

Tunneling and Underground Space Technology Jan 2012

Hard-rock LHD cost estimation using single and multiple regressions based on principal component analysis
主成分分析に基づく単回帰および重回帰分析を用いたロードホールダンプの費用予測

ロードホールダンプは、鉱山または硬岩地山のトンネルにおいて、ずりの積み込みや運搬に欠かせない機械であり、計画段階にてこの機械に要するコストを精度よく予測することは重要である。本文では初期コストおよび運用コストのコスト種別、ディーゼルか電気かの動力種別に分けて、ロードホールダンプに要するコストの予測式を単回帰および重回帰分析をもとに構築した結果を紹介する。

単回帰分析ではバケット容積 (BC) に対して、重回帰分析ではバケット容積 (BC)、車両全幅 (OW)、車両全高 (OH)、馬力 (HP) の 4 変数からそれぞれコスト予測式を作成した。なお重回帰分析を行うにあたり、主成分分析を実施して相関行列の PC 値を選定し、これを重回帰分析における独立変数として用いることで、上記 4 変数を用いたコスト予測式を構築した。

$\text{LHD}_{\text{diesel}} \text{Capital Cost} = 332670 \times \text{BC}^{0.586}$ $\text{LHD}_{\text{diesel}} \text{Operating Cost} = 36.19 \times \text{BC}^{0.638}$ $\text{LHD}_{\text{electric}} \text{Capital Cost} = 400060 \times \text{BC}^{0.484}$ $\text{LHD}_{\text{electric}} \text{Operating Cost} = 43.32 \times \text{BC}^{0.503}$	$\text{LHD}_{\text{diesel}} \text{Capital Cost} = 72417.6 \times \text{BC} - 76992.4 \times \text{OW} - 290683$ $\quad \times \text{OH} + 2856 \times \text{HP} + 711670$ $\text{LHD}_{\text{diesel}} \text{Operating Cost} = 7.939 \times \text{BC} - 3.606 \times \text{OW}$ $\quad - 20.653 \times \text{OH} + 0.2995 \times \text{HP}$ $\quad + 51.723$ $\text{LHD}_{\text{electric}} \text{Capital Cost} = 38150.7 \times \text{BC} + 128092.1 \times \text{OW}$ $\quad + 376946.9 \times \text{OH} + 1214 \times \text{HP}$ $\quad - 593310$ $\text{LHD}_{\text{electric}} \text{Operating Cost} = 4.247 \times \text{BC} + 14.26 \times \text{OW}$ $\quad + 376946.9 \times \text{OH} + 41.97 \times \text{HP}$ $\quad - 66.79$
---	--

単回帰分析のコスト予測式

重回帰分析のコスト予測式

表.1 運用コスト予測のための回帰係数

Cost items		Bucket capacity	Overall width	Overall height	HP	Intercept
<i>Diesel</i> Overhaul	Parts	0.455898	1.893403	3.686007	0.011268	-7.01104
	Labor	0.600886	2.495554	4.858253	0.014851	-9.24448
Maintenance	Parts	0.847422	3.519448	6.851531	0.020944	-13.0585
	Labor	1.116283	4.636065	9.025319	0.027589	-17.1794
Fuel/power		0.001862	0.001921	0.006911	0.067662	-0.01714
Lubrication		0.458414	-0.44745	-1.74747	0.017966	4.236468
Tires		0.282226	1.172121	2.281843	0.006975	-4.18899
Ware parts		0.083239	0.345703	0.673002	0.002057	0.149536
<i>Electric</i> Overhaul	Parts	0.484701	1.627398	4.789075	0.015424	-7.54138
	Labor	0.638482	2.143721	6.308499	0.020317	-9.92655
Maintenance	Parts	0.899788	3.021062	8.890322	0.028632	-13.99124
	Labor	1.18607	3.982262	11.71892	0.037742	-18.44537
Fuel/power		7.33E-05	0.008286	0.008893	0.0443	-0.02132
Lubrication		0.217752	0.731107	2.151486	0.006929	-3.38131
Tires		-0.4456	-0.17465	-7.06685	0.072266	12.43615
Ware parts		0.101841	0.341933	1.006233	0.003241	-0.36288

