

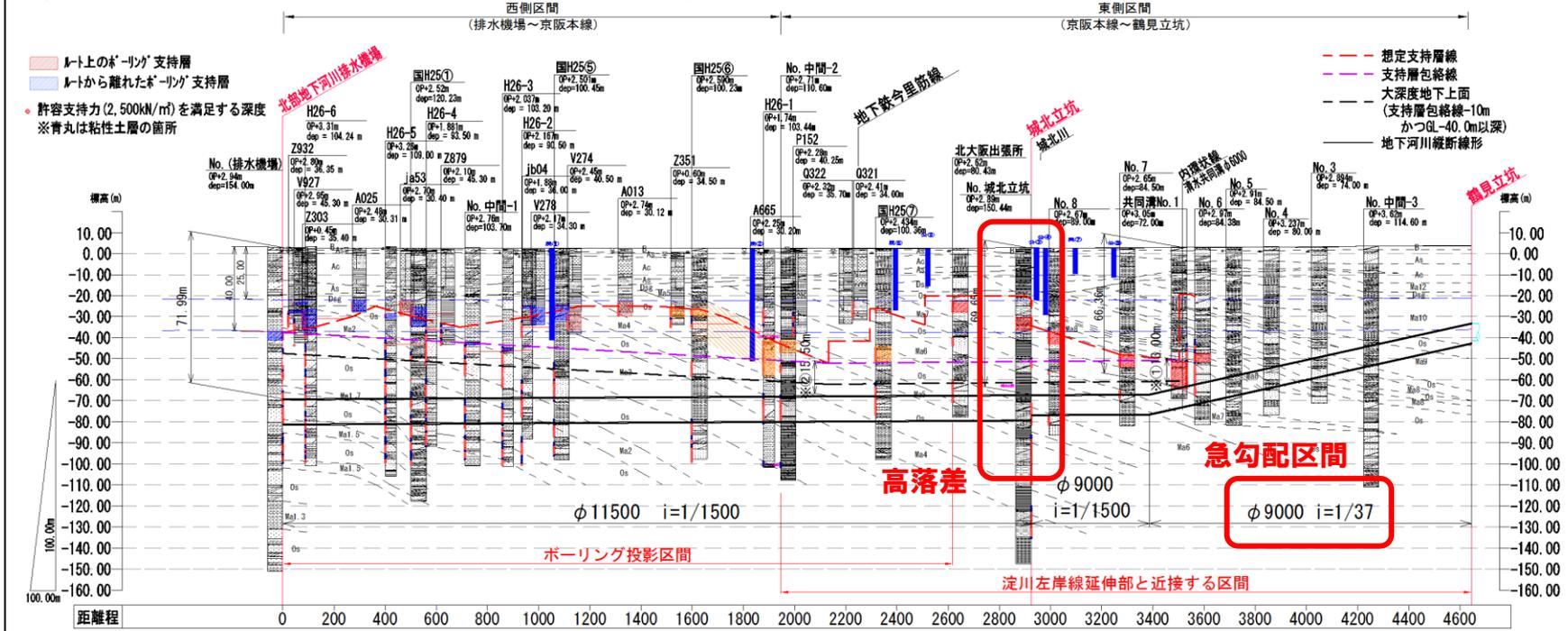
平成27年度 大阪府河川構造物等審議会  
第2回 大深度地下使用検討部会

**【大深度地下使用に伴う水理検討について】**

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 寝屋川北部地下河川の縦断線形

大深度地下深さの決定を踏まえ、地下河川の縦断線形を仮設定した結果、鶴見立坑から城北立坑の区間で約1/37の急勾配が生じます。また、地上河川(城北川)からの取水を予定している城北立坑においては、地上河川から約70mの高落差で地下河川に流入することとなります。



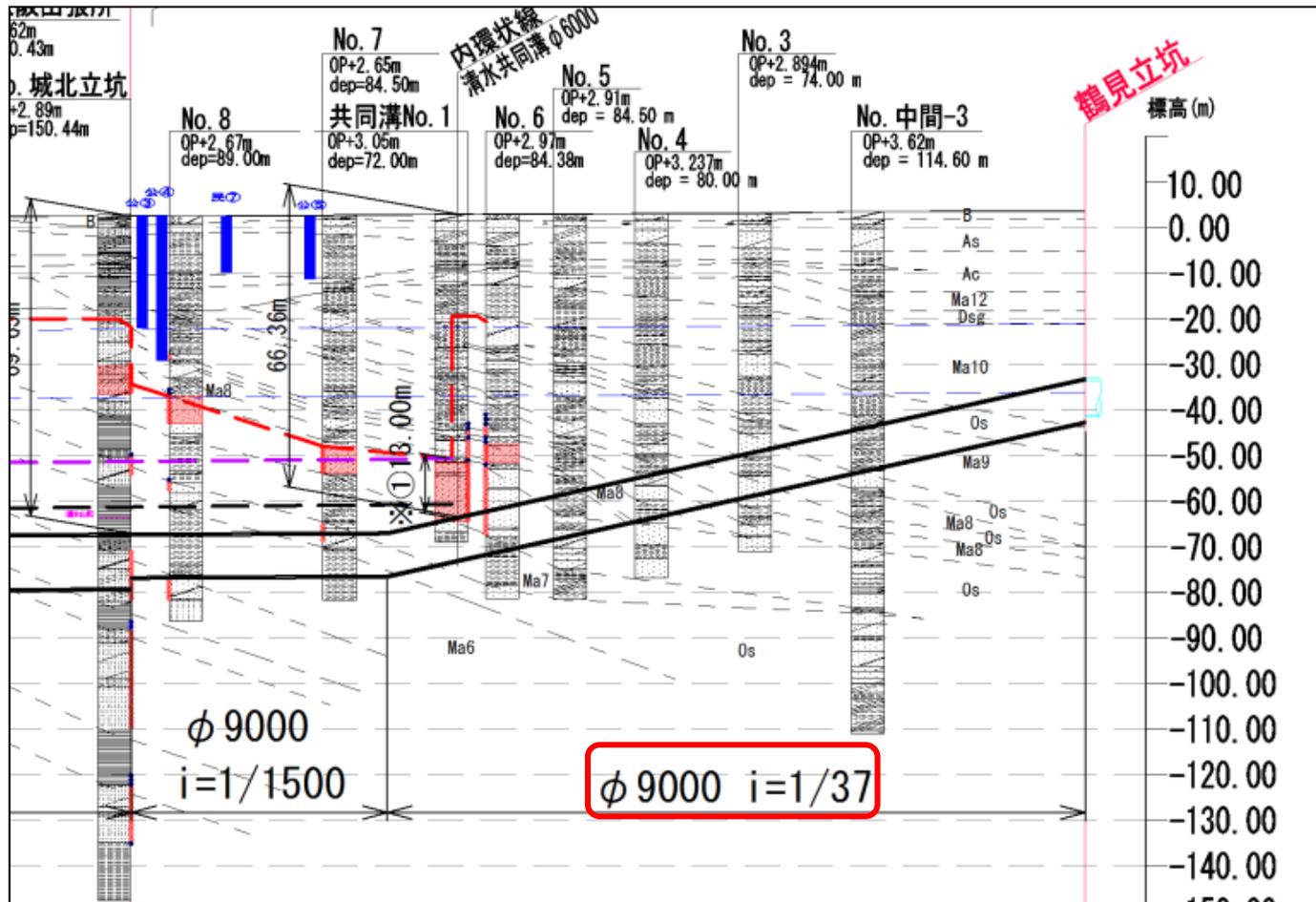
※①: 基礎杭の根入れ2m+内径9.0m+セグメント厚0.5m×2+維持管理等のための離隔1m=13.0m  
 ※②: 基礎杭の根入れ2m+内径11.5m+セグメント厚0.5m×2+維持管理等のための離隔1m=15.5m

