

トンネル施工計画支援システム

フジタ工業(株) 奥 田 勉
安 武 実
上 博 一
他 田 文 孝
○三 嶋 全 弘

1. はじめに

現在、CADシステムは製造業の広い分野に普及し、生産性向上の手段として利用されるようになっている。

建設業界では、設計業務の増大、構造物の大型化、複雑化、また計画業務の増大など種々の理由により、CADの必要性が増しており、多くの企業でCADの導入、推進が行われている。

本報告では土木のさまざまな工種の中でも、特にその業務において試行錯誤的要素が多く、その上専門家の知識を必要とするトンネル設計、施工計画にCADを適用した例として、そのシステムの概要と機能を述べる。

2. システムの概要

本システムの開発は、トンネル技術者の専門的な知識を反映した施工計画を立案すると同時に、トンネルの各種図面、数量計算書、施工計画書、仮設備計画書を作成する目的を持って行った。

本システムは、図-1 トンネルCADシステム概念図に示されるように、6つのサブシステムより構成される。

なお、設計、施工計画を行うときの規準となる官庁は建設省、日本道路公団、農林水産省であり、それに弊社独自の基準も含まれる。

対象範囲は、工法として小断面の水路トンネルは在来工法、道路トンネル等はNATMとした。また掘削方式として発破方式、機械方式を、ずりの搬出方法としてはタイヤ方式とレール方式、及び導坑などの比較的径の小さいトンネル用として、ロードホールダンプ方式なども取り入れている。

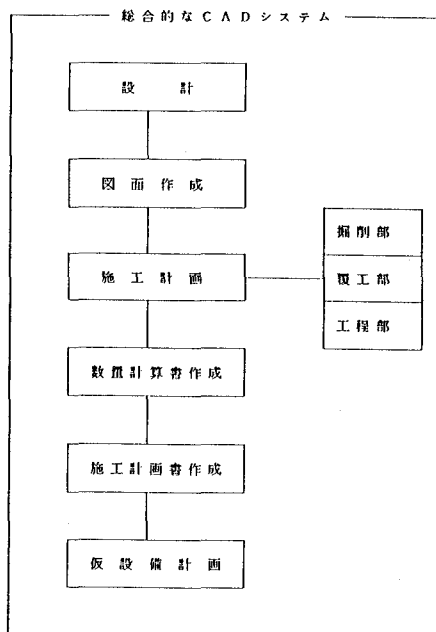


図-1 トンネルCADシステム概念図

3. 各サブシステムの機能

3. 1 設計サブシステム

トンネル規格、地山等級、及びトンネル断面形状等の決定を行う。この際、岩種・弾性波速度・RQD等の入力により、各種規準を適用した形で地山等級を決定することも可能である。また、その他の入力データの決定に際しても、規準値が存在するものについては、データ入力位置にその値を表示し、システム利用者の負担軽減を図っている。

3. 2 図面作成サブシステム

設計サブシステムで入力したデータを使って以下の各種図面を一括自動作成する。

- ①覆工断面図
 - ②鋼製支保工図
 - ③ロックボルト・ファパイル配置図
 - ④施工機械配置図
 - ⑤各種詳細図
- (出力例)

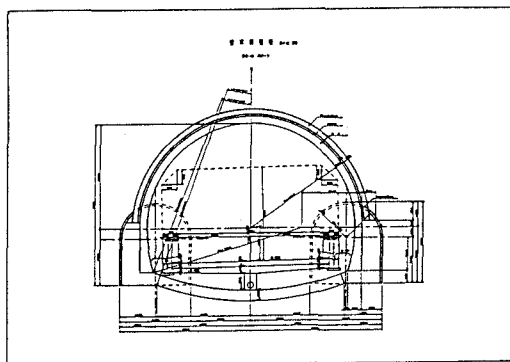


図-2 標準断面図

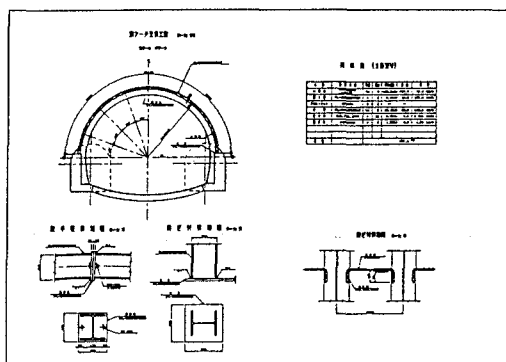


図-3 鋼製支保工図及び詳細図

3. 3 施工計画サブシステム

一般にトンネルの施工計画は、幾種類もの計画案の比較として捉えることができる。その比較項目としては、以下の3点がある。

- ①トンネルという限られた空間で、実際の施工が可能かどうかの検討
- ②工期的に間に合うかどうかの検討
- ③経済性の検討

本システムでは、以上の検討が画面と対話的に、また視覚的にできるように配慮した。

具体例には①の施工性については、170機のトンネル関係施工機械の規格値、能力値データを整備したファイルを用意し、施工条件に適合する候補機械を自動選定する機能をもたせた。また、作業空間等のチェックについては弊社で作成した施工機械の正面図、側面図ライブラリを利用して、ディスプレイ装置上で実際にトンネル断面図に施工機械を配置して検討できる機能をもたせた。

