

II-19 AHPによる地盤改良工法の合理的な選定法

埼玉大学大学院 刀 根 薫
 ○埼 玉 県 関 口 吉 男

1 まえがき

道路や鉄道、建物等を建設する場合、基礎となる地盤が強固であれば沈下や傾き等の変状が現れることはないが、やむを得ず軟弱な地盤上に構築しなければならない場合、変状を防止するため地盤を改良しなければならない。建造物を構築するにあたっては、軟弱地盤を避けることが大切であるが、日本では軟弱地盤が広く分布し、土地の確保やルート状の問題から軟弱地盤上に構築することが多くなっている。

このような背景から、その対策工法の確立が望まれ、多くの機関で検討された結果、種々の条件に適用できるように工法の開発が行われてきている¹⁾。その工法は、目的・条件に応じて多種多様なものとなっている。軟弱地盤を克服し変状の少ない建造物を完成させるためには、地盤改良工法選定の適否が最重要となっている。地盤改良工法は、変状防止という目的をより確実に・簡便に・迷惑をかけずに・安価に実施できるものが最善と考えられる。そして、地盤改良工法の選定は、それらの諸条件に関する適否を経験豊かな技術者が経験と文献などを基に判断し選定する方法で行われている²⁾。

そこで、この地盤改良工法の選定をより合理的に・迅速に意思決定を行うため、オペレーションズ・リサーチの1つであるAHP (Analytic Hierarchy Process=階層分析法) の手法を用いた地盤改良工法選定システム (以後、地盤改良選定システムと呼ぶ) の概念を提案する。

2 AHPとは³⁾

AHPはT. L. Saaty (サーティ) によって開発された分析手法であり、階層化と統合化の2つのプロセスが重要な働きをし、人間の意思決定のメカニズムに直接切り込んだ方法である。

また、その数学的な理論の特徴は「評価項目 (判断基準) 間の重要度 (ウェイト) を主に比率尺度によって評価するものであり、比率尺度による一対比較などにより評価項目間の重要度を決定し、最終的な選定の対象となる複数個の代替案を1つに絞り込む (ウェイトにより順位をつける)」ものである。

このAHPを用いることによって、要素が複雑に絡み合った意思決定問題について、多様な要素をバランス良く取り込み簡便に意思決定することが可能となる。

3 地盤改良工法選定の現状と重要性

地盤改良工法は、多額の費用を要し失敗すればただ地中にお金を流してしまったことになり、その工法選定は慎重に進められなければならない。また、施工中に事前調査では判明しなかった軟弱地盤層や地盤の変化が突如出現することもあり、迅速な対応も求められる。このような状況下で、多くの改良工法から間違いなく的確な方法を選択することは、多くの現場経験とその成功・失敗の履歴の中から土質技術者が会得した技術者の頭の中に構築された「総合的評価システム」に頼らなければならない。

総合評価は、改良目的・地盤条件・構造物条件・設計施工条件・環境条件に大別される多くの項目を相互評価して1つないし複数個の候補に絞り、施工箇所の置かれている現状や施工の制約を最終チェックして行われ、最善の工法が決められている。

そこで、このような評価項目の要素が複雑に絡み合った地盤改良工法の選定方法において、熟練な技術者のノウハウを取り込んだ「簡易で合理的な選定方法」を構築することが必要となる。