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

### 急勾配区間の詳細

急勾配区間の諸元は以下の通りです。



### 急勾配区間の諸元

勾配 <i>i</i>	1/37
総落差H(m)	33.8
区間延長L(m)	1,260
内径(m)	9.0

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

### 急勾配区間における流速

急勾配区間における流速は、計画流量の $144\text{m}^3/\text{s}$ が流下した際に、約 $15\text{m}/\text{s}$ となります※。これは、一般的なトンネル河川の設計流速の上限( $7\text{m}/\text{s}$ 程度)※※を大きく上回ります。

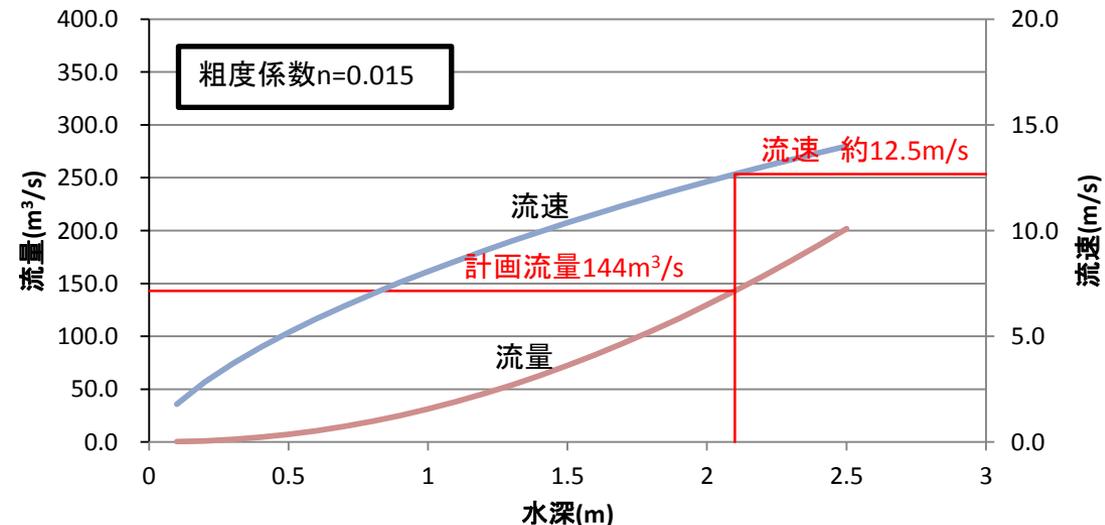
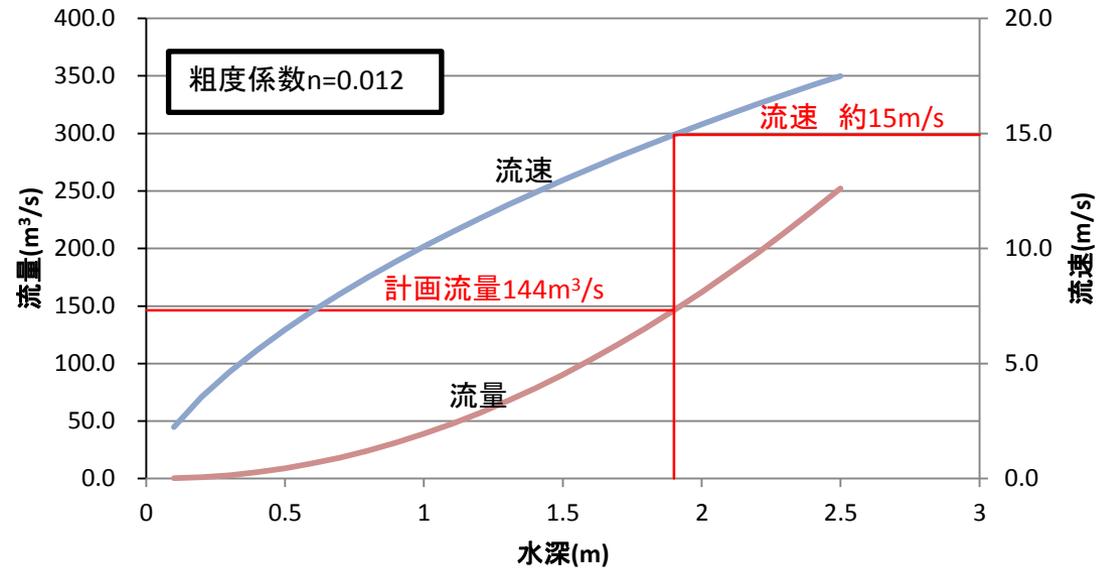
また、流速 $15\text{m}/\text{s}$ の速度水頭は $11.5\text{m}$ となり大気圧による圧力水頭より大きく、剥離が生じると負圧が発生する恐れがあります。

