トンネル施工マネジメントシステムの整備と適用

Development and application of tunnel construction management system

清水建設（株）　○今津 雅紀 *
名古屋大学大学院　西　淳二 **
清水建設（株）　長峯　洋 ***
清水建設（株）　泉谷 泰志 *
清水建設（株）　宇野 昌利 ****
By Masanori IMAZU, Junji NISHI, Hiroshi NAGAMINE, Yasushi IZUMIYA, Masatoshi UNO

本論文においては，トンネル施工時における施工支援業務の効率化をめざして，トンネルに適用可能なトンネル施工マネジメントシステムを整備し，今後の適用に関する課題をさぐることを目的としている．そこで，トンネルに関する報告書や発表文献のデータベース化をはじめ，トンネル施工マニュアル・現場管理の電子化，現場ホームページ等からなる支援ツールを整備した．また，これらのシステムに対する新しいトンネル情報ネットワークのありかたを探るとともに，今後必要な付加機能について述べ，トンネル経験豊富な技術者にも役立つシステムとしている．

［キーワード］　情報化，トンネル，データベース，施工マネジメント，情報管理

1.　はじめに

これまでのトンネル施工支援にあっては，過去のトンネル施工経験が大きなウェイトを占め，そこでの豊富な経験と知識を持ったものが，最終的な工法に対する決定者となっていた．しかしながら，現在においては，トンネル現場の全国への分散，現場数の増加，山岳から都市へといった多様化等から，経験豊富な技術者がすべてのトンネル施工に関与し，最終決断者になることは難しい．さらに，トンネル現場においては，補助工法の多様化，自動化・機械化，新工法の採用などバラエティに富んだ内容になっており，過去の経験のみでは判断がつかない事例が増えてきている．

そこで，これまでの情報・経験・実績等をデータベース化し，双方向での通信あるいは電子化技術等を通じて豊富な情報を活用するとともに，最先端技術の共有化を目指して，次のような目的を持ったシステムの開発を行うこととした．

① トンネルに関する参考文献をデータベース化し，社内のイントラネット [1)]上で本支店および現場で検索できるなど，情報の共有化を図る．
② 過去の報告書，類似のレポート・施工計画書についても，データベース化し，技術報告書作成時に基礎資料として使え，新しい知見を導入したよい報告書の作成が可能となる．
③ 過去の実績であるトンネル施工実績についてもデジタル化し，イントラネット上で見られるものとする．
④ トンネル施工マニュアルについては，すべての部分をイントラネットから引き出すことができ，施工計画等作成に活用できるものとする．
⑤ データの取り出しを簡単にし，技術報告書作成時の効率化を図れる．
⑥ 作成文書は，デジタルデータで蓄積し，共通の保管形態として技術力の維持・向上に努める．

上記①，②，③におけるデータベースとは，主にタイトルおよび主たる内容のデータベースであり，

*　土木本部 技術第二部　03-5441-0567
**　工学研究科地圏環境工学専攻 教授　052-789-5295
***　土木本部 情報システム部　03-5441-0605
****　土木本部 技術企画部　03-5441-0552

本書そのものは，別途の保管場所に文書データとして保管してある．

以上の方針に従い，本システムを現場に適用し，改良・改善を加えて，現時点においてほぼ満足のいくシステムとなったので，ここに報告する．

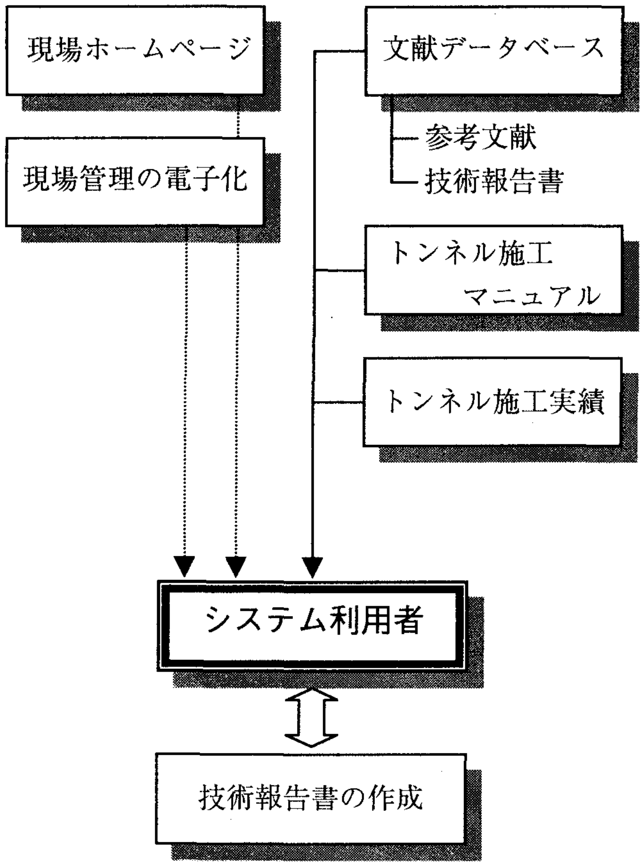
なお，ここで示すトンネルとは，ＮＡＴＭを主とした山岳および都市トンネルを意味し，開削によるトンネル，シールド工事は含まない．

