

土木, 特にアスファルト舗装における熱画像解析の応用

APPLICATION OF INFRARED SENSING ANALYSIS FOR CIVIL ENGINEERING

森吉昭博*

By Akihiro MORIYOSHI

This paper describes the infrared sensing analysis of asphaltic mixture and asphaltic pavement and presents the various application of infrared sensing analysis for civil engineering. In this study, it is concluded that surface temperature of asphaltic pavement depend upon the load of vehicle, materials of pavement components, climate of region and structure of pavement.

Keywords: infrared sensing analysis, surface temperature, asphaltic mixture, asphaltic pavement, civil engineering

1. ま え が き

土木構造物や土木施工機械は厳しい自然環境の中で、環境の変化に対応する材料で造られ、その材料は鋼、コンクリート、土およびアスファルトが主体となって単独または複合材で構成されている。土木材料は比熱、熱伝導率、表面放射率、などの違いにより、表面からその材料に応じた熱放射をする。化学プラント、電子産業、自動車産業等は比較的簡易な熱画像撮影カメラで熱画像を撮影し、この熱画像解析を利用する手法(以下これを簡易な熱画像の方法という)を材料や工場の熱管理やエネルギー節約のために用いている^{1),2)}。舗装や土木施工機械ではエネルギー節約や混合物の締め固め向上のために温度計測はスポット的にかつ瞬間的に行われていた³⁾。このため従来の方法は測定点が特異点かどうかの判定をすることが難しく、情報も局部的で得られる情報量も少なく、かつ土木構造物や材料の内部の状態を把握することが困難であった。最近熱画像撮影カメラを用いて土木構造物や土木施工機械で使用される材料について二次元的かつ時系列的に材料の特性を把握しようとする動きがみられるようになった^{4),5)}。従来から人工衛星や飛行機

によるリモートセンシング技術はこれと同様の性質を利用して、国土のさまざまな情報を得ているが、この航空機等を用いる方法は大気の補正等が必要で装置が大がかりで測定に膨大な費用を要していた⁶⁾。これに対して簡易な熱画像の方法は土木構造物に対して非接触で間接的に時系列でかつ幅が1 mm以下で長さが20~30 cmのようなクラックから幅が2~3 cmで長さが数 kmにもわたるクラックに至るまでさまざまな状態が現地で観察ができ、構造物の表面温度分布からただちに構造物の内部の状態も推定が可能である。このためこの簡易な熱画像の方法は人工衛星からの情報と異なり直接構造物の材料の性質が把握でき、そのデータを肉眼でも観察できるため現場の状況を直ちに構造物の維持や施工管理に反映できる。またこの簡易な熱画像の方法は道路構造物の一部であるトンネル、橋梁等のような長い構造物でもこのカメラを車上に搭載することにより車を移動しながら短時間にこれらの構造物の診断が交通規制なしで可能であり、道路の陥没についても同様の診断が可能と思われる⁹⁾。著者はこの簡易な熱画像の方法が表-1に示すごとく土木のさまざまな構造物に対して利用可能であると考え、その一部について測定を実施した。アスファルト舗装のこの種の研究はアスファルト混合物の作成時から混合、転圧、供用時、維持補修時に至るまで温度にして300°C

* 正会員 工博 北海道大学助教授 工学部土木工学科
(〒060 札幌市北区北13西8)