上半穿孔機械の候補		現支保タイプ				
(選定基準は穿孔機自体の大きさ、穿孔範囲)		施工基盤～天端=5.7(m) D1				
		赤色の機械はガイド長に問題有り)				
機械番号	機械名	機械本体		施工範囲MAX		ガイド長 (m)
		幅 (m)	高さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	
7101	全油圧式27"×400mm×27" (700750)	2.3	2.6	9.1	6.0	6.1
7102	全油圧式27"×400mm×27" (700775)	2.0	2.7	9.6	6.2	5.8
7103	全油圧式27"×400mm×27" (7007100A)	2.4	2.7	8.3	6.4	6.5
7104	全油圧式37"×400mm×27" (7007100A)	2.8	4.3	11.3	10.4	6.6
7105	27"×400mm×27" (70072370)	2.3	3.1	9.7	6.3	5.9
7106	27"×400mm×27" (700723500)	2.0	3.2	10.0	6.0	5.9
7109	全油圧式27"×400mm×27" (7007100A)	2.4	2.8	8.2	6.7	6.5
7110	27"×400mm×27" (700723500)	2.5	2.5	12.4	7.5	5.9
7111	37"×400mm×27" (700723500)	2.5	3.0	12.4	7.8	5.9
7107	全油圧式27"×400mm×27" (700775)	2.0	2.7	9.6	6.2	5.8
7108	全油圧式27"×400mm×27" (7007135)	2.5	2.8	12.5	8.0	6.2
7112	全油圧式37"×400mm×27" (7007135)	3.0	3.4	14.8	10.4	6.2

後の処理でPRINT-OUTすることは可能です。
読み終わったら改行KEYを11して下さい。

図-4 候補機械が表示された画面

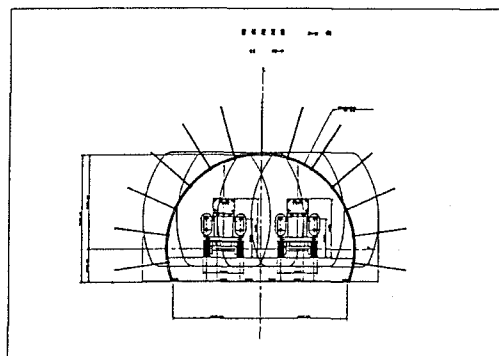


図-5 施工機械配置図

②、③の工期及び経済性の検討に対しては、施工機械の能力値及び設計部分で計算された諸数量が反映され、また計画者の経験値が入力できる形で、サイクルタイムが計算でき、その月進量等が工程に反映される機能をもたせてある。

施工計画サブシステムは掘削、二次覆工、工程の3つの部分で構成される。以下にそれぞれの機能を述べる。

1) 掘削部

- ①穿孔、積み込み、運搬、吹き付けの各工種について、工法、方式の指定と施工機械の選定
- ②サイクルタイムの計算
- ③ダンプ台数の計算
- ④火薬使用量の計算

2) 二次覆工部

- ①覆工コンクリート打設機械の選定
- ②コンクリート打設能力の計算
- ③覆工コンクリート打設サイクルタイムの計算

3) 工程部

工程の検討、工程図の作成

3. 4 数量計算書作成サブシステム

数量計算書作成サブシステムでは、全体総括数量及び単位m当たり断面数量計算書を作成する。トンネルの断面は上半、下半、インバートという施工区分があり、その区分ごとに数量を算出する必要がある。その上、トンネル自体の形状が曲線である為、各種数量計算には多大な労力を費やしていた。また、施工機械の大きさ、施工数量、工程等の相互の関係で、トンネルの上下半境界盤の変更ということも多くみられ、数量計算業務はトンネル技術者にとっては、はなはだ過酷な業務となっていた。本サブシステムは、施工計画サブシステムと関係がとれており、施工条件変更に対しても柔軟に対応することができる。

(数量計算書出力例)