2．トンネル施工マネジメントシステム

ここでは，トンネル施工支援マネジメントシステムの概要について述べる．システムを構成する要素としては，下記のものからなる．

① 参考文献・報告書データベース
② トンネル施工マニュアルの電子化
③ トンネル施工実績
④ 現場管理の電子化
⑤ 現場ホームページ

本システムの主目的であるリアルタイムに施工を円滑かつ的確に進めるためのシステムフローを，図－1に示しておく．



図－1　トンネル施工マネジメントシステムのフロー

(1) 文献データベースの整備

トンネルに関する参考文献・図書および技術報告書を集約し，タイトルおよびトンネル名から検索できるシステムとして整備してある．データベースは，随時必要な時期毎に更新することとしている．

a）参考文献データベース

トンネル技術情報の根源であり，報告書作成時に必要な文献をデータベース化した．現在，EXCEL（マイクロソフト社製表計算ソフト）上でデータベース検索できる雑誌等は，下記の通りである．

① 土木クウォータリー（社内技術誌，トンネル関連，第1号～第121号（1998.12））
② トンネルと地下（第1号～第340号（1998.12））
③ 土木学会論文集第Ⅲ・Ⅵ部門（トンネル・岩盤関連，創刊から最新号まで）
④ 土木学会誌（トンネル関連，創刊から最新号まで）
⑤ 岩盤シンポジウム（トンネル関連，最近20年間分）
⑥ トンネル工学研究論文（第1回から第8回（1998）まで）
⑦ 岩の国内シンポジウム
⑧ 日経コンストラクション（トンネル関係分）

今後のデータベース充実のためには，土木学会等における各支部発表会，地盤工学発表会，トンネル技術協会発行報告書，施工体験発表会，日本道路会議，ジェオフロンテ研究会報告書および海外雑誌等に対しても整備していく必要があろう．

検索においては，EXCELに付随するオートフィルタという指定した条件に合ったデータだけをリストから表示する検索機能を用いて行うこととする．

b）技術報告書データベース

社内においては，ファイリングシステム[2)]の一環として，以前から過去の書類に関して，業務の効率化やオフィス環境の改善，ＯＡ化等をねらいとして文書情報管理が推進されている．作成した報告書は，個人が保管する文書の他に，下記の4種類に分類して保管してある．

