

土木学会 建設技術委員会 地下構造物研究小委員会

特殊条件下での地下構造物の技術調査
地下構造物と地下水環境および近接施工のアンケート結果

2003年11月

--- 目次 ---

1 . はじめに	-----	P 1
2 . 地下構造物と地下水環境	-----	P 2
3 . 近接施工	-----	P 12
4 . おわりに	-----	P 29
付録 . アンケートシート	-----	P 30

1. はじめに

本書は2003年2月に、土木学会建設技術委員会地下構造物研究小委員会が実施致しました「地下構造物と地下水環境および近接施工に関するアンケート」に対して、ご協力を頂いた各機関会社のご回答を集計し、結果をまとめたものです。

ご協力をお願い申し上げた折にも記しましたとおり、このような特殊条件に対する現場の苦勞や工夫が、今回のアンケートを通してひとつの形としてまとめられたことだけでも非常に有意義なことと認識できました。これもひとえにご協力を賜りました関係各位のご厚意によるものと、深く感謝の意を表すところです。

今回のアンケートの結果は皆様方が蓄積されたノウハウや経験、さらには実績の貴重な公開資料であり、我々建設業界に携わる者にとって何ものにも代え難い財産に値するものです。

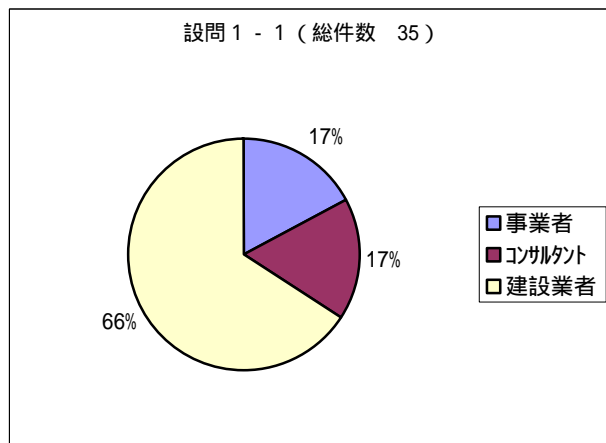
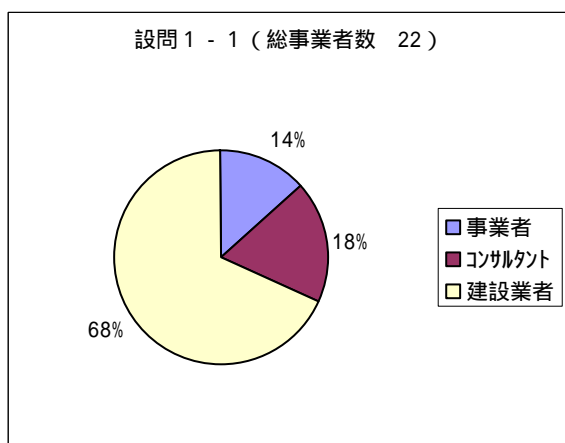
小委員会では今回の結果に基づき、以下に記す分析を進め、稚拙ながら報告書を作成致しました。この報告書がご協力頂きました皆様方にとっても、僅かでも価値ある資料のひとつとしてご活用頂けることを祈念し、巻頭言と致します。

2章 地下構造物と地下水環境

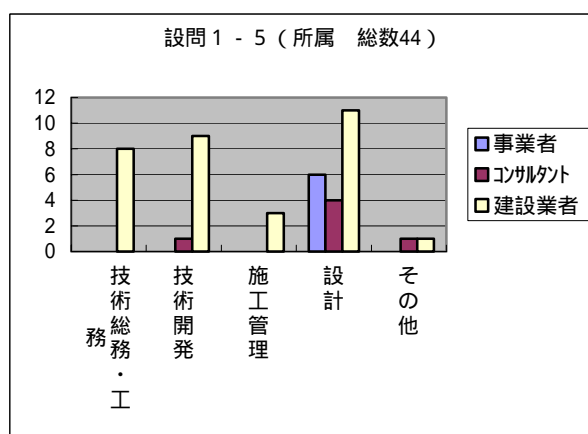
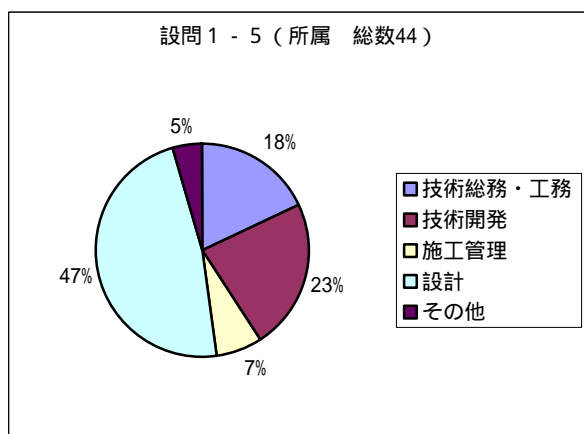
1. アンケート回答数と分類

アンケートの回答団体数は全体で 22 団体であり、その内訳は事業者 3 団体、コンサルタント 4 団体、建設業者 15 団体である。

回答件数の総数は 35 件であり、その内訳は事業者 6 件、コンサルタント 6 件、建設業者 23 件である



アンケート回答者の総数は 44 人 (複数回答) であり、その職種は設計技術者が 21 人と約半数を占めており、次いで技術開発関係者の 10 人である。



2. 地下水変動に伴う課題について

地下水変動に伴う課題についての質問は、以下の 6 項目以外に何があるかを質問した。

水位上昇による構造物の浮き上がり

水位上昇による液状化強度の低下

水位低下による地盤の陥没

水位低下による構造物の沈下

水位低下による樹木の立ち枯れ

水位低下による井戸や湧水の枯渇

その結果、以下の項目が挙げられた。

水位上昇・低下による地盤・構造物の不安定化（斜面の安定性、水圧・土圧の増減による応力度、地下室への漏水）

水位上昇・低下による地盤の性状変化（圧密促進、盤ぶくれなど）

水位上昇・低下による水質の変化（汚染地下水の再移動、流動阻害）

水位上昇による汚染物質の浸出、拡散

3. 地下水環境が変化する原因について

地下水環境が変化する原因についての質問は、以下の 2 項目以外に何があるかを質問した。

新規構造物の施工による地下水流動の阻害

開削構造物施工時に地下水低下工法を採用したことによる影響

その結果、以下の項目が挙げられた。

地下構造物内への漏水による水位低下

整備、価値観の変化による地下水利用の促進あるいは低減

表面水位の変動や表面からの地下水供給量の変化

大雨による水位の上昇

リチャージウエルによる水位上昇

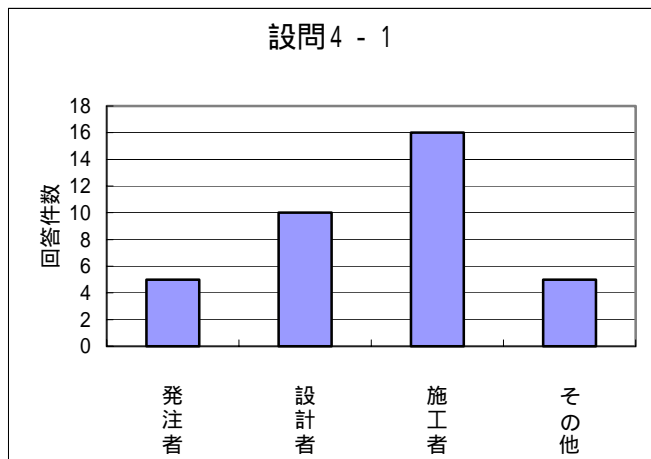
地球温暖化による潮位の上昇

地盤改良や土留め壁による地下水流動の阻害

連壁、シールドなどの施工時のベントナイト、セメント、薬液などの水質汚濁

4. 取り扱った事例について

4-1 その事例における立場



アンケートの全体回答数 36 件、回答者数は 32 人である。

「その他」と回答されたものは以下の通りである。

地下水保全に関する研究委員会に属し、種々の検討および事例を収集（建設業者）

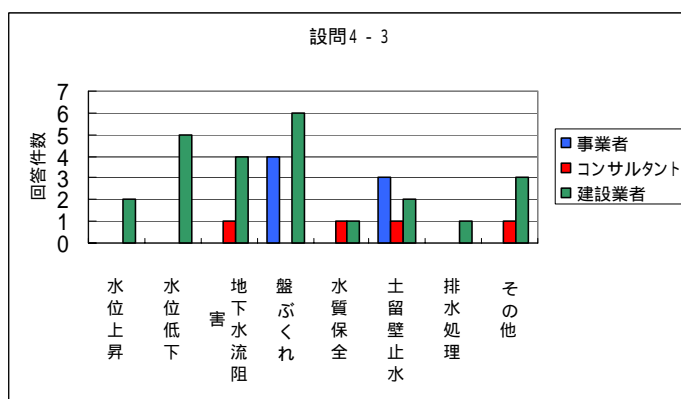
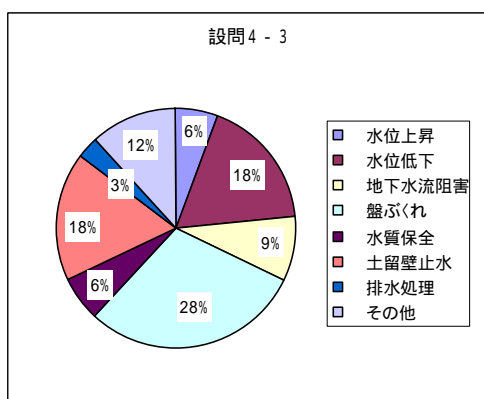
技術研究所でのコンサルタント（建設業者）

施工者兼設計者（建設業者）

設備を管理する会社における研究者（事業者）

水理地質調査社（コンサルタント）

4-2 取り扱ったことのある対策工の事例での問題点



アンケートの全体回答数は 35 件、回答者数は 30 人である。

「盤ぶくれ」と「土留壁の止水」に関する問題点が最も多く、全回答数の 50%がこの課題

を挙げている。地下構造物の構築が「地下水流動の阻害」になった事例は全体で 10%を占めた。

「その他」の回答の記載例は以下の通りである。

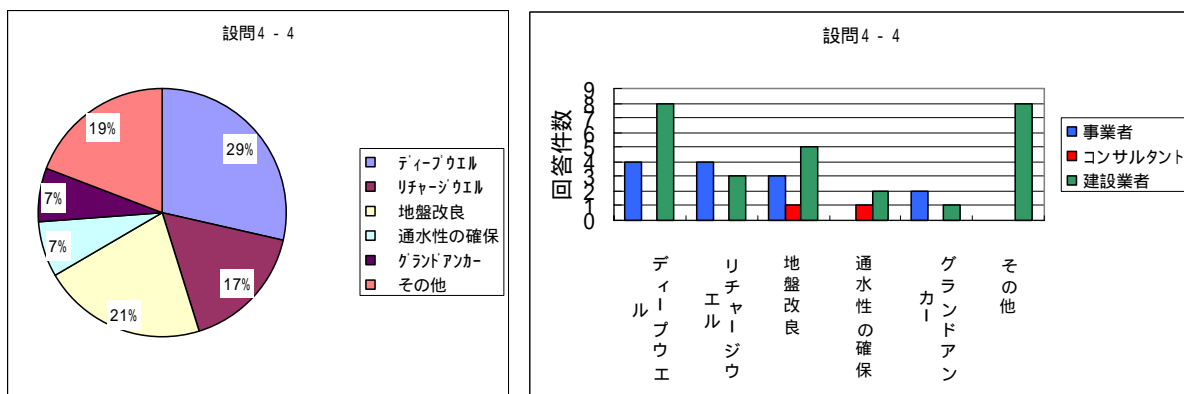
高圧鉄塔の変位が発生（管理値以上）した。

ボックスカルバートの基礎地盤が液状化による構造物の浮き上がりの可能性があった。

排水路を接続する既設護岸に、事前に設置されていた遮水壁下端からのボイリングとそれに伴う施工場所の水没

交差物件である切回し用水路を山留め壁を貫いて計画する必要があったことから、仮設工事時に薬注を行って湧水対策を行う計画とした。

4-3 取り扱った対策工（全体回答数：42 回答者数：30）



アンケートの全体回答数は 42 件、回答者数は 30 人である。

対象事例の問題点の約半数が盤ぶくれなどの被圧地下水対策と土留壁の止水対策であったため、その対策工もディープウエルなどによる地下水位低下工法が 29%、地盤改良が 21% となり、両方で過半数を占めた。地下水流動阻害の対策として何らかの方法で通水性の確保を行った事例が 7%であった。

