

建設工事における最適工法選定に関する一考察

A Study on a Decision of Optimum Construction Method

吉井 良二* 林 英雄**

By Ryoji Yoshii and Hideo Hayashi

This paper is to study a system for making decision of optimum construction method among various practicable alternatives. In this system, to avoid a risk of mis-decision, all the considerable criteria are weighed out in conformity with given situations and scientifically examined according to a pre-determined procedure.

"Analytic Hierarchy Process" developed by T.L.Saaty was employed for decision-making technique in this system.

1. まえがき

建設工事における工法選定の問題は工事の計画時、施工中、工事完了後の保守管理、解体の時点まで常に発生する重要な課題である。工法選定における最適工法の問題を取り扱う場合、出来る限り工事の計画時点からメンテナンス、解体までを、構造物のライフサイクルと考えるべきである。又、常に工事地域の状況や工事条件の変化、予測と実績との差異が認められた場合、検討結果によってはタイムリーに変更案が用意されなければならない。従来か

ら工法選定を行なう場合、工事の必要条件を満足し、必要な機能を満たす実行可能な工法の中から、相対的に安全性、施工性、施工能力、品質、経済性、公害の有無、等について技術者の経験と広い視野から、最適案を選定するという高度な決断によってなされてきた。

従来の方法はそれなりに立派な選定方法であるが、本論文の目的は工法決定の主要因とステップを網羅した項目を体系的に判定し、安心して種々の実行可能な工法の中から最適工法を決定することである。しかし、今回は工法選定の内、特に地下掘削に伴う地下水に起因する対策工法を問題として、対策工法選定方法に関する考察を行なった。実行可能な代替案の中から最適工法を決定する方法はAHP (Analytic Hierarchy Process 階層分析法) を使用した。

2. 問題点

* 正会員 フジタ工業株式会社 土木本部
工事統括部 部長
**正会員 フジタ工業株式会社 土木本部
工事統括部 技師長

(〒 151 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-6-15)

従来から工法選定の標準的な方法は見当たらず、代替案を消去法や定性的な重み付けによる方法、等、技術者の勘やフィーリングによって、工法選定が行なわれてきたと言っても過言ではない。こうした選定方法は永年にわたって実績を重ねて、多くの成功を取めた良い方法の一つである。しかし、次の問題点を挙げる事が出来る。

(a) 決定者のおかれた立場、状況、等によって評価基準が異なるが、評価基準が定量的に不明確である。

(b) 各個人の評価基準に対する定量的差異が不明瞭である。

(c) 複雑で、評価基準が多い場合、選定の順位付けが難しく、且つ、最適工法と次善工法との相対的な優位性が不明確である、等。

一方、理想的に最適工法が選定されたとしても、設定された条件の変化、現象の予測と実際の現象との相異、社会環境の変化、等に伴って、計画、実施の修正、変更が必要となった場合、スムーズに代替案を準備しその時点で考え得る最適工法の決定が必要である。上記の問題点を踏まえて、最適工法の決定という非常に重要で難しい課題を少しでも科学的に解決し、定量的に体系化する為の一助として、次に最適工法の選定に関する考察を行なう。

3. 最適工法の選定

(1) 最適工法

最適工法の選定の問題を取り扱うに当たって、工事計画を行なうとき、当初計画を実施するのに必要な工法選定を行なう場合と、工事中、又は、維持管理の途上で、有害な現象が発生、又は、予測された時点で、対策工法として工法選定を行なう場合とが考えられる。本論文では特に後者の場合を対象として取り扱う。建設工事における最適工法の選定は工事の計画時、施工時、維持管理、補修、解体時までを出来る限り構造物のライフサイクルとして考えて、最適工法は構造物のライフサイクルのある時点で、自然を、或は、構造物を放置、又は、積極的に自然のバランスを崩す行為をしたとき、その時点で判明している諸条件や諸現象を基に、その現象による構造物への影響と、その程度を予測する。その結果、

