

事前設計における 濁水処理設備規模選定の一考察

井上 健太郎¹・市原 翔²・蟹江 名担³・河原 幸弘⁴

¹正会員 エイト日本技術開発 防災保全事業部 (〒532-0034 大阪府大阪市淀川区野中北 1-12-39)
E-mail: inoue-ke@ej-hds.co.jp

²正会員 エイト日本技術開発 防災保全事業部 (〒532-0034 大阪府大阪市淀川区野中北 1-12-39)
E-mail: ichihara-sho@ej-hds.co.jp

³正会員 エイト日本技術開発 防災保全事業部 (〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11)
E-mail: kanie-na@ej-hds.co.jp

⁴正会員 エイト日本技術開発 防災保全事業部 (〒532-0034 大阪府大阪市淀川区野中北 1-12-39)
E-mail: kawahara-yu@ej-hds.co.jp

これまでの事前設計では、過去のトンネル施工実績からトンネル 1 施工当りにおいて最大となる計画濁水量を算出し、それらが処理可能な規模の濁水処理設備を計画していた。しかし、実施工で処理された濁水量は計画濁水量より少なくなる事例があることを受け、国土交通省では当初から最大となる計画濁水量に基づく規格を選定するのではなく、濁水量の増加に応じて設備の増設や入れ替えを検討することとしている。本報告では、濁水処理設備の規模選定についてトンネル延長、地質種別などの条件により設備の入替を含めた経済性、施工性の相関関係の整理を行い、濁水処理設備規模を合理的に選定できる手法の一考察について報告する。

Key Words: replacement of muddy water treatment facility, correlation with economy, reasonable selection

1. はじめに

これまで事前設計において濁水処理施設は、過去のトンネル施工実績から算出される湧水量を基に、最大規模となる濁水処理施設を計画していた。

しかし、実施工の濁水処理量は、掘削開始時で工事使用水のみであり、施工完了後まで設計で見込まれた規模の濁水処理設備が必要としなかった事例もある。

国土交通省では、実施工で濁水処理量が少ないトンネルでは積算時に濁水処理設備の過大積算に繋がることを指摘しており、ある地方整備局では設計時は最小規模の濁水処理設備で計画することを標準化しているなど、今後の濁水処理設備計画は濁水量に応じて設備の増設や入れ替えを含めた合理的な設備計画が求められる。

2. 濁水処理設備の計画濁水量

(1) 施工実績からみたトンネル濁水量

事前設計時の計画濁水量は、表-1 に示す地質別にみたトンネル比湧水量を基に算出することが一般的である。

表-1 地質別にみたトンネル比湧水量¹⁾

| 地質分類 | 比湧水量の範囲 | | 平均比湧水量 |
|------------|------------------------|------------|------------------------|
| | m ³ /min/km | | m ³ /min/km |
| 火山岩 | 0.85~1.0 | | 3.71 |
| 火山碎屑岩 | 0.035~0.9 | | 0.30 |
| 深成岩類 | 0.17~3.8 | | 1.38 |
| 含片麻岩 | 0.018~0.84 | | 0.20 |
| 古生層 | 0.10~0.45 | | 0.79 |
| 中生層 | 0.0~0.95 | | 0.17 |
| 第三紀 洪積世 | 砂礫層 | 0.02~3.6 | 0.84 |
| | 砂岩 | 0.014~0.95 | 0.25 |
| | 頁岩 | | |
| | 凝灰岩 | | |
| 泥岩 | 0.0~0.26 | 0.07 | |