※マンニング公式において、供用直後のコンクリートの粗度係数( $n=0.012$ )を想定。

供用後年数が経過したコンクリートの粗度係数( $n=0.015$ )を採用すると、流速は約 $12.5\text{m}/\text{s}$ となる。

※※河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I (国土交通省河川局監修・社団法人日本河川協会編)より

マンニング公式による等流計算結果(内径9.0m、勾配1/37)



## 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

### 2.1 急勾配区間の検討

#### 高流速による構造物への影響

高速で流下した場合、以下のような構造物に対する悪影響が想定されるため、急勾配区間の流速を低減させる減勢対策を検討します。

- 振動・騒音の発生
- キャビテーション※や負圧の発生等による施設の損傷の恐れ
  - ※キャビテーションとは、水流が剥離するなどして圧力低下を招き、飽和水蒸気圧以下になった場合に、水中の空気が蒸発し、圧力の高い地点で再結合する時に大きな圧力変動が起こり、壁面に大きな損傷を与える現象である。
- 水路内の高速流下による、摩耗量の増大、連行する土砂やごみによる水路の損傷の可能性の増大、流況の乱れ、空気の混入※※等の悪影響
  - ※※空気の混入が大きくなると、流下能力が低下したり、ポンプ位置でのエアハンマー（圧力水路で混入した空気が排出に伴って膨張して振動や騒音が発生し、立坑から越水したり、場合によっては管路天端が破壊される現象）等の発生の恐れがある。



急勾配区間における減勢対策・立坑における流況の検証が必要

## 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

### 2.1 急勾配区間の検討

#### 減勢対策の検討方針

減勢対策としては、以下のようなものが考えられます。

#### ① 減勢工の設置

急勾配区間の管路内に階段や突起物を設ける。

#### ② 立坑の新規設置

鶴見立坑と城北立坑の間に、落差工のための中間立坑を追加する。

#### ③ 既存立坑の活用

鶴見立坑の下部を掘り下げて落差工を構築し、鶴見立坑から城北立坑の間を緩勾配とする。

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

### 減勢対策の比較

減勢対策を比較すると、減勢工の設置が最も実現性が高いと考えられます。

	減勢工の設置	立坑を新規に設置	既存立坑の活用
イメージ図			
概要	管路内に階段工等の減勢施設を設置し、流速を低減する	新規に立坑を設置して落差を作り、管路勾配を緩和する	既存立坑へ上向きシールドにより接続し管路勾配を緩和する
概算費用	約8億円 (二次覆工の施工実績より)	約32億円 (近年の立坑施工実績より)	約10億円 (シールド工のみ)
実現性	急勾配水路(矩形断面)での実績あり。 円形管路での効果については、水理実験で確認が必要。	道路内には立坑設置の適地がなく、鶴見緑地内も公園として供用済みであり、工事による大規模な占用が必要。	大口径上向きシールドの実績がなく、鶴見立坑の底版コンクリートを貫通して施工することについて、実現可否も含め検討が必要。
検討優先度	○	△	×

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

### 減勢工の実例①

減勢工としては、ダムの流れ工等における減勢対策として階段工や棧粗度等が広く採用されています。

### 階段工の事例

事例① 牛伏川フランス式階段工(長野県松本市)



■写真3ーフランス式階段工 水い年月をかけて自然と馴染し、水がリスミカルに流れ落ちる独特な造形美を魅せる

事例② 階段式減勢工設計事例(Q=46m<sup>3</sup>/s)

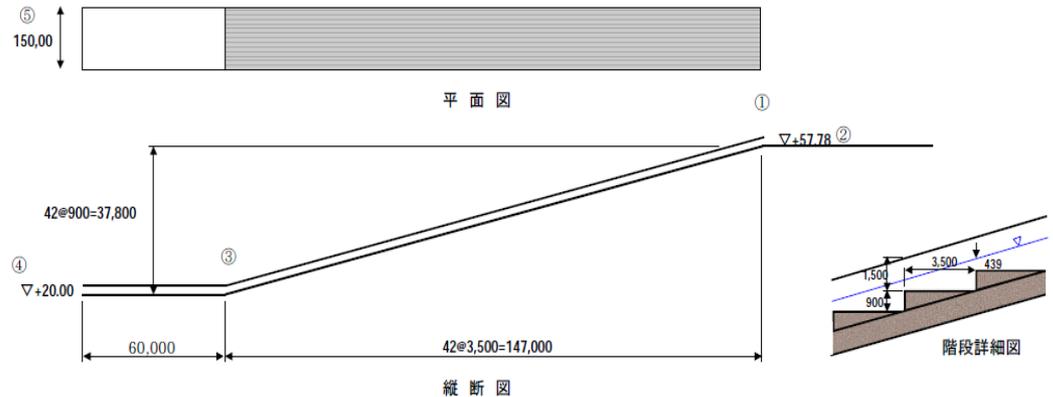


図-2.12 階段式水路・概略図 (対象流量:46.0m<sup>3</sup>/s)

(雑誌Consultant2003より)