単位は US \$

Input to the application of the convergence confinement method with time-dependent material behaviour of the support

支保挙動の時間依存性を考慮した CCM 法の応用

CCM 法は地下構造物設計の初期段階にて、GCC(地山特性曲線)、SCC (支保特性曲線)、LDP(軸方向変位特性)から、必要となる支保仕様を求める方法である(図-1)。

それぞれの曲線が解析上の仮定に基づき設定され、また仮定に応じて各種曲線が事実上異なることから、CCM の利用にあたっては注意が必要であり、CCM を正しく利用するためには、CCM の概念やトンネルの崩壊過程を理解することが重要となる。

図-2 は解析における解法の違いが切羽離れ-トンネル変位関係に与える影響を調べたものであるが、解法の違いによりトンネル変位が異なることが分かる。このため支保設置の効果をどのように見積るかは、解法に依存することを認識する必要がある。

図-3 は吹付けコンクリートの降伏を考慮した SCC (支保特性曲線)と吹付けコンクリート剛性の時間依存特性を考慮した SCC を CCM に当てはめた例を示している。この図から吹付けコンクリートの初期の強度発現を正確に模擬することが CCM を利用する上で重要であることが理解できる。

図-4 はロックボルトの結合力の増加を考慮した CCM の事例を示している。同図からロックボルト打設に伴う地山強度の増加により、GCC(地山特性曲線)も変化することが理解できる。