□ の欄は同質岩のうち破砕帯の多いもの

表-2 地質別にみたトンネル延長毎の濁水量

| トンネル施工時の濁水量 (工事使用水12.0m ³ /h) | | | | トンネル掘削延長(km) | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----|--------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 検討ケース | 地山分類 | | 比濁水量の範囲 | 平均比濁水量 | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 3.50 | 4.00 |
| | | | (m ³ /min/km) | (m ³ /min/km) | | | | | | | | |
| ケース1 | 火山岩 | 亀裂多 | 0.85~10 | 3.71 | 123.3 | 234.6 | 345.9 | 457.2 | 568.5 | 679.8 | 791.1 | 902.4 |
| | 深成岩類 | 亀裂多 | 0.17~3.8 | 1.38 | 53.4 | 94.8 | 136.2 | 177.6 | 219.0 | 260.4 | 301.8 | 343.2 |
| ケース2 | 砂礫 (第三紀~洪積世) | | 0.02~3.6 | 0.84 | 37.2 | 62.4 | 87.6 | 112.8 | 138.0 | 163.2 | 188.4 | 213.6 |
| | 古生層 | 亀裂多 | 0.10~4.5 | 0.79 | 35.7 | 59.4 | 83.1 | 106.8 | 130.5 | 154.2 | 177.9 | 201.6 |
| ケース3 | 火山砕屑岩 | 良岩 | 0.035~0.9 | 0.3 | 21.0 | 30.0 | 39.0 | 48.0 | 57.0 | 66.0 | 75.0 | 84.0 |
| | 砂岩・頁岩・凝灰岩互層 (第三紀~洪積世) | | 0.014~0.95 | 0.25 | 19.5 | 27.0 | 34.5 | 42.0 | 49.5 | 57.0 | 64.5 | 72.0 |
| | 含片麻岩 | 良岩 | 0.018~0.84 | 0.2 | 18.0 | 24.0 | 30.0 | 36.0 | 42.0 | 48.0 | 54.0 | 60.0 |
| ケース4 | 中生層 | 良岩 | 0.0~0.95 | 0.17 | 17.1 | 22.2 | 27.3 | 32.4 | 37.5 | 42.6 | 47.7 | 52.8 |
| | 泥岩 (第三紀~洪積世) | | 0.0~0.26 | 0.07 | 14.1 | 16.2 | 18.3 | 20.4 | 22.5 | 24.6 | 26.7 | 28.8 |



トンネル湧水量は、表-1 より平均比湧水量とトンネル延長から求めることができる。工事使用水量を 12.0m³/h と仮定すると、トンネル濁水量は地質別およびトンネル延長毎に表-2 の通りとなる。

(2) 濁水量処理設備の入替えとトンネル掘削延長

設計時の濁水処理設備の入替えのタイミングは、トンネル掘削延長で算出される濁水量によって決まる。

そこで、濁水処理設備入替えの傾向分析を実施することとし、地質毎によって湧水量も異なることから表-2 より、「ケース1 湧水量が多い：火山岩（亀裂多）」 「ケース2 湧水量がやや多い：砂礫（第三紀～洪積世）」 「ケース3 湧水量がやや少ない：火山砕屑岩（良岩）」 「ケース4 湧水量が少ない：泥岩（第三紀～洪積世）」 の4ケースをピックアップし、濁水処理設備を湧水量の段階毎に切り替えた場合の検討を行った。

図-1 より、対象とするトンネル掘削延長は 2.5km 区間として、濁水処理設備の入替えの関係を整理した。

ケース1 ではトンネル掘削開始直後から濁水量が非常に多く、処理設備の切替えが頻繁に発生してしまう問題が生じる。

一方で、ケース4 ではトンネル掘削延長が2km弱となるまで、濁水処理設備の入替えが生じないことが確認できた。

3. 濁水処理設備と概算工事費

(1) 地質別に見た濁水処理設備の概算工事費

図-2 より、ケース1 からケース4 まで地質別に見た概算工事費のグラフを示す。ここで、濁水処理設備の概算工事費算出は「土木工事標準積算基準書²⁾」「建設機械等損料表³⁾」を参考に算出した。