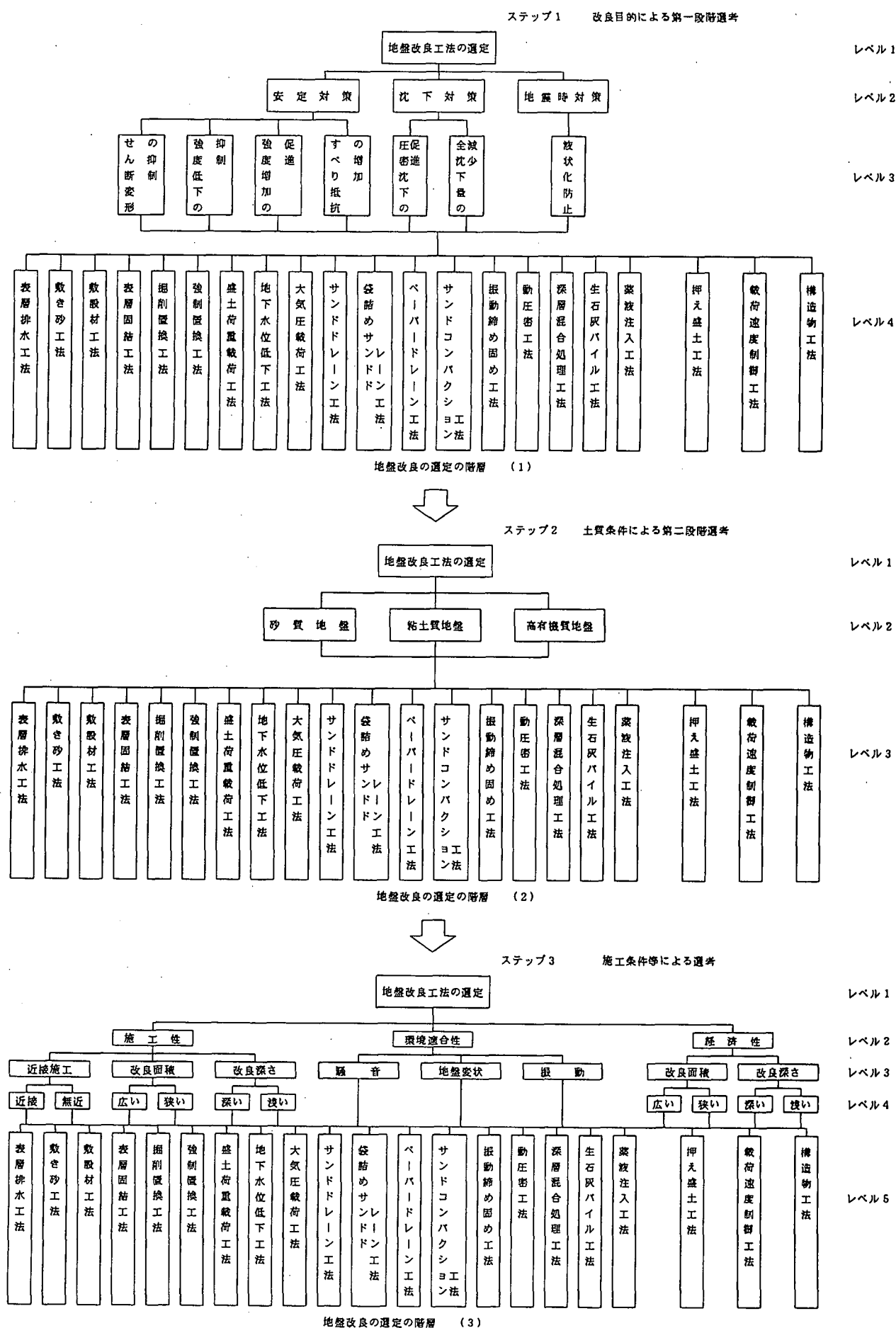


図-1 地盤改良の選定階層図

4 地盤改良選定システムの概要

地盤改良工法選定は、目的・地盤条件・構造物条件を所与のものとして、技術者の判断基準となる「信頼性（効果）」・「施工性」・「環境適合性」・「経済性」等を総合的に評価して決められることになる。

そこで、技術者が、工法選定過程において頭のなかで思考・評価していると思われるシステムについて、簡潔に①工法決定過程を各階層の基準項目による構造化、②各階層における基準項目間の対比較、③各基準項目ウェイトの決定、④工法選定結果となるウェイトの総合化を行い、工法を決定するという合理的な選定を試みるものである。選定における施工法の分類は、住宅・都市整備公団の区分⁴⁾によった。

今回提案する方法では、まず、所与の条件である「目的」と「土質」に関して地盤改良工法選定のステップ1、ステップ2においてそれぞれ工法（ n 種）毎の地盤改良工法の重要度（ $P_{1,n}$ 、 $P_{2,n}$ ）を求める。そのときのAHP階層図は図-1の(1)、(2)に示すとおりである。

