

寝屋川北部地下河川における城北取水立坑の減勢構造に関する水理模型実験について

安岡 政光¹

¹大阪府茨木土木事務所 建設課 (567-0034茨木市中穂積一丁目3番43号)

寝屋川北部地下河川は大深度地下を使用する縦断線形へ見直したが、城北川から地下河川へ取水する減勢施設が従前より高落差になるという課題に対して、従前実験結果を踏まえた模型実験を行い、合理的なドロップシャフト型立坑の減勢構造の諸元を見出したことを報告する。

キーワード 大深度地下使用, 地下河川, 水理模型実験, ドロップシャフト, 減勢

1. はじめに

寝屋川流域はその大部分が低平地で、流域面積の約 3/4 は雨水が河川に自然に流れ込まない「内水域」である。また、雨水の出口は寝屋川の京橋口（旧淀川合流点）ただ一か所しかないので、過去からも内水浸水の被害に悩まされてきた。

流域の浸水被害から流域住民の暮らしを守り、安全で快適なまちづくりを行うため、総合治水対策として、通常の河道改修だけではなく、治水緑地や流域調節池等の貯留施設の整備に加えて、道路等の公共施設の地下空間を活用した放流施設である 2 本の「地下河川」の整備を進めている。そのうち北部地下河川では、淀川水系寝屋川ブロック河川整備計画（H27.3）に基づき、30 年の整備期間で鶴見立坑から下流の大川（旧淀川）への排水機場までを整備することとしている（図-1.1）。

本内容では、大深度地下を使用する縦断線形へ見直したことで、城北川から地下河川へ取水する減勢施設が従前より高落差になるという課題に対して、従前実験結果を踏まえた模型実験を行い、合理的なドロップシャフト型立坑の減勢構造の諸元を見出したことを報告する。

2. 寝屋川北部地下河川の概要

寝屋川北部地下河川は、上流端を寝屋川市、下

流端を大阪市都島区とし、全長 14.3km、放流量 250m³/s の地下放水路である。

平成 4 年度より工事着手し、完成した区間毎に貯留施設として順次暫定運用している。古川調節

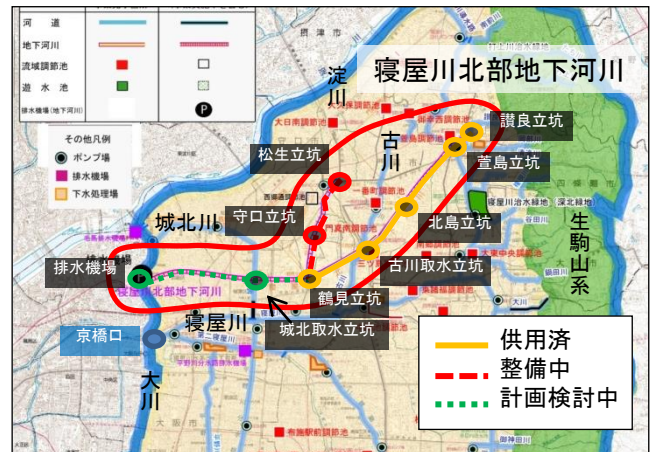


図-1.1 寝屋川北部地下河川位置図

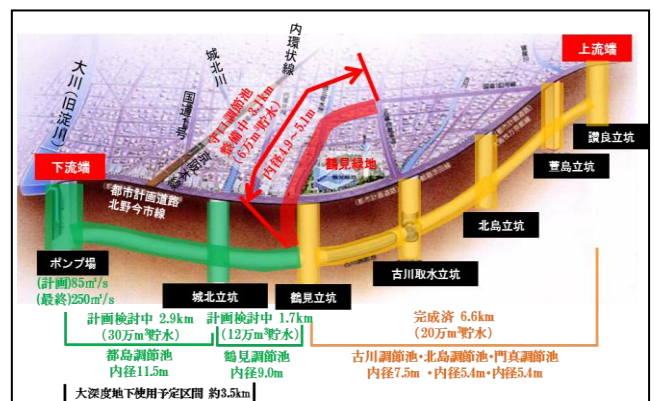


図-2.1 寝屋川北部地下河川の概要

池（鶴見立坑～古川取水立坑）、北島調節池（古川取水立坑～北島立坑）および門真調節池（北島立坑～讃良立坑）が供用済みであり、現時点で約 20 万 m³ の雨水が貯留可能である。現在、守口調節池（鶴見立坑～松生立坑）が事業中で、6 万 m³ の貯留容量が追加される予定である（図-2.1）。