濁水量が多いケース1 やケース2 では、トンネル掘削開始直後に規模の大きな濁水処理設備が必要となり、多

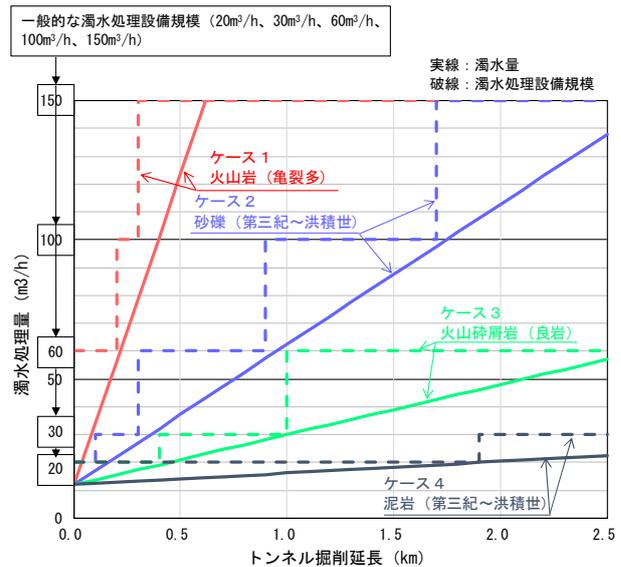


図-1 トンネル掘削延長と濁水処理量・濁水処理設備

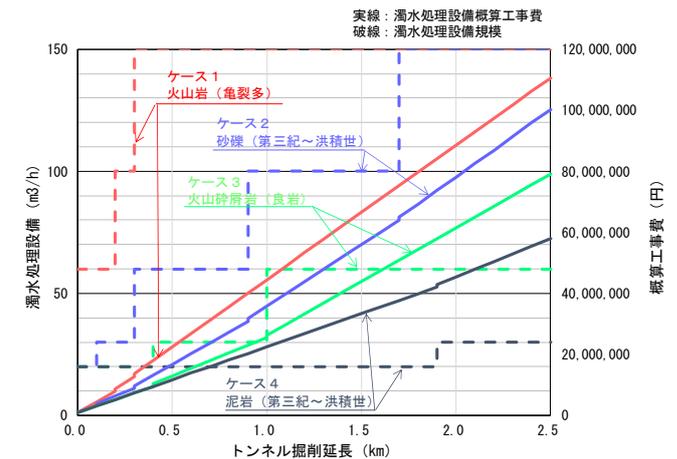


図-2 トンネル掘削延長と濁水処理設備・概算工事費

くの機械損料が生じるため、グラフの傾きが急となる傾向にある。

湧水量が少ないケース3 やケース4 では、トンネル掘削開始後から規模の小さい濁水処理設備が続き、少ない

機械損料で収まるため、グラフの傾きが緩やかとなる傾向にある。

(2) 当初から最大規模の濁水処理設備を設置した場合の概算工事費

ケース1～ケース4について、それぞれ当初から最大規模の濁水処理設備を採用した場合と、濁水量毎に濁水処理設備を入替えた場合の概算工事費を整理した。

a) ケース1

ケース1は、図-1より濁水処理設備を直ちに入替える必要があるため、設備入替えによる損料費削減の効果は薄い。そのため、図-3より当初から最大の濁水処理設備を設けた場合と濁水処理設備を段階毎に入替えた場合では、機械損料費の差が40万円程度とわずかな経済効果となる。

b) ケース2

ケース2は、ケース1と同じように最大で150m³/h級の濁水処理設備が必要となるが、図-1より濁水処理設備の入替えまでの間隔が広がるため、損料費削減の効果が期待でき、図-4より機械損料費の差が1,100万円程度の経済効果が生じる。

c) ケース3

ケース3は、ケース1やケース2に比べて図-1より濁水処理設備の入替え回数が少ないが、機械損料費が比較的安価となる20m³/h級～30m³/h級を継続的に使用しているため、図-5より機械損料費の差が1,000万円程度の経済効果が生じる。

d) ケース4

ケース4は、図-1より濁水処理設備の入替え回数が最も少なく1回のみとなるが、入替え時期がトンネル掘削延長2km弱でのタイミングとなるため、その間の損料費が削減できる。