「その他」で記載された内容は以下の通りである。

施工時（立坑掘削・推進）に井戸の低下が予想され、その範囲を対象に緊急用に井戸を新設して井戸の湧水に対応したが井戸の水位低下はなく工事は完了した。（施工範囲内に一部水道がない家屋が含まれていた。）

切梁・腹起の段数を増やし支保工の補強。

土留め壁の止水性確保

道路一杯に工事を行ったため、リチャージでの対応が困難であった。地下水位低下の影響を最小限とするために、非地下水位低下工法（釜場排水）で、迅速な掘削 構築 埋戻しを実施した。

薬液注入による止水工事・代替水源からの給水工事等

未対策。示談交渉。施工前の調査が行われなく、本当に施工によって影響が出たかどうか不明であったため。

周辺地盤への影響防止のために、鋼矢板を残置する予定だったが、地下水流を確保するために部分的に引き抜きを行った。(構造物本体については特に検討せず)

遮水性土留めの追加設置・撤去

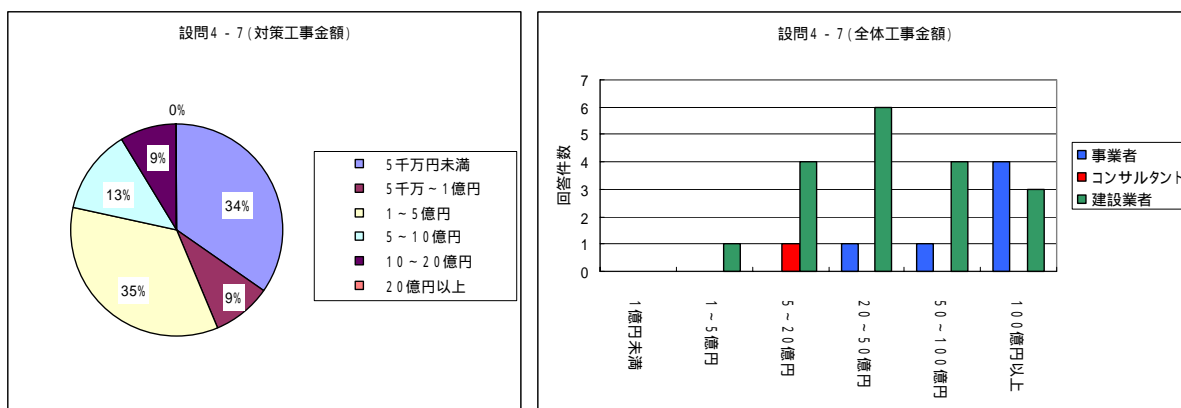
浮き上がり防止対策として、場所打杭案(引抜抵抗)も考慮して比較検討を実施した。

井戸枯れが生じた各戸毎に井戸のポンプの容量を大きくするなどの対策をとった。

盛土下部のレキ置換工

構造物の浮き上がりに対しては、グラウトアンカーにて対策を行いました。また、鋼製セメントを圧入する際に使用する潤滑材については、環境汚染対策基準に適合した材料を使用しました。

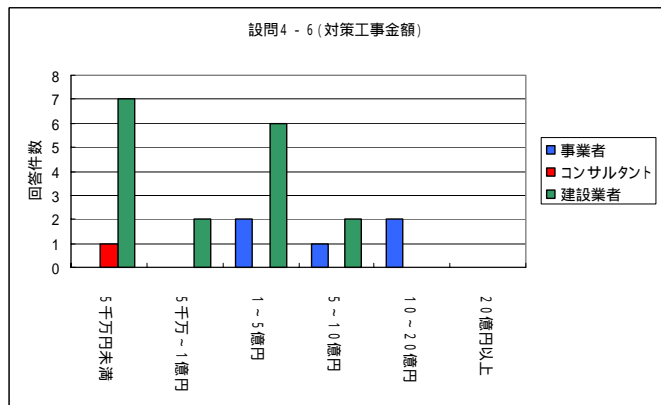
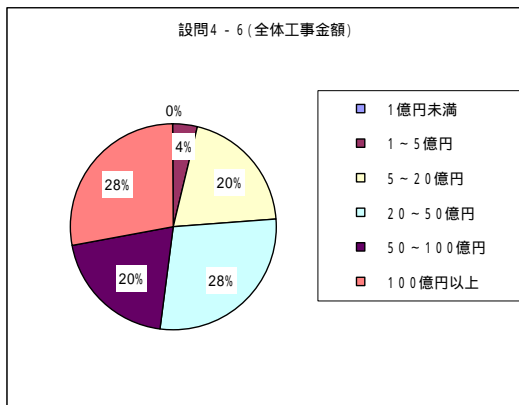
4-4 本工事全体の金額



工事金額の全体回答数は25件、回答者数は22人である。

回答例の工事規模は比較的大きい事例が多く、76%の本体工事金額が20億円以上であった。そのうち28%は100億円以上の事例であるが、半数は発注者側である同一担当者の案件であった。

4-5 対策工事の金額 (全体回答数:26 回答者数:26)

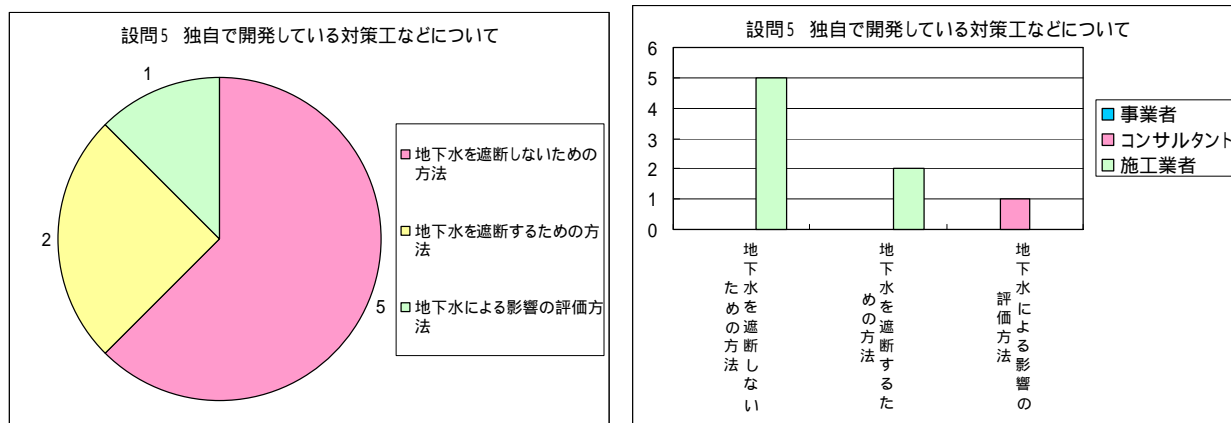


対策工事の金額の全体回答数は 23 件、回答者数は 20 人である。

対策工の工事金額として最も回答数が多かったのは 1～5 億の案件で 35% であり、ついで 5000 万未満の 34% となった。

5. 独自で開発している対策工などについて

この質問に対する回答は 8 件有り、その内訳は下図に示すとおりである。



回答の内容は次の 3 つに大きく分類できる。

- ・ 5-A：構造物を構築することにより、地下水流を遮断してしまうため、何らかの方法で地下水流の復元を行うもの。(5 件)
- ・ 5-B：地下水が構造物の施工に悪影響を及ぼすためそれを遮断するのだが、出来るだけ経済的にしかも環境への影響を最小限にするために開発したもの。(2 件)
- ・ 5-C：水の変動による周辺への影響を事前に察知するために、その評価方法を研究したもの。(1 件)

・ 5-A について

8 件の回答の内、独自に新しい工法を開発しているものが 3 件(内 2 件は同じ工法) すでにある工法を利用して通水するものが 2 件であった。

新しく開発したものの内容は、地中連壁の中に井戸(揚水、復水)を設置することにより省スペース化とコストダウンを図るものがひとつ、もうひとつは、連壁を透水性の物とし、その透水部分を地下水中のバクテリアにより分解される不透水性のシートで覆うことによって、施工時は遮水が確保でき、施工完了時には自然に透水性が復元できるというものであった。

すでにある工法を利用しているものの内容は、一般的によく使用されているディープウェルやリチャージウェルを改良したものと、液状化対策として使用されているグラベルドレーンを地下水遮断壁の上下流に設置し、水平ボーリングで繋げる事によって地下水流を確保してやるというものであった。

・ 5-B について

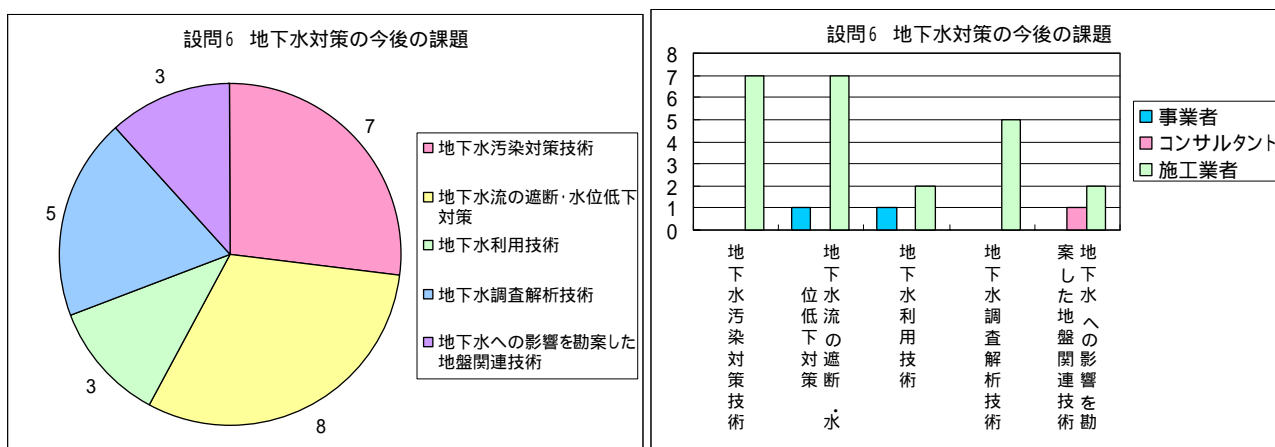
1 件は、実際の施工に際し、不測の出水に対し施工手順等を変更することにより対処した物で、もう 1 件は遮水壁の中にゴムアスファルト系のシートを挿入することによ

り、壁厚が薄く遮水性の高い連壁を作成することが出来、それにより経済性と環境に配慮することが出来るという事例である。

- ・ 5-C について

地下水の変動による周辺への影響を事前に察知するために、遠心模型実験による影響評価手法を提案している。

6. 今後の課題



今後に対する課題として得られた回答は 23 件あり、これらのうち複数の回答があったため、課題の数としては 27 件にのぼった。これらのほぼ全部が今後の技術開発に対する期待であり、この中で具体的な記述のあったものも大まかな解釈としてまとめると、以下のような内容となった。

- ・ 6-A：地下水汚染対策技術（7 件）
- ・ 6-B：地下水流の遮断対策（9 件）
- ・ 6-C：地下水利用技術（3 件）
- ・ 6-D：地下水調査解析技術（5 件）
- ・ 6-E：地下水への影響を勘案した地盤関連技術（3 件）

地下水汚染の対策技術としては、特に具体的な要求性能の記載はなかったが、不均質な地盤の中を浸透する地下水に溶出する汚染物質を何らかの方法で検知し、これを浄化する技術へのニーズが高いことが示された。実際の対策としては観測井等によりこれを検知する方法が一般的ではあるが、実際には局所的な流れに乗って移行する汚染物質を確実に検知することは困難であり、このための技術開発が期待されている。

地下水流の遮断対策は、仮設・本設に関係なく地中に構築される土留壁等により地下水の水流が阻害され、地盤もしくは周辺構造物に対して何らかの影響が及ぶことを防止する目的として、その影響領域の評価の技術や通水性土留壁の通水性能の確保技術、遮水性土留壁の完全な撤去工法（地下水流の完全復元）といった技術が求められている。また、既存の技術としてリチャージウェル等の工法における効率の向上が複数回答された。

