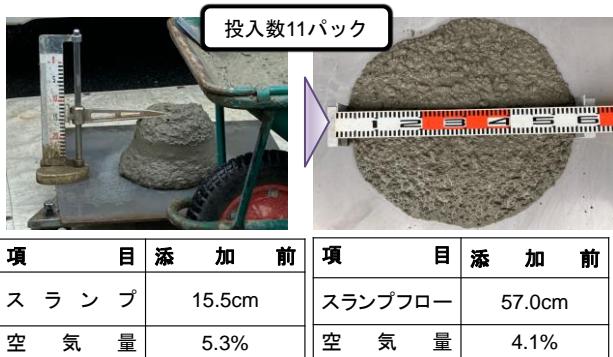


図-4 コンクリートのフレッシュ試験結果



図-5 高流动コンクリートの打設状況



(a) アーチ上面（埋戻し側）



(b) アーチ下面（道路側）

図-6 擁壁コンクリートの外観

2.5 コンクリート打設

外構擁壁タイプ1の打設は2025年6月11日、外構擁壁タイプ2の打設は同年7月1日に実施した。図-4に流動化剤添加前および添加後のコンクリートのフレッシュ試験結果の一例を示す。それぞれの打設において、 $1m^3$ あたり 2.75パック ($4m^3$ ／1車あたり11パック) の流動化剤を現場で添加して高流动コンクリートを製造した。いずれの打設時においても、現場で製造した高流动コンクリートは荷卸し時および圧送後において良好な性状を確認した。図-5に高流动コンクリートの打設状況を示す。自己充填性を有する高流动コンクリートを使用した施工であるため、締固め作業に必要な作業人員（3名程度）を省略できた。

2.6 コンクリートの出来映え

図-6に擁壁コンクリートの外観を示す。アーチ上面（埋戻し側）のコンクリート表面において表面気泡の発生が確認されたものの、豆板や未充填箇所等の欠陥部は認められなかった。アーチ下面（道路側）のコンクリート表面においては平滑で良好な出来映えが確認された。

本工事のアーチ上面は埋め戻し箇所であったが、表面品

質および美観に対しての仕様が高い場合においては、コンクリートのブリーディング量低減やブリーディング水を

排除することが可能となる撥水透水シートの適用などの対策を検討する必要があると考えられる。

3 おわりに

今般、アーチ型外構擁壁のコンクリート施工に対し、施工に起因した欠陥部の発生リスク低減を安価に行うことを目的として、粉末パック型の流動化剤を現場で添加して製造する高流动コンクリートを採用した。その結果、豆板や未充填箇所の発生は認められず、また通常の自己充填性を有する高流动コンクリートと比較して約2,000円程度安価となったことから、所要の品質を確保するとともに経済的な施工を実現した。

なお、今回使用した粉末パック型流動化剤は、自己充填性を有する高流动コンクリートだけでなく、締固めを必要とする高流动コンクリートの製造や、一般的な流動化剤の代替として利用することも可能である。

本報文が、他現場におけるコンクリート施工において、合理的な工法選定の一助となれば幸いである。

謝辞

本現場での高流動コンクリートの施工にあたり、株式会社フローリック殿には多大なる技術的支援をいただきました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 粉末パック型流動化剤フローリック LGP カタログ
- 2) 土木学会：2023年制定コンクリート標準示方書[施工編：施工標準], p.161, 2023.9