3. 大深度地下使用法の適用

これまでの地下河川事業では、原則として公共用地の地下を占用して整備を進めてきたが、鶴見立坑より下流区間を整備するにあたり、都市計画道路都島茨田線（事業主体：大阪市）の内環状線（国道 479 号）以西の整備が長期未着手であることが課題となっている。平成 25 年度に、大阪市により長期未着手の都市計画道路の見直しが行われた結果、当該路線は存続するものの、事業着手は概ね今後 30 年程度内という方針が掲げられ、寝屋川北部地下河川の進捗との乖離が深刻になった。そこで、上面道路の整備に影響されずに地下河川を整備する方法として、大深度地下使用法の適用を進めている。

4. 城北取水立坑の減勢構造の検討

城北取水立坑について、平成 3～4 年に行われた水理模型実験の結果を基に千鳥階段型の減勢工

が採用されたが、大深度地下使用に伴って落差が約 40m から約 70m になり、千鳥階段型の減勢工のライフサイクルコストの増大を考慮すると、より合理的なドロップシャフト型について改めて水理模型実験により再検討することとした。

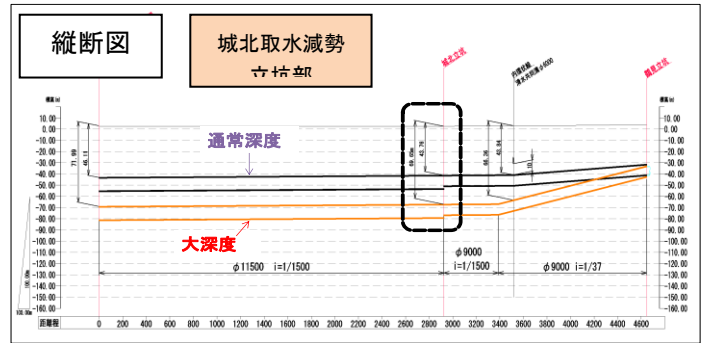


図-4.1(2) 城北川取水減勢立坑部の概要（縦断）

(1) 城北川取水減勢立坑部 (H4)

平成 4 年に通常深度（約 40m 落差）の条件でドロップシャフト型と千鳥階段型の減勢形式を対象として縮尺 1/20 の水理模型実験を行っている。ドロップシャフト型では①MWL 時の空気混入量が多く、②HWL 時に立坑内での激しい回転流に伴う渦糸が形成される等の問題点が解決できず、確実に減勢ができ、空気混入濃度が $1.5 \times 10^{-3}\%$ まで低減した千鳥階段型が最適と判断されている。



写真-4.1 H4 既往実験の状況

(2) 古川取水減勢立坑部 (H6)