① 書 棚

参考書・報告書等，日常ひんぱんに使う製本された書類を置くスペースである．

② キャビネット

日常使用する書類を保管するスペースで，共

有して使う文書を置くとともに，いつでも取り出せるように整理してある．

③ アシストルーム

頻繁には使わないが近くに必要な書類で，当社オリジナルの文書保存箱ＡＳＳＩＳＴ－ＢＯＸに入れ，地下２階の書架に保存されている．

④ 外部倉庫

通常の文書保存箱にファイルを保管し，当面使わない書類を保管するスペースである．

上記の書類については，検索が可能なようにすべてタイトル・内容等をデータベース化し，タイトルでの検索ができるようになっている．

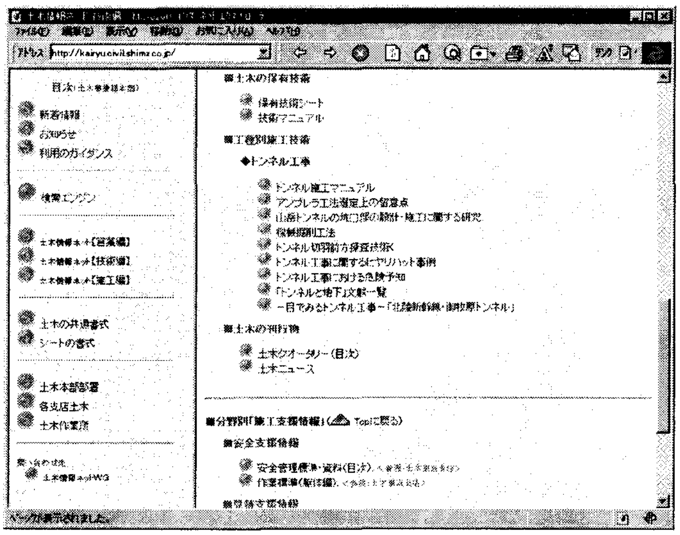
（２）トンネル施工マニュアルの電子化

トンネル施工マニュアルは，トンネル技術者の入門書として冊子で発行されていた．これを電子化することで，紙媒体で配布しなくても全社員が共有して使えることになる．そこで，トンネル施工マニュアル本編と追加分のほぼ全内容を電子化し，社内イントラネットに掲載した．

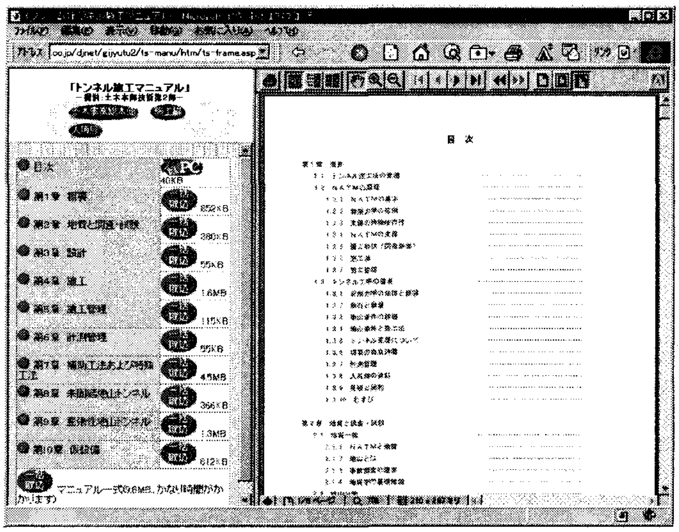
トンネル施工マニュアルの活用方法を，図－２に示す．トンネル施工マニュアルは，イントラネット上にあり，施工計画書事例や，安全，見積など一連の施工支援資料と並んで提供される．（図－２<1>を参照）

また，開始部分に利用者を認証するセキュリティシステムを設け，社内の土木系に利用を限定している．（図－２<2>を参照）トンネル施工マニュアル本編の目次部分が図－２<3>である．本編の要領は，約350頁におよぶが，節，項ごとに10頁以内に切り分け，イントラネットでスムーズに送受信できるように分割して掲載した．