表一 土木で考えられる熱画像解析の応用例

舗装	高温領域	骨材およびアスファルトの加熱	ドライヤーの性能、骨材の水分含有量、プラント全体の温度管理、アスファルト加熱タンク、廃水温度、フィルターバックの点検
		混合物の混合	ドライヤーの性能、ミキサーの性能
		運搬	機の有無、ダンプの保温、到着時の混合物の温度
		敷均し	フィニッシャーの保温、タンパーの加熱、スクリードの冷却、混合物敷均し時の温度分布、路盤温度
		転圧	ローラの加熱、ローラ転圧時の舗装温度(ローラ種別)、目地部温度、混合物の冷却状況
		舗装のヒータ加熱	適正温度、局部加熱、加熱冷却特性
		局部的補修	混合物の温度、転圧後の冷却特性、鉄筋配置、シール効果、補修部の温度
	常温領域	車両走行	走行部の軌跡および温度上昇、停止部および曲線部の舗装温度、橋梁部の舗装温度、タイヤの温度
		日射	舗装の加熱冷却特性、白線部の温度、すべりとの部の温度分布
		ヒーティング	効率、温度分布と舗装厚、断熱、断熱材の効果
低温領域	橋梁部	舗装の温度分布、ジョイント部	亀裂、樹部の温度、切削時の温度
	舗装	舗装	亀裂部の空洞、幅、摩耗部
	樹部	樹部の温度、スパイクタイヤによる舗装の温度、タイヤの温度、凍上部、路肩部の温度、除雪後の舗装温度、白線の摩耗、断熱材の効果、マンホール付近、雨水	樹の凍結
	雪、水	雪、水	温度分布、融雪剤の効果、タイヤによる融雪、信号機の温度分布
	トンネル	坑門部	コンクリートの亀裂、漏水と凍結、裏込め効果
		側壁部	空洞、断熱材の効果、鉄筋の位置、排水溝の凍結
		頂部	裏込め効果
	のり面	舗装	ヒーティング効果、湧水溝
		モルタル部	空洞、亀裂
	橋梁	橋脚部	コンクリートの亀裂、打撃
	床板	杭の温度	
		コンクリートの亀裂、ヒーティング効果、鉄筋の溶接	
		グーアスファルトによる熱ひずみ、塗装の剝離	
		リベット、溶接箇所の熱変化	
ダム	堤体部	コンクリート部の老朽、亀裂、マスコンクリートの温度上昇	
	水面	水の熱応力推定、水の亀裂	
		水温分布(取水制御)、水質管理	
火力発電		冷却水、熱管理	
原子力発電		冷却水、放水温度(温度管理)	
河川	堤防	漏水、湿潤箇所調査	
	流れ	表面温度分布(流速分布、流砂量分布)	
流雪溝		雪混入水の温度(投入量制限)	
石油備蓄		鋼板の溶接、鋼板のひずみ	
融雪機		水温、コンクリート部材の温度	
鉄道	軌道	レールの溶接、架線のスパーク、ブレーキ温度、雪や水の付着、融雪、ポイントのヒータ、寒冷地用車両、通過時のレールの温度	

から-40°C程度まで幅広い温度領域が対象となると考えられる。トンネル、ダム、河川、発電所等は対象となる構造物の温度幅が常温領域から低温領域と比較的狭いものの、このような構造物は構造物の安全性の面から熱画像解析を行う研究が望まれていると考えられる。また土木施工機械は除雪車のように-20°C以下からアスファルト舗装施工機械のように150°C以上の温度にさらされるため施工機械にもいろいろな温度トラブルが生じる。このような土木分野はこの簡易な熱画像の方法の応用が望まれる。本研究はアスファルト舗装で特に低温領域の亀裂箇所の特定化およびその損傷の程度ならびにホイールトラッキング試験におけるアスファルト混合物の供試体の走行車両による温度上昇について検討した結果のみについて報告する。

2. 測定法および測定箇所

使用した3種類の熱画像撮影カメラの主な仕様は表-2のとおりである。

野外の測定はワゴン車の内部から熱画像撮影カメラを手持ちの状態では約15 km/hの速度で走行しながら、走行車線のほぼ一車線分を水平方向から約30度下に向けて撮影し、器械本体の過度の冷却を避けながら行った。測定箇所は北海道縦貫自動車道千歳~苫小牧間とし、測定は外気温がいずれも-5°Cのときで舗装路面上に雪のない状態で行った。北海道縦貫自動車道の測定箇所は寒冷期に熱応力により生ずるアスファルト舗装の横断亀裂現象が著しい区間である。熱画像解析は撮影した熱画像をビデオテープに撮りこの画像のデータを用いて行った。そのとき舗装表面温度は熱画像収録時にアスファルト舗装の放射率は1.0の一定値とし、この値から求めたので数値は絶対温度ではなく相対温度と考えた⁷⁾。舗装の表面温度は接触型の温度計で確認したところこの相対温度とほぼ対応していることが確認されている。

実験室の温度測定はホイールトラッキング試験中にアスファルト混合物の供試体の表面を熱画像撮影カメラで水平方向から約45度下に向けて行った。実験は

表-2 熱画像撮影カメラの主な性状

	インフラ メトリックス(株)	日本電気 三栄(株)	日本アビオ ニクス(株)
測定温度範囲(°C)	-20~1300	-20~1600	-40~200
測定可能最小温度差(°C)	0.1	0.1	0.1
全面走行時間(sec)	1/60	2	1/20
赤外線波長域(μ)	8~12	3.5~5.6	3~5.4
赤外線検出器	HgCdTe	I-Ss	I-Ss
定数線(本)	200	330	60
表示画素数(本)	256x200	512x240	256x120