また、地下水の有効利用技術へのニーズも高い。これは、工事により揚水された地下水を、地中に復水せずに工事もしくはその他の用途に転用して活用するもので、海岸域等での海水分を含む地下水を淡水化して活用する技術のニーズも提案された。さらには、地下水の水流遮断や水位変動の予測と対策立案のための調査・解析技術への要求も高か

った。

地盤関連の影響への対策提案の例としては、トンネル掘削による地下水への影響対策が要求された。最近都市部で多くなったトンネル掘削は、地下水の流動や水質に大きく影響し、これまで特に止水を中心に対策が講じられてきたトンネル工事においても、今後は地下水の復旧や低下水位復元といった課題が予測される点を指摘している。

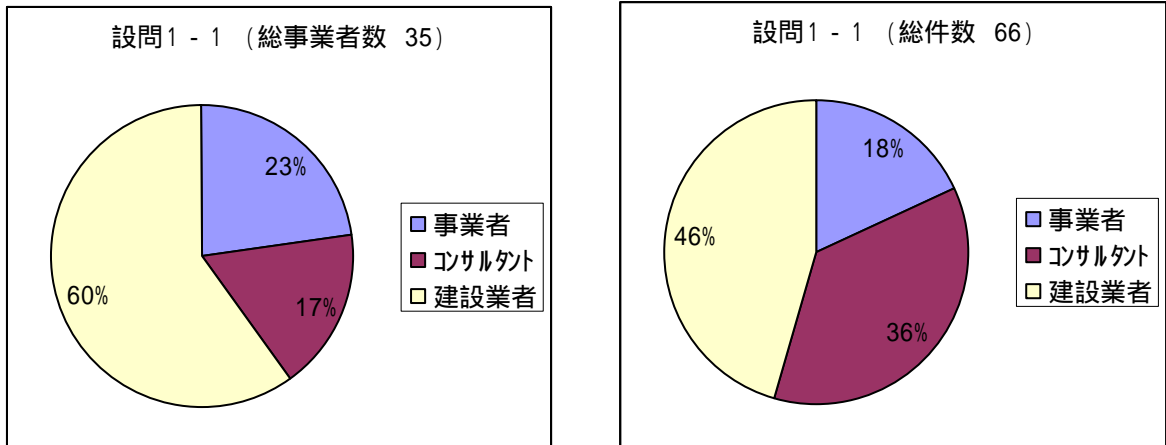
これらの他、唯一実際の工事における対策に基づく指摘として、軟岩地盤での掘削工事における条件設定の困難さを指摘する例があった。これは岩質地山の節理、層理から湧出する地下水が地盤の性状を変化させるはたらきを持つ事実に対して、これを設計段階で把握することの困難さを指摘したもので、実際の現場においては情報化施工による緻密な対策により安全施工を実現した例を紹介している。

3章 近接施工

1. アンケート回答数と分類

近接施工に関するアンケート回答団体は全体で、35 団体であり、その内訳は事業者 8 団体、コンサルタント 6 団体、建設業者 21 団体である。

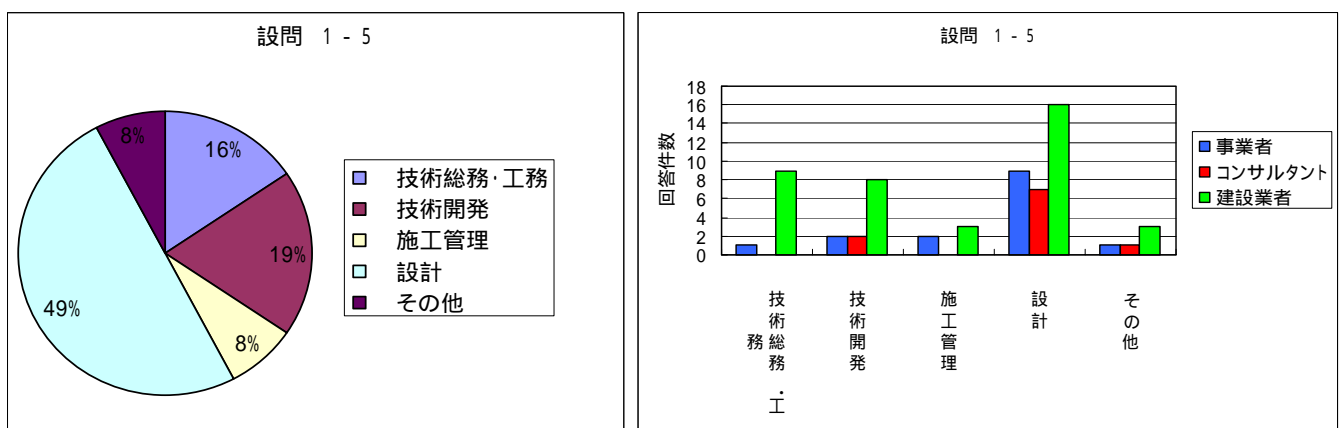
回答件数の総数は 66 件であり、その内訳は事業者 12 件、コンサルタント 24 件、建設業者 30 件である。但し、設問によっては複数回答があるため、各設問における件数は変動する。



アンケート回答者の総数は 45 人であり、現在の職種は設計部門の方が全体の半数を占めている。建設業者においても、設計部門の方が半数近い。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

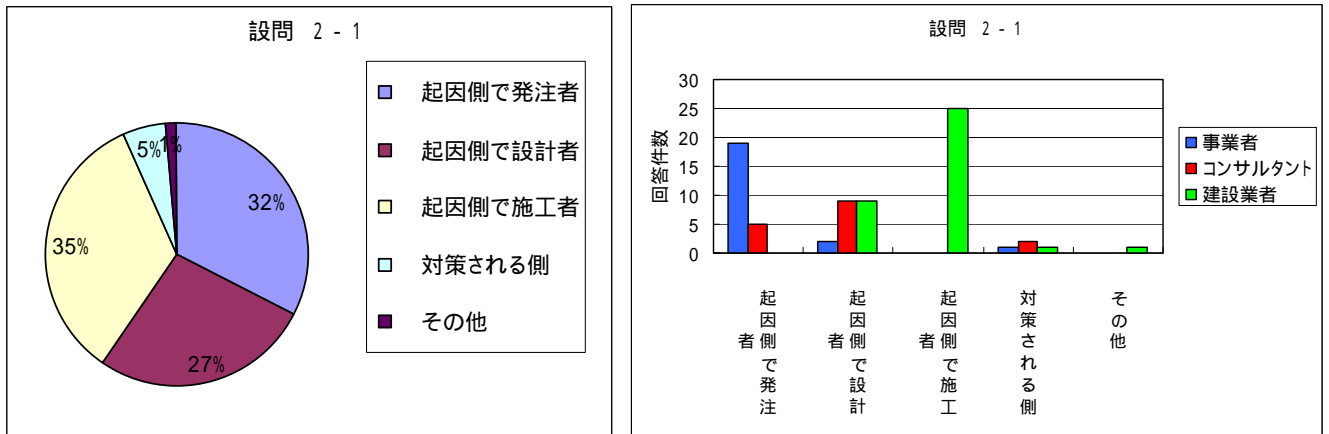
現場支援	-----	1 件
施工計画	-----	1 件
高速道路の保全関係	-----	1 件
とう道(トンネル)設備管理	-----	1 件



注) 設問1-5については、複数の項目を回答した方がおられる。円グラフ、棒グラフには複数回答については、各 1 件として集計している。

2. 取り扱ったことのある近接施工の概要

2 - 1 この事例において、どのような立場でしたか？（複数記入可）（全体回答数：74 回答件数：65）

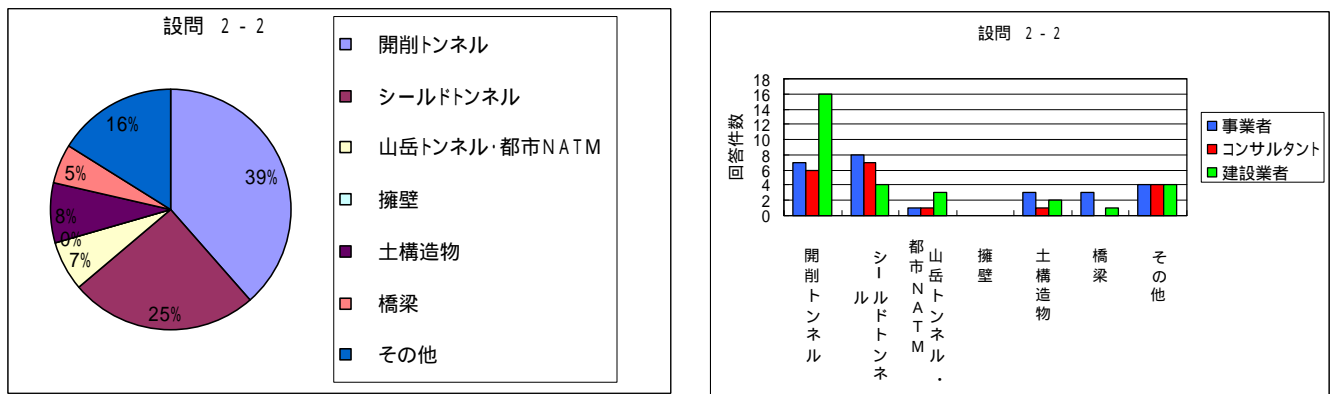


今回のアンケート回答者は、起因側が大部分である。また、起因側として、発注者・設計者・施工者がほぼ同じ割合を占めている。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

起因側で解析担当者 - - - - - 1件

2 - 2 起因となる構造物はどのようなものですか？（複数記入可）（全体回答数：75 回答件数：65）



起因となる構造物は、開削トンネルが最も多く、次がシールドトンネルである。開削トンネルとシールドトンネルで60%以上を占めている。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

建築構造物（商業ビル）

雨水調整地

立坑

地下調整池

シールド工事における到達立坑築造（地中連続壁工法）および開削による洞道の建設

線路に近接して施工をする鉄道高架橋のシートパイル仮土留工

推進工法（鋼製さや管ボーリング方式）発進及び人孔設置に伴う立坑構築（直径3m、深さ約10m）

鋼製ケーシング揺動（回転）建て込み方式により施工

角型鋼管推進

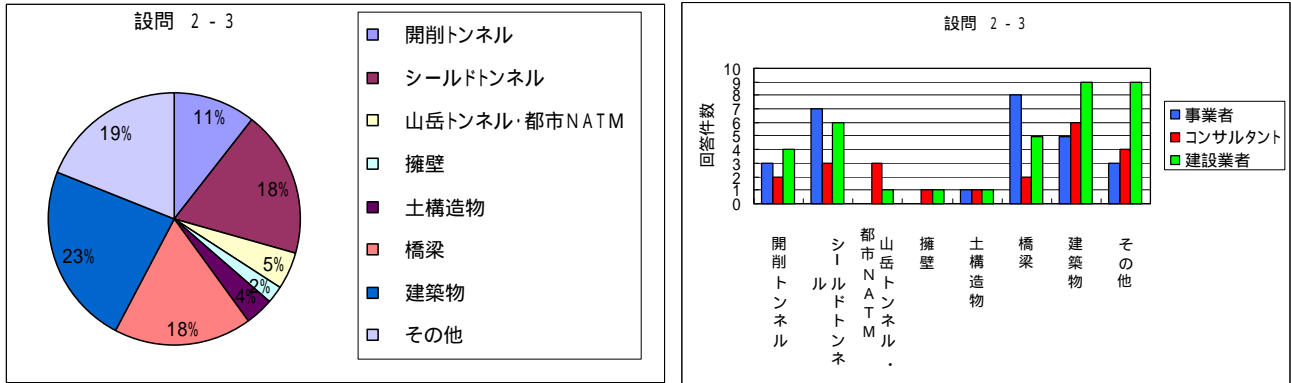
道路造成にともなう切土

河川改修にともなう切土

地下駐車場

線路下横断構造物で、軌道の両側をそれぞれ発進・到達立坑とする道路トンネル

2 - 3 相手先の構造物はどのようなものですか？（複数記入可）(全体回答数：85 回答件数：66)