表-1 地下水に起因する有害な現象

地下水のバランスを崩す行為	主な有害現象
1. 地下掘削	クイックサンド現象 ヒービング現象（被圧水のアップリフト） 過大水圧 湧水 トラフィカビリティーの不足
2. 切盛土工	（盛土） 盛土内の地下水位上昇によるすべり崩壊（表面水浸透、基盤部の湧水、被圧水等） 基礎地盤の支持力不足 構造物の支持力不足（路盤、建物） トラフィカビリティー不足 地盤の沈下（時間） 地盤の沈下（残留） 法面洗掘 周辺地盤の変形 凍上 （切土） 地下水に起因する法面崩壊 湧水による法面のガリー浸食 法面防護工裏面の湧水による浸食 トラフィカビリティー不足 構造物基礎（路盤、建物等）の支持力不足 凍上
3. トンネル掘削	湧水 クイックサンド現象 水圧による切羽崩壊 被圧による不透水層の破壊 地下水源の枯渇
4. 連続地中壁築造	水圧による泥水壁の崩壊
5. 地下水の遮断	遮断壁からの漏水 地下水位低下
6. 地下構造物の構築	漏水 構造物の浮揚 過大な水圧
7. その他	

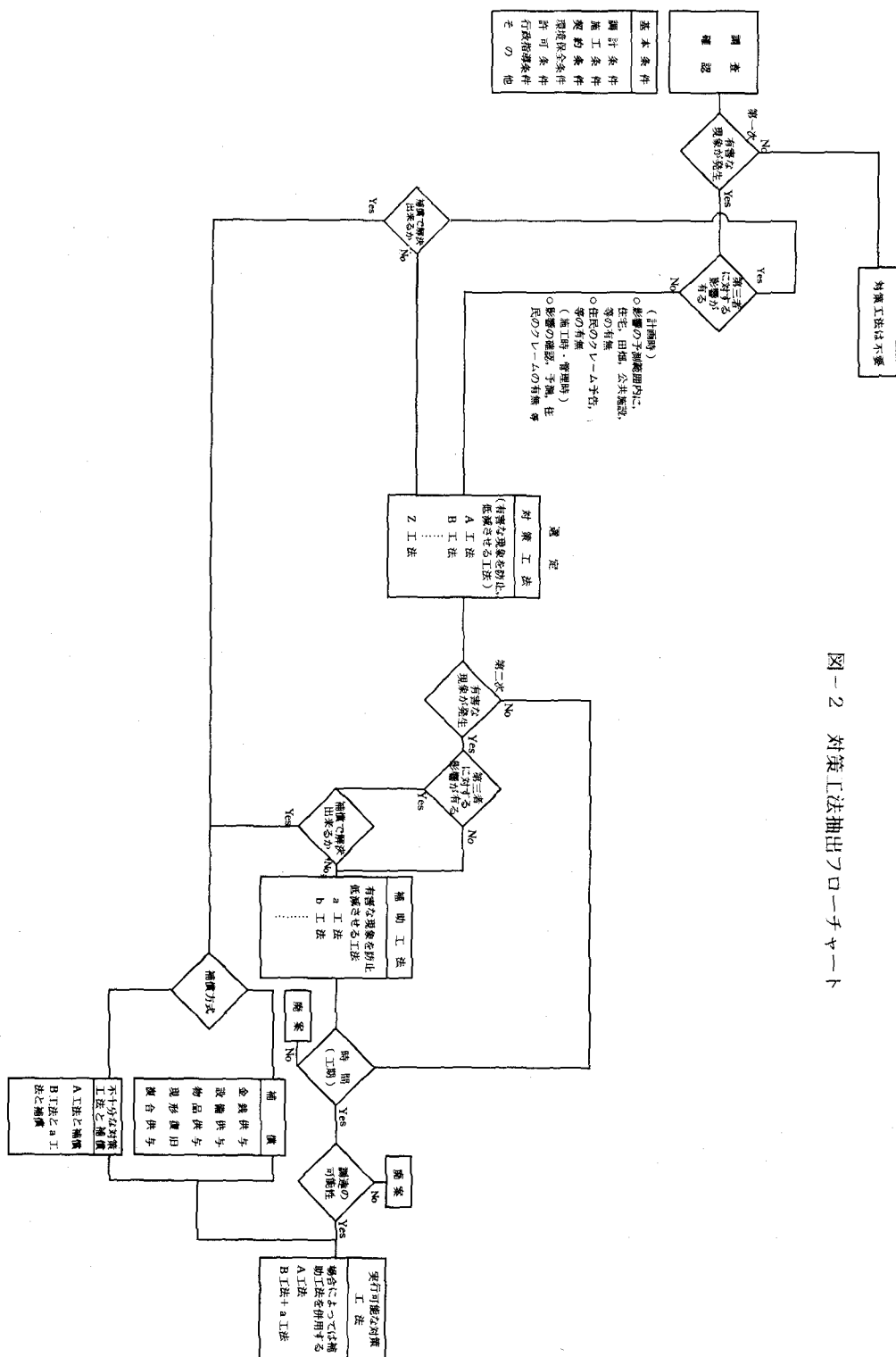


図-2 対策工法抽出フローチャート

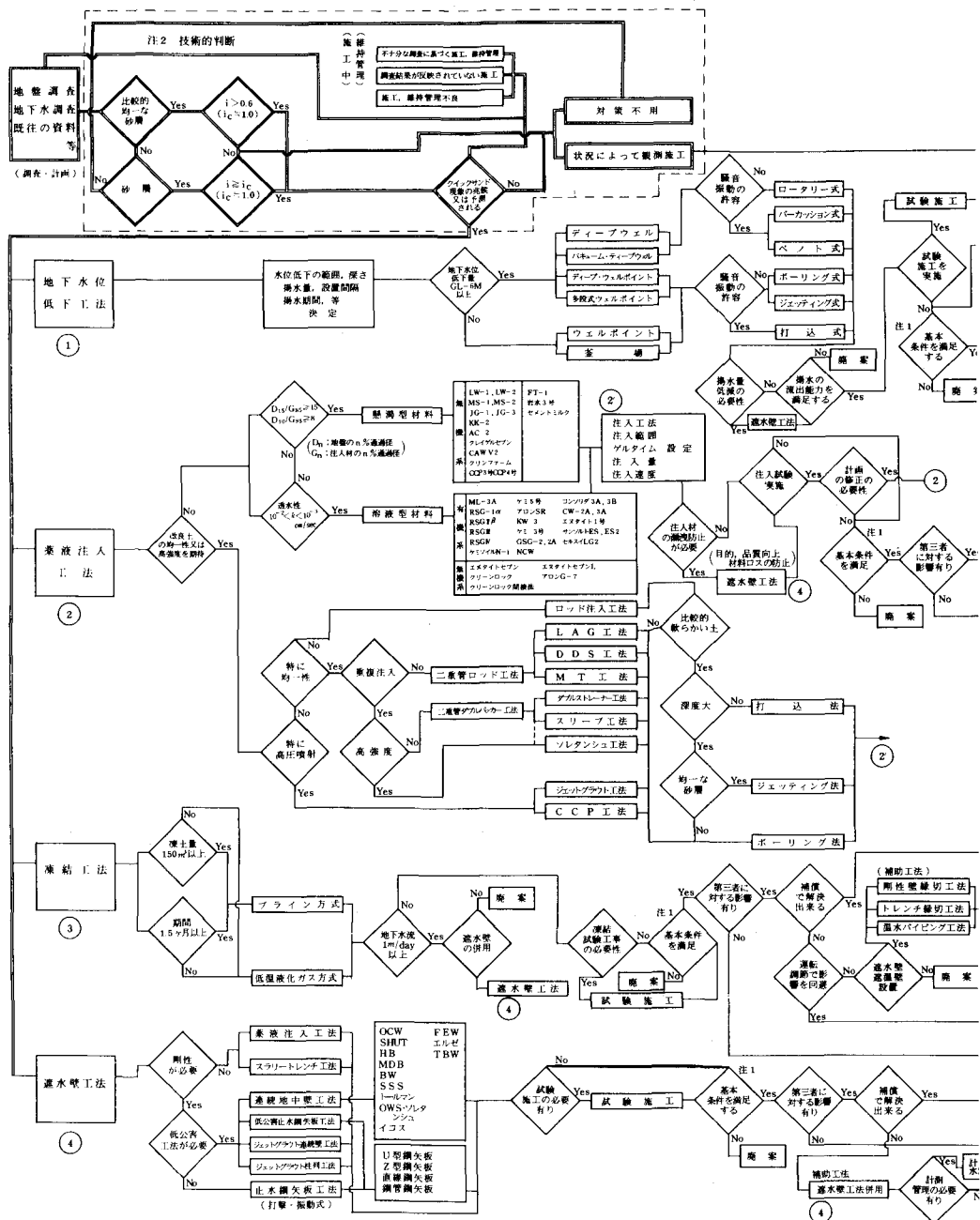


図-3 最適工法選択システム

〔1-1地下掘削の内“クイックサンド現象”対策工法〕

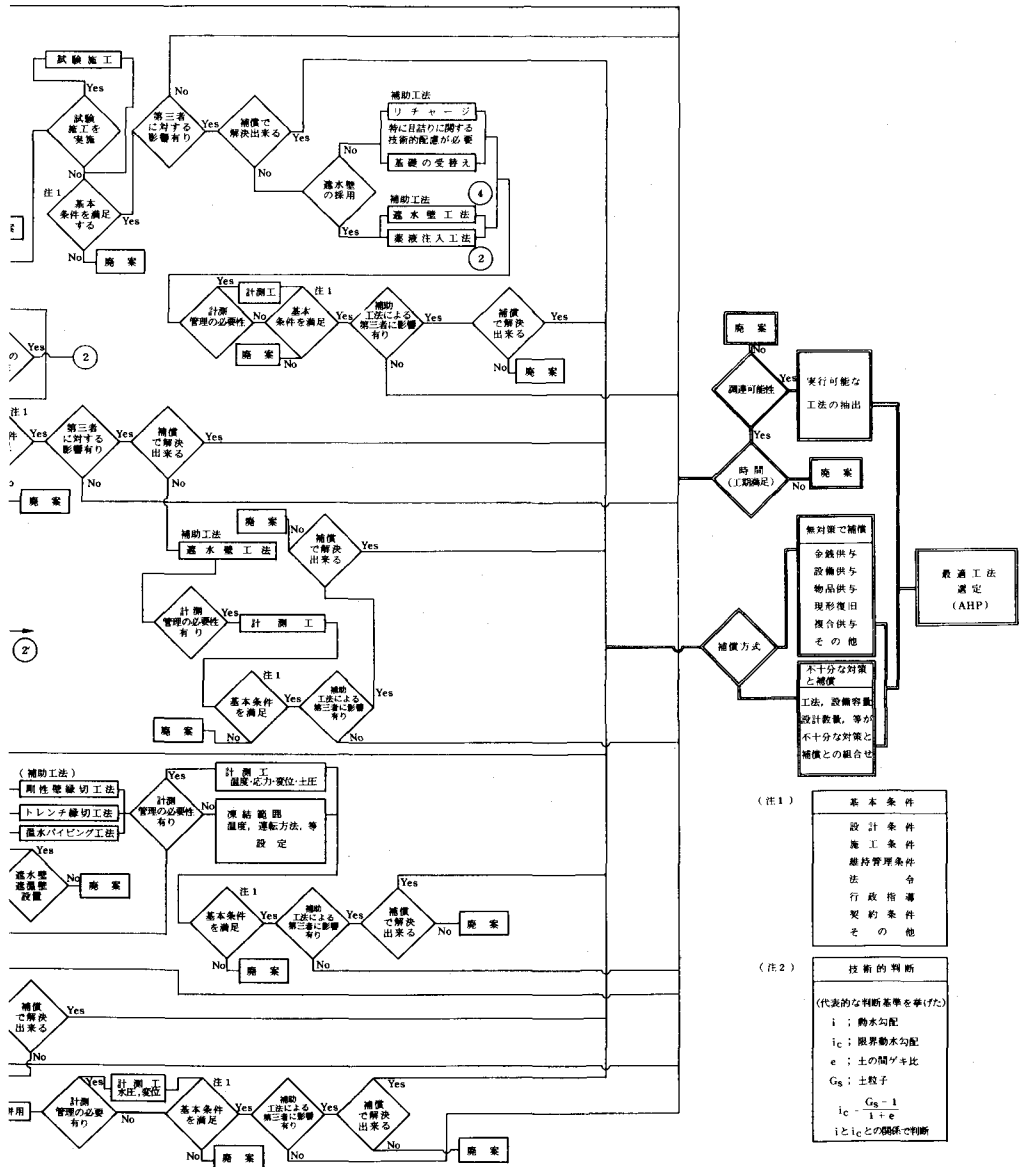
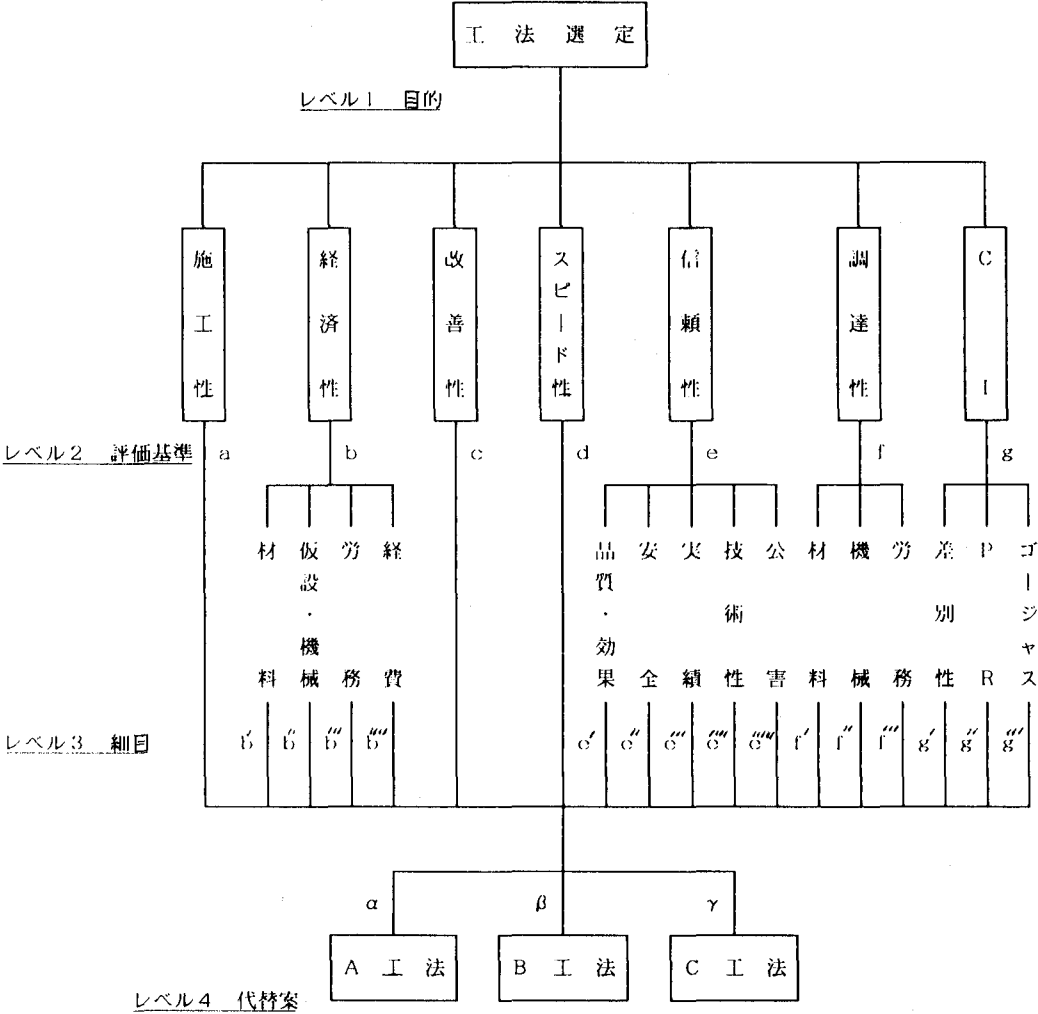