平成 6 年にドロップシャフト型の減勢形式を対象とした縮尺 1/20 の水理模型実験を行っている。H4 実験時の城北取水立坑に対して減勢池を伸ば

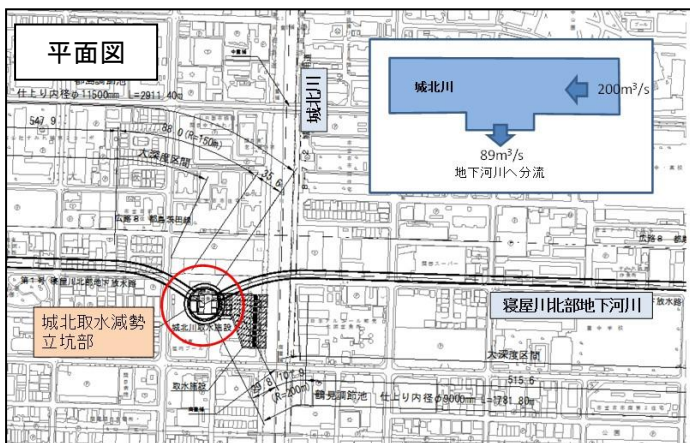


図-4.1(1) 城北川取水減勢立坑部の概要（平面）

した構造形式に改良し、千鳥階段型に匹敵する空気混入濃度 $1.5 \times 10^{-3}\%$ にまで低減できたことから、採用に至り既に施工済みである。

写真-4.2 H6 古川取水立坑の既往実験の状況

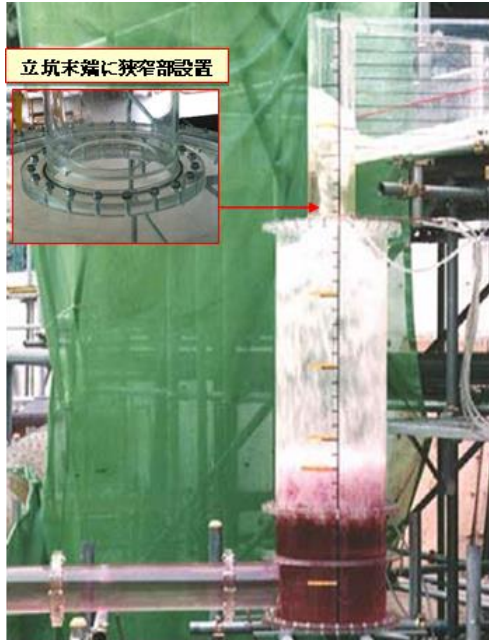


表 - 4.1 に、古川取水立坑と城北立坑（大深度地下使用時）の水力諸元を比較している。フルードの相似則によれば、両者の流量、落差は城北取水立坑が古川取水立坑の約 2 倍の比率であることから、古川取水立坑で採用したドロップシャフト型約 2 倍の寸法の減勢構造を採用することで、同様の効果が期待できると推察した。

表-4.1 古川取水立坑と城北立坑（大深度地下使用時）の水力諸元の比較

諸元	①古川取水立坑	②城北取水立坑	比率(②/①)	フルード則による比率
立坑流量 (m/sec)	15	89	5.93	2.04
地下河川流量 (m/sec)	48	144	3.00	1.55
河川水位 (OP+m)	3.2	3.3		
立坑底面高 (OP+m)	-37.25	-80.00 (概略値)		
落差(m)	40.5	83.3	2.06	2.06
立坑減勢池(m)	8	16		

H4 既往実験の結果を踏まえ、千鳥階段型の落差高が約 70m になっても減勢効果は変わらないと期待できるため、今回はドロップシャフト型に

特化した。また、空気混入濃度はフルード相似則に従わないため、既往実験の結果を目標値とした。

(3) レイアウト

ドロップシャフト型の減勢立坑を採用する場合、シールド発進立坑と減勢立坑は施工時期が異なることや別構造とした方が経済的に有利であることから、図-4.2 に示すレイアウトとした。

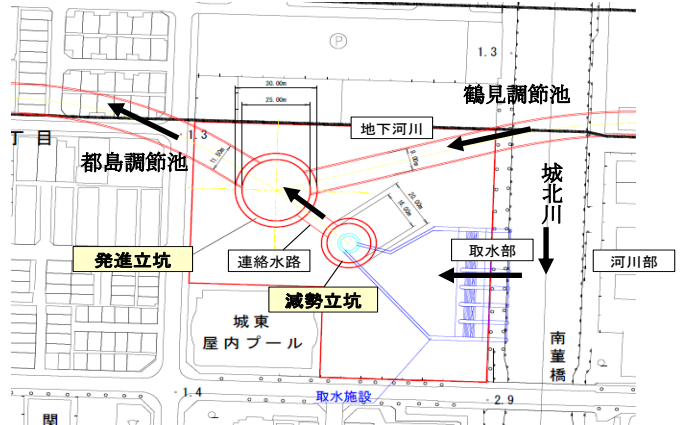


図-4.2 ドロップシャフト型減勢立坑の場合のレイアウト

表-4.2 模型再現諸元 (スケール; s=1/20)

諸元	実物	模型	備考
		1/20	
流量 Q(m ³ /sec)	89.0	0.0498	100%
落差 H(m)	81.6	4.08	
ドロップシャフト案 管径 D1(m)	6.00	0.300	流入部
" 管径 D2(m)	4.20	0.210	狭窄部 (D2/D1=0.7)
" 管径 D3(m)	16.00	0.800	減勢池部*
地下河川合流後の管径 D4(m)	11.50	0.575	
" 満管時流速 V (m/sec)	0.86	0.192	
" 満管時の Re 数	9.85E+06	1.10E+05	≥ 1.0E+04 (乱流)
粗度係数 n	0.015	0.0091	≥ 0.009 (最小値)