測定は実験室と野外の両方で行った。

密粒度アスファルトコンクリート(バインダー量5.8%)タイプの混合物を用いた。アスファルト混合物の混合はアスファルトの粘度が2ポアズ(0.2 Ns/m²)の温度のときとし、転圧はこれをアスファルトの粘度が30ポアズ(3 Ns/m²)の温度のとき30×30×5 cmの鋼製型枠の中に投入し、ローラーコンパクタを用い、線圧18 kgf/cm (176.4 N/cm)で24回行った。その後ホイールトラッキング試験はこの供試体を用いて45°Cの部屋の中で接地圧5.5 kgf/cm² (0.54 MPa)、トラッキング速度42回/分の状態で行った。このとき供試体内部の温度計測は埋め込まれた熱電対で行うとともに、供試体表面の温度は熱画像撮影カメラを用いて計測した⁸⁾。

3. 結果および考察

(1) 低温時の舗装表面の温度分布

表-3は赤外線放射温度計で撮影した画面の中央部水平線上の舗装表面温度をほぼ2秒ごとに平均し、この温度を一画面の平均温度とし、この操作を繰り返し数百mごとにほぼ同一時間に撮影した結果を区間の平均温度とした。撮影にあたり横断亀裂の多少等により区間を分け、日射の影響は十分考慮した。アスファルト舗装の表層材は密粒度アスファルトコンクリートで粒度、アスファルト量とも全区間ほぼ同一である。表面の温度がこのような異なるのは同一路線でも切土区間、盛土区間があるだけでなく地下水位の高さ、気象条件や使用してい

表-3 区間ごとの舗装表面の平均温度(°C)

区間長 (m)	平均温度 (°C)	亀裂本数 (本)
1000	1.3	9
900	1.3	0
800	-0.3	0
900	-0.1	0
700	-2.3	7

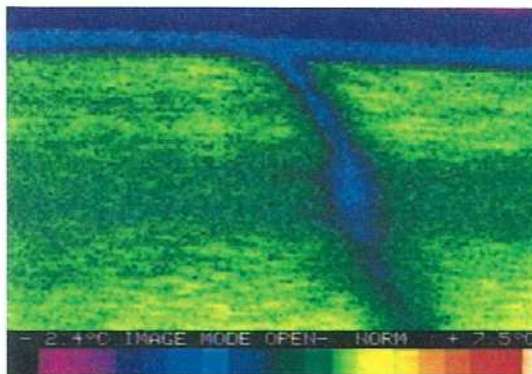


写真-1 横断亀裂部付近の温度分布

る材料の熱的性状等が微妙に異なるためと思われる。アスファルト舗装の横断亀裂現象は舗装温度が2~3°C異なるだけでも破壊形態が異なることが知られているので、このような区間温度の差はこの現象に大きな影響を与えていると考えられる。

写真-1は横断亀裂部の温度分布を示す。この箇所は一般の舗装部と比較してこの場合2.5°C低くなっている。写真-1において目で観察される斜め方向に走る一様な亀裂幅(幅約1 cm)と赤外線放射温度計で測定された横方向にみえる白線(幅約15 cm)や斜め方向に走る亀裂部の低温帯(10~20 cm)から判断して亀裂部の低温の幅が異なるのは亀裂内部の状況等により、亀裂部の冷却特性が正常部と比較して異なるためと考えられる⁹⁾。

(2) アスファルト混合物の供試体の温度測定

ホイールトラッキング試験中、アスファルト混合物の表面から深さ5 cmまでのすべての箇所の温度は時間経過とともに上昇する¹⁰⁾。これを熱画像撮影カメラで表面を撮影すると写真-2の結果が得られた。この画面の温度スケールは35.0から41.4°Cまで0.4°C刻みで16階調とした。

実験の初期の状態はアスファルト混合物の表面温度が同一なためすべて水色の約37°Cの一定値なのに対して、20分経過後ではタイヤ接地部分のみならず付近の混合物やソリッドタイヤまで温度が上昇している。ここで中央カーソルの交点の温度は38.4°Cで中央部水平線の温度分布は下部の折れ線グラフで示す。ここでは1目盛が1.6°Cであることから、特に供試体表面中央部が他の部分より20分経過で約2°C程度高くなっていることがわかる。供試体中央部表面の温度を接触型の表面温度計で測定した結果もこの結果と対応することが確認されている。夏期においても特に車両走行軌跡部付近の舗装表面温度の上昇が著しい。このようなアスファルト舗装の表面温度の上昇はアスファルト舗装の波うちやわ