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

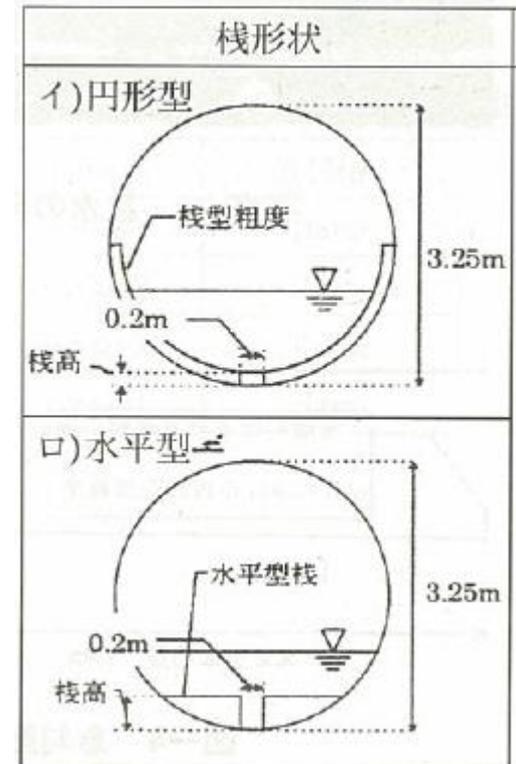
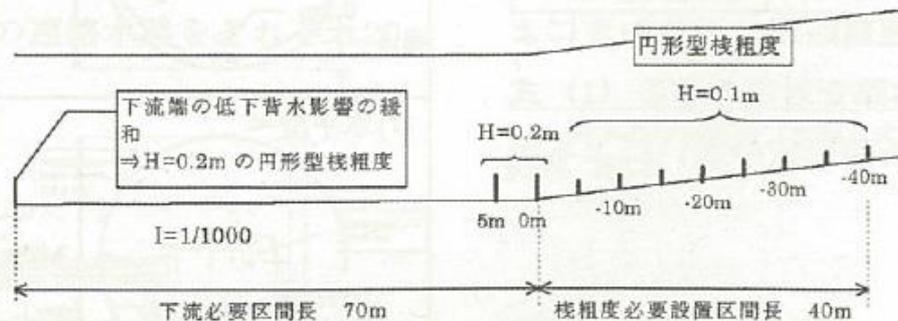
### 減勢工の実例②

#### 棧粗度の事例

棧粗度減勢工実験事例 ( $I=1/33, Q=16.2\text{m}^3/\text{s}$ )



写真-2 跳水の発生状況 (case-5E5)



# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.1 急勾配区間の検討

### 減勢工の検討方針

実現性の比較的高い減勢工の設置について、水理模型実験により、最適な構造を検討していきます。水理模型実験の実験条件案を示します。

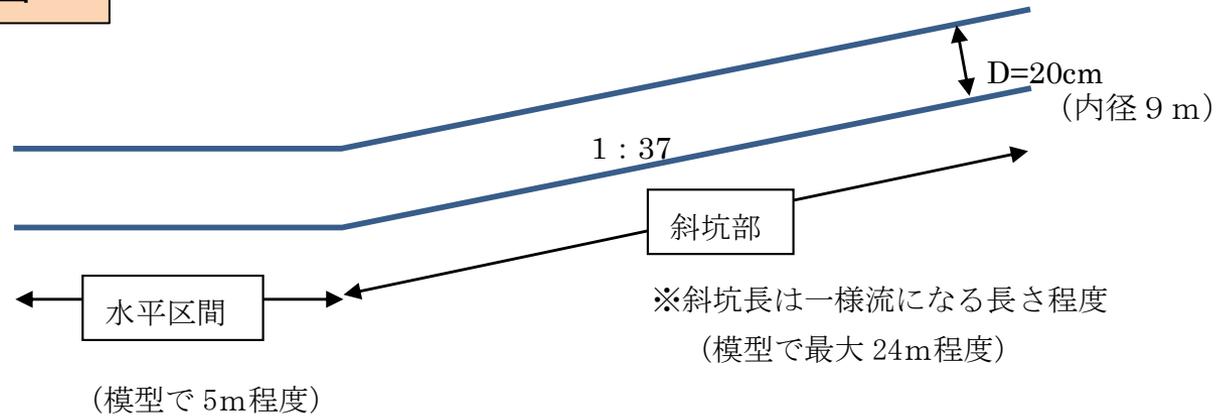
	項目	内容	備考
1	目的	○トンネル河川急勾配区間における減勢型式及び構造諸元を見出すことを目的とする。	
2	模型縮尺の選定と相似率	①縮尺 : 1/45程度 ②相似則:フルード相似則	・乱流再現や模型流速を考慮。
3	実験方法	○開水路時、満管時において、計画最大流量(毎秒144m <sup>3</sup> )を100%流量として、25%、50%、75%、100%、130%の5種類を対象に定常流で模型通水し、減勢型式及び構造諸元を変化させて各々の条件での減勢状況を確認する。	
4	実験ケース	○7ケース (A)対策工なし1ケース (B)階段工3ケース[落差を利用し、エネルギー消散] 落差50cmを基本とし、断面割増率の範囲内で諸元設定。 ・原案+改良案2案(落差・階段勾配変化) (C)棧粗度3ケース[抵抗を増やし、エネルギー消散] 高さ50cmを基本とし、(B)と同様諸元設定。 ・原案+改良案2案(高さ・ピッチ変化)	※断面割増率は10% ※急勾配部の減勢手法としては、落差の活用及び管内抵抗を増加させる手法が有効。
5	測定項目及び評価項目	【評価の視点】 [開水路][満管]とも (1)流速・・・7m/s以下となっているか。 (2)流況・・・流れがスムーズか。 ・1段1段で加速させることなく減勢できているか。 又は一連の流れとして減勢できているか。 ・著しい阻害となっていないか。	河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 I より、一般的な設計流速の上限7m/sを採用。

