

投稿論文 (報告)

**TECHNICAL
REPORT**

裏込め砂利による小型U-トラフの凍上破壊対策

鈴木輝之*・上野邦行**・林 啓二***

既製品のコンクリート製小型U-トラフを、裏込め砂利の厚さを5段階に変えて試験設置した。このトラフについて、冬期間における周辺地盤の凍結状況、側壁に加わる凍結土圧、側壁間隔の縮み量などの測定を行った。本実験を通して、設置条件によっては凍結土圧あるいは縮み量を最小にする裏込め厚さが存在することなどが明らかとなり、裏込め厚さを合理的に決める方法が見出された。

Keywords: concrete U-trough, deformation, field test, frost heaving pressure, gravel backfill

1. ま え が き

最近の道路整備の進捗にともなって、排水側溝として大小の既製品コンクリートU製-トラフを用いることが多くなり、その凍上被害が見逃げせない問題となってきた。著者らの研究室では、JISA 5305に定められるコンクリート製U-トラフを大学構内に試験設置し、冬期間の地盤凍結にともなって発生する凍結土圧や変形などを調べる実験を昭和60年度から継続している。

これらの実験結果の一部をまとめた文献1)では、次のような内容を明らかにしている。

1) 地盤凍結にともなうコンクリート製U-トラフの破壊は、主として周辺地盤からの凍結土圧によって押し潰されることによる。

2) 設置条件によっては、発生する凍結土圧の大きさは、JISに定められる既製品トラフの破壊抵抗をはるかに越えたものとなる。

3) トラフ側壁への砂利による裏込めや、断熱材の設置による凍結土圧軽減対策の効果は明らかに認められる。

さらにこれらの結果を導く過程を通して、トラフが受ける凍結土圧や変形に関する一般的な性質はかなり明らかにすることができた。本研究は、最も一般的な対策工法と思われる砂利による裏込めを取り上げ、その効果を定量的に捕らえることによって設計に用い得るデータを得ようとするものである。このための実験として、文献1)の場合と同じ場所で砂利による裏込めの厚さを5段階に変えてトラフを試験設置し、冬期間におけるトラフ背面土の凍結状況、凍結土圧、変形、持ち上がりなどを

測定した。

一般に道路の排水側溝として用いられるトラフは、法尻に所定のステップをとって設置される場合が多い。本実験のトラフも同様の設置条件であるが、このような場合にはトラフ側壁に加わる凍結土圧あるいはトラフの変形が最小となるような裏込め砂利の厚さが存在することが分かった。またこのことは側壁背後への凍結線の入り方と裏込めの厚さとの関係などから説明できることを述べている。本報告中ではトラフの持ち上がりについても述べている。裏込めが厚いほど持ち上がりは小さくなるが、その厚さがある程度以上になると、持ち上がりの軽減効果は一定になる傾向が見られた。最後に、トラフ背面土中の凍結線の進入状況、凍結土圧、およびトラフの変形などに関する検討結果から、いくつかの前提条件を設定すればトラフの凍上被害対策として最適な裏込め砂利厚が決まることを示した。

1. 実 験

(1) 試験トラフの設置

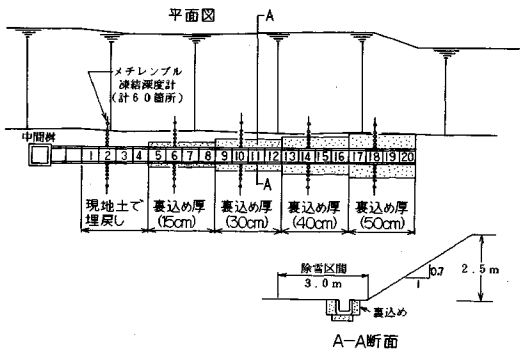
JISA 5305に定める呼び名450mmの鉄筋コンクリート製U-トラフ20個を試験設置し、平成元年11月から平成2年4月にかけて各種の測定を行った。