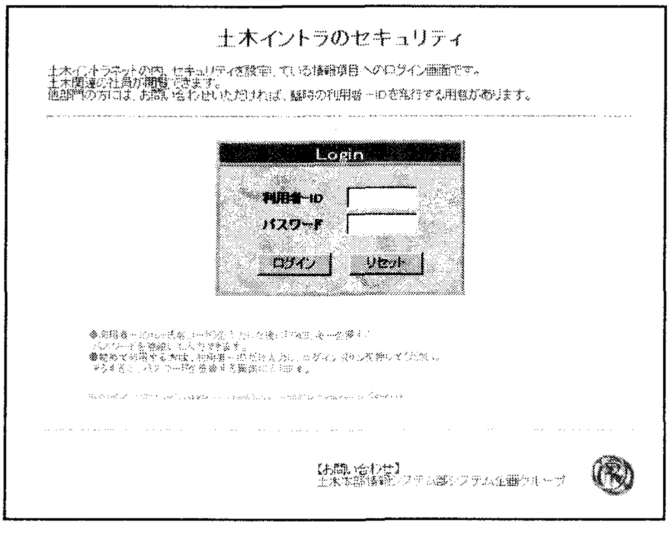
<1> 土木イントラネットからの選択



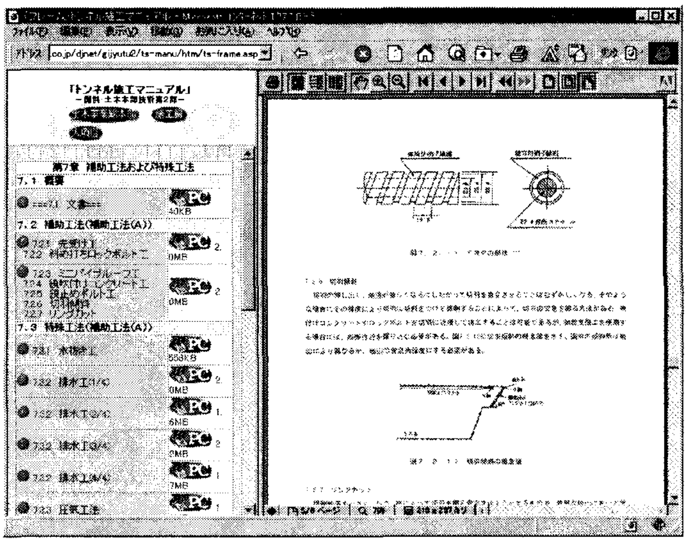
<3> トンネル施工マニュアル本編の目次



<2> セキュリティの設定画面



<4> 内容の閲覧（ＰＤＦ形式）



図－２ トンネル施工マニュアル

データ形式は，画面で閲覧できるＰＤＦ形式と，利用者が自分のパソコンに取り込みできる WORD や EXCEL などの市販ソフトで再利用できる形式を併用している．（図－２<4>を参照）

社内イントラネットに掲載したことで，社内の全国の作業所から，距離や時間に制約されることなく，トンネル施工マニュアルを参照できるようにした．技術レポートや施工計画書を作成する場面で，必要な個所を引用することで，技術的業務の均質化，効率アップに役立っている．

（３）トンネル施工実績

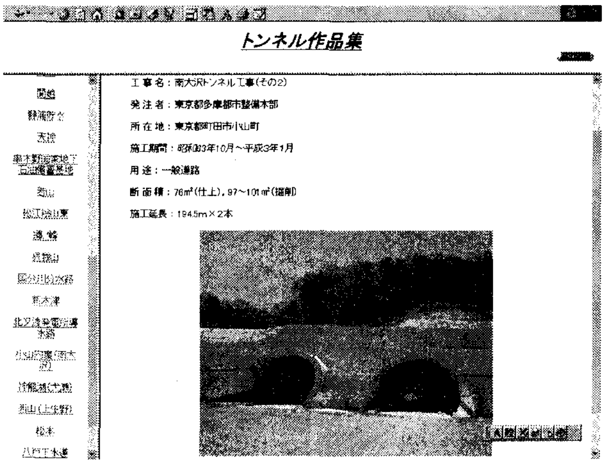
社内における過去のトンネル工事実績を年代別にデータベース化するとともに，代表的なトンネルについては，作品集としてパンフレットに取って代われるものとしてホームページ上に整備している．また，受注情報は社内イントラネット上にて誰でもアクセスできるようにしてある．さらに，ユーザーを限定してトンネル担当者，配員等について，即座に検索できるようにしてある．

ａ）社内におけるトンネル施工実績

過去における当社施工のトンネルに関する技術データを収集している．これまで経験者の記憶にたよっていた施工実績を数値的に明確にするため，全施工トンネルをデータベース化し，検索できるようにした．また，近年における代表的なトンネルは，トンネル作品集として，図－３に示すように，ホームページ上で閲覧できるようにしてある．

データベース化する項目は，

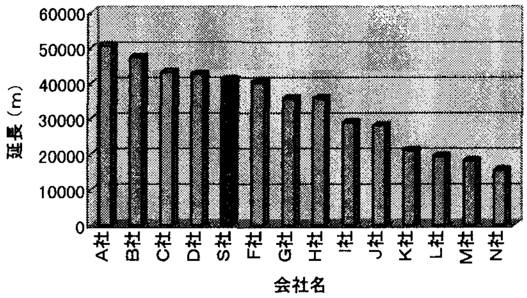
① トンネル番号
② トンネル名
③ 用途
④ 施工地
⑤ 施工期間
⑥ 発注者
⑦ 受注形態
⑧ 断面積
⑨ 延長
⑩ 地質
⑪ 掘削方法
⑫ 掘削工法
⑬ 支保形態
⑭ 備考



図－３　トンネル作品集

ｂ）社外を含むトンネル情報

他社におけるＮＡＴＭに関する施工状況を調べるために，トンネル技術協会発行のトンネル年報の内，ＮＡＴＭに関するトンネル情報をデータベース化した．トンネル受注にあたっては，技術の差別化が必要となってくる．通常の営業情報とは別に技術分野におけるトンネル領域での工種別管理が必要となる．そこで，トンネル年報[3)]をデータベース化し，当社における位置づけを項目別にグラフ化できるための基礎資料とした．図－４は，このデータベースを用いて，各社のＮＡＴＭにおける延長によるランクを示したものである．