図-4 階層図



A ケース：工程的にクリティカルの場合
B ケース：工程的にクリティカルでない場合

表－２．評価基準一覧表

要 因	内 容	要 因	内 容
施 工 性	施工時の占用面積、空間の大小、機械のトラフィカビリティや方向転換、又、運搬移動の難易、地盤、地下水、等に対する適合性や変化に対する適用性	改 善 性	従来工法の中からのみ、工法を選択するのではなく、新工法や、何らかの改善を行ない新規性を発揮すること。
信 頼 性	品質、効果、安全、技術、公害、等に関する信頼性	ス ピ ード 性	施工のスピードであり、機械の能力、機械の組合せ効率、組立解体の容易さ、保守点検の容易さに起因する施工の早さと故障の頻度によって影響される事項である。 特に、工程上、クリティカルの場合、工程に与える影響と、それに付随する経費への影響があるので、工程的にクリティカルな状態か否かのケースで、要因のウエイト付けを変えられるようにした。
1. 品質 （効果）	強度、変形、耐久性、等に関する品質や止水、沈下、早強、等に関する効果の程度	調 達 性	資材、機械の調達や労務、オペレータの募集の難易、又、妥当な価格での調達の可能性や季節的な供給事情の安定性など。
2. 安全	機械、設備による事故に対する安全性と爆発や人に対する衛生上の安全性	C 1	ステータス・シンボルの誇示、等、企業イメージの向上、維持に関する事項であり差別性、PR、ゴージャスに関することである。
3. 実績	施工の実績数や成功例の数、又、工事経験を通じて、機械、設備、施工方法を改善した実績	1. 差別性	形、設計思想、手造り、等、独自のカラー表現することによって、独自性を出すこと
4. 技術	工法の技術的裏付けや施工管理技術	2. PR	広告や宣伝に関する事項
5. 公害対策	法規、条例、等に定められた対応は当然行なうが、より以上の公害防止対策	3. ゴージャス	製品、機械、設備、メンテナンス、等に豪華性を示して、付加価値を高めて、顧客を満足させ、又、企業も社会からの評価を得ようとすること。
経 済 性	イニシャルコスト、ランニングコストを含めた経済性であり、経費を考慮したトータルコストの低減と利益		
1. 材料	材料の施工上の損失や購入価格、運搬に関する経済性		
2. 労務	特に所要人員に対する省力化による経済性や労務賃金、作業能率に関連する経済性		
3. 機械	機械損料、作業効率や運転経費に関する経済性		
4. 経費	共通仮設費や現場管理費に関する経済性		