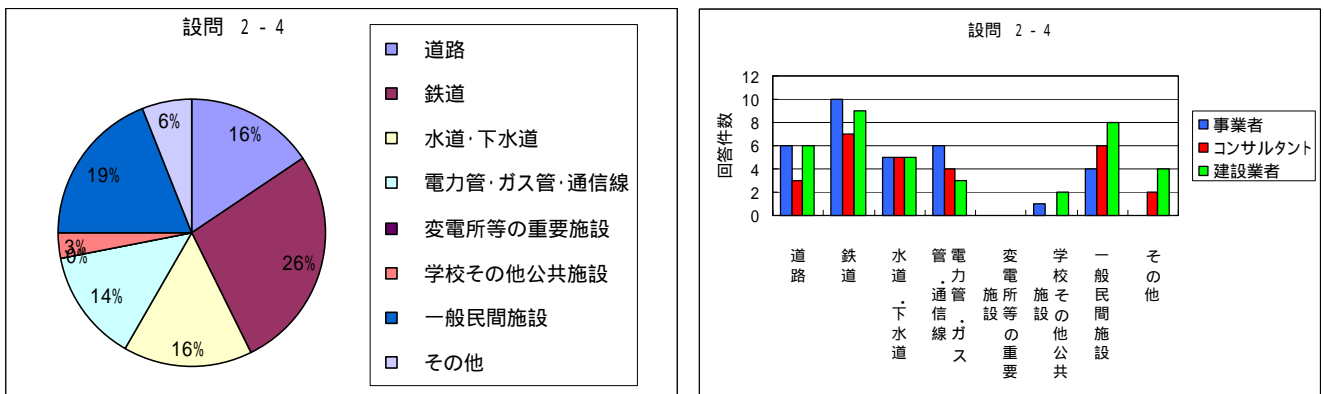


全体では、建築物が最も多く、以下、シールドトンネル、橋梁となっている。また、選択肢1～7以外の物も多数ある。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

- 電力高圧鉄塔
- 水道管 1200 曲管
- 工場
- R C 地下配水池
- 護岸
- 開削トンネル（地下駅）と地平（路上）の鉄道の併設部
- 地下構造物（地下駐車場）
- 鉄道線路（路盤、バラスト、枕木、レール）
- 街路の直下ということで、「街路」の他にそれに埋設されているライフライン「ガス管」「下水管」「雨水管」及び地表の住宅
- 電力会社送電鉄塔
- 地下埋設管・共同溝
- 堤防（木杭付き）
- 鉄道高架構造物

2 - 4 相手先の構造物用途はどのようなものですか？（複数記入可）(全体回答数：96 回答件数：66)



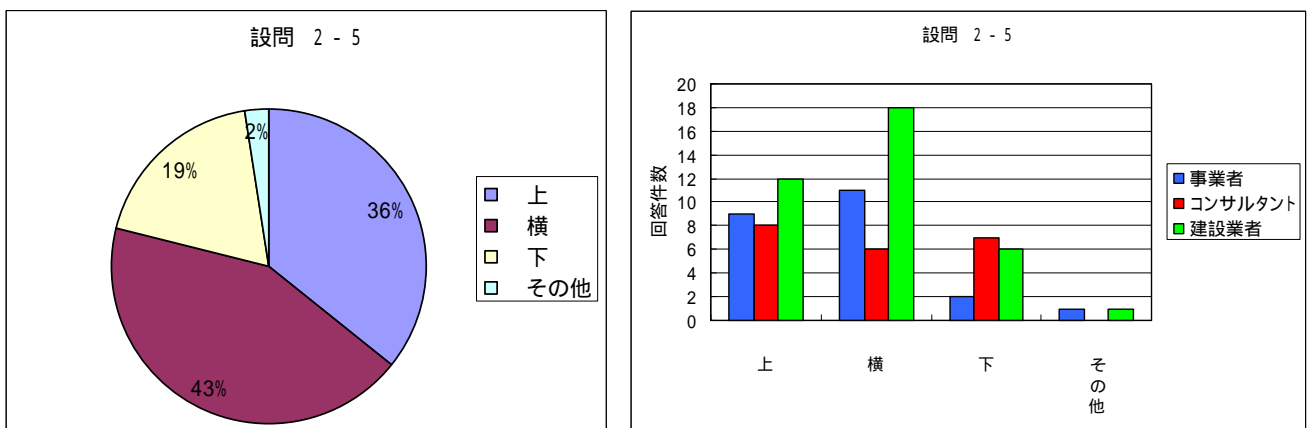
全体では、鉄道が最も多く 25%程度を占めている。以下、一般民間施設、同数で道路と水道・下水道、電力管・ガス管・通信線の順となっている。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

- ゴルフ場のフェアウェイ
- 精密機械工場
- 国の重要文化財
- 護岸
- 地下駐車場
- 発電用水路トンネル
- 堤防（木杭付き）

2 - 5 相手先の構造物は、起因構造物に対してどの位置にありましたか？（複数記入可）

(全体回答数：81 回答件数：66)



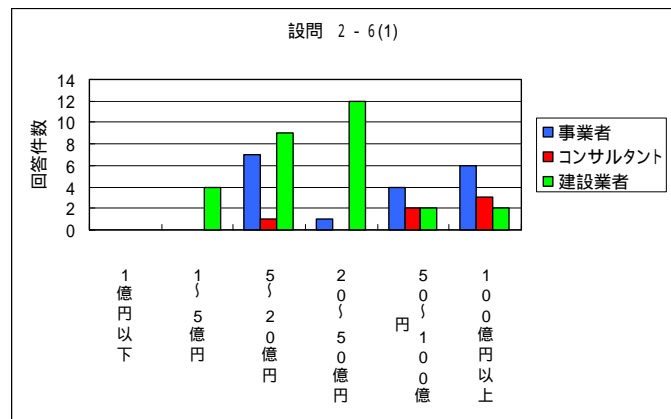
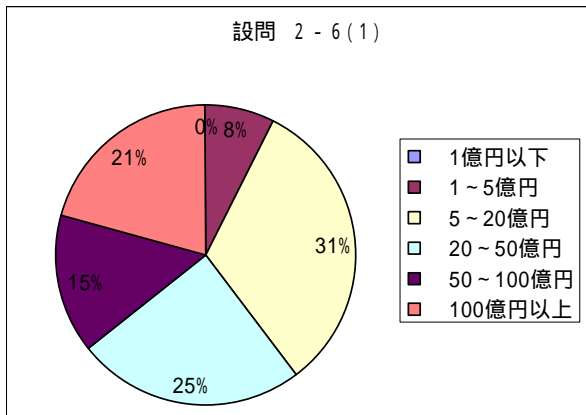
相手先の構造物の位置は、上と横が大部分を占めている。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

- べた基礎底面～トンネル側部の離隔水平離隔5m、鉛直離隔13m。
- 立坑に対しては横、開削河道に対しては下に位置する。

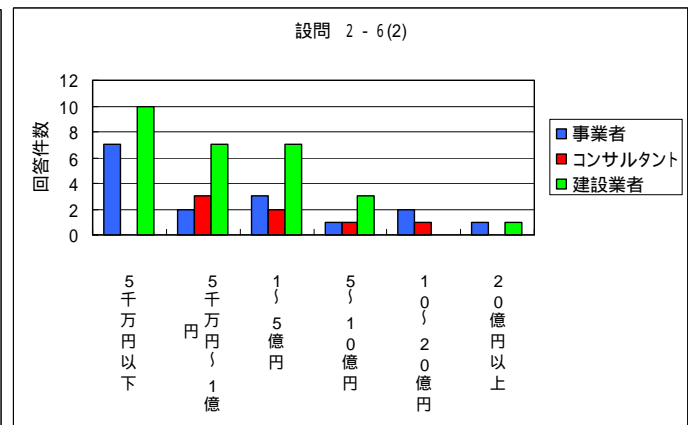
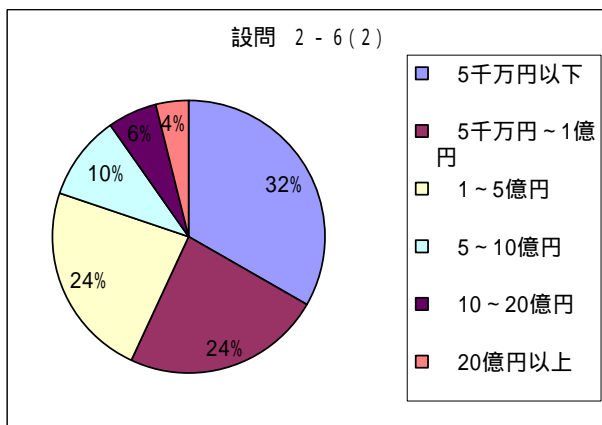
2 - 6 差し支えなければ、工事金額をお教え下さい。

(1) 本体工事全体の金額 (全体回答数 : 53 回答件数 : 53)



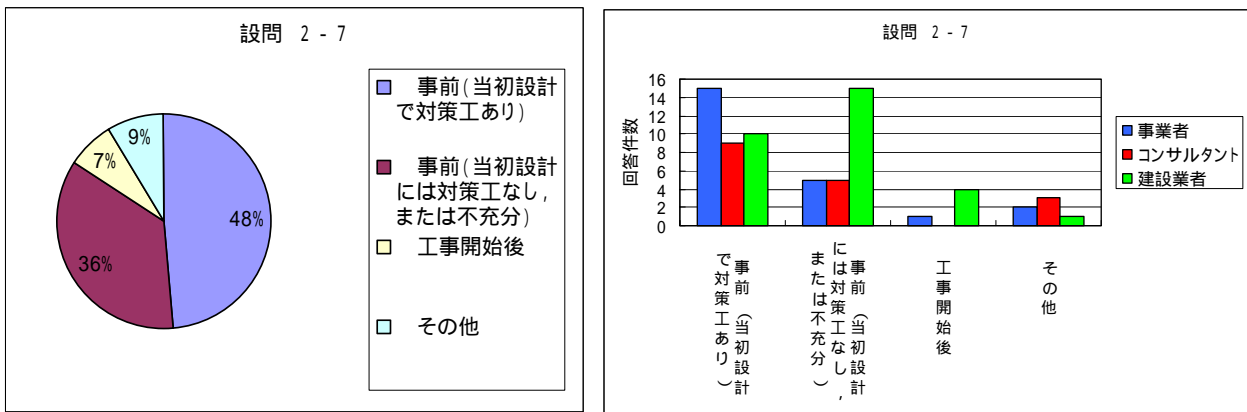
1億円以下の事例はない。最も多いのが5～20億円である。100億円以上の事例が11件と比較的多くある。

(2) 対策工事の金額 (全体回答数 : 51 回答件数 : 51)



対策工事金額は、5千万円以下が最も多い。また、5億円までの工事金額がほとんどである。20億円以上の事例が2件あるが、両者とも本体金額100億円以上の工事である。

2 - 7 対策の必要性が明らかになったのはどの時点ですか？(複数記入可)(全体回答数:70 回答件数:65)



対策の必要性が明らかになった時期は、ほとんどが事前である。また、当初の設計で対策工があるものが約半分である。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