図－４　各社のＮＡＴＭにおけるランク（1997 年度）

（４）現場管理の電子化

トンネル現場においても，数々の電子化を試みているが，ここでは，切羽画像処理および切羽観察記録の作成について述べる．

切羽画像処理システムは，トンネル掘削時の切羽観察業務を効率化し，より客観的な評価ができるように開発した．切羽観察は手書きスケッチと地質状況の諸項目を記載するチェックリストによって行わ

れているが，職員の負担が大きい割りに，スケッチや記載内容に個人差がでやすく，必ずしも理想的な方法ではなかった．そのため，デジタルスチルカメラとパソコンを利用した切羽観察記録システムを開発したもので，すでに多数の現場で使用している．

図－5に作業の流れを示す．切羽観察日報は，職員が切羽の状況をデジタルカメラで撮影し，事務所のパソコンで地質や湧水に関する情報をカラー画像の上に書き込み，チェックリスト・日付・距離程などの情報を付加して作成される．必要に応じて画像処理による画質向上や画像切り出しを行うことができる．カラー画像を含む切羽観察日報はデータベースに保存され，自在に検索することができる．

デジタル画像を利用することにより以下に示すメリットがある．

① 切羽でのスケッチー事務所での清書という作業がなくなり職員の省力化となる．
② スケッチの個人差がなく，より客観的な評価が可能となる．
③ 写真の現像プリントを待つ必要がなく，即座に画像で説明した報告ができる．
④ データ通信により発注者や遠隔地の本社・研究所などに報告し，画像をみながら協議できる．
⑤ カラー画像を含む切羽観察記録がデータベース化され，共用開始後の維持管理にわたる長期の利用が可能となる．

一方，地質の評価を画像からコンピュータにさせるのは，現段階ではまだ不可能である．本システムでは，切羽画像はあくまで手書きスケッチに代わるものであって，地質状況の評価は人間が行う必要がある．

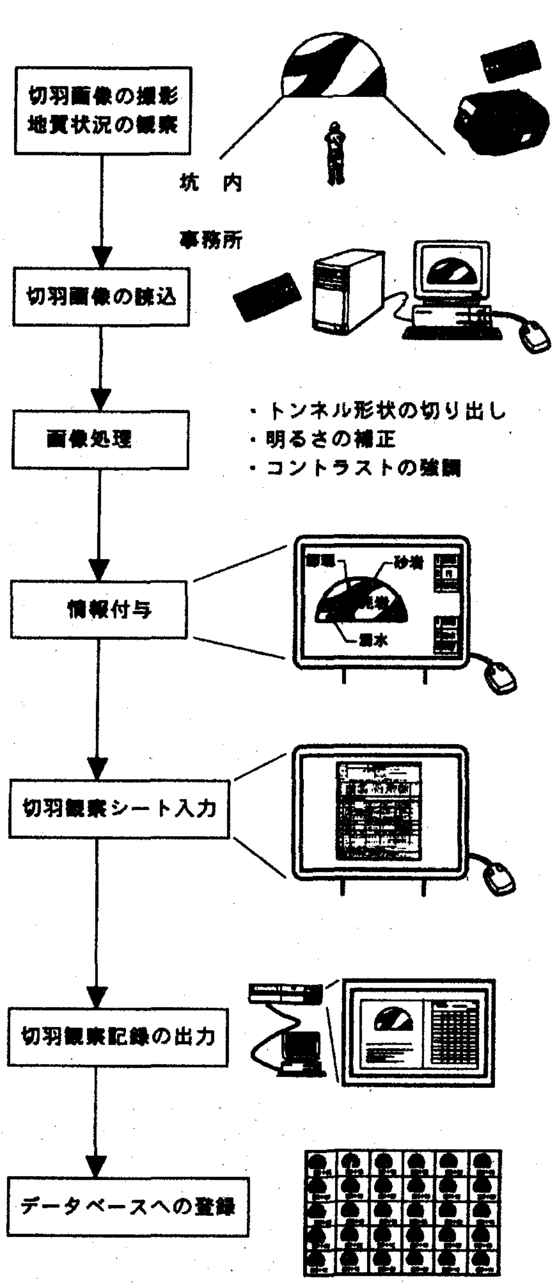
切羽の地質評価では，岩石の硬さ・掘削面の安定性・湧水状況・水による劣化など静止画像からは識別できない項目や，割れ目の開口幅・挟在物などデジタル画像の解像度の限界から識別が難しいものがあり，静止画像のみから切羽を評価するのは本質的に困難である．将来的にはそのような技術開発を進めていく必要があろうが，当面は人間による確認が必要である．