本文では異なる理論に基づいて求められる曲線を CCM 法に適用する場合の留意点を示したが、さらなる考察が必要と考える。

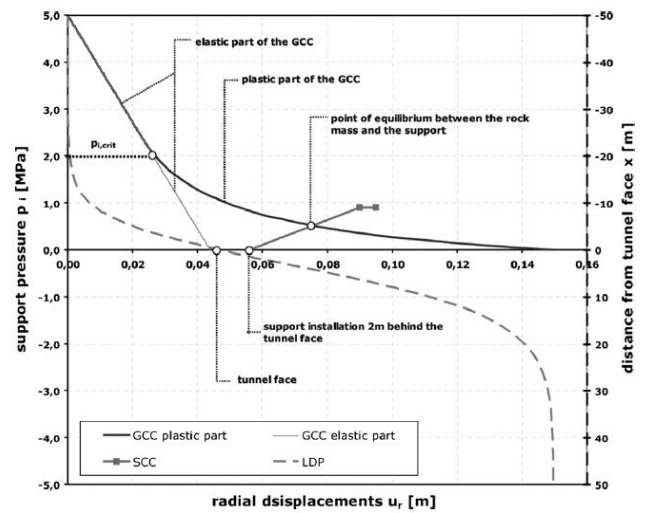


図-1 CCM 法 の 概 念

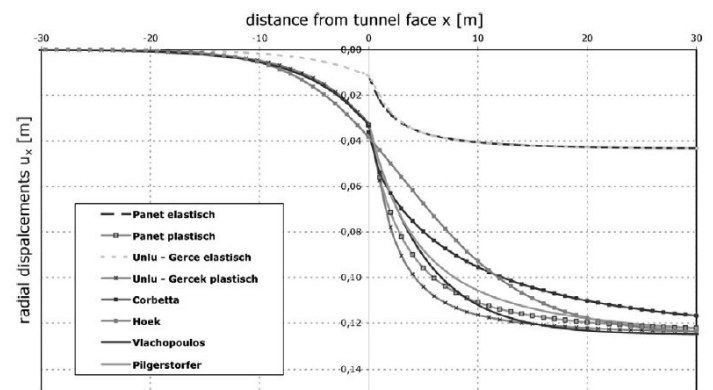


図-2 解析における解法と切羽離れ-トンネル変位

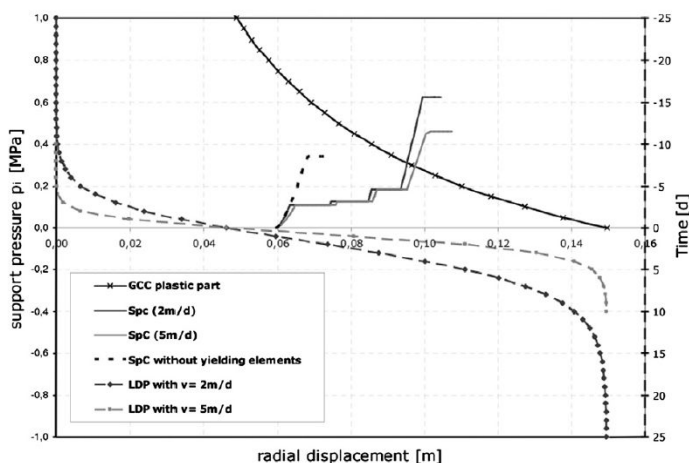


図-3 吹付けコンクリート剛性の時間依存性を考慮した支保特性曲線の CCM への適用

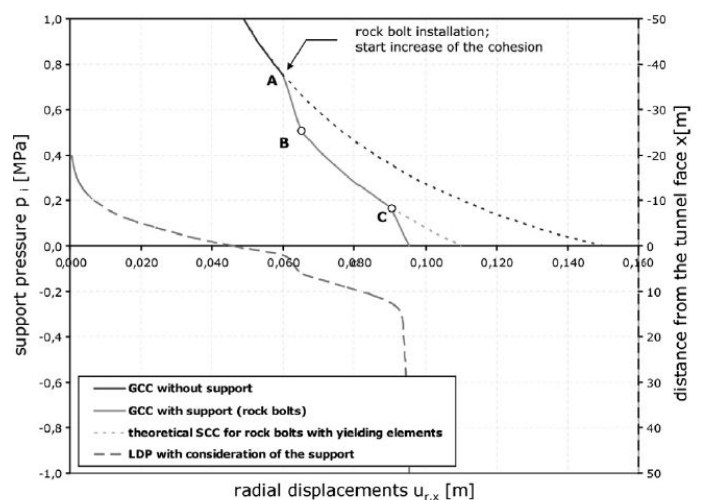


図-4 ロックボルトの結合力増加を考慮したの CCM 事例

長大トンネルにおける交通制御方策に関するシミュレーション

全長 12.9km の長大トンネルである雪山隧道の開通後に台北から宜蘭間の交通需要が飛躍的に増加しており、このトンネルで交通渋滞や事故・火災等が発生することを想定した効率的な交通制御方策が求められている。

本研究では、現在利用可能な交通制御方法（ランプメータリング、路肩の交通解放、情報掲示板を利用したリアルタイムの情報提供など）をベースとした各種の交通制御方策の有効性を評価することを目的として交通流シミュレーションを実施した結果を示す。なおシミュレーションにあたっては考慮すべき道路ネットワークが図-1 に示すとおり広範囲にわたり、かつ道路の渋滞状況や交通制御に応じてドライバーのルート選択を変更する事象を模擬する必要があったため、DynaTAIWAN というシミュレーションコードを用いて、出発前の交通状況から時刻に依存した OD 表を作成して交通流をシミュレートするフェーズと各種の交通制御手法による交通流動の変化を考慮した修正 OD 表を作成するフェーズの 2 層に分け、それらを連動させたシミュレーションを行うことにより、有効な交通制御方策を探ることとした。