設計段階で解析検討を行い数値で危険性を発注者に指摘した。

対策なし。

設計段階で協議を行い、事前に変位量の予測をしている。この段階では、別途施工協議を行う。施工時には計測管理を行うとしている。

事前に対策工の必要性を把握。監督処分(道路管理者からの依頼あり)。

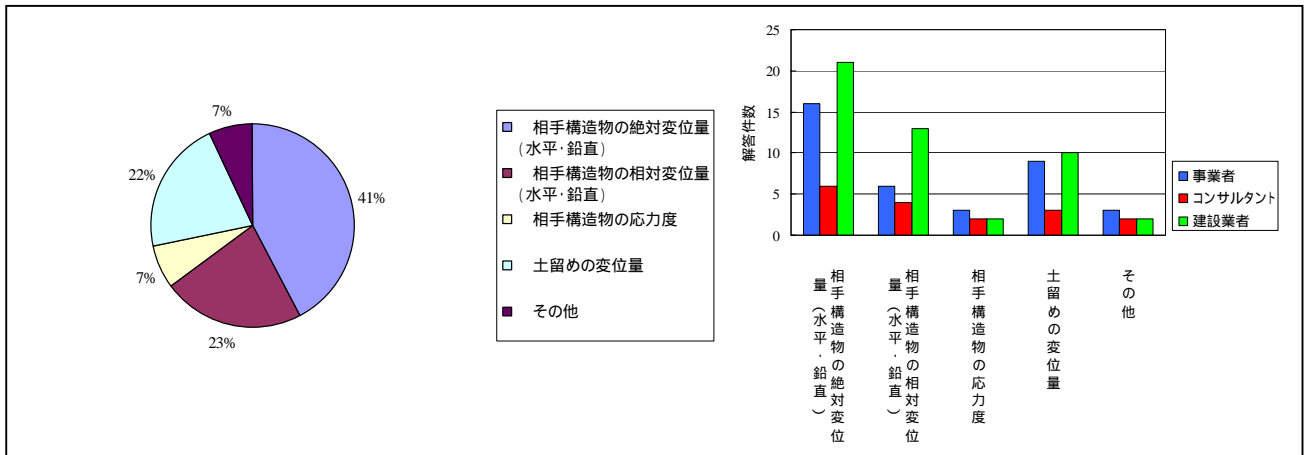
計画時の近接協議により対策側で応力解析。

上記のような近接施工であったので、FEM 解析を行い、変状検討を行ったが、対策工までは必要なしとの結果となったため、対策工は提案していない。

3. 管理値について

施工時の管理値についてお聞かせください。

3 - 1 どのような計測値で管理しましたか？（全体回答数：102 回答件数：66）



- ・ 全体回答では 相手構造物の絶対変位量 (水平・鉛直) で管理する場合は41%で最も多い。
- ・ 全体回答では 相手構造物の相対変位量 (水平・鉛直) で管理する場合は7%と少ない。
- ・ 回答者別でも事業者、コンサルタント、建設業者において 相手構造物の絶対変位量 (水平・鉛直) が最も多い。
- ・ 回答 相手構造物の絶対変位量 (水平・鉛直) の建設業者と事業者の差が、他の回答に比べ差が大きい。

「その他」の内容

管理基準はおもには地表面沈下について設定しそれで管理した。計測は地表面沈下以外、(1)地中沈下、(2) A G F鋼管応力、(3)鋼アーチ支保工応力、(4)ロックボルト軸力、を実施しそれぞれで管理値も設定
 水道曲管：防護コンクリートの3点（曲管中心位置1点と両側の直管巻込み部2点）に沈下棒を設置し、定期的に水準測量。管理値（隣り合う測点の水準差2mmを管理値とした。）・土留壁に固定式傾斜計・土圧計、切梁に軸力計、背面地盤に間隙水圧計・地中沈下計を設置し、自動計測システムを用いてタイムリーに現況を把握できる環境で管理した。管理値（設計値の80%を管理値とした。）

相手構造物近傍地盤の深度方向の変位分布

基礎地盤の傾斜角

杭切断時のアンピンへのジャッキ増加荷重・代替柱列杭への増加荷重・仮設土留構造の応力変化・既設建物の変状計測

定められている軌道の管理項目（軌間、水準、高低、通り）により、計測して管理をおこなった。

詳細な管理値については、施工協議を行い決定する。

切ばり軸力

数値解析により得られた、地中内変位をもとに管理基準値を設定。

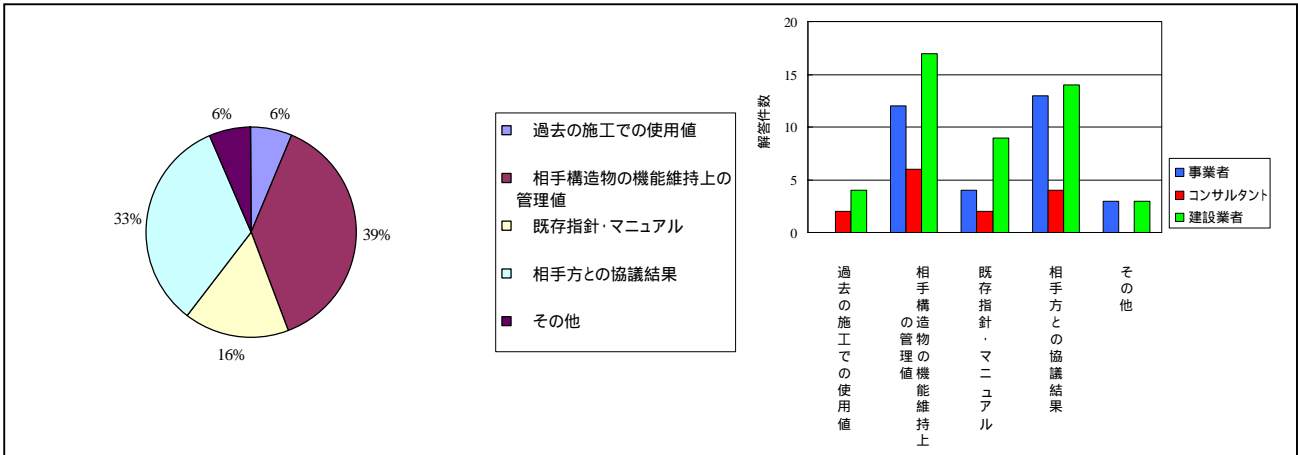
事前検討は、相手構造物の基準（絶対変位量）で行ったが、施工時は数値解析結果をもとに、新トンネル側の計測変位により管理した。

シールドトンネル上載荷重低減によるリバウンドに対する計測管理。相対変位量（10mに対し）：5cm

F B G計測（光ファイバ）

本件は、工事にまだ着工していないため、計測値管理は未定であるが、設計時点では相手構造物の応力度を抑えるような対策工を考慮した。

3 - 2 どうやって決定しましたか？（全体回答数：93 回答件数：66）



- ・ 全体回答では を用いて管理する場合は39%で最も多い。
- ・ 全体回答では を用いて管理する場合は6%と最も少ない。
- ・ 回答者別では、事業者において を用いる場合が0件である。
- ・ 回答者別では、建設業者では が最も多いのに対し、事業者では が最も多い。

「その他」の内容

周辺地山破壊状態を想定し、沈下分布によるせん断ひずみに着目し、地山自身のせん断強度に基づいて管理値を定めた

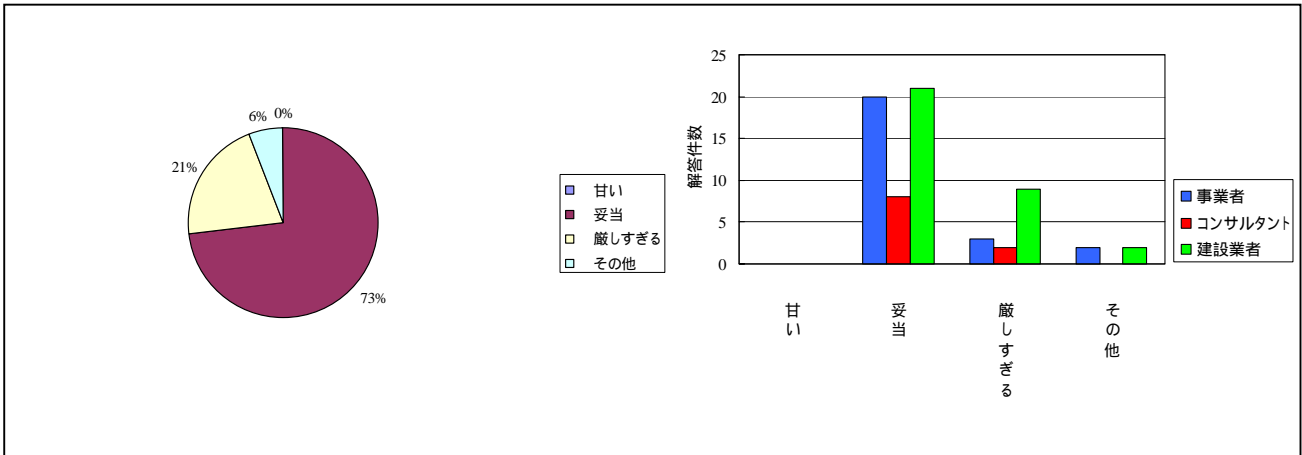
水道企業者と打ち合わせた結果、「管理値は判らないが、万が一この水道が破損した場合には人力で止水にできないため、通報後止水までに1時間を要する」との情報を得たのみである。当該地域周辺には主要幹線道路や緊急指定病院があるため、万難を排して水道管の破損防止に努めることが必要であると認識した。

影響解析結果

事前影響解析結果における最大変位量を管理値とした

FEM解析

3 - 3 許容値についてどう感じましたか？（全体回答数：67 回答件数：66）



- ・ 全体回答において、 の回答件数は0件である。
- ・ 全体回答において、 の回答が73%と最も多い。
- ・ 回答者別では、 において事業者と建設業者の差が大きい。
- ・ 回答者別では、事業者の回答において が の差が大きいのに対し、建設業者では、比較的小さい。

「その他」の内容

着手前においては、二次覆工コンクリートに「ひび割れを発生させないこと」と非常にシビアな許容値設定が要求された。しかしながら、着手後まもなくして震災があり、二次覆工コンクリートにクラックが確認され、将来的な利用計画なども見直しがなされたことから、許容値が緩和された。

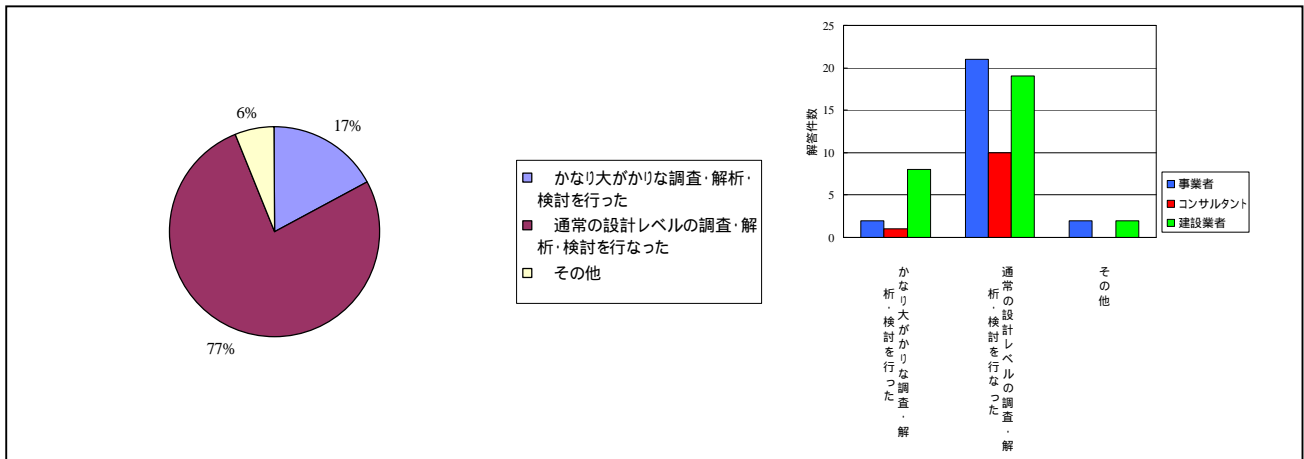
軌道相対変位の考え方が通常とは違うため、厳しく（安全側）になっている。許容値ぎりぎりの変状が出た状態で実際に電車に乗ってみたが、乗り心地は他の区間と特に変わらなかった。

具体的な許容値を提示されなかったため、当方でFEM解析を行い管理値を提示し、了解を得た。

まだ、管理値については決定していない。

4. 実施した解析・検討

実施した調査・解析・検討についてお聞かせください。(全体回答数：65 回答件数：66)



- ・ 全体回答では が77%と最も多い。
- ・ 回答者別では、 において事業者と建設業者の差が大きい。
- ・ 回答者別では、事業者、コンサルタントの回答において が突出して多いのに対し、建設業者では、 と の差が小さい。