図-1に試験トラフの設置状況を示す。試験に供したトラフ、設置現場の状況および測定項目は文献1)の場合と同じである。設置現場は日当たりの良い南西向きの法面の下である。周辺地盤の土は火山灰質土であるが、トラフの凍上挙動に関連すると考えられる地表面付近の地盤は、法面の造成時に盛られた表土(現地土)と旧地山の土の2つの層からなっている。道路土工排水工指針に定められる凍上試験によれば、現地土および旧地山土ともに凍上性の土と判定されたが、特に旧地山土は凍上性の高い土であることが分かっている。また設置現場の地下水位は確認していないが、この近くにある取水井戸

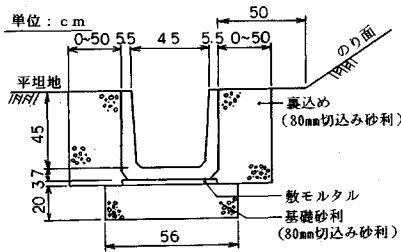
* 正会員 工博 北見工業大学助教授 土木工学科
(〒090 北見市公園町165)

** (株) 中神土木設計事務所

*** 北見工業大学大学院生



図一 試験トラフの設置状況



図二 試験トラフの設置定規

の工事記録によれば 19.6 m となっており、地盤凍上時における地下水面からの水分補給はないものと考えられる。

図二にトラフの設置定規を示す。設置した 20 個のトラフは 4 個づつの 5 つのスパンにわけ、スパン別に設置条件を現地土で埋戻した場合(無処理)、厚さ 15 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm の裏込めを設置した場合の 5 つとした。裏込め材料は最大粒径 80 mm の切込砂利であり、この材料の凍上試験は行っていないが、粒度配合からしても明らかに難凍上性と考えられる。

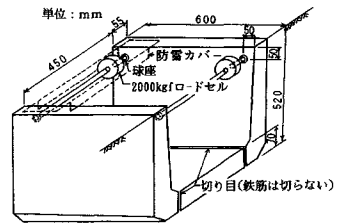
(2) 測定方法

a) 除雪

図一に示す範囲を常に除雪した。一般に水路として用いられるトラフは、厳寒期には積雪に覆われることが多く、この厚さがある程度以上になると、凍結線の進入は停滞したりさらに後退したりする²⁾。このように積雪の有無がトラフの凍上被害に強く関係することは明白であるが、積雪の時期やその厚さの推計も必要であり、その影響の評価はきわめて困難である。現時点では最も厳しい条件となる積雪ゼロの条件下でのトラフの挙動を明らかにしておき、積雪の影響については別途考慮していくという手法が適当と考えられる。なお、本実験のケースでは、法面上の雪は日射による融解が速く、厳寒期でも積雪ゼロとなるが多かった。

b) トラフ背面土中の凍結状況

図一に示すように、各設置スパン(設置条件)毎に



図三 凍結土圧の測定方法

1 個のトラフにおいて 12 本のメチレンブルー凍結深度計を配置し、この測定値から背面土中の凍結線の形状を求めた。なおトラフ底盤下の凍結深さは、10 cm 間隔で 50 cm の深さまで温度センサー(c-c 熱電対)を配置して測定した。一般に凍結深さは凍結前の地表面を基準にして表わすが、本実験ではトラフが周辺地盤と一緒に持ち上がるなどの理由から、凍上時の地表面からの深さで凍結深さを表している。

c) 側壁に加わる凍結土圧

凍結土圧は各スパン毎に 1 個のトラフについて、図三に示す方法で測定した。この方法は文献 1) の場合と同じである。図から分かるようにこの方法で測定される力は側壁に加わる凍結土圧の全てと断言することにならないが、本文中では図中のロードセルで測定された力をそのまま凍結土圧と見なしている。

d) トラフの変形

図三に示すようなロードセルを挟んでいないトラフでは、凍結土圧によって側壁の間隔が縮められる。本実験では側壁天端直下での側壁の内寸法をノギスによって 1 日に 1 回ずつ測定し、その変化量を“縮み量”と呼んでいる。

e) トラフの持ち上がり量

トラフの持ち上がりは、側壁天端面での持ち上がりをレベルによって 1 週間に 1 度測定した。この測定は法面側と平坦地側の両側壁天端で行い、その両者の平均値を持ち上がり量として用いた。