フルードの相似則を用い、表-4.2 に示す模型縮尺を 1/20 とした。粗度係数を実物に合わせるとともに、乱流を再現するためにレイノルズ数を 10000 以上とした。表-4.3 に評価項目を示す。

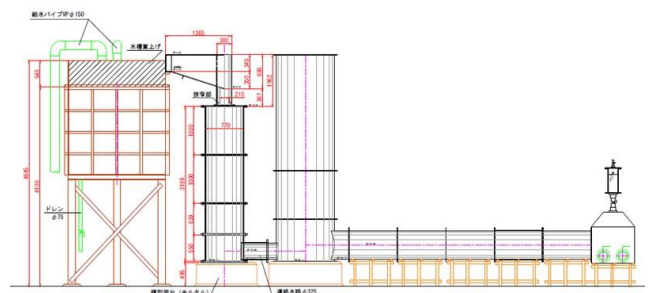


図-4.3 模型再現範囲

写真-4.3 模型製作状況



表-4.3 検討項目と評価

検討項目		評価内容	備考(基準)
LWL	流速	減勢池から本管へ著しく加速していないか。	主に減勢池内
	底面圧力	底面に作用する圧力が過大でないか。またその変動量が比較的小さく、安定しているか。	
	流況	立坑内での流勢が分散しているか。連絡水路への流れがスムーズか。	エアークォアも確認
MWL	空気混入濃度	下流本管へ著しい空気混入がないか。既往実験と同程度※まで低減しているか。	※空気混入濃度 1.5×10 ⁻³ %
HWL	流況	空気吸込み渦等が発生していないか。	
	損失水頭	立坑構造による損失水頭が過大でないか。	本管の流下能力を確認

(4) 流量条件

設計流量となる 100%をはじめ 75%、50%、25%および超過流量となる 130%の 5 ケースとし、減勢効果の評価は 100%流量とした。また 130%流量は完全減勢ではないが、構造破壊を誘発する現象等が発生していないことを確認することとした。

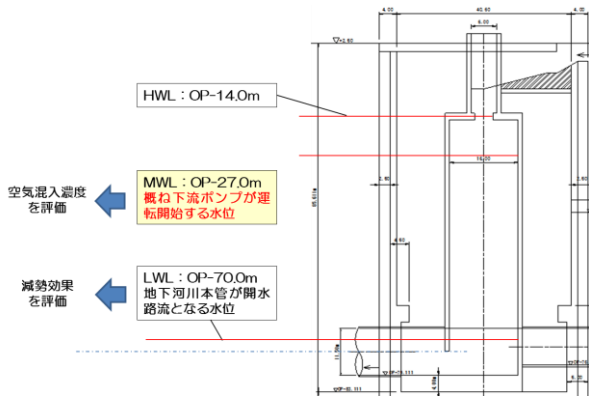


図-4.4 水位条件と評価内容の関係

(5) 水位条件

落差による衝撃が最も大きいと想定される LWL 時に減勢効果の評価し、概ね下流ポンプが運転を開始する MWL 時に空気混入濃度を評価することとした。HWL では 100%流量が立坑に流入できるか(流入部へ背水しないか等)を確認した。

(6) 実験結果

紙面の都合上、すべての実験ケース(表-4.4)について報告はできないが、試行錯誤の結果、原案より立坑の首を長くし、狭窄部の位置を 2.4m 下げた最適案を見出した(図-4.5)。