（5）現場ホームページによる発信

トンネル現場においては，本支店間で数々の書類のやりとりがある．これまでの書類のやりとりにおいては，印座による回覧のため，伝達すべき内容が最終回覧者に伝わるのが一ヶ月以上も後になることが多い．そこで，現場からの情報をタイムリーかつ簡単に送れるように，現場においてホームページを開き，どこからでもアクセスでき，随時更新することで，常に最新の情報を得られるようにした．情報については，下記の項目が主となっている．

① 工事概要
② トンネル基本条件
③ 工事管理状況（進捗状況等）

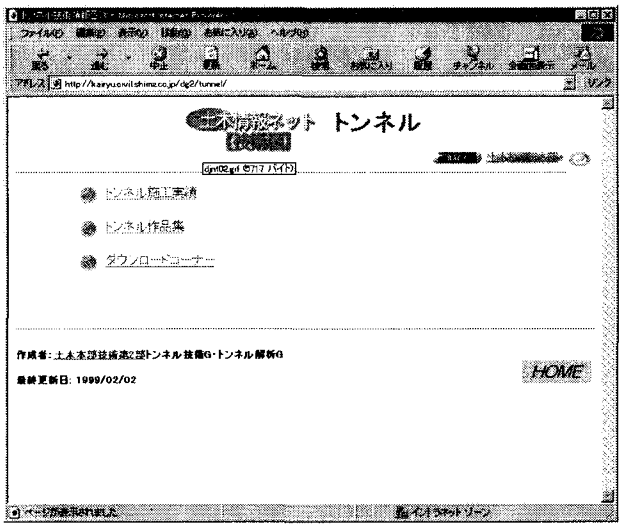
本ホームページによって，現場－支店－本社と物理的距離の離れたところで，同時に閲覧できる長所がある．



図－5　切羽画像処理システムの作業フロー

トンネル情報の新しい伝達方法として，各現場においてホームページを新たに開設し，トンネル情報の共有化を図れることは意義深い．ホームページは，社内のイントラネットに接続してあり，社内の部署・現場であれば，簡単に見ることができる．

ホームページの入り口としては，図－6に示す社内担当部署におけるホームページから入り込めるようにしてある．



図－6 所属におけるホームページ入り口

図－7に，蟹沢トンネル（長野県）の事例におけるタイトルと地質概要を示したものを示しておく．

現場のホームページは，①工事概要，②現場位置図，③施工概要，④工事進捗，⑤標準断面図，⑥地質概要，⑦主要機械一覧表，⑧配員紹介，⑨現場情況写真等からなる．

3．システムの運用と今後の展開

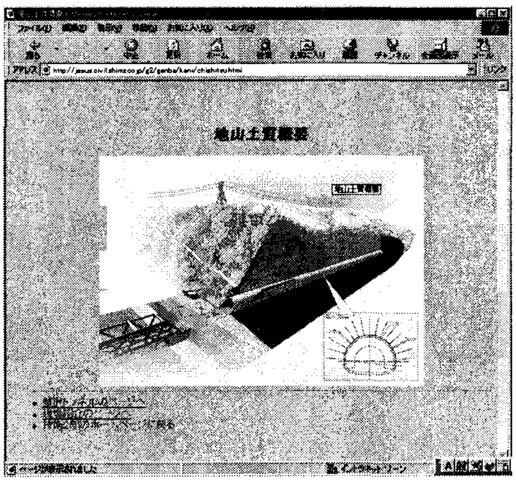
（1）システムの運用

作成した技術報告書を次の機会にフィードバックするために，作成した文書は電子データの形で保存し，データベースとして蓄積する．今後，デジタル化された文書の蓄積が増加すれば，タイトルやキーワードによる検索だけでなく，報告書内の単語すべてがキーワードとなる全文書検索ができ，既存のシステムより優れたデータベースとなるであろう．

基本的に，ここで蓄積されるデータベースは，各自がｗｅｂ上からダウンロードでき，電子データで保管されているものについては，再利用可能となる．

（1）全体のタイトル

（2）土質概要



図－7 蟹沢トンネルにおけるホームページ

これまで作成したデータベース，現場での提出書類，現場進捗状況等を参考にトンネル施工マニュアルを駆使あるいは，社内のイントラネットや社外のインターネットからデータを得ることにより，最新のデータに更新した報告書を作成し，時代のニーズにあった報告書を作成することができる．

（2）システムに必要な付加機能

本システムにおいては，システムの基礎が完成した段階であり，常にデータの追加･更新が求められるという点で，常時改良を加えなければならない．今後の運用にあたっては，下記の付加機能をつけた上で，データの蓄積を行っていく必要があろう．