(3) 実験シーズンの気温および凍結深さ

図四に実験を行った平成元年 11 月から平成 2 年 4 月迄の日平均気温と凍結指数、および設置したトラフから 2 m 離れた平坦地での凍結深さと凍上量を示す。このシーズンにおける凍結指数は 607°C・days であった。地盤の継続的な凍結進行は 12 月上旬から始まり、凍上時の地表面を基準にして最大 72 cm まで達している。一方、地表面の凍上は凍結の進入と同時に始まり、最大 5.8 cm 生じている。従って最大凍結深さを凍結前の地表面を基準にして表せば、 $72 - 5.8 = 66.2$ cm になる。この凍結深さをトラフ周辺のような複雑な表面形状を持つ地盤の凍結深さに結びつけるのは簡単なことではないが、少なくともここでは平坦地の凍結深さがトラフの深

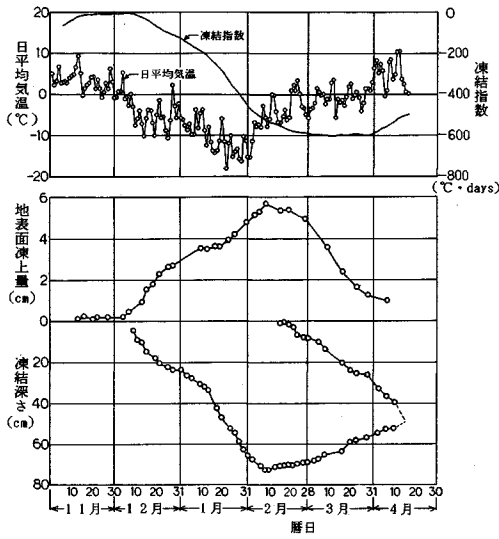
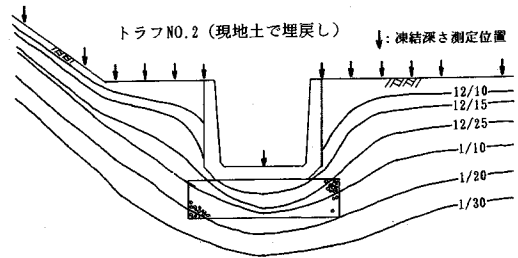
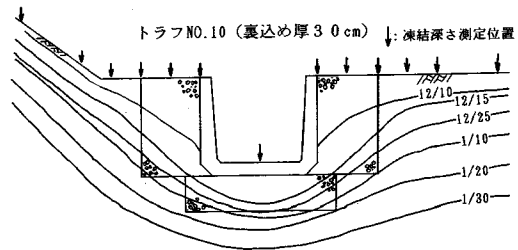


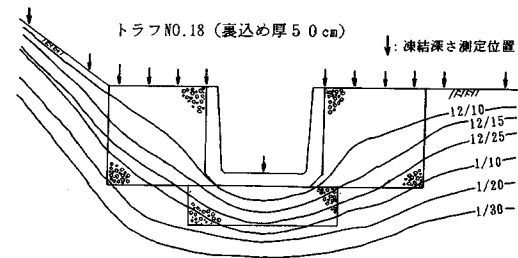
図-4 試験期間中の気温および平坦地の凍結状況



(a) 現地土で埋戻した場合



(b) 裏込め厚 30 cm の場合



(c) 裏込め厚 50 cm の場合

図-5 トラフ背面土中への凍結線の進入

さ (45 cm) より大きくなっていることは分かる。

3. 実験結果

(1) 背面土中への凍結線の進入状況

凍上力あるいは凍上変位は凍結線の付近で発生し、その方向は凍結線に垂直になる。構造物に加わる凍結土圧はこの凍上力が凍土を介して伝わってきたものと解釈することが出来る。従って、構造物の凍上対策を検討するためには、先ず凍結線の進入状況を明らかにしていく必要がある。