「その他」の内容

FEM解析を実施。実施工では情報化施工で効果を確認しながら進めた。

土留の剛性変更（応力材サイズ・間隔の変更）に対応した土留め弾塑性解析。・情報化施工による土留加工管理。

他工事より計測管理業務を引き継いだため、設計、影響評価などは特に実施していない。

特に調査は追加せず，FEMによる解析を行なった

工事規模、近接度合、地盤条件、近接構造物の用途・種類等により解析・検討レベルは異なる。

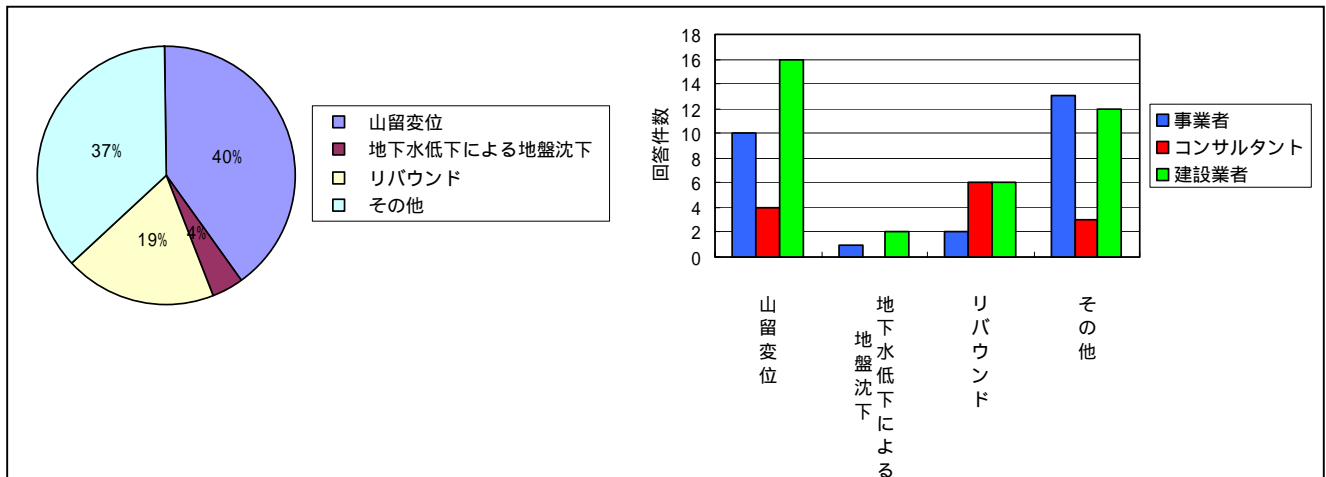
設計協議段階で、立坑掘削に関して、地盤変状に着目した有限要素法解析を行った。高架構造物はモデル化していない。

相手方（電力会社）が実施したボ - リング調査結果および設計時における土質常数を入手して、当方の設計との擦り合わせを行った。また、当方でのボ - リング調査を追加し、変形係数等を求める試験等も新たに実施し解析に使用した。

FEM解析によるセグメント応力照査、弾性床上梁解析及び上載過剰開放によるリバウンド量
シールドトンネル側方土圧開放による応力照査（FEM解析）

5. 対策工の結果

5 - 1 対策の対象は何ですか？（複数記入可）（回答者数：60 回答件数：75）



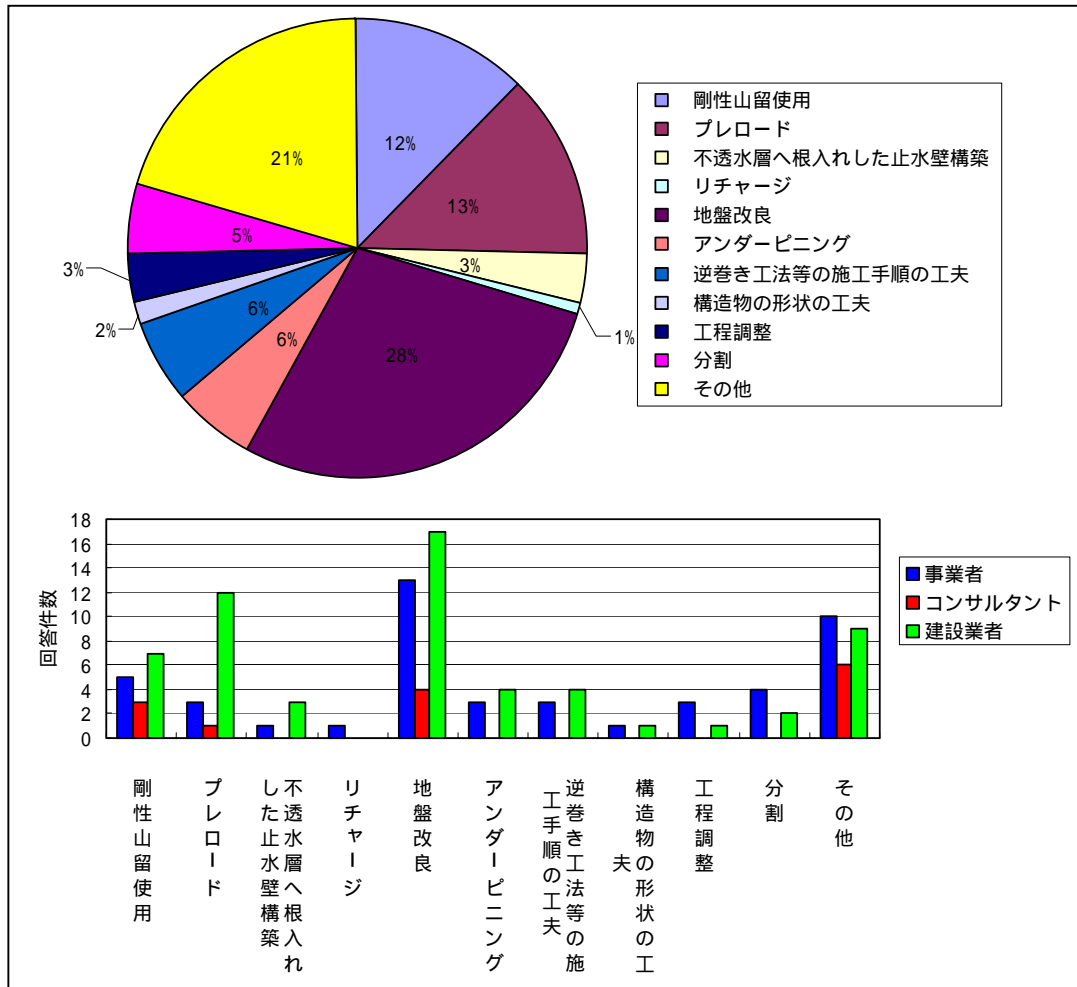
対策工の対象は、「山留変位」と「その他」がそれぞれ40%、37%であった。「地下水低下による地盤沈下」に対する回答は4%と非常に低い割合であった。

回答者別で見ると、事業者及び建設業者が「山留変位」及び「その他」に多く回答しているのに対し、コンサルタントは「リバウンド」に対する回答が他の対策に比べ多かった。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

既設構造物変状・応力・クラック	6件
山岳トンネルの地表面沈下	2件
シールド掘進時の緩みによる地盤変位	6件
山留建込・掘削時の地盤緩み	1件
粘性土地盤の凍結による膨張変位	1件
対策なし	3件

5 - 2 実施した対策工についてお聞かせ下さい。(複数可) (回答者数: 58 回答件数: 121)



実施した対策工は、「地盤改良」と「その他」の回答がそれぞれ23%、21%と多く、これについて「プレロード」が13%であった。「プレロード」への回答はそのほとんどが建設業者によるものであった。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものの内訳は下記の通りである。

AGF (長尺鋼管フォアパイリング) 等の長尺先受け工	2件
計測管理工のみ	1件
計測管理工による軌道整備	1件
アンカーによる土圧軽減	1件
山留変位を小さく設定した仮設設計	2件
型枠兼用鋼製ケーシングの揺動圧入による山留	1件
下方へのロックボルト打設	1件
炭素繊維シート貼付によるトンネルの剛性増	1件
PCR施工時の	1件
グラウンドアンカーとH形鋼材による既設下水シールド浮き上がり防止策及び既設下水低土被り部シールド内側補強リング設置	
凍土成長防止策 (ブライン温度制御)	1件

5 - 3 実施した対策工で創意・工夫・新工法採用など特殊なものがあれば記入してください

回答欄に記載があったのは全部で16件であった。内容は、次の通りである。

A G F工法の注入材として沈下の状況に応じて、セメント系、シリカレジン、ウレタン系と変えて施工した。

近接シールドは開削トンネルに対しては横に位置している。また、開削トンネルと同時期に施工する開削区間（地下駐車場）があり、その範囲でシールドは掘削敷下部になる。この範囲で、両方の掘削を同時に施工すると、シールドへは水平及び鉛直方向の影響を受けることになる。その影響を予測することが非常に困難であったため、対策として施工時期により調整することとした（開削トンネルの掘削を先行、開削トンネル施工完了し一部埋め戻し後に隣接の開削範囲に着手することとした）。その他の対策工は一般的なものと思う（地盤改良は底盤改良工）。

山留め心材の剛性をあげる。

C J Gを施工すると大抵の場合「ブリージング」を生じる。放っておくと1週間程度で地盤沈下が生じてしまう。この空隙の補足注入は多くの場合設計で考慮されていない。この工事においては、C J Gの施工を水道管曲管防護コンクリート直下で行ったため、施工後2日目に補足注入を実施した。C J Gの排泥を袋に詰めて吊るし、ブリージング率を概算で把握し造成長に乗じて空隙とみなし、補足注入の深さを算出し予定注入量を決定した。注入に際しては、注入マシンの圧力値と、防護コンクリートの沈下棒の測量値を常時監視。

水平方向高圧噴射攪拌工法によるシールド緩み領域の防護。

発注者の対策工費に対する抵抗が強く、協議がまとまりそうになかったため、設計上の余裕代を極限までそぎ落とした。LDTを用いた精密な土質試験と、地盤のひずみレベルを考慮した等価線形3D-FEMにより対策工を決定した。

構造物下の先行下受け改良に全方位高圧噴射工法を採用・構造物下の掘削には、矩形推進工法およびメッセル工法を併用。

駅構内での地盤改良工が起電停止後の作業となり時間が制限されるため専用台車を作成し効率化を図った。対象構造物下の地盤が粘性土であったため、薬液注入では効果が得られないため水平方向の高圧噴射注入工法を適用した。

弾塑性法で土留の変位を算出し、FEMに強制変位で入力して地盤変位を算出した。

アンピン施工方法・既設杭耐震補強・メッセル式トンネルによる建物下施工空間確保。

ルート変更は不可能であったため、既設構造物に影響を与えないよう断面形状を矩形にすると共に土被りを最小にするなど、平面的な影響範囲の縮小を図った。

水中掘削(高被圧水対策)横断地下連続壁(既設構造物変位抑制)。

角型鋼管推進工。

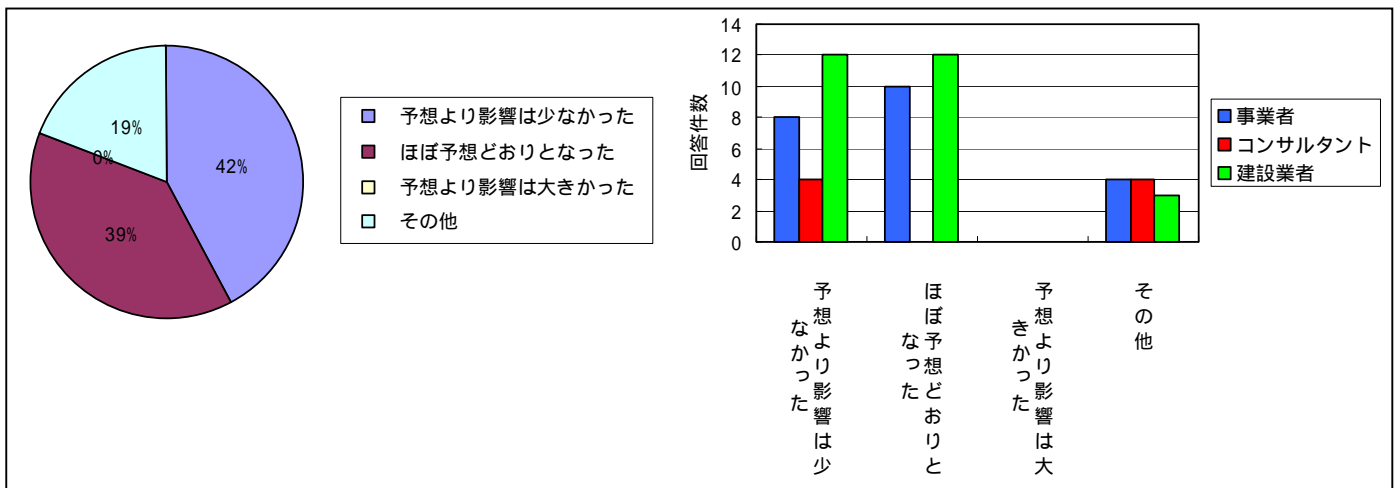
地盤改良工法において、小野田ケミコの特許工法であるが、高圧ジェット機械攪拌工法(SDM工法)を採用。