次にステップ3として、施工における重要な判断基準となる評価項目による関する地盤改良工法の重要度（ $P_{3,n}$ ）を求める。そのAHPの階層図は図-1の(3)に示すとおりである。

この3段階のAHPを行うことによりそれぞれの地盤改良工法（ n 種）の重要度 $P_{1,n}$ $P_{2,n}$ $P_{3,n}$ が求められ、その重要度を基に最終的な工法の順位選定が図-2に示す過程を経て行われる。

よって、目的と土質条件に適合し且つ施工の考え方に応じた最適な地盤改良工法を選定することが可能となる。

なお、各ステップのAHPにおけるレベル間の比較は、ステップ1のレベル4、ステップ2及びステップ3のレベル3を除き工法選定時に工法選定を行う者による対比較によって行われ、最終レベル(代替案)の比較は、熟練した専門技術者等によって事前に絶対評価(Absolute Measurement)を基に行われるものである。

5 地盤改良工法選定システムによる選定例

構築した地盤改良工法選定システムを使って以下のような状況の場合について行った選定例を示す。

〔施工箇所の状況〕

- ・改良目的：せん断変形の抑制に主眼をおいた安定対策
- ・土質：高有機質土を含む粘土質土
- ・施工条件：近接施工で地盤変状に対する環境適合性を重視しすべき、改良面積が狭く深さの深い状況

このような条件について、各選定ステップの図-3に示した各レベルにおける対比較を行い選定を行うと表-1に示すような選定結果が得られた。これを、図-2に示した流れに沿って最終結果を求めると、表-1のステップ3の欄における反転文字示されているものが上位にランクされた施工法である。その順位は以下のとおりである。

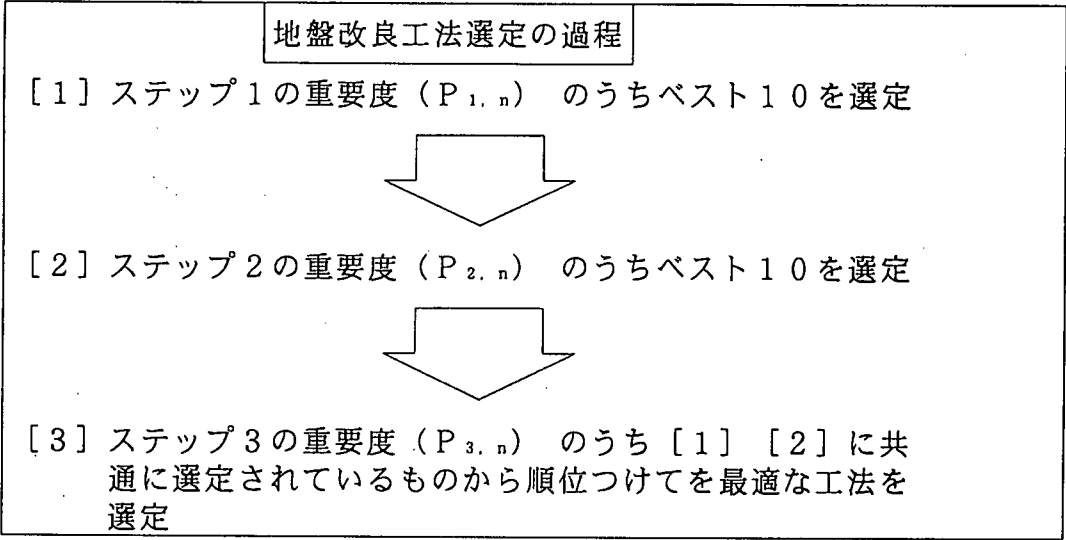
- | | | |
|--------------|------------|------------|
| 1 位 深層混合処理工法 | 2 位 敷き砂工法 | 3 位 表面排水工法 |
| 4 位 載荷速度制御工法 | 5 位 敷き設材工法 | |