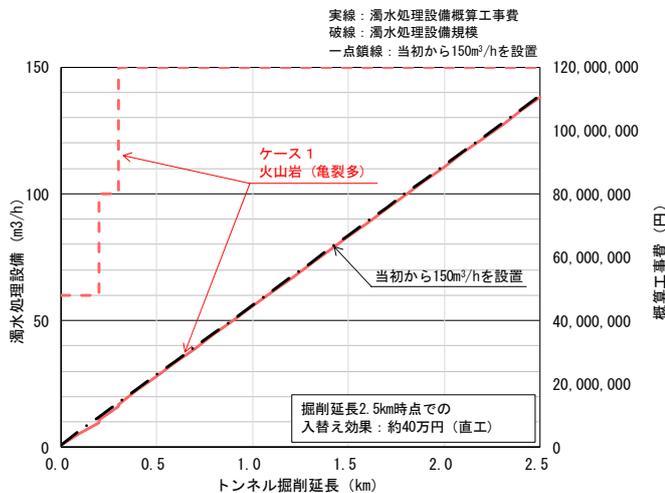


図-3 ケース1（当初から最大規模150m³/hとした場合の概算工事費比較）

結果として、図-5より機械損料費の差が600万円程度の経済効果が生じる。

4. まとめ

濁水処理設備の設備規模を選定するにあたって、当初から最大規模の濁水処理設備を採用するのではなく、濁水量に応じて設備規模を入替えた場合の経済性について、傾向分析の一考察を行った。

(1) 濁水処理設備入替え時の経済効果

地質毎に濁水量の違いがあるものの、どの地質条件でも段階的な濁水処理設備の入替え期間が比較的長い場合、それまでの期間は規模の小さな濁水処理設備が使用できるため機械損料費の削減が見込めることが確認できた。