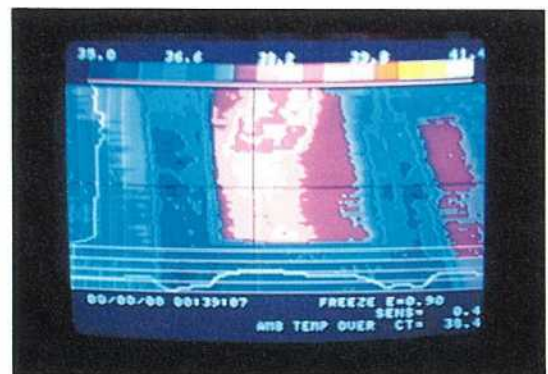


写真-2 ホイールトラッキング試験の温度分布(20分後)

だち掘れ現象と密接な関係があると思われる。この実験でソリッドタイヤの幅が5 cm にもかかわらずタイヤ付近の供試体の温度が上昇するのは繰り返し荷重によりアスファルト混合物が粘弾性体のため応力-ひずみ曲線がヒステリシスループを描き、このループ内の面積相当のエネルギーが熱として外部に放散されること、またタイヤと供試体表面との摩擦熱が主な原因と思われる。

4. ま と め

以上で述べたことをまとめると次のようである。

(1) アスファルト舗装で赤外線放射温度計は低温の横断亀裂現象の評価から比較的高温領域の車両走行に伴う舗装の温度分布まで測定可能と思われる。

(2) 非接触の赤外線放射温度計は土木構造物の評価や診断に手軽に利用できるように思われる。

本研究は表-1 に示すような土木において簡易な熱画像の方法の応用例が数多く考えられるが、ここではごく一部の例を示したにすぎない。この研究は緒についたばかりなのでまだ十分とはいえない。特に常温以下の温度測定は機械の性能からカメラの角度、温度刻み、測定条件等考慮すべき点が多い。読者の皆様のご意見、ご叱責をいただければ幸いです。

アスファルト舗装の亀裂の幅、深さおよび亀裂内部の空洞の診断は現在低温のメタノールをアスファルト亀裂に注入し、熱画像撮影カメラで撮影することも考えている。この分野の研究がこれからますます盛んになることを希望します。

謝 辞：本研究は北海道クリアパルス（株）、日本電気三栄（株）札幌支店および日本アビオニクス（株）から熱画像撮影装置一式をお借りし、これらの器械を用

いて種々の対象物の熱分布を計測した。舗装表面の温度は測定するにあたり日本道路公団札幌建設局の方々に、一方熱画像解析においては本学電気工学科 深井一郎教授、榎戸武揚助教授に大変お世話になった。また河川、発電関係の応用例は本学土木工学科 長谷川和義博士の考えに沿ったものである。関係の皆様方にここに感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 日本写真測量学会編：熱赤外線リモートセンシングの技術と実際、鹿島出版会、1986年11月。
- 2) 渡辺比佐雄：赤外線放射を利用した測温装置の応用事例について、画像技術、1972年9月。
- 3) アスファルト舗装要綱：(社)日本道路協会。
- 4) 森吉昭博・深井一郎・榎戸武揚：アスファルト舗装の横断ひびわれ現象の温度解析、第17回日本道路会議一般論文集、pp.435~436、昭和62年。
- 5) 森吉昭博・深井一郎・榎戸武揚：低温時における赤外線放射温度計によるアスファルト舗装の温度計測、寒地技術シンポジウム'87講演論文集、pp.135~137、1987年11月。
- 6) P. Ruiz-Azuara : Detecting Hydrobiological Parameters with LANDSAT 3 Summer 1981 Data, The ERIM Nineteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, October 21-25, 1985.
- 7) 5) *ibid.*
- 8) 新田 登・森吉昭博・高橋 将：繰り返し走行荷重下におけるアスファルト混合物の温度変化、第17回日本道路会議一般論文集、pp.326~327、昭和62年。
- 9) 田代徹雄・日裏 徹・青柳志郎：赤外線熱画像装置を用いたシミュレーションによる建築物の熱的、構造的特性の解析システム、寒地技術シンポジウム'85講演論文集、pp.65~70、1985年11月。
- 10) 8) *ibid.*

(1989. 3. 31・受付)

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!