セグメント	延長	全断面		上半		下半(大背)		インバート		パイロット		小計	備考
		M当り	数量	M当り	数量	M当り	数量	M当り	数量	M当り	数量		
	(M)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	(M³)	
B	75.0			52,809	3,960.7	18,498	1,387.3					5,348.0	
C I	155.0			53,179	8,242.7	18,562	2,877.1					11,119.8	
C I-L	20.0			73,435	1,468.7	23,050	461.0					1,929.7	
C II	130.0			53,179	6,913.3	18,562	2,413.1					9,326.4	
C II-L	20.0			73,435	1,468.7	23,050	461.0					1,929.7	
D I	50.0			54,108	2,705.4	18,725	936.3					3,641.7	
D II	200.0			55,989	11,197.8	18,837	3,767.4	10,695	2,139.0			17,104.2	
D III b	100.0			48,965	4,896.5	12,420	1,242.0	4,822	482.2	26,899	2,689.9	9,310.6	
合計	750.0		0.0		40,853.8		13,545.2		2,621.2		2,689.9	59,710.1	

図-6 掘削土量総括表

3. 5 施工計画書作成サブシステム

総頁数200～300頁の計画書を一括印刷する。図-7にその出力例を示す。

このサブシステムの機能の特徴は、

- ①文章と同時に説明図も含んでいること。
- ②前述の各サブシステムで検討、決定された内容がこの計画書の文章及び説明図に反映できること。
- ③出力ファイルを市販汎用ワープロに出力していること。
- ④したがって支店、作業所においても文章、説明図の編集作業が可能であること。

3. 6 仮設備計画サブシステム

当サブシステムでは以下の7つの機能に対応できる。

①給水設備

使用水量の検討及び給水設備機械の決定

②排水設備

排水量の検討及び排水設備の決定

③濁水処理設備

排水量の検討及び濁水処理設備の決定

④給気設備

給気量の検討及び給気設備の決定

⑤換気設備

必要換気量の検討及び換気設備の決定

⑥坑外設備

揚荷・充電設備の決定

⑦電力設備

受変電設備の検討及び契約電力・幹線サイズの決定

4. システム構成

本システムのハードウェア構成を図-8に示す。

本体は16ビットパソコン、補助記録装置は40MBのハードディスク、プリンター、A0版プロッター、タブレット、プログラム鍵盤機構から構成されている。

一方、ソフトウェア構成は、MS-DOS、MICRO-CADAM、MICRO-CADAM用図形インターフェース、同プロッターサポート、パーソナルエディター、一太郎、花子より構成されている。

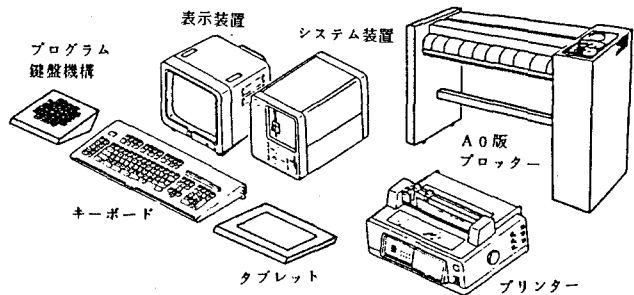


図-8 ハードウェア構成

5. あとがき

本システムのコンピュータ利用の基本的な考え方は、設計、施工計画などの技術的、経験的判断の必要なところを技術者がCADシステムと対話的に検討を行い、決定した後の大量の各種図面及び数量計算書、施工計画書を一括自動出力するということである。

前述したように、計画段階におけるトライアル作業は検討結果がすぐに画面上で視覚的にチェックできる為、技術的評価、判断が正確に効率よく行える。また、大量の出力成果品が自動的に一括処理される為、大幅な省力化となる。

本システムではトンネル専門家の知識、経験をシステム化し、コンピュータ利用による設計、計画業務の品質の向上と作業の省力化を図ったわけであるが、今後トンネル以外の工種についても、このような基本方針に沿った形で総合的なCADシステムとして取り組んでいきたいと考えている。

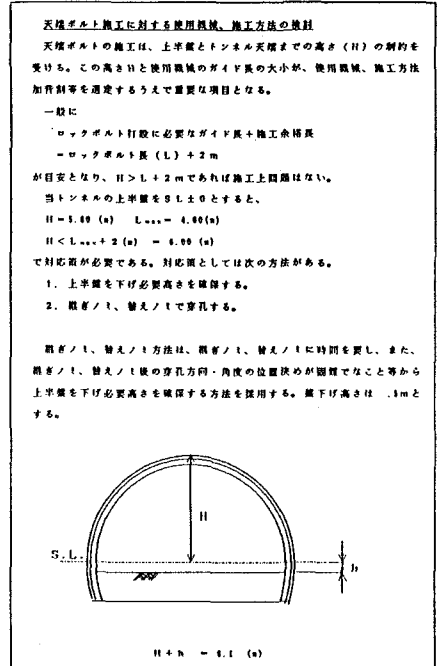


図-7 施工計画書出力例