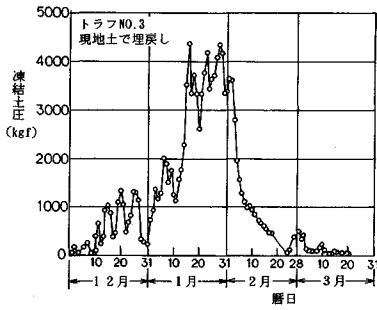
トラフ背面土中に配置した凍結深度計で測定された凍結線の進入状況を図-5に示す。凍結線は地表面の形状に支配されて傾いて入るため、凍結土圧にはトラフを押し潰すように働く水平方向成分と持ち上がるように働く垂直方向成分が現われることが分かる。

後述する側壁への凍結土圧が最大となる1月末には、凍結線はトラフや裏込め材よりも下に位置している。またこの段階では平坦地側の凍結線は水平に近くなっているのに対して、法面側の凍結線は法面の影響で傾いたままとまっている。このことは、大きな凍結土圧が法面側から加わっていることを示唆している。次に裏込めが凍結線の形状に与える影響を見る。裏込めに用いている砂利は普通の土より熱伝導率が高いので、裏込めを厚くする程凍結線は深くなる³⁾。この傾向は図-5からも明らかに認められる。特に法面側では、裏込めが厚い程凍結線の傾きが急になり、理論的にはトラフを押し潰すような凍結土圧が大きくなる傾向になっていることは注目すべきである。この点は凍結土圧や縮み量の実測値とともに後述する。

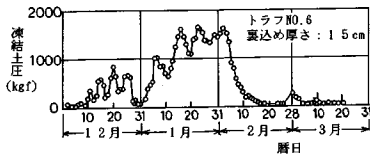
(2) 側壁に加わる凍結土圧

側壁に加わる凍結土圧は1日の間でも昼夜の気温変化に対応した形で大きく変化することが分かっている¹⁾。各設置条件毎に1日の間での凍結土圧の最大値をプロットしたのが図-6である。凍結土圧は、図-4に示す平坦地での継続的な凍結進入が始まるのと同時期の12月上旬に発生し始め、1月下旬に最大になっている。その後、2月上旬にかけて凍結土圧は急速に低下していくが、この時期には地盤の凍結進入や凍上はまだ収まっていない。これは2月上旬になれば比較的高い気温が現われるようになり、凍土のクリープによる応力緩和が進むためと思われる。このような暖気による応力緩和の影響は、シーズン途中であっても、例えば12月30日前後に見られるように一時的な凍上力低下の形で現われている。

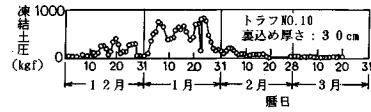
以上のようなシーズンを通しての凍結土圧の発生パターンは裏込めの状態にかかわらず同じであるが、凍上力の大きさは裏込め厚さが30 cmの時に最も小さくなっている。この結果は、凍結土圧を軽減させるうえで最も効果的な裏込め厚さの存在を示唆するものであり注