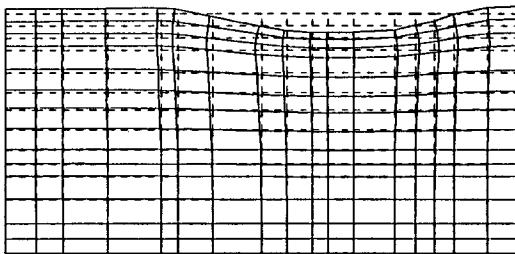
地盤の非定常圧密解析プログラム

Mr. 圧密

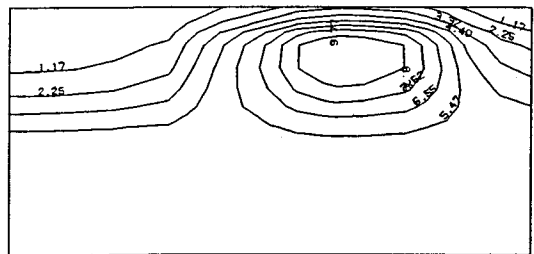
(特長)

- 非定常FEMによる線形弾性解析(christian系の解法)。
- 二次元平面歪解析。
- 要素として三角形・任意四角形が扱える。
- スケールングをしているので安定して解が求まる。
- リスタート機能の完備。
- 入力はわかりやすいコマンド形式を採用(フリーフォーマット)。
- 図化处理(プロッタ、画像出力)等、豊富な機能を持つポストプログラムを完備。
- ジェネレート機能(長方形要素)により簡単にモデル作成が可能。
- 大モデルはそのままCRCネットワークでも(ホスト処理)可能。

販売価格：60万円 機種：NEC PC9800シリーズ 他



変形図



過剰間隙水圧コンター図

※EWS、汎用機用の圧密解析プログラム(逆解析も可能)として"UNICON"も用意しております。

CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 遠藤・岩崎

UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

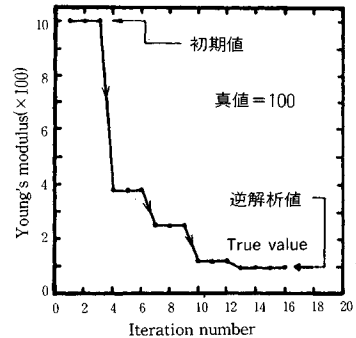
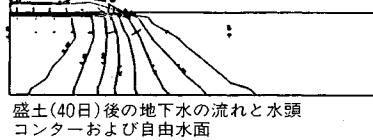
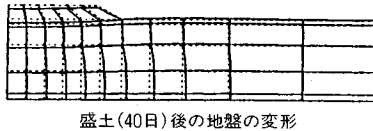
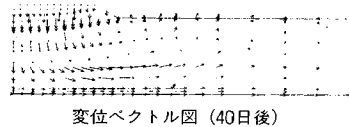
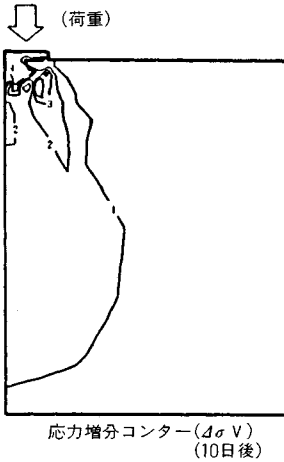
盛土・掘削

出力項目

- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭他
- 豊富な図化処理
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力コンター図、安全率コンター図、水頭コンター図、圧力水頭コンター図

プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)
弾塑性(ドラッカー・ブラガー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)
弾粘塑性(関口・太田モデル)



ヤング率と繰り返し回数の関係
逆解析によるパラメータの推定

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

IPA 情報処理振興事業協会
CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

問合せ先
大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 遠藤・岩崎

株式会社

ソフトウェア

クレイドル

販売ソフトウェア

STREAM
(3次元熱流体解析プログラム)

SCRYU
(一般座標系流体解析プログラム)

Pre-M
(3次元プリプロセッサ)

Atrac
(3次元ポストプロセッサ)

事業内容

科学技術計算関連ソフトウェアの開発受託および販売。 ●得意とする

会社概要

設立:1984年3月21日
資本金:1,050万円
代表者:加納利彦
事業所:本社/大阪
営業所/東京

分野

流体解析、熱解析、強度解析、CGなど

会社の特長

株ソフトウェアクレイドルは、数値解析を得意とする、ユニークなコンピュータ・エンジニア集団です。特に、1984年4月より販売を開始した流体解析プログラム「STREAM」は、多くのお客さまにご利用いただき、好評を博しています。小規模の企業ながら、自慢の技術力を活かし、これからもユーザーのニーズにフィットしたソフトウェア・パッケージを開発してまいります。

CRADLE



Q: あなたは……



流体解析、熱解析、CGなどに興味がある技術者!!