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

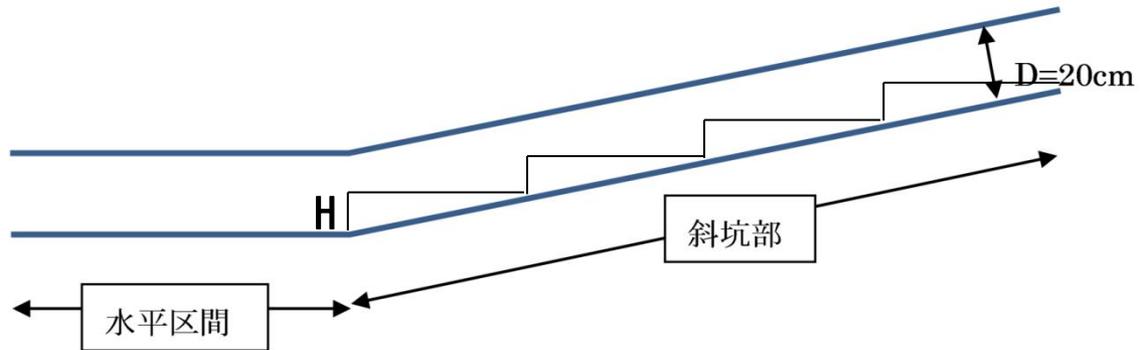
## 2.1 急勾配区間の検討

### 模型実験のイメージ図

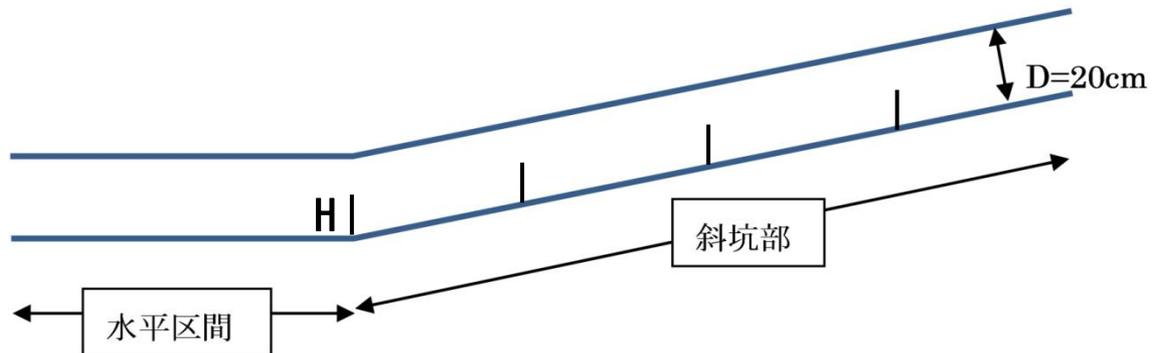
(A: 対策工なし)



(B: 階段工)



(C: 棧粗度)