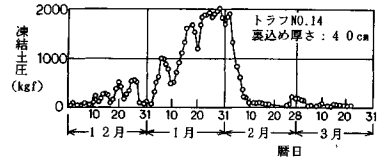
(a) 現地土で埋戻した場合



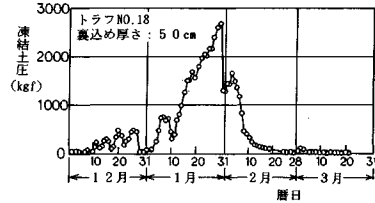
(b) 裏込め厚 15 cm の場合



(c) 裏込め厚 30 cm の場合

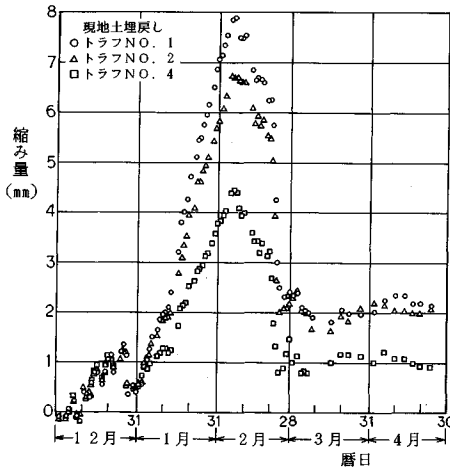


(d) 裏込め厚 40 cm の場合

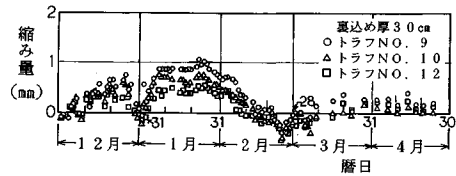


(e) 裏込め厚 50 cm の場合

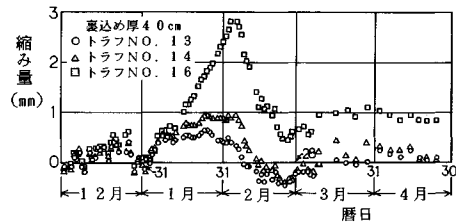
図-6 側壁に加わる凍結土圧の推移



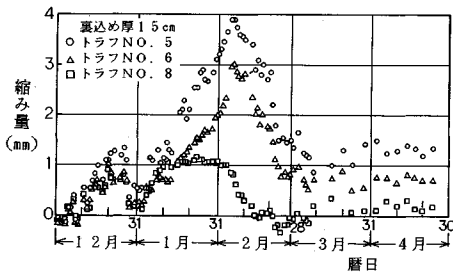
(a) 現地土で埋戻した場合



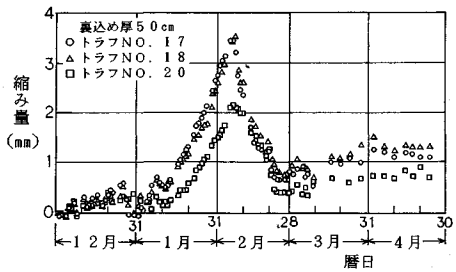
(c) 裏込め厚 30 cm の場合



(d) 裏込め厚 40 cm の場合



(b) 裏込め厚 15 cm の場合



(e) 裏込め厚 50 cm の場合

図-7 側壁上端部での縮み量の推移

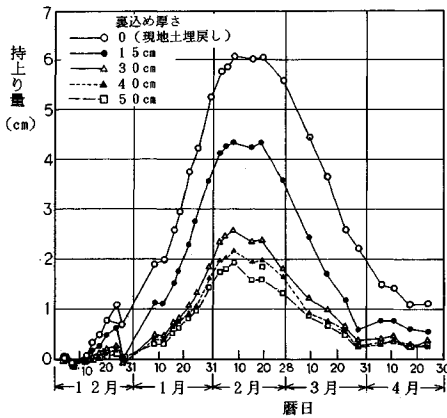


図-8 トラフ持ち上がり量の推移

目すべきところである。

(3) トラフ縮み量

側壁上端にロードセルを挟んでいないトラフでは、背面上で凍上が起ると側壁間隔に縮みが発生する。側壁上端におけるこの縮み量を1日に1回ずつノギスによって測定した結果を図-7に示す。トラフの縮みは、凍結土圧と同様に12月上旬から始まっている。また、縮みが最大になるのは2月上旬で、図-4から分かるように凍上量が最大になる時期と一致している。すなわち凍結面での凍上が発生している間はトラフの縮みが進行すると考えられる。この傾向は、凍上発生が収まっても1月下旬頃になると、一時的な暖気によって応力緩和が生じ始める凍結土圧とは異なっている。

以上のように発生したトラフの縮みは、2月上旬から2月下旬にかけて戻っていき、最終的に一部の残留縮みを残して落ち着く。また前出の図-4から周辺地盤中の凍結が完全に消失するのは4月の中旬と推定されるが、トラフの凍結土圧や縮みが収まるのはこれよりもかなり早い時期であることが分かる。

図-7では各設置条件毎に3個ずつのデータを示しているが、かなりのバラツキが認められる。これは各設置スパン毎に裏込めの厚さを正確にとっても、背面全体は連続しているために、互いに隣接したスパンの間で影響を及ぼし合った結果と思われる。しかし、図-7全体で見れば、トラフの縮み量は、図-6の凍結土圧の場合と同様に裏込め厚さが30 cmの時に最も小さくなっていることが分かる。