① イントラネットを駆使して，双方向の通信ができるとともに，本社－現場－得意先の間で情報が同一性を持って行われなくてはならない．

② 現場の作業量減少があくまでも目的であり，デジ

タル化・単純化により，これまでの煩雑な作業が省力化される必要がある．

③ 今後は，各機関がデータベース化しているであろうデータを取り込むとともに，リンク先をはって有効的に活用していく必要があろう．

④ 作業所間コミュニケーションの手段として電子黒板上で，意見を交換できる場を設ける必要がある．

⑤ トンネル経験者によるフィードバック機能をつけ，担当－上職者というラインだけで，報告書が作成されるのでなく，現場で指揮をとる経験豊富な所長の意見も取り入れることができるシステムにしていく必要がある．

今後のあるべき現場および内勤部署と得意先との関連を，図－8 に示しておく．

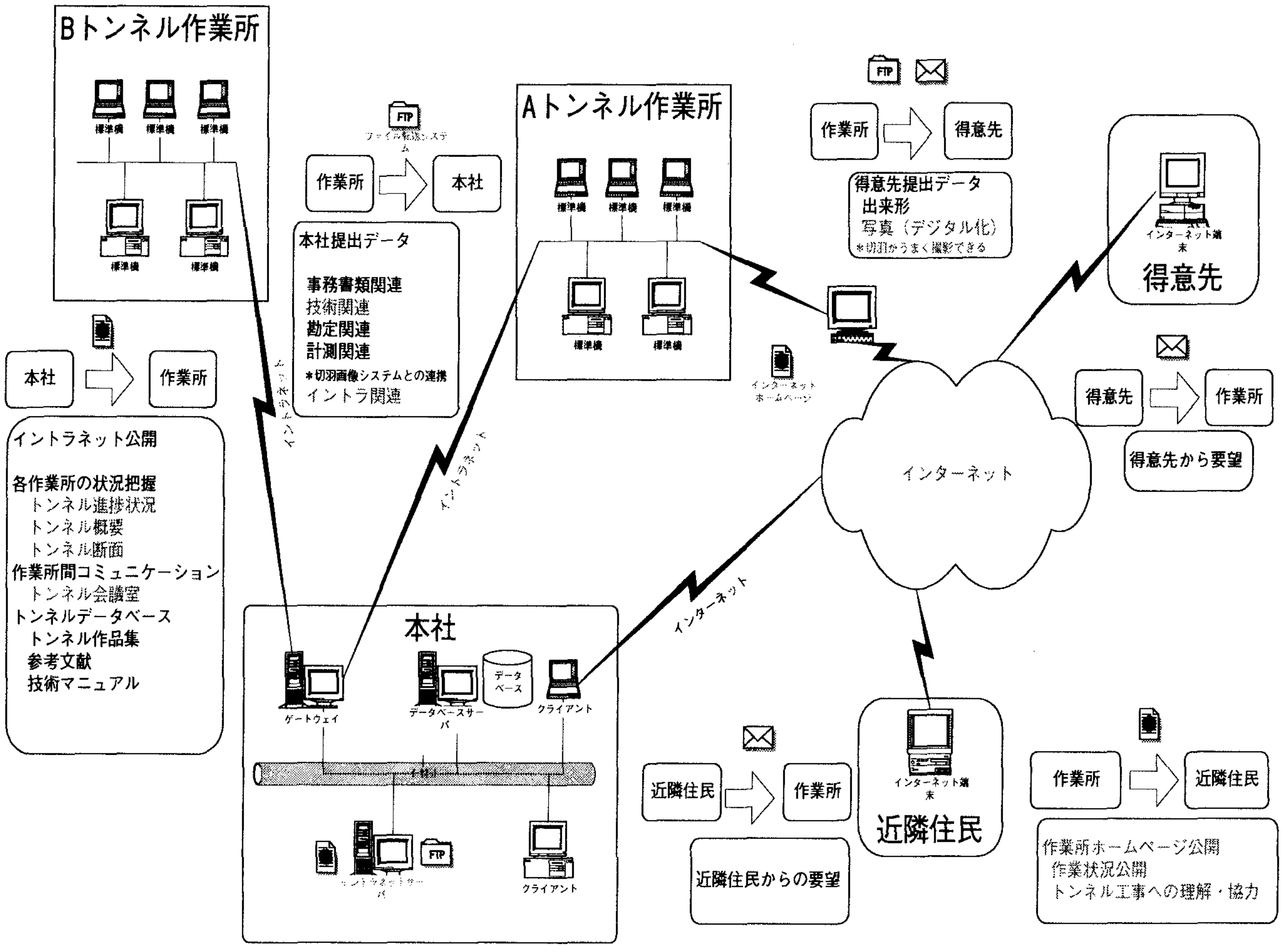
（3） 今後の課題

今後の課題として，以下のことがあげられる．

① トンネル施工マニュアルには，トンネルの施工に関連する基本的な技術情報，ノウハウが網羅的に掲載されていることが望ましい．そのためには，トンネル技術の進展にあわせ，適宜，最新技術を盛り込んでいけるようなフォローアップの体制づくりが課題となる．