- 土日はスポーツで汗を流したくありませんか?
- 土日を家族と過ごしたくありませんか?
- 5時半には仕事を終わりたいと思いませんか?
- 仕事は楽しい仲間としたいと思いませんか?
- 思い切り好きな仕事をしたくありませんか?
- 自分の勉強になるような仕事をしたいと思いませんか?
- リッチな生活をしたくありませんか?

A: 右側記事をご検討ください。 →

【待遇】 高給優遇
完全週休二日制、有休、夏期休暇、博士、修士 熱烈歓迎!

【勤務地】 大阪

【連絡先】 本 社 〒532
大阪市淀川区西中島6丁目1-15
アセズ新大阪
電 話 (06)300-5641(代)
東京営業所 〒141
東京都品川区東五反田1-7-11
アイオス五反田アネックス
電 話 (03)440-8577(代)

CRADLE 株式会社 ソフトウェアクレイドル

STACC

(Shield Tunnel Analysis Program
by Characteristic Curve)

概要

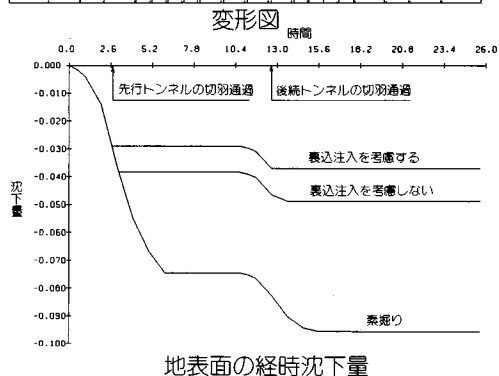
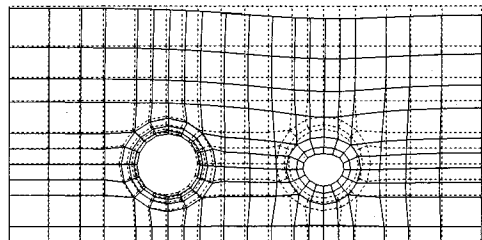
- ・ 二次元有限要素法解析と地表面沈下特性曲線を融合し、三次元的効果を考慮すると共に、各種施工条件をも考慮した地表面沈下量解析プログラム。

特長

- ・ 三次元的効果を、効率良く解析できる。
- ・ 粘弾性的な時間依存性地山が解析可能。
- ・ 施工による経時的な沈下量が解析可能。
- ・ 現場での施工条件が考慮できる。
 - ・ シールド掘進速度
 - ・ テールクリアランス
 - ・ 圧気圧
 - ・ セグメントの構築
- ・ 双設トンネルの施工手順
- ・ メッシュジェネレータ内蔵。

対応機種

- ・ 各種汎用機
- ・ 各種EWS



アイサワ工業(株)	新技術計画(株)	西日本旅客鉄道会社(JR西日本)
(株)青木建設	(株)新日本技術コンサルタント	西松建設(株)
(株)浅沼組	(株)録高組	日本鋼管(株)
(株)応用地学研究所	大成基礎設計(株)	日本交通技術(株)
大阪市交通局	(株)竹中土木	日本シールドエンジニアリング(株)
大阪ガス(株)	(株)地崎工業	日本スピードシニア(株)
(株)大林組	中央復建コンサルタント(株)	日本鉄道建設公団
(株)大本組	中電技術コンサルタント(株)	日本電信電話(株)(NTT)
(株)奥村組	通信土木コンサルタント(株)	(株)簡組
北星設計(株)	鉄道建設(株)	阪神高速道路公団
(株)熊谷組	鉄道総合技術研究所(JR総研)	パンフィックコンサルタント(株)
久保田建設(株)	東急建設(株)	東日本旅客鉄道会社(JR東日本)
(株)堀池組	東京ガス(株)	フジタ工業(株)
国際航業(株)	東建地盤調査(株)	不動建設(株)
五洋建設(株)	東電設計(株)	三井建設(株)
佐藤工業(株)	戸田建設(株)	村本建設(株)
四国電力(株)	飛島建設(株)	(株)森組
清水建設(株)		