(4) トラフの持ち上がり

図-8にレベルで測定したトラフの持ち上がり量の推移を示している。なお、各々の曲線は3個のトラフの平均値である。トラフの持ち上がりは、12月上旬から始まり、2月の中旬にピークとなり、さらに周辺地盤中の凍土がなくなる4月中旬迄にはほとんど元のレベルに

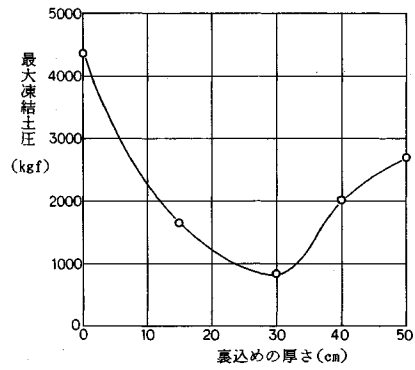


図-9 裏込め厚さと最大凍結土圧の関係

戻っている。この持ち上がりの発生パターンは図-7に示すトラフ縮みのそれとほぼ同じである。前述のように、トラフの縮みと持ち上がりは各々独立した現象ではなく、凍上変位に水平成分と垂直成分が現われることによるのであるから、両者の発生パターンが類似するのは当然と言える。ただし、持ち上がりが最終レベルに落ち着く時期は、縮みが戻る時期より少し遅れているが、これはトラフ底盤下の凍土の消失が遅れることの影響によると思われる。

4. 考 察

(1) 凍結土圧および変形における裏込め厚さの影響

図-9はシーズンを通して測定された凍結土圧の最大値と裏込め厚さの関係を示す。裏込め厚さゼロ、すなわち現地土で埋め戻したトラフでは最大4350 kgfの凍結土圧が測定された。これを側壁の断面積で割ると1.6 kgf/cm²になる。前述のように、本実験では側壁に加わる凍結土圧の一部は底盤で支えられることになるので、側壁に加わる凍結土圧の正確な値は求め得ないが、少なくとも測定された値より大きなものであることは確かである。実際の構造物に加わる凍結土圧を実測した例は非常に少ないが、一例として森井⁴⁾らは高さ1.5 mの大型水路の側壁において最大5 tonf/m² (0.5 kgf/cm²)、また榎戸⁵⁾は種々の粒度の土を用いた室内実験で1.04~3.72 kgf/cm²の凍結土圧を測定している。さらに、木下⁶⁾は種々の土の凍上力を測定する室内実験を行い、砂質ロームで凍上変位を完全に押さえた時の凍上力として2.25~3.95 kgf/cm²の値を測定している。凍上力を支配する因子はきわめて複雑であるから、測定条件の異なるこれらの結果と図-9の本実験の結果との直接的な比較は無理であろうが、ほぼ類似の結果と見ることは出来る。