計画の段階ではあるが、鉄道および下水シールドトンネルに与える影響が最も少ないと判断し、非開削工法のPCR工法を選定した。

凍結管のブライン温度制御。

6. 対策工の概要

差し支えなければ、対策工の結果をお聞かせ下さい。（回答者数：57 回答件数：57）



対策工の結果は、「予想より少ない」、「ほぼ予想通り」の回答がそれぞれ42%、39%となった。「予想より影響が大きかった」という回答は1件もなかった。

「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものは下記の通りである。

MJSの防護は、その施工自体が沈下を引き起こす状況もあったので、CCPによる遮断壁の対策工に切り替えた。

護岸にクラックが生じた。

近接工事により異なるのが、予想通りもしくは少なかった。

今後、鉄塔基礎を盛土進捗にあわせた定時・位置計測を実施予定。

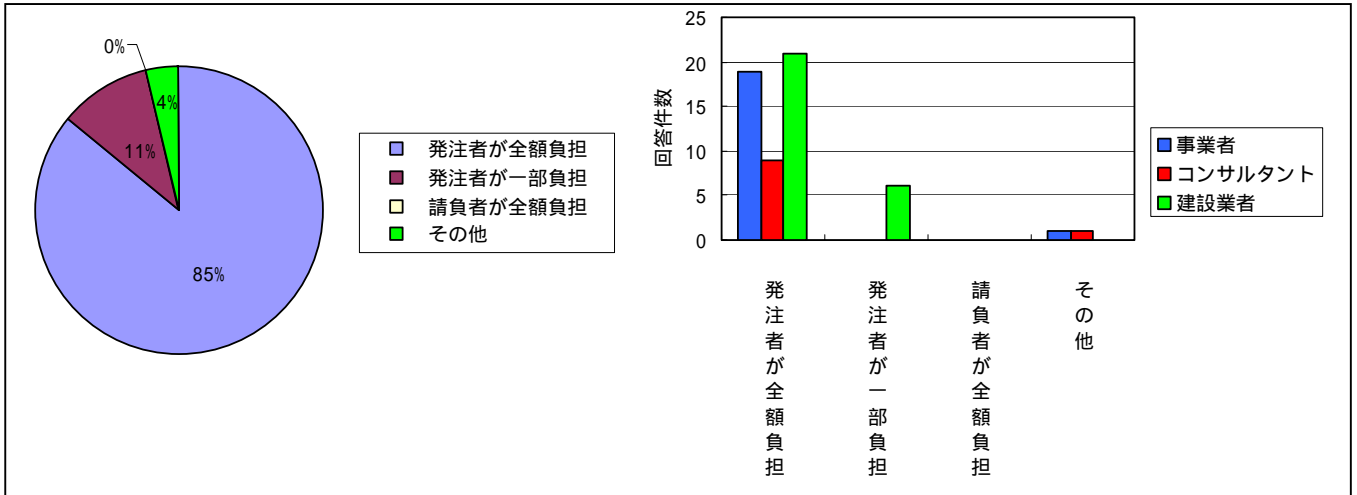
以上 各1件ずつ。

現時点で未施工または施工中。----- 5件

7. 対策工の進捗の様子や設変の取扱いについて
 差し支えなければ、対策工の進捗の様子をお聞かせ下さい。

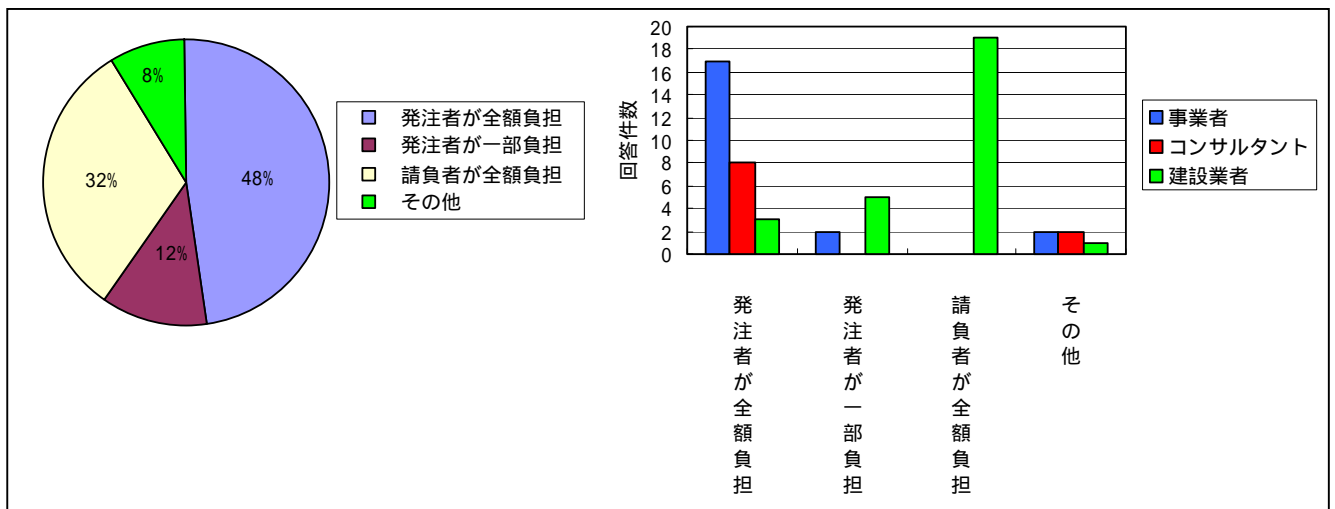
7 - 1 費用について

・対策費用に関して (回答者数: 57 回答件数: 57)



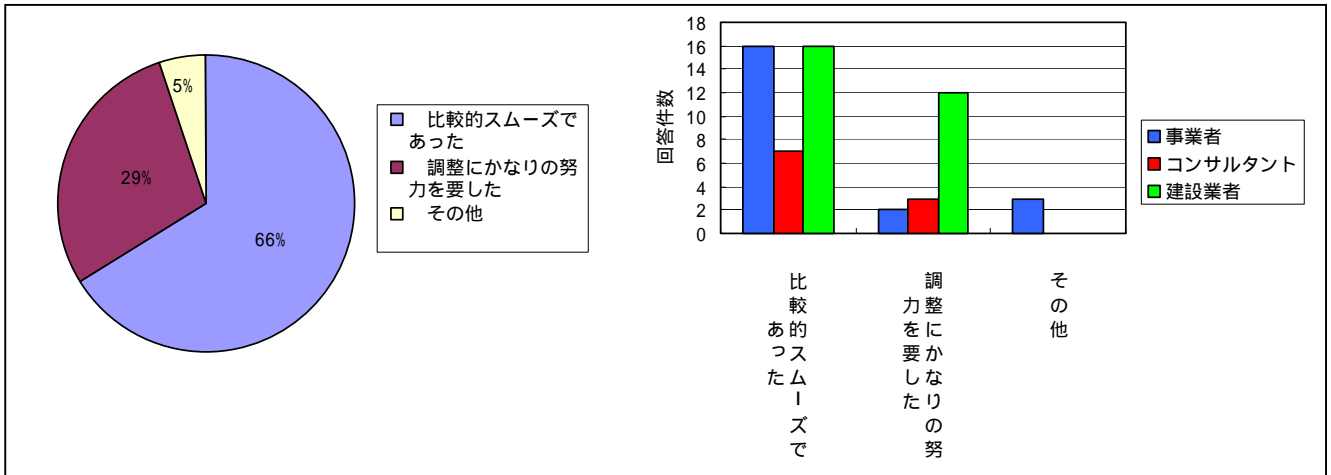
対策工の費用は、「発注者負担」の回答が85%を占めた。
 「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものは、下記の1件のみであった。
 道路管理者からの監督処分であり、設備保有者負担。

・検討費用に関して (回答者数: 59 回答件数: 59)



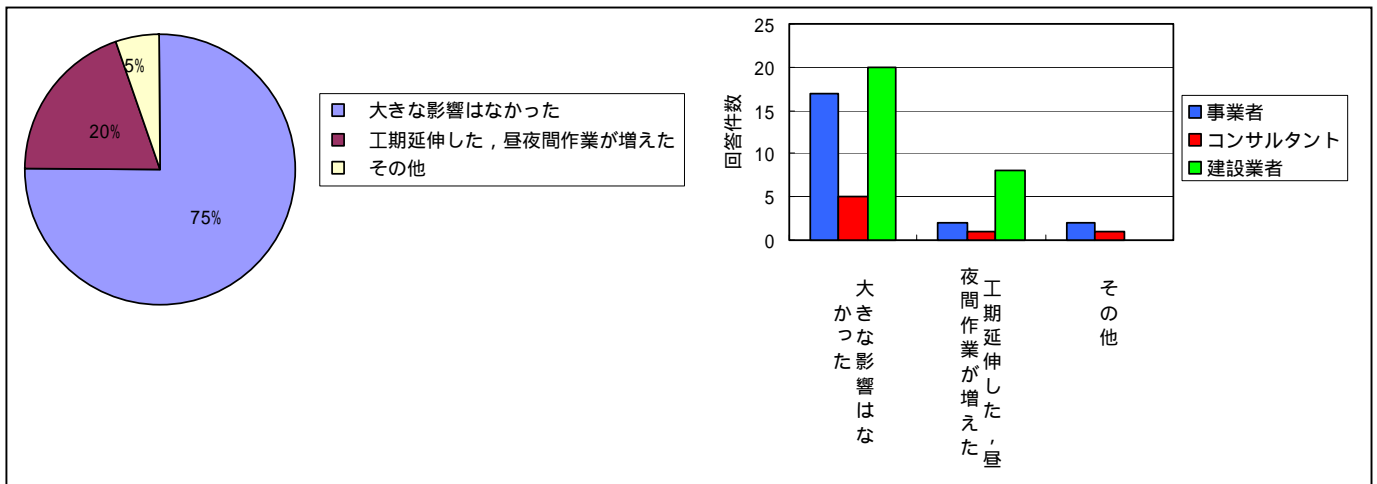
検討費については、「発注者負担」、「請負者負担」がそれぞれ48%、32%の割合で回答があった。
 このうち、「請負者負担」の回答はすべて建設業者からの回答であった。
 「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものは、下記の2件のみであった。
 事前の検討は発注者負担だが、受注後再検討・追加検討を行なった。
 設計段階で検討費用が含まれている。

7 - 2 各者の協力姿勢について (回答者数 : 59 回答件数 : 59)



各者の協力姿勢については、「比較的にスムーズ」が66%で半数以上を割合であった。
 「調整にかなりの努力を要した」との回答は、そのほとんどが建設業者の回答であった。
 「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものは、下記の1件のみであった。
 近接工事の状況、工事内容及び相手先により異なる。

7 - 3 工期について (回答者数 : 56 回答件数 : 56)



工期については、「大きな影響はなかった」との回答が75%とほとんどであった。
 「その他」と回答した内、内容記載欄に記載があったものは、下記の1件のみであった。
 近接工事の状況、内容により異なる。

8．近接施工に関連する記述回答

設問8の記述回答を 設計段階、 施工段階に2分類し、主な意見をまとめると以下ようになる。

設計段階

設計段階に関する記述回答は、以下のように、さらに細分類してまとめた。

- (1) 調査について
 - ・ 正確な調査の実施が必要
- (2) 管理値について
 - ・ 管理値の設定方法に基準となるものが少ない
 - ・ 変位などの管理基準設定根拠が明確でない
 - ・ 管理値が厳しい場合がある
 - ・ 管理値の決定に対して費用や労力を注いだ方が合理的である
 - ・ 管理値の設定方法ガイドラインが欲しい
- (3) 解析方法について
 - ・ 対策工の効果を適切にモデル化できていない
 - ・ 安価、迅速、正確に挙動を表現できるモデルが開発されていない
 - ・ 解析方法としては、単純な線形解析が主流であるが、簡便で、精度高く、変位量推定できる方法の考え方が望まれる
 - ・ 要求される管理値が mm 単位のものに対して、土留め挙動予測値の精度は乖離している
 - ・ 土留め挙動予測解析の高度化が急務である
 - ・ 開削工法やシールド工法による地盤変形解析の手法・モデル化とその再現性・信頼性との関係について、未だオーソライズされたものがないため、更なる研究が必要である
 - ・ 掘削を行う場合の仮設を例にとれば、設計段階においては、解析を行う場合の条件、解析手法を決定するため、鋼矢板工法の場合、深礎工法の場合、ケーシング圧入工法の場合、などについて整理されたものが欲しい
- (4) その他
 - ・ 近接施工が設計に盛り込まれていることが少ない
 - ・ 近接対象となる構造物の詳細資料が乏しい場合が多い