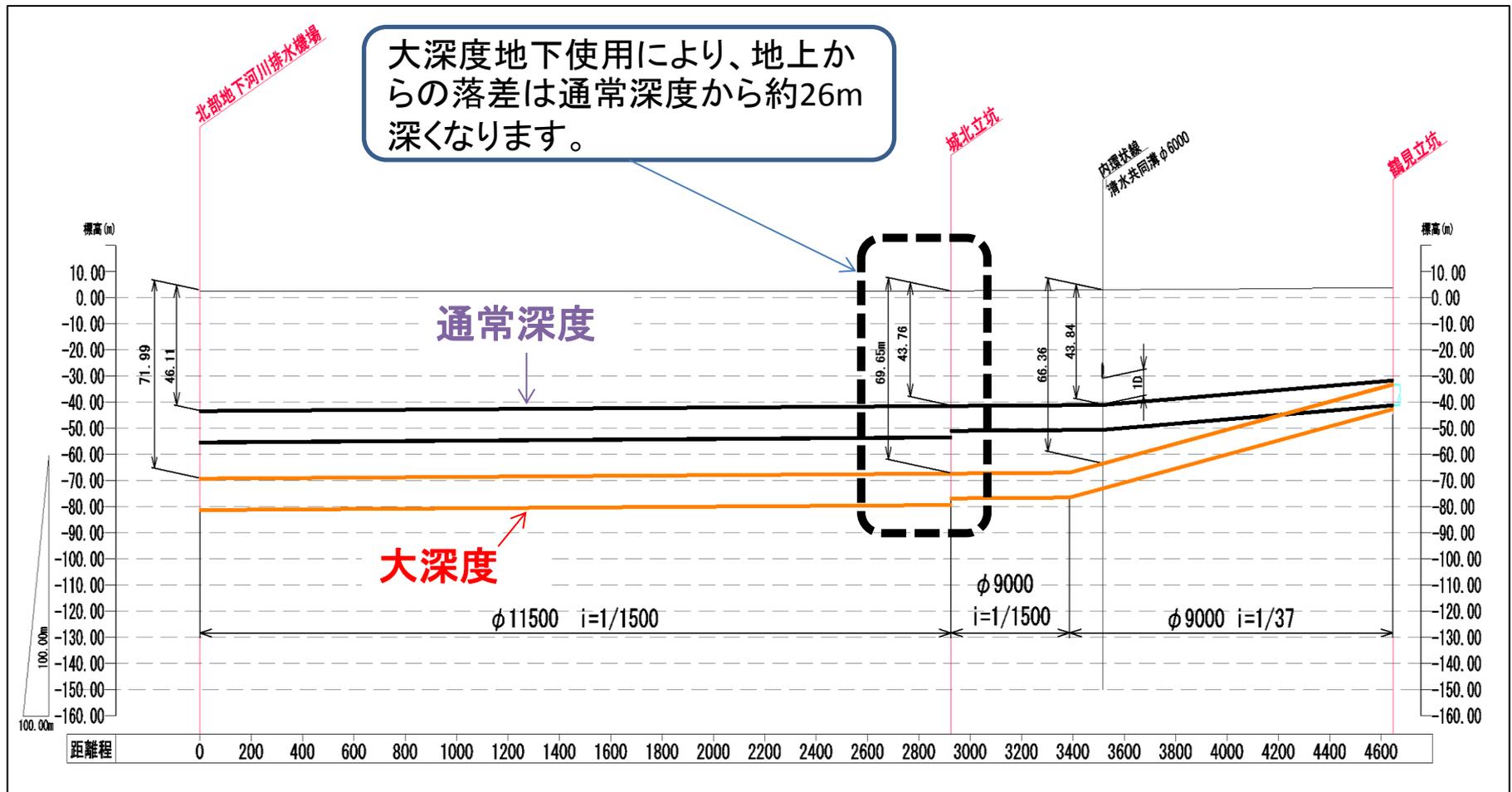


# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### 城北立坑における落差について

城北立坑において地上河川(城北川)からの取水を予定していますが、大深度地下使用に伴い地上からの落差は約70mとなります。



# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

城北川からの取水方法に関する過去の検討結果

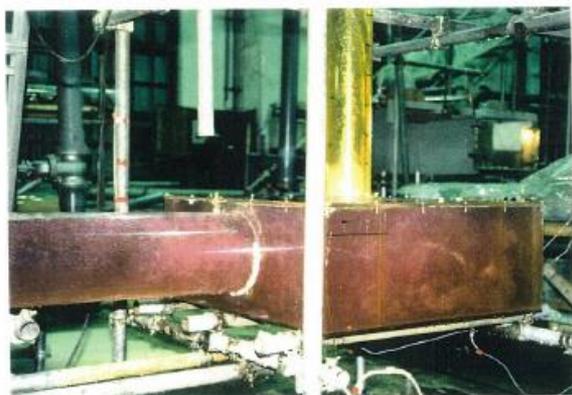
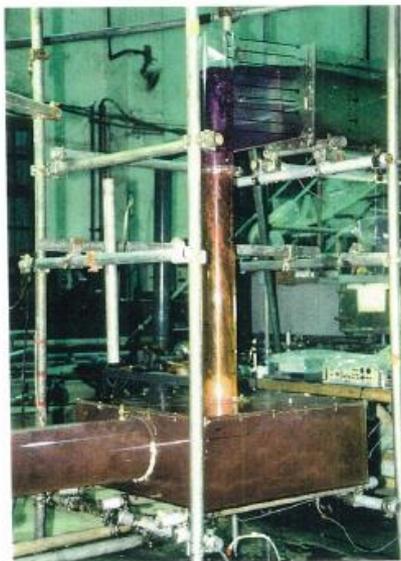
通常深度案における城北川からの取水方法については、平成2～3年度に水理模型実験を実施し、千鳥型減勢工が最適であるとの結論を得ています。



水理模型装置全景

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討



ドロップシャフト型

千鳥型

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

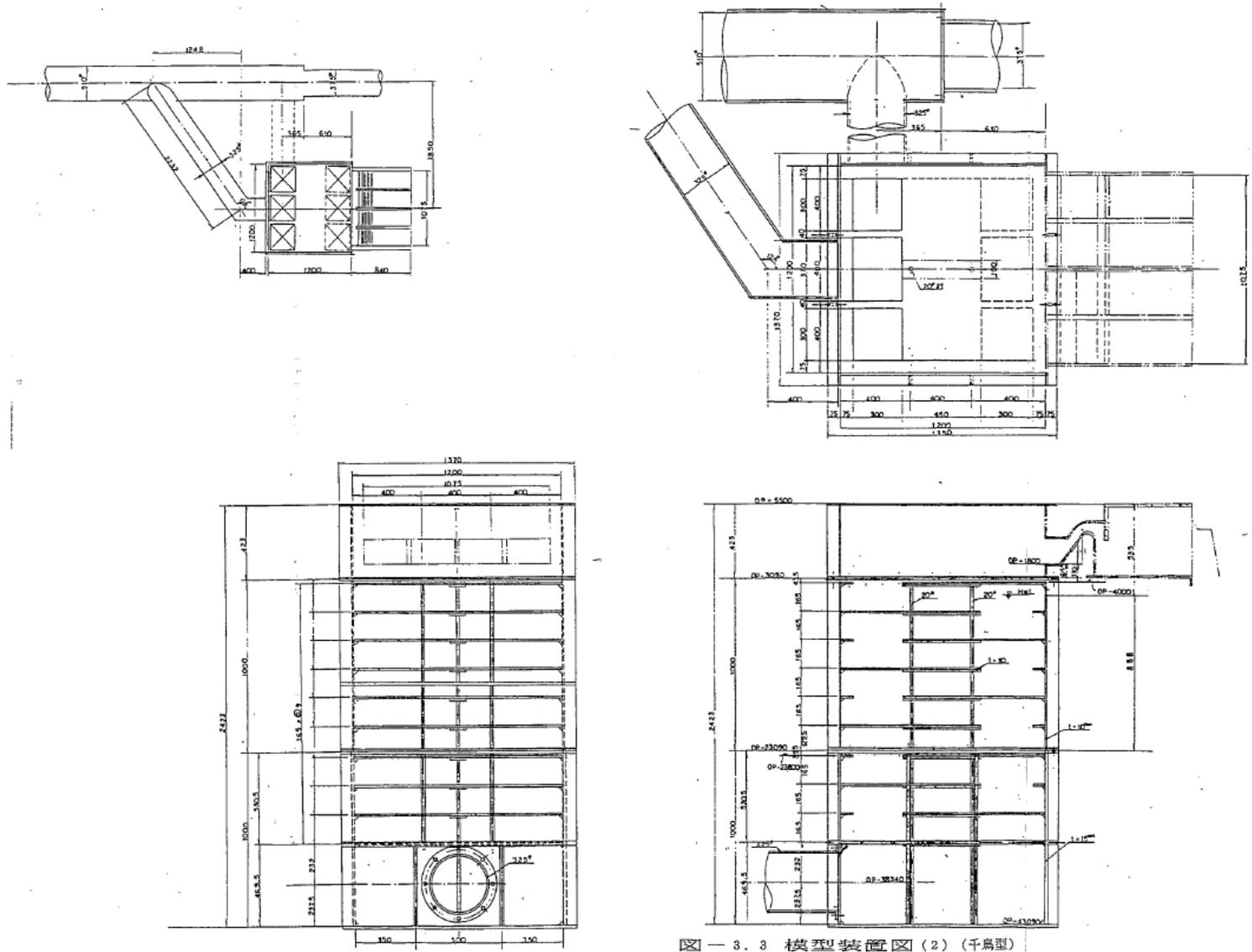


図-3.3 模型装置図(2) (千鳥型)