なお、今回の選定における各ステップの最終レベル（施工法）の評価は著者が行ったものである。

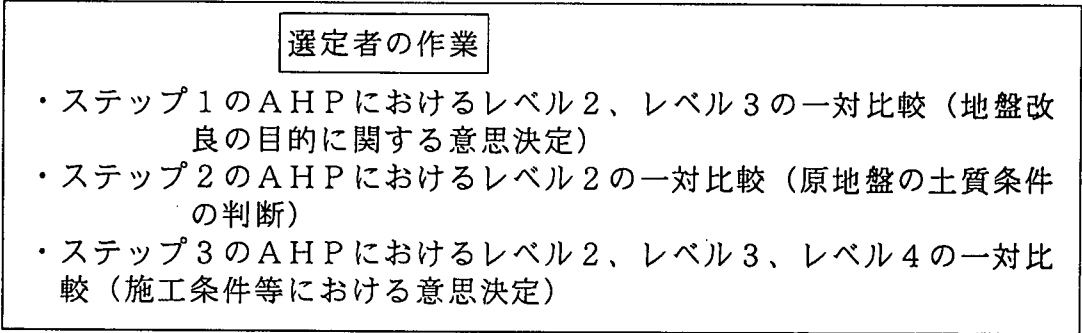
6 あとがき

今回提案の選定法は、「諸条件を総合的に熟練した技術者が検討して適切な工法を選ぶ」という従来型の方法に比べて、AHPにおける階層化・統合化の過程によって「適切な工法を合理的に数量化し優位性を示す」ものであり、老練な技術者の判断力を数量化して利用することにより、若い技術者の判断の手助けとなるものである。

なお、このシステムは、各ステップにおける最終レベルの評価において複数の熟練した専門家の評価値を用いることにより精緻化を図ることができる。また、AHPの階層図の修正によっても一層実用的なものとなる。



図－2 地盤改良工法選定システムのご概念



図－3 選定作業時の選定者の作業

表－1 選 定 結 果 (重要度：ウェイト)

	ステップ1 重要度	ステップ2 重要度	ステップ3 重要度	合 計
1 表層排水工法	0.0503	0.0555	0.0655	0.1713
2 敷き砂工法	0.0617	0.0555	0.0663	0.1835
3 敷設材工法	0.0640	0.0645	0.0606	0.1891
4 表層固結工法	0.0543	0.0520	0.0577	0.1640
5 掘削置換工法	0.0461	0.0690	0.0512	0.1663
6 強制置換工法	0.0395	0.0645	0.0226	0.1266
7 盛土荷重載荷工法	0.0335	0.0645	0.0467	0.1447
8 地下水位低下工法	0.0524	0.0540	0.0350	0.1414
9 大気圧載荷工法	0.0524	0.0495	0.0361	0.1381
10 サンドドレーン工法	0.0385	0.0495	0.0277	0.1157
11 袋詰めサンドドレーン工法	0.0385	0.0495	0.0347	0.1228
12 ベーバードレーン工法	0.0385	0.0375	0.0316	0.1076
13 サンドコンパクション工法	0.0451	0.0623	0.0333	0.1407
14 振動締め固め工法	0.0421	0.0131	0.0354	0.0906
15 動圧密工法	0.0421	0.0131	0.0149	0.0701
16 深層混合処理工法	0.0539	0.0565	0.0740	0.1845
17 生石灰パイル工法	0.0545	0.0375	0.0535	0.1455
18 薬液注入工法	0.0422	0.0324	0.0749	0.1495
19 押さえ盛土工法	0.0369	0.0555	0.0390	0.1314
20 載荷速度制御工法	0.0539	0.0555	0.0628	0.1722
21 構造物工法	0.0596	0.0086	0.0764	0.1445
合 計	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000

[参考文献]

1) 日本道路協会（編）『道路土工－軟弱地盤対策工指針』丸善、1986年

2) 宅地防災研究会（編）『宅地防災マニュアル』ぎょうせい、1989年

3) 刀根薫『ゲーム感覚意思決定法－AHP入門－』日科技連、1993年

4) 住宅・都市整備公団『軟弱地盤技術指針（案）』1985年