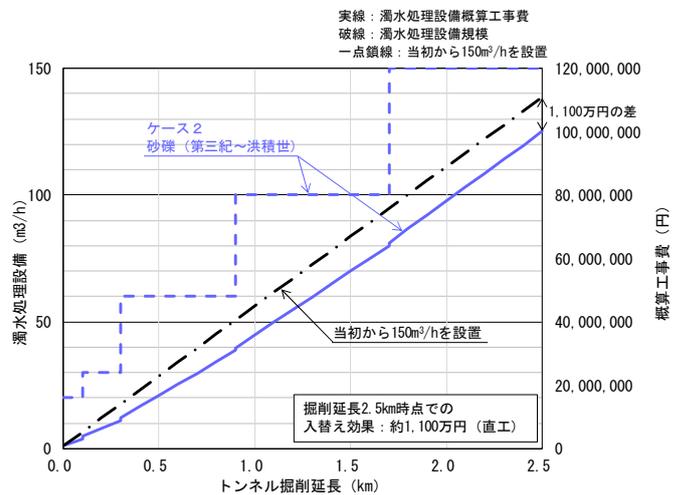


図-4 ケース2（当初から最大規模150m³/hとした場合の概算工事費比較）

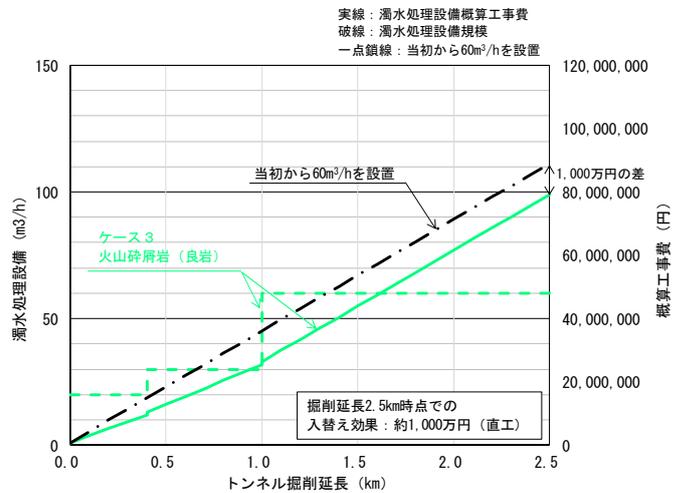


図-5 ケース3（当初から最大規模60m³/hとした場合の概算工事費比較）

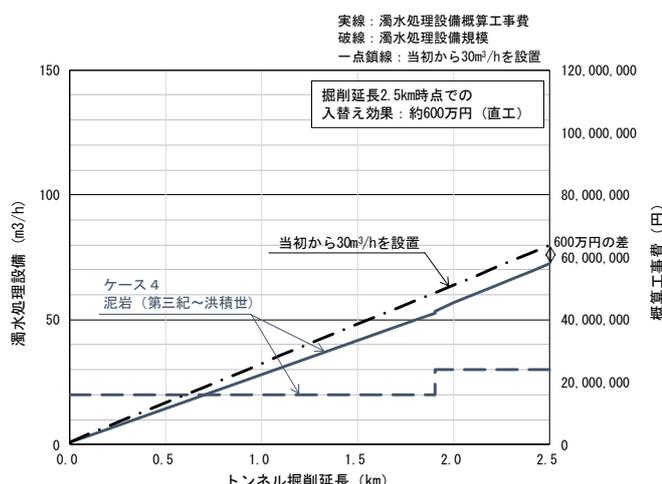


図-6 ケース4（当初から最大規模30m³/hとした場合の概算工事費比較）

(2) 濁水処理設備の入替えを計画する場合の注意点

実施工ではトンネル掘削初期の段階で突発湧水が生じた場合、設計時に計画する最大規模の濁水処理設備が直ちに必要となることも考えられる。よって、設計時の濁水処理設備の入替え計画は計画濁水量の結果だけに留まらず、施工時に突発性湧水が生じる可能性が高い地山である場合は、当初から規模の大きな濁水処理設備を計画することも考慮する必要がある。

また、濁水処理設備を段階的に増設や入れ替える場合、設置スペースの確保や湧水処理の切替が困難なことや、

濁水処理の受電容量などキュービクルを変更するのに費用がかかる等、実施工では積算上では現れない手間が多いため、当初から最大規模の濁水処理設備を採用している事例が多い。

(3) 今後の課題

本報告における今後の課題として、濁水処理設備の入替えた場合の手間について施工者ヒアリングを行い、損料費の削減効果が現実的に生じるのか精査する必要がある。

謝辞：本報告を作成するにあたり、ご指導いただきました関係者皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 日本トンネル技術協会：トンネル施工に伴う湧水濁水に関する調査研究（その2）報告書，p.122，日本トンネル技術協会，1983.
- 2) 建設物価調査会：国土交通省 土木工事標準積算基準書（河川・道路編），pp.IV-5-①-87-IV-5-①-90，奥村印刷，2020.
- 3) 日本建設機械施工協会：令和2年度版 建設機械等損料表，pp.6-21-6-22，奥村印刷，2020.

(2020. 8. 7 受付)

CONSIDERATION ON SELECTION OF SCALE OF MUDDY WATER TREATMENT FACILITY IN PRE-DESIGN

Kemtaro INOUE, Sho ICHIHARA, Natan KANIE and Yukihiro KAWAHARA

In the previous preliminary design, the maximum amount of planned turbid water per tunnel construction was calculated from past tunnel construction results, and a turbid water treatment facility of a scale capable of treating them was planned. However, in some cases, the amount of turbid water treated in the construction work is smaller than the planned turbid water amount. Depending on the situation, we will consider adding or replacing equipment. In this report, regarding the selection of the size of turbid water treatment equipment, the method of rationally selecting the size of turbid water treatment equipment by arranging the correlation of economic efficiency and workability including equipment replacement according to conditions such as tunnel extension and geological type. We report on one consideration.