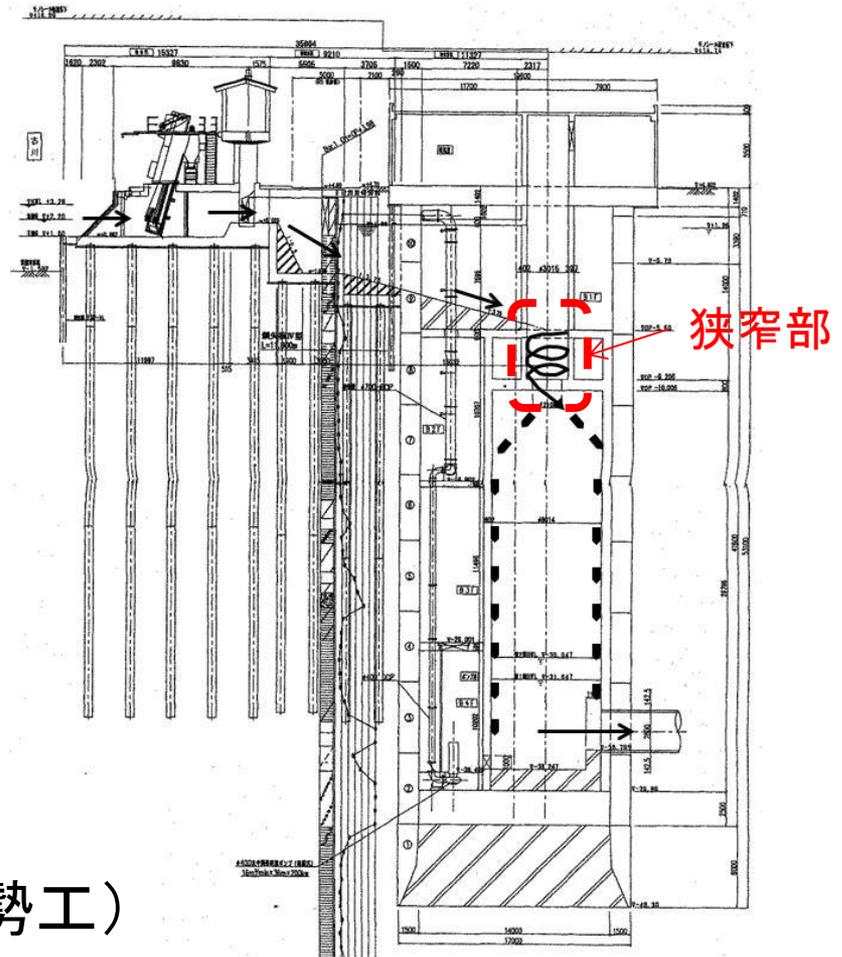
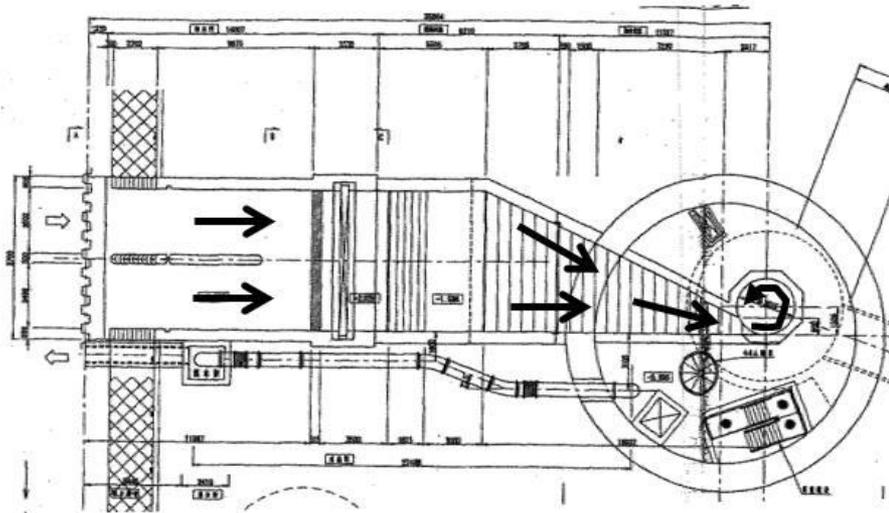
## 千鳥型減勢工 模型図面

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### ドロップシャフト型減勢工の施工実績

供用済みの古川取水立坑では、狭窄部付きドロップシャフト型減勢工により減勢を行っています。



古川取水立坑図面  
(狭窄部付きドロップシャフト型減勢工)

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### 古川取水立坑との相似性

過去の検討では、ドロップシャフト型減勢工は空気の連行が大きく不採用となっていますが、古川取水立坑と同様の狭窄部付きドロップシャフト型減勢工であれば減勢効果が期待できると考えられます。

(参考)古川取水立坑と城北取水立坑の水理量・寸法の比較

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 <sup>3</sup> /s)	15	89	5.93	2.04
地下河川流量 (m <sup>3</sup> /s)	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 (概算値)		
落差(m)	40.5	83.3	2.06	2.06
立坑径 (減勢部:m)	8	(16)		