シールドトンネル研究会参加メンバー

CRC センチュリリサー子センタ 株式会社

IPA 情報処理振興事業協会

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

問合せ先

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3

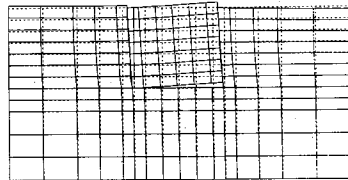
(06-241-4121) 営業担当: 遠藤・岩崎



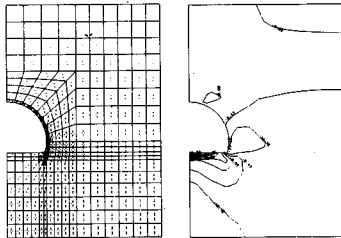
Mr. SOIL Version-2.0

＜機能＞

- ・弾性及び弾塑性解析が可能
- ・掘削機能、盛土機能がある。
- ・地盤の不連続性や、構造物との相互作用が扱える。
- ・三角形要素、四角形要素、梁・棒要素、joint要素の準備。
- ・大型モデルは、CRCネットワークでメインフレーム処理が可能。



不連続性を考慮した地盤と構造物の解析



トンネル掘削による応力ベクトル/コンター図

- ・地震荷重、分布荷重が扱える
- ・荷重の段階的載荷が可能。
- ・弾性解での安全率（モール・クーロン基準）評価。
- ・充実したグラフィック機能（変形図、応力ベクトル図、応力コンター図、拡大機能）

販売価格:64万円 機種:NEC PC-9801シリーズ, IBM5550
150万円 機種:SONY NEWS, DEC VAX, 他

MR. SOIL 納入実績表 127社 (平成元年2月1日現在)

(株)アースコンサルタント (株)葵エンジニアリング (株)荒谷建設コンサルタント 上山試験工業(株) (株)エイトコンサルタント (株)応用地学研究所 大阪大学 大阪市立工業研究所 (財)大阪土質試験所 大阪府立工業高等専門学校 岡山大学 (株)奥村組 技術研究所 奥村組土木興業(株) 小野田ケミコ(株) 小野田ケミコ(株) 鹿兒島大学 梶谷エンジニア(株) 鹿島建設(株) 技術研究所 金沢大学 川崎地質(株) 関西電力(株) 建設部 土木課 岩水開発(株) 関西航測(株) 九州産業大学 九州産業大学 九州大学 工学部 九州大学 九州電技開発(株) 京都市立伏見工業高等学校 京都大学 京都大学 京都大学	協和電設(株) 近畿実測(株) 近畿大学 近畿大学 (株)熊谷組 (株)熊谷組 技術研究所 (株)建設企画コンサルタント (株)建設工学研究所 神戸大学 神戸大学 神戸大学 興亜開発(株) 佐賀大学 佐伯建設工業(株) サンコーコンサルタント(株) (株)CIT構造技術研究所 鳥根大学 昭和地質情報リサーチ(株) (株)新日本技術コンサルタント 新日鉄(株) 新技術計画(株) 技術設計部 (株)住化土建設計 住友建設(株) 技術研究所 住友建設(株) (株)西播設計 促進工事(株) (株)第一コンサルタント 大成基礎設計(株) 大豊建設(株) 大豊建設(株) (株)ダイヤコンサルタント (株)高千穂設計コンサルタント	(株)タカラエンジニアリング (株)竹中工務店 技術研究所 玉野総合コンサルタント(株) (株)地崎工業 技術研究室 (株)地盤調査事務所 (株)中央設計技術研究所 中央復建コンサルタント(株) 通信土木コンサルタント(株) (株)テクノクス 東建地質調査(株) 東電設計(株) 東電設計(株) 東京地下工事(株) 東海大学 戸田建設(株) 土木工務技術室 西日本建設コンサルタント(株) (株)中堀ソイルコーナ 西松建設(株) 技術研究部 (株)日本基礎コンサルタント (株)中堀ソイルコーナ 西松建設(株) 技術研究部 (株)日本基礎コンサルタント 日本大学 日本大学 日本鋼管(株) 中央研究所 日本鋼管(株) 日本シールドエンジニアリング(株) 日本工営(株) 日本工営(株) 日本通信建設(株) 日鉄鉱山コンサルタント(株) 日本水工設計(株) 日本道路公団 試験所 (株)日本パブリックエンジニアリング (株)日建技術コンサルタント	八戸工業大学 土木工学科 (株)阪神コンサルタント 東日本旅客鉄道(株) ヒメノコンサルタント(株) 広瀬鋼材産業(株) 福井大学 (株)藤井基礎設計事務所 フジタ工業(株) フジタ工業(株) 藤原技術士事務所 不動建設(株) 不動建設(株) 北光ゾオリサーチ(株) 前田設計(株) 三井建設(株) 建築技術部 明治コンサルタント(株) メトロ設計(株) 山口大学 工学部 山口大学 工学部 山口大学 工学部 (株)四電技術コンサルタント りんかい建設(株) 和歌山工業高等専門学校 韓国 大林産業 韓国 三星建設 韓国 現代エンジニアリング 韓国 大韓コンサルタント 韓国 ソウル国立大学 オランダ デルフト大学
---	---	--	---