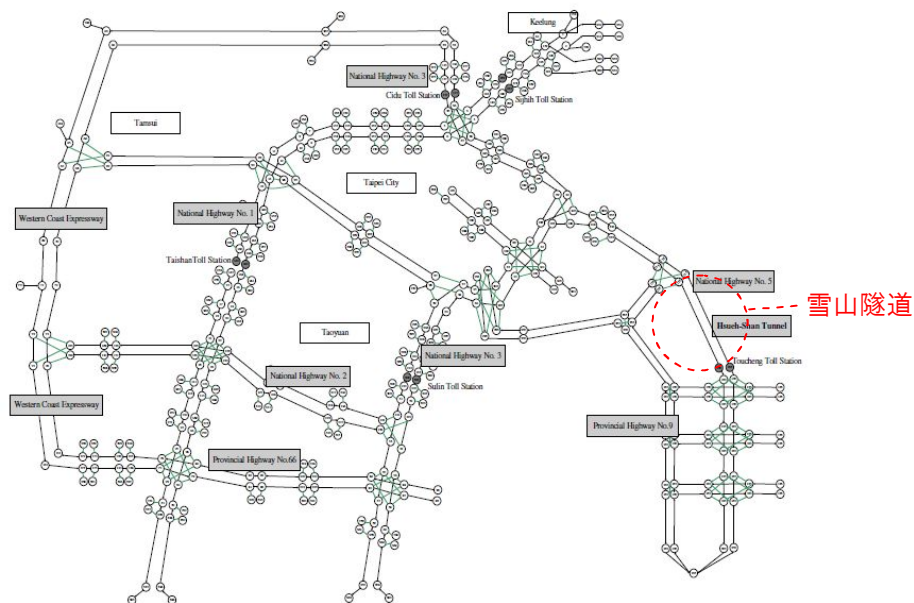


図-1 交通流シミュレーションのネットワーク図

この結果、単独の方策としてはランプメータリング (Strategy1) が事故発生時における円滑な交通流の維持に効果の高い方策となった。一方でネットワーク上で代替ルートが十分に表現できなかったことから、リアルタイムの情報提供に関する効果は明らかにならなかった。

表-1 交通流シミュレーションによる交通制御方策の比較
(渋滞長/交通密度/平均旅行速度)

A summary of simulation results.

Scenario	Average queue length (PCU/Interval)	Standard deviation of queue length	Average density (PCU/km)	Standard deviation of density	Average speed (kph)	Standard deviation of speed
No Incident	0	0	5.44	4.16	62.06	1.15
Incident	34.26	29.63	18.59	12.92	51.93	10.60
Traffic Management Strategies						
Strategy 1: ramp control	28.63	26.21	15.36	11.08	53.70	9.56
Strategy 2: shoulder-lane open	31.85	31.19	17.19	13.07	52.78	11.10
Strategy 3: Variable Message Sign (VMS)	30.20	27.52	16.79	11.90	53.22	9.92
Strategy 4: Ramp Control + VMS	31.88	28.77	17.40	12.57	52.67	10.34
Strategy 5: Ramp Control + shoulder-lane Open	28.68	27.04	15.91	11.68	53.72	9.86
Strategy 6: VMS + shoulder-lane Open	34.00	32.39	18.09	13.51	52.12	11.46
Strategy 7: Ramp Control + VMS + shoulder-lane Open	28.00	29.19	15.71	12.47	53.97	10.45

ANN and ANFIS performance prediction models for hydraulic impact hammers

人工ニューラルネットワークと適応ニューロファジー推論システムを用いた油圧インパクトハンマーの性能予測モデル

油圧インパクトハンマーとは切削に適した地質を経済的に掘削することができる機械である。しかし岩盤性状と機械特性とを関連付ける掘削性能予測方法に関する文献はほとんど存在しないが、トンネル掘削の際にはこれら機械の性能を正確に予測することが必要となる場合があり、性能予測が十分でないとコストの増大にもつながる。

本文では人工ニューラルネットワーク(ANN)と適応ニューロファジー推論システム(ANFIS)を用いてインパクトハンマーの正味の破壊率について、スタンプールのメロトンネルプロジェクトで得られたデータを用いて検討を行った結果を示す。なおこれら2種の手法による予測モデルは重回帰分析に基づく予測手法と比較した。検討の結果、シュミットハンマーの計測値(SHRH)とRQD値を用いることにより、より正確で信頼性の高い予測を行えることが判明した。