

長大立坑の填充コンクリート打設に関する研究

中部電力(株) 正会員 〇川上康博
 // 正会員 浦上博行
 三菱重工業(株) 伊藤貴司
 // 正会員 田村一美

1. はじめに

揚水発電所の埋設式水圧鉄管など、立坑における狭隘な地下深部でのコンクリート填充は、これまで普通コンクリートを用いて、バケット搬入によって行っているが、打設効率の点で施工法の改善が望まれている。填充コンクリートの急速施工法として、高流動コンクリートを用いた配管内自然流下方式による打設が考えられる。しかし、立坑の長さが数百メートル以上にも及ぶ場合、高落差を流下することによる材料分離など、コンクリート性状の劣化が懸念される。そこで、既設煙突を使用した最大落差 180m の流下試験を行い、流下後のコンクリートの品質及び充填性を確認した。

2. 高落差自然流下試験

2. 1 高流動コンクリートの材料及び配合

高流動コンクリートの仕様は、酷暑期の試験であったこと、煙突上部までの運搬時間を要することから、特にフレッシュコンクリートの経時変化を考慮して決定した。フライア

表 1. 高流動コンクリートの仕様

スランプフロー (cm)	65~75
V ロート 流下時間(秒)	10~30
空 気 量 (%)	4.5 以下

ッシュは中部電力(株) 碧南火力発電所産のものを使用した。高流動コンクリートの仕様、使用材料、配合を表 1~3 に示す。

表 2. 使用材料

セメント	C	普通ポルトランドセメント	比重 3.15
細骨材	S1	山砂	比重 2.57, 吸水率 1.91%
	S2	高炉スラグ	比重 2.72, 吸水率 0.30%
粗骨材	G	碎石($G_{max}=20mm$)	比重 2.67, 吸水率 0.90%
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系、超遅延型
	AE	AE 助剤	変成アルキルカルボン酸系
混和材	FA	フライアッシュ	比重 2.20, 比表面積 $3300cm^2/g$

2. 2 試験の概要

高流動コンクリートの流下試

表 3. 高流動コンクリートの配合

W/ (C+FA) (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)						SP (%)	AE (%)	置換率 FA/ (C+FA)
			W	C	FA	G	S1	S2			
36.0	52	4.5	180	300	200	750	552	250	1.2	0.6	0.4

験は、煙突を利用して流下用配管を所定の高さに設置し、配管上部に設置したホッパーに高流動コンクリートを充填後、ホッパー直下に設置したバルブを開放し、流下させることにより行った。配管には、およそ 30m ピッチで空気を取り入れ口(エアーバルブ)を設置した。試験設備の概要を図 1 に示す。なお、試験で変化させた主なパラメータは、①配管長(落差) 60, 120, 180m の 3 種類、②エアーバルブ全開, 全閉, 一部開(閉) の 3 種類である。流下試験は、コンクリートの流下を上部ピンバルブで止め、ホッパー内にコンクリートを充填し、上部ピンバルブを開き流下させる連続流下試験と、コンクリートの流下を下部ピンバルブで止め、配管内にコンクリートを充填し、所定時間静置後下部ピンバルブを開き流下させる閉塞後流下試験の 2 種類について実施した。流下後のコンクリートはコンクリート受け容器(鋼製バケット)で受けるか、実機を模擬した幅 50cm、

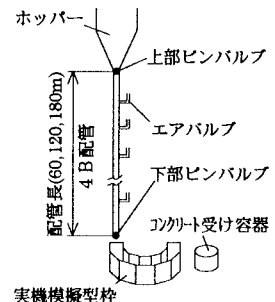


図 1. 設備概要

流動距離最大約 10m の型枠内を流動させた。コンクリートを一旦最大 180m 上空のホッパーまで搬送する必要があり、時間的な制約を受けるため、流量は最大で 1.5m^3 である。また、流下試験の直前に、配管を濡らすためのモルタルを流下させ、これをコンクリート流下時の緩衝材として利用した試験も実施した。

2. 3 試験結果及び考察

(1)流下状況

配管先端から排出されるコンクリートは、エアーバルブ全開では、固まりの状態で断続的に流下した。これに対し、エアーバルブ全閉では、固まりの状態がほとんど無く、連続してスムーズに流下した。流量は予測に反し、エアーバルブ全閉の場合の方が全開の場合より大きくなった。これは、エアーバルブが閉じられているためにエアーが供給されず、管内圧力が低下して抵抗が小さくなったためであると考えられる。また、配管先端（出口）でのコンクリートの拡散は、配管先端から落下点間の距離が約 2m 程度では小さい。

(2)流下速度

本試験では、配管長 120m 以上ではほぼ一定速(40m/s 程度)となった。実機の配管長は数百メートルにも及ぶが、これ以上の極端な加速は無いと考えられる。

(3)流下前後のフレッシュコンクリートの物性

落差 180m を自然流下後もコンクリートには分離する傾向は全く見られなかった。流下に伴うスランブフローのロスは 10cm 程度であった。また、空気量の変動は小さい。

(4)高流動コンクリートの流動性・充填性

型枠内流動試験の流動後のコンクリートの稜線(配管長 180m 閉塞試験の場合)を図 2 に、流動後に採取した試料を用いて行った単位粗骨材量試験の結果(配管長 120m、180m の場合)を表 4 に示す。流動勾配は、経時変化によりスランブフローが 40～50cm 程度に低下したにもかかわらず最大で 9%程度であった。単位粗骨材量の変動率は-7.5%～+8.5%と流下に伴う若干の増減が見られたが、分離や粗骨材の偏在は生じていないものと判断される。

(5)圧縮強度

流下試験前後の圧縮強度(配管長 120m、180m の場合)を表 5 に示す。いずれのケースも流下前後、採取場所による圧縮強度の違いはほとんど見られない。

3. まとめ

高落差から配管内を自然流下させた高流動コンクリートは、材料分離することなく、流下後も良好な流動性、充填性を有し、長大立坑の填充用に十分使用可能であることが確認できた。

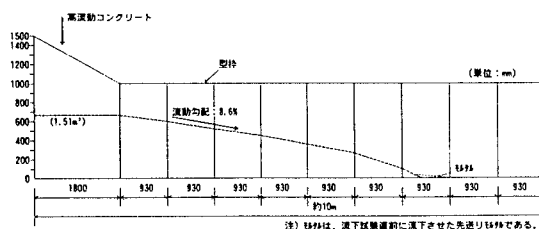


図 2. 流動後のコンクリート稜線(配管長 180m 閉塞試験)

表 4. 単位粗骨材量試験結果

	採取場所	粗骨材重量 (kg)	配合上の粗骨 材重量(kg)	増減率 (%)
配管長 120m	配管直下	768	750	+2.4
	流動先端	694		-7.5
	上記中間	779		+3.9
配管長 180m	配管直下	765	750	+2.0
	流動先端	734		-2.1
	上記中間	733		-2.3
配管長 180m (閉塞試験)	配管直下	744	750	-0.8
	流動先端	744		-0.8
	上記中間	814		+8.5

表 5. 圧縮強度試験結果(28 日強度)

	採取場所	流下前 (kgf/cm^2)	流下後 (kgf/cm^2)
配管長 120m	配管直下	524	516
	流動先端		514
	上記中間		539
配管長 180m	配管直下	530	550
	流動先端		523
	上記中間		572
配管長 180m (閉塞試験)	配管直下	536	512
	流動先端		522
	上記中間		542