予測、又は、現地で確認された現象を設計条件、法令、等の基本条件の許容値まで影響を軽減又は防止するに必要な実行可能な対策を講じる為に、現実採用可能な工法を抽出し、その中から将来の構造物のライフサイクルを踏まえて、その時点で最適と判断される工法を最適工法とする。

実行可能な工法の代替案の中から最適工法の選定をする場合、与えられた条件が不確定であったり、変化しやすい要素を経験に基づいて、技術者が主観的に判断しなければならないことも多い。このような状況を配慮して、不確定要素を含む問題での意志決定法として、ゲーム感覚による意志決定法の一つであるAHPを使用した。

(2) 最適工法選定の方法

最適工法の選定を行なう場合、図-1に示すようなフローが考えられる。

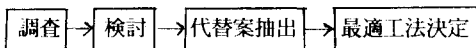


図-1 最適工法選定フロー

図-2は調査から実行可能な対策工法（代替案）の抽出までのフローチャートである。調査による予測、又は、現場での実際の現象が、基本条件（設計、施工、契約、環境保全、許可、行政指導、等の条件）に鑑みて許容されない有害な現象が発生するか否かを第一に判断する。その結果、必要であれば基本条件を満足させる対策工に伴う対策工法を選定し、その工法が、時間、調達条件を満足すれば実行可能な対策工法とする。

このとき、対策工法を採用することによって、第二次の有害な現象が発生するかを検討し、必要に応じて補助工法を併用する。第三者に与える影響に対する対策として補償も含めて代替案とする。ここで、地下水に起因する有害な現象を表-1に示す。一例として、表中の地下掘削のクイックサンド現象に関する実行可能な対策工法の選択システムを図-3に示す。

既知条件、又は、想定する条件下において、既往の資料、地盤調査、地下水調査、等の結果から、技術的にクイックサンド現象が発生するかどうかの判

断を行なう。一つの判断基準として、動水勾配による判定方法を例に挙げた。対策工法として、地下水位低下工法、薬液注入工法、凍結工法、遮水壁工法を代表的な工法とし、各々の単独工法と、必要に応じて、補助工法として他工法との組合せ、又、補償とを組合せて、実行可能な代替案を抽出する。実行可能な代替案からAHPを用いて最適案を決定する。

AHPは階層図、一対比較、重要度決定、総合的重要度計算、感度分析、最終決定の手順を追って展開される。図-4は工法選定に関する階層図を示す。レベル2の内訳が必要な場合はレベル3を利用する。表-2は階層図の評価基準とその内容を示す。評価基準の重要度を設定する場合、対象工法が工程上、クリティカルであるか否かによって、特に評価基準のスピードに対する重要度が異なると考えられるので、評価基準のウェイト付けは、工程的にクリティカルの場合（Aケース）とそうでない場合（Bケース）に分離して適用する。工法決定階層図の各評価基準のウェイト付けに基づいて、各代替案について評価をし、代替案の優先度 α 、 β 、 γ …を決定する。この場合、特に、ウェイト付けの評価の良し悪しが工法選定の結果の良否を決定付けると考えられる。従って、評価を行なう個人、集団は工事の目的、社会的背景、顧客の要望、等を十分に配慮して、総合的な見地からの判断が望まれると同時に、工事についての理論と実際面に十分に精通した技術者が最適工法の決定に参画することが強く望まれる。

4. おわりに

本論文は建設工事における工法選定に関し、実行可能な代替案を抽出し、その中から最適工法を決定する方法についての考察をした。特に、工事中又は維持管理の途上で、有害な現象が発生するか、又は予測される時点で、対策工法を選定する場合を例にして述べた。今後、利用度の高い工法について同様の研究を進めると同時に、工事計画の当初に実施する工法選定に関しても検討を加えて、実際に本論文で考察した最適工法選定の方法を適用した結果については別の機会に報告する予定である。