施工段階

設計段階に関する記述回答は、以下のように、さらに細分類してまとめた。

- (1) 対策工について
 - 近接施工の具体的な対策事例集が欲しい
 - 合理的な対策工の選定方法のガイドラインが欲しい
 - 変位制限対策にコストをかけるより、計画段階での検討や、近接対象側での補強、およびリスク分析が必要である
- (2) 近接施工に関する協議について
 - 近接施工に関する協議がスムーズに進まない場合がある
 - 対象となる構造物が近接施工着手前に、既に耐力に問題があるにもかかわらず、起因側にその責任を負わされる場合がある
- (3) 計測について
 - 地盤の変形，土圧計測器の精度向上（特に傾斜計）
 - 計測機器の設置自由度や長期信頼性の向上を望む

4 . おわりに

昨今の景気低迷、経済状況の不安定の影響もあり、日本の社会基盤整備は決して順風満帆とは言えない時代が到来しています。今回のアンケート結果は、都市部の輻輳したインフラ施設の再構築や、環境保全といった 21 世紀が直面する課題に対して我々建設業界がいかように立ち向かうべきかを、土木技術の面からメスをいれた形になるものでした。

例えば近接施工においては、多くは建設業者の方からの回答の中に「工事契約後の対策」を要求されたケースが目立ち、決して少なくない対策費用が投じられる結果が如実に現れました。利用者のニーズに遅滞ない対応を迫られる事業者の立場、都市部の厳しい施工環境、公共事業予算の圧縮等、簡単には回避できない問題を含みつつも、我々建設業界はよりよく便利で安全な社会基盤の構築を目指さねばならない使命を背負っています。こういった難題をいかに効率的に解決してゆくか、このために我々建設技術者は日夜、知恵をしばり、弛まない技術の磨き上げに努めています。限りある資本や資源をいかに有効に活用するかを熟考して開発される最新技術があり、またある時には突然遭遇する現場トラブルへの対策が求められたり、そのかたちは様々ですが、我々が目指しているところは共通のものであることが痛感される結果となりました。

当委員会では実施致しました今回のアンケートは、その結果を集計し内容を検討するにつれて、より踏み込んだ疑問や課題も浮上しました。また、実施したアンケートに多くの至らない点があったことも反省材料として議論されました。これらは今後その対応をさらに検討して、今後の調査実務に反映してゆきたいと思えます。またそのためのご意見もさらに多くの方から収集してゆきたいと考えております。

末筆となりましたが、今回ご多忙中にもかかわらずアンケートにご協力下さり、貴重な経験財産を開示して頂きました皆様方には、深く感謝の意を表します。今回のアンケート結果が単なる報告書として蔵書に眠ることなく、関係各位にいくらかでも有効にご活用頂けるよう祈念してやみません。今回に限らず、今後とも当学会、委員会の各種調査に変わらぬご協力をお願いし、結びの言葉と致します。

付録．アンケートシート

今回のアンケートは、土木学会のサーバーを利用して WEB 上で行った。
次ページ以降にアンケートシートを添付する。

建設技術研究委員会 地下構造物研究小委員会
「地下構造物と地下水環境」に関するアンケート

1. 回答いただく方の連絡先をお知らせ下さい。(公表はいたしません)

1-1 会社名

1-2 所属部署名

1-3 氏名

1-4 連絡先

郵便番号

住所

e-mail

1-5 現在どのような仕事をなさっていますか？

1.技術総務・工務 2.技術開発 3.施工管理 4.設計 5.その他(記述ください)

2. 地下水変動に伴う課題は次のものがあります。

- 1.水位上昇による構造物の浮き上がり
- 2.水位上昇による液状化強度の低下
- 3.水位低下による地盤の陥没
- 4.水位低下による構造物の沈下
- 5.水位低下による樹木の立ち枯れ
- 6.水位低下による井戸や湧水の枯渇

上記以外に考えられるものをお答えください(400字まで記入できます)。

3. 地下水環境が変化する原因としては次のものがあります。

- 1.新規構造物の施工による地下水流動の阻害
- 2.開削構造物施工時に地下水低下工法を採用したことによる影響

上記以外に考えられるものをお答えください(400字まで記入できます)。

4. 取扱ったことのある事例について

最近(5~10年同程度)経験された事例についてお聞かせ下さい。

回答頂いた方には後日集計結果をお送りしますが、その内容に関しては、個々の事例が特定できないよう充分注意いたします。
また、事例を複数お持ちでしたら、お手数ですがまず一つの事例を送信頂いた後、改めてご回答下さい。

4-1 その事例において、どのような立場でしたか？(複数記入可)

- 1.発注者 2.設計者 3.施工者
 4.その他(下記欄に記述ください)

4-2 その事例はどのような工事ですか？(差し支えない範囲で構いません 400字まで記入できます)。

4-3 その事例ではではどのようなことが問題になったのですか？(複数記入可)

- 1.水位上昇による構造物の浮き上がり 2.水位上昇による液状化強度の低下 3.水位低下による地盤の陥没
 4.水位低下による構造物の沈下 5.水位低下による樹木の立ち枯れ 6.水位低下による井戸や湧水の枯渇
 7.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

4-4 取り扱った対策工はどのようなものですか？(複数記入可)

- 1.ディープウェル 2.リチャージウェル 3.地盤改良 4.通水性連壁 5.グラウンドアンカー
 6.その他(下記欄に記述ください400字まで記入できます)

4-5 差し支えなければ、工事名をお教え下さい。
(事例が特定できるような形での公表はいたしません。)

4-6 差し支えなければ、工事金額をお教え下さい。
(事例が特定できるような形での公表はいたしません。)

・本工事全体の金額

1. 1億円以下 2. 1～5億円 3. 5～20億円 4. 20～50億円 5. 50～100億円 6. 100億円以上

・対策工事の金額

1. 5千万円以下 2. 5千万円～1億円 3. 1～5億円 4. 5～10億円 5. 10～20億円 6. 20億円以上

5. 地下水環境保全等に関して、独自で開発しており外部にPRできる対策工などがありましたら可能な範囲でその特徴や原理を記入してください(2000字まで記入できます)。

6. 地下水問題に対する内容で、今後どのようなことが開発、もしくは研究される必要があると考えますか？(2000字まで記入できます)

アンケート記入お疲れ様でした。これで終了です。
ご協力に感謝いたします。

また、4の回答につきまして事例を複数お持ちでしたら、お手数ですがまず一つの事例を送信頂いた後、改めてご回答下さい。

建設技術研究委員会 地下構造物研究小委員会
「近接施工」に関するアンケート

1. 回答いただく方の連絡先をお知らせ下さい。(公表はいたしません)

1-1 会社名

1-2 所属部署名

1-3 氏名

1-4 連絡先

郵便番号

住所

e-mail

1-5 現在どのような仕事をなさっていますか？

1. 技術総務・工務 2. 技術開発 3. 施工管理 4. 設計 5. その他(記述ください)

2. 取扱ったことのある近接施工の概要

最近(5~10年間程度)経験された近接施工の事例についてお聞かせ下さい。

回答頂いた方には後日集計結果をお送りしますが、その内容に関しては、個々の事例が特定できないよう充分注意いたします。
また、事例を複数お持ちでしたら、お手数ですがまず一つの事例を送信頂いた後、改めてご回答下さい。

2-1 この事例において、どのような立場でしたか？(複数記入可)

1. 起因側で発注者 2. 起因側で設計者 3. 起因側で施工者 4. 対策される側
 5. その他(下記欄に記述ください)

2-2 起因となる構造物はどのようなものですか？(複数記入可)

1. 開削トンネル 2. シールドトンネル 3. 山岳トンネル・都市NATM 4. 擁壁
 5. 土構造物 6. 橋梁 7. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

2-3 相手先の構造物はどのようなものですか？(複数記入可)

1. 開削トンネル 2. シールドトンネル 3. 山岳トンネル・都市NATM 4. 擁壁
 5. 土構造物 6. 橋梁 7. 建築物 8. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

2-4 相手先の構造物の用途はどのようなものですか？(複数記入可)

1. 道路 2. 鉄道 3. 水道・下水道 4. 電力管・ガス管・通信線
 5. 変電所等の重要施設 6. 学校その他公共施設 7. 一般民間施設 8. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

2-5 相手先の構造物は、起因構造物に対してどの位置にありましたか？(複数記入可)

1. 上 2. 横 3. 下 4. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

2-6 差し支えなければ、工事金額をお教え下さい。
(事例が特定できるような形での公表はいたしません。)

・本工事全体の金額

1. 1億円以下 2. 1~5億円 3. 5~20億円 4. 20~50億円 5. 50~100億円 6. 100億円以上

・対策工事の金額

1. 5千万円以下 2. 5千万円~1億円 3. 1~5億円 4. 5~10億円 5. 10~20億円 6. 20億円以上

2-7 対策の必要性が明らかになったのはどの時点ですか？(複数記入可)

- 1.事前(当初設計で対策工あり) 2.事前(当初設計には対策工なし、または不充分) 3.工事開始後
 4.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

3 管理値について
施工時の管理値についてお聞かせ下さい。

3-1 どのような計測値で管理しましたか？(複数記入可)

- 1.相手構造物の絶対変位量(水平・鉛直) 2.相手構造物の相対変位量(水平・鉛直)
 3.相手構造物の応力度 4.土留めの変位量
 5.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

3-2 どうやって決定しましたか？(複数記入可)

- 1.過去の施工での使用値 2.相手構造物の機能維持上の管理値
 3.既存指針・マニュアル 4.相手方との協議結果
 5.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

3-3 許容値について、どう感じましたか？(複数記入可)

- 1.甘い 2.妥当 3.厳しすぎる 4.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

4. 実施した解析・検討
実施した調査・解析・検討についてお聞かせ下さい。

- 1.かなり大がかりな調査・解析・検討を行なった 2.通常の設計レベルの調査・解析・検討を行なった
 3.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

5. 対策工の概要
実施した対策工についてお聞かせ下さい。

5-1 対策の対象は何ですか？(複数記入可)

- 1.土留変位 2.地下水低下による地盤沈下 3.リバウンド
 4.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

5-2 実施した対策工についてお聞かせ下さい。(複数可)

- 1.高剛性土留使用 2.プレロード 3.不透水層へ根入れした止水壁構築 4.リチャージ 5.地盤改良
 6.アンダーピニング 7.逆巻き工法等の施工手順の工夫 8.構造物の形状の工夫 9.工程調整 10.分割施工
 11.その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

5-3 実施した対策工で創意・工夫・新工法採用など特殊なものがあれば記入してください(800字まで記入できます)。

6. 対策工の結果

差し支えなければ、対策工の結果をお聞かせ下さい。
(事例が特定できるような形での公表はいたしません。)

1. 予想より影響は少なかった 2. ほぼ予想どおりとなった 3. 予想より影響は大きかった
 4. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

7. 対策工の進捗の様子や設変の取扱いについて

差し支えなければ、対策工の進捗の様子をお聞かせ下さい。
(事例が特定できるような形での公表はいたしません。)

7-1 費用について

・対策費用に関して

1. 発注者が全額負担 2. 発注者が一部負担 3. 請負者が全額負担
 4. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

・検討費用に関して

1. 発注者が全額負担 2. 発注者が一部負担 3. 請負者が全額負担
 4. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

7-2 各者の協力姿勢について

1. 比較的スムーズであった 2. 調整にかなりの努力を要した
 3. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

7-3 工期について

1. 大きな影響はなかった 2. 工期延伸した、昼夜間作業が増えた
 3. その他(下記欄に記述ください 400字まで記入できます)

8. 記述欄

近接施工に関連して、現在困っていること、問題に思うこと、興味があること、あればよいと思う技術がございましたらお聞かせ下さい。(複数可 2000字まで記入できます)

アンケート記入お疲れ様でした。これで終了です。

ご協力に感謝いたします。

また、2～7の回答につきまして事例を複数お持ちでしたら、お手数ですがまず一つの事例を送信頂いた後、改めてご回答下さい。

送信 リセット