(あいうえお順 敬称略)

CRC meets Dr. Cundall



米国ITASCA社(ITASCA CONSULTING GROUP, INC.)と業務提携!!

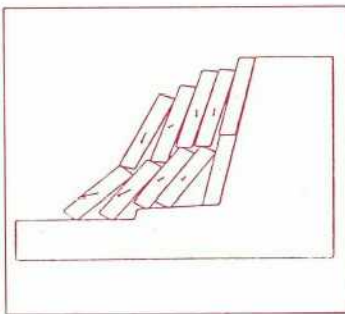
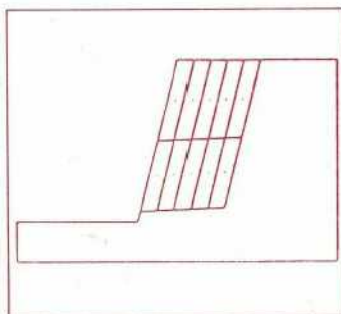
CRCは、皆様方の信頼を得て、多くの地盤、地下水解析ソフトウェアを提供してまいりましたが、このたび、米国ITASCA社(ミネソタ大学 教授 Dr. Peter Cundall)と業務提携を行ない、先進の個別要素法プログラムをご紹介させて頂けることとなりました。今後とも、常に優れたソフトウェアの提供に全力を傾けてまいりますので御期待下さい。

カンドールモデル個別要素法(DEM)プログラム

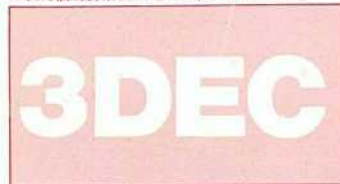
二次元個別要素法プログラム(ソースコード)



- 岩盤の転倒・滑落解析
- 岩盤の掘削解析
- 不連続性岩盤の安定解析
- 地震応答解析
- 浸透解析(UDEC)
- 熱解析(UDEC)
- 充実した三次元グラフィック表示
- 大型汎用プログラム



三次元個別要素法プログラム(ロードモジュール)

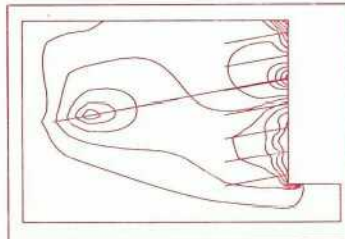


有限差分法 地盤解析プログラム



(ロードモジュール)

- パソコン用地盤の汎用解析コード
- 最大2000要素まで解析可能
- 弾性及び弾塑性解析
- 不連続面の取り扱いが可能
- メッシュジェネレート機能
- 図化出力機能



岩盤工学国際セミナー今秋開催決定! (日本・米国・共同)

今秋(平成元年11月)米国ミネソタ大学Dr. P. Cundallを招き、日本の岩盤工学の権威に参加いただき、岩盤工学国際セミナーを開催する運びとなりました。セミナーに於ては、同時に個別要素法(D.E.M.)プログラムのデモンストレーションをご覧いただけます。また、プログラムの販売も予定。

日：平成元年11月 於：東京 内容：岩盤工学セミナー・個別要素法 (詳しくは弊社担当まで)

CRC センチュリリサーチセンター 株式会社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
 (06-241-4121) 営業担当: 遠藤・岩崎