城北取水立坑では、古川取水立坑の約2倍の寸法の減勢工を採用すれば、減勢が可能であると考えられる。



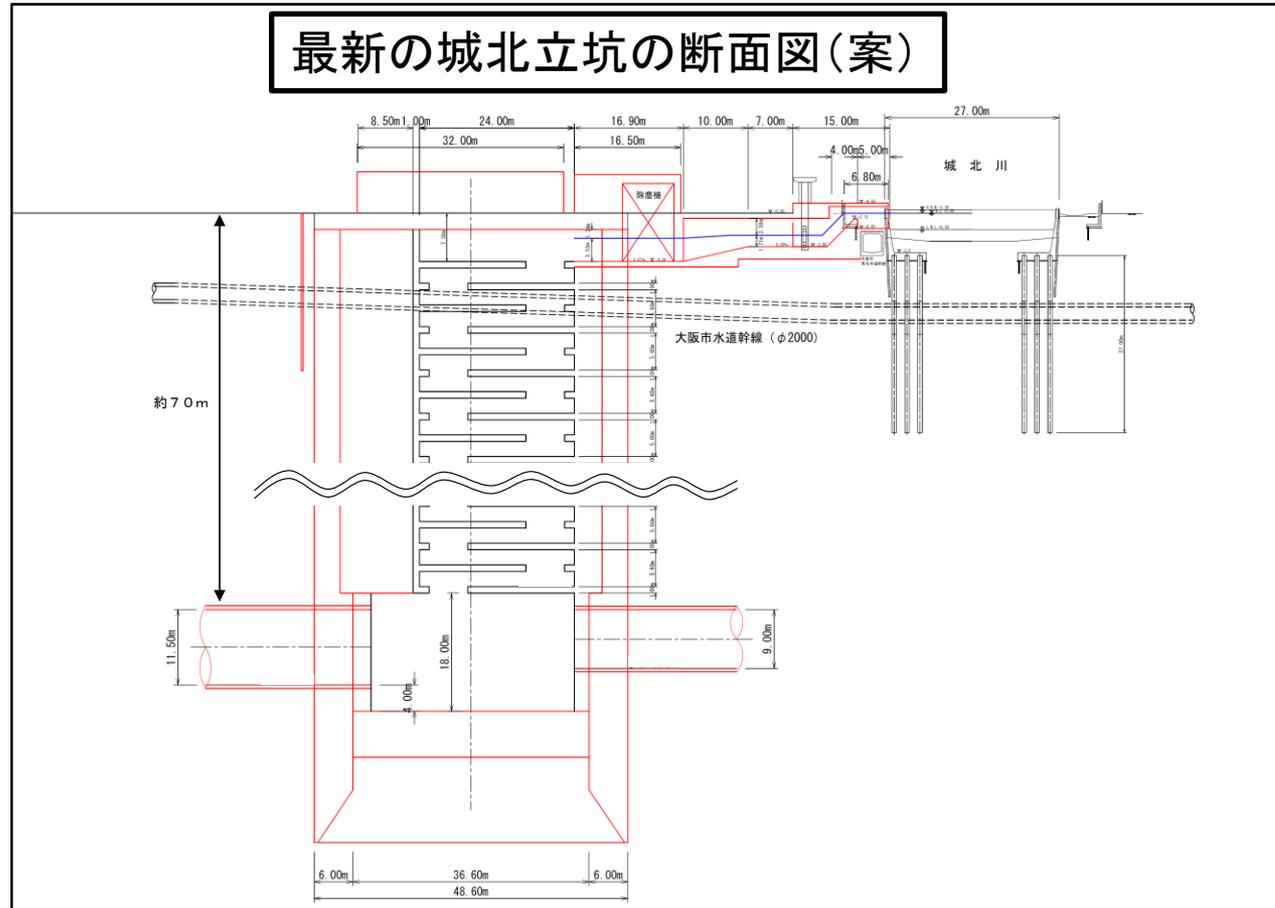
古川取水立坑の実験写真

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### 再検証の必要性

施工コスト・施工性・維持管理性等では千鳥型減勢立坑だけでなくドロップシャフト型が有利と考えられるため、水理模型実験にて再度検証することとします。このとき、本管への影響も同時に検証する必要があります。



# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### 落差工の検討方針①

水理模型実験の実験条件案を示します。実験においては、減勢効果の検証に加えて、本管の流れを阻害しないかも併せて検証します。

	項目	内容
1	目的	<p>○[A:減勢形式検討] 過年度実施の水理模型実験により取水減勢施設形式を決定済であるが、大深度地下使用深度の設定に伴い、減勢形式及び取水施設諸元を見直す。</p> <p>○[B:地下河川本管との合流構造検討] またその結果を用いて、地下河川本管との合流構造についての検討を行う。</p>
2	模型縮尺の選定と相似率	<p>①縮尺 [A:減勢形式検討]1/20程度 [B:地下河川本管との合流構造検討]1/45程度</p> <p>②相似則:フルード相似則</p>
3	実験方法	<p>[A:減勢形式検討] 開水路時、満管時において、取水量(毎秒89m<sup>3</sup>)を100%流量として、25%、50%、75%、100%、130%の5種類を対象に定常流で模型通水する。減勢型式及び構造諸元を変化させて各々の条件での減勢状況を確認する。</p> <p>[B:地下河川本管との合流構造検討] 開水路時、満管時において、計画最大流量(毎秒144m<sup>3</sup>)および取水量(毎秒89m<sup>3</sup>)を100%流量として、それぞれ25%、50%、75%、100%、130%の5種類を対象に定常流で模型通水する。合流構造諸元を変化させて各々の条件での減勢状況を確認する。</p>

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 2.2 城北立坑における落差の検討

### 落差工の検討方針②

項目	内容
4 実験ケース	<p>[A:減勢形式検討]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>① 千鳥型1ケース 原案[□24m]</li><li>② ドロップシャフト2ケース 原案[φ16m]+改良案(φサイズ変化)</li></ul> <p>※過年度により左記の2種を選定。形状(規格等)は過去事例を参考に諸元を設定。</p> <p>[B:地下河川本管との合流構造検討]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・3ケース 原案[A実験結果]+改良案2案(地下河川本管接続部及び減勢形式平面配置変化)</li></ul>
5 測定項目及び評価項目	<p>【評価の視点】</p> <p>[A:減勢形式検討]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>①流況…減勢後、連絡管への流れがスムーズか。連絡管に泡及び渦を巻きこんでいないか。(全体)</li><li>②立坑内流速…下部において減速しているか。(上部・中部・下部)</li><li>③圧力…減勢池底部において、圧力が小さくなっているか。(下部)</li><li>④空気濃度…連絡管への空気混入が顕著でないか。(上部・下部)</li></ul> <p>[B:地下河川本管との合流構造検討]</p> <ul style="list-style-type: none"><li>①流況…本管上流下流において流れがスムーズか。上流部への堰上げがないか。泡及び渦の発生が流れを妨げていないか。(全体)</li><li>②圧力…本管上流下流で圧力変動が大きくなっていないか。(上流・下流)</li><li>③空気濃度…下流への空気の連行が顕著でないか。(上流・下流)</li></ul>

# 2. 大深度地下使用に伴う水理検討について

## 水理検討のスケジュール

水理検討のスケジュールを示します。