表-4.4 実験ケース一覧

ケース名	改良箇所					改良内容	評価項目		備考
	流入水路	シャフト部	狭窄部	減勢池	連絡水路		底面圧力	空気濃度	
ドロップシャフト原案						(古川地点の設計形状を踏襲)	○	×	
流入水路改良案①	○					流入水路の絞り幅を絞る 1/30→0.3D (D:立坑径6.0m)	○	×	
流入水路改良案②-1	○					流入水路の勾配を緩くし、立坑部の奥員長を伸ばす(1.0m)	○	×	
流入水路改良案②-2	○					流入水路の勾配を急にし(上流端で+1.0m)、せきあげないようにする	○	×	
立坑改良案①		○				シャフト部の長さを延ばす +12.8m (減勢池長を縮める)	○	×	模型の継手の都合で延長を設定
狭窄部改良案①-1			○			狭窄部の位置、設置数(2つ)を変化させる。	○	×	立坑改良(改良案①)後に実施
立坑改良案②			○			シャフト部の長さを延ばす +3.0m 狭窄部位置は 原案+3.0m (減勢池天端から1.2m位置)	○	×	立坑改良案①の結果を踏まえ、必要最小限の延長を設定
狭窄部改良案②-1			○	○		狭窄部位置変更 原案-3.6m (減勢池天端から0.8m位置)	○	×	立坑改良(改良案②)後に実施
狭窄部改良案②-2			○	○		狭窄部位置変更 原案-4.2m (減勢池天端から0.0m位置)	○	×	"
狭窄部改良案②-3			○	○		狭窄部位置変更 原案-2.4m (減勢池天端から1.8m位置)	○	○	"
狭窄部改良案②-4			○	○		狭窄部位置変更 原案-1.8m (減勢池天端から2.4m位置)	○	×	"

LWL から MWL に遷移する状況を想定し、最適案の空気混入濃度を計測すると、原案に比べて遷移時の低減効果が高い。

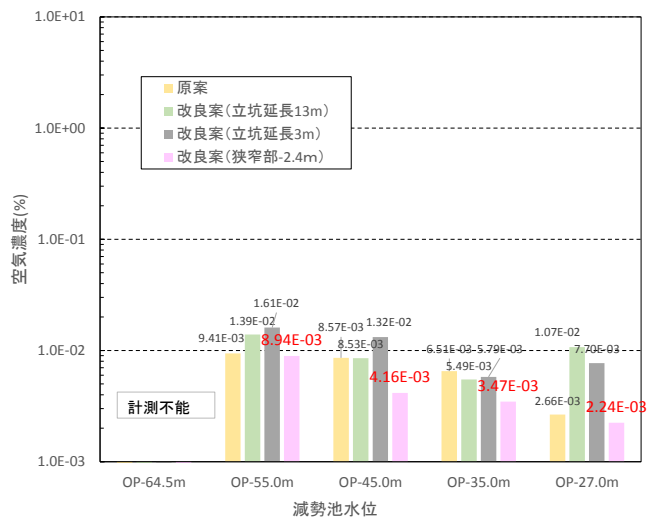


図-4.5 各改良案の空気混入濃度の低減効果

また、最適案に対する図-4.2のレイアウトに示す発進立坑により、およそ2割程度の空気混入濃度の低減効果が見られた(図-4.6)。

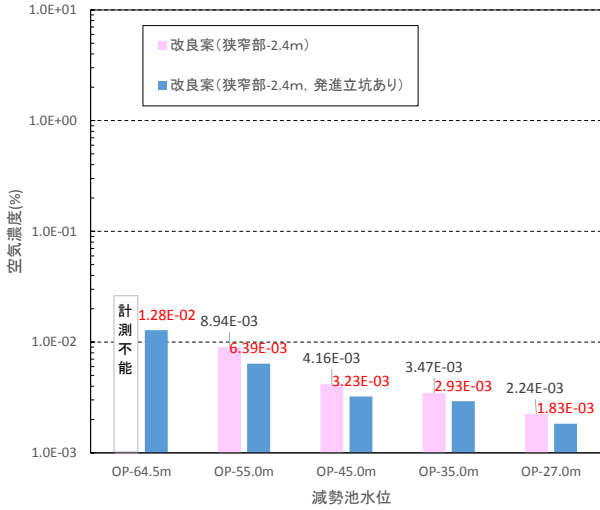


図-4.6 発進立坑による空気混入濃度の低減効果

5. おわりに

古川取水立坑と同形状の原案から狭窄部の位置を2.4m下げた最適案を見出すとともに、発進立坑の空気混入濃度の低減効果により既往の千鳥階段型と同程度にまで低減できるため、城北取水立坑にもドロップシャフト案が採用可能である。なお、取水部の越流構造は別途報告を参考にされたい。

(謝辞)

今回の実験では、大阪府河川構造物等審議会「大深度地下使用検討部会」で審議をするにあたり、京都大学大学院 戸田教授、関西大学環境都市工学部 石垣教授および京都大学防災研究所 川池准教授には、技術指導や実験指導を含め、さまざまなご指導を賜り、厚く御礼を申し上げます。