② トンネル施工実績において，技術情報支援システム [4]や個別の勘定システムとは別途にしてあるため，メンテナンスしなければならない文書が複数存在するなどメンテナンスの作業に問題がある．

③ トンネル全般に対するシステムとする場合，各報告書発行機関や発注者の発行する図書等が文書情報から電子情報に切り替わる必要がある．



図－8　今後のトンネル施工マネジメントシステムのしくみ

④ 雇用環境が流動化する中，情報の流出対策・機密保持等に十分注意が必要となる．

⑤ 外部からの情報ツール内への侵入を防止する．ハッカーによる情報消去等バックアップ体制を十分にしておく必要がある．

（4） 今後の展開にあたって

本システムにおいては，技術文献や現場データをデータベース化し，情報の共有化・迅速化を図ることにより，作業の効率化や信頼性の向上を目指すシステムを構築してきた．今後は，社内向けである本システムをベースとして，一般的なトンネル施工支援全般に使えるシステムとして展開されるのが望ましい．そのために，施工技術支援データベースが具備すべき条件として，下記の条件があげられる．

① 単なる教科書的知識でなく，経験者のノウハウが集約されたものであること

② トンネルに特化したあらゆる情報が集められ，様々な角度からの分析ができること

③ 情報が，個人的意見に片寄ることなくトンネルに関する中立的なデータであること

④ 新たな知見や新工法について，常にデータベースが更新される環境であること

また，システム開発の留意点としては，

① データベース検索にあたっては，EXCEL に付加された検索機能を用いたが，新たに構築する際には，検索に優れたソフトを適用すべきであろう．

② データは生き物であるという認識のもとに，常にデータの更新･追加ができる体制を整えておく必要がある．

③ 公的発注機関・研究機関・協会・ｺﾝｻﾙ・ｾﾞﾈｺﾝ等が分け隔てなく，アクセスできる環境を作る．

④ インターネット上でデータの取り出しのみならず，双方向での通信が可能となる必要がある．

4．おわりに

以上のことから，これまでトンネルに関して漠然と行われてきたことが，イントラネットを駆使することで，より多くの情報をもとに物理的および時間的距離を気にすることなく，総合的な判断からより良い報告書を作成し，情報管理するシステムを確立することができたといえる．

報告書の作成にあたって，最終的に技術報告書の柱となるべき最終工法選択，判断の部分には，作成者である人間の考察，コメントが必要であり，エキスパートとしての技術者が最終的に手を加えなくてはならない．本システムによって得られた情報を駆使することによって，経験のみにたよってきたこれまでのあり方を変えることができ，新しくトンネルに接触する人にも比較的スムーズに入り込むことができる．また，本システムは，技術の未熟な人間のみならず，経験が豊富と思われる人にとっても，思い込みの排除や知識の再確認，新しい技術の紹介といった点で大変有効なシステムと考えられる．

参考文献

1) 長峯 洋：WWW技術を用いた工事情報の整備と活用，土木学会第５２回年次学術講演会，Ⅵ－５６，pp.112-113，1997.9

2) 清水建設：SHIMIZU FILING SYSTEM <明日の文書情報管理をめざして>，清水建設 総務部，1991.5

3) （社）日本トンネル技術協会：トンネル年報’９８ 平成九年度のトンネル工事一覧表，（社）日本トンネル技術協会，1998.

4) 福田隆，江渕正喜：技術情報支援システムの開発と運用，第14回建設マネジメント問題に関する研究発表･討論会講演集，Ⅲ－４，pp.175-182，1996.12

Development and application of tunnel construction management system

The objective of this study is the establishment of a tunnel construction management system applicable to mountain tunnels, aimed at an increase in efficiency of tunnel construction support. To that end, a tunnel construction support tool consisting of document retrieval system and other systems was developed. Based on these systems, an ideal form of new tunnel information network was studied, and the effectiveness of the tunneling support system was verified through its application in the actual construction of a mountain tunnel.