次に、凍結土圧および縮み量に対する裏込め厚さの影響について検討する。図-9によれば、裏込め厚さが30 cmの時に最大凍結土圧が840 kgfと最も小さくなり、

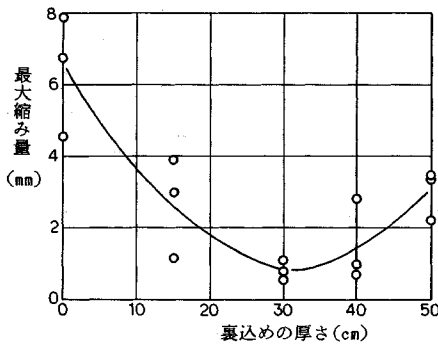


図-10 裏込め厚さと最大縮み量の関係

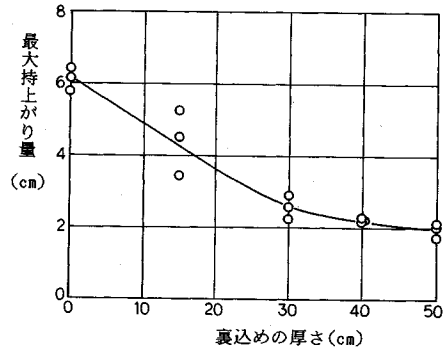


図-11 裏込め厚さと最大持ち上がり量の関係

裏込めのない場合の 4 350 kgf に比べて 1/5 程度になっている。一方、図-10 は、図-7 におけるトラフ縮み量のシーズンを通しての最大値（最大縮み量）と裏込め厚さの関係を示す。図-10 から、最大縮み量もそれを拘束したときに加わる凍結土圧（図-9）と同様に裏込め厚さが 30 cm のときに最小となり、現地土で埋め戻した場合の 1/6 程度になっている。すなわち、側壁に加わる凍結土圧から見ても、縮み量から見ても、裏込め砂利の効果は厚さが 30 cm のときに最も顕著になっていると言える。直観的には、凍結土圧、縮み量ともに裏込めを厚くする程小さくなると思われるところであるが、なぜ図-9 あるいは図-10 のような結果になったかについて検討して見る。図-5 から分かるように、凍結土圧が最大となる 1 月下旬から 2 月上旬にかけての時期には、凍結線は裏込めおよび基礎砂利を通過して全長にわたって凍上性の地山中に入ってしまった。このような状況下では、裏込めは凍結面で発生した凍結膨張圧力を伝達する役目を果たすことになるが、その効果としてはクリープによる応力緩和が挙げられる。一般に土は粗粒である程クリープの大きいことが示されており⁷⁾、この点からすれば裏込めが厚い程凍結土圧は軽減されることが考えられる。一方、凍結初期で凍結線が裏込め砂利中にあるときは、砂利の難凍上性が凍上発生を押さえることは言うまでもない。

次に凍結線の形状に着目して見る。図-5 によれば 1 月下旬頃に発生した大きな凍結土圧は主として凍結線の傾きが急になる法面側から加わっていることが推測される⁷⁾。いまこの時期における法面側の凍結線を見ると、裏込め砂利は在来土より凍結し易いことの影響と法面形状の影響が重なって、裏込めが厚い程凍結線の傾きが急になっている。法面下の凍結線の傾きが急になる程、トラフ側壁に加わる凍結土圧は大きくなると考えられる。すなわち、凍結線の形状からすれば、背後が法面となっている場合には裏込め厚さを増す程凍結土圧は大きくなることが考えられる。

このように図-9、図-10 で裏込め厚さを変えていったときの凍結土圧あるいは縮みに極小値が現れるのは、裏込めを厚くしたときに、クリープによる凍結土圧の軽減と、凍結線の傾きが急になることによる凍結土圧の増加という相反する効果もたらされるためと理解できる。すなわち本実験の場合には、裏込め厚の小さい場合にはクリープによる凍結土圧の軽減効果が主として現われ、裏込め厚が大きくなると凍結線の傾きが急になることによる凍結土圧の増加の影響が卓越してきたと考えられる。

次にトラフの持ち上がりについて検討する。図-11 は、図-8 に示すトラフ持ち上がりの推移の中でシーズン中の最大値（最大持ち上がり量）を裏込め厚さに対してプロットしたものである。図-11 によれば、トラフの持ち上がり量は裏込め厚さの増加とともに減少するが、裏込め厚さが 30 cm を越えると一定値に落ち着くようである。すなわち持ち上りを小さくするという面から見ても、裏込め砂利の厚さは 30 cm 程度が妥当ということになる。

(2) 最適な裏込め厚さについて

前節において、トラフに加わる凍結土圧、縮み量および持ち上がり 3 つの面から裏込め砂利の厚さの影響を調べてきた。その結果、本実験のような設置条件の下では裏込め厚さは 30 cm が最適であり、それ以上の厚さにしても無駄になるだけでなく、不利な状況さえ現われることが分かった。

トラフ側壁に加わる凍結土圧の大きさは、背面土中での凍結線の形状に支配される。従って最適な裏込め厚さは、この凍結線の入り方を支配する地表面形状によって決まるはずである。ここで、背面土中の凍結線の形状を決めると考えられる地表面形状は次の 3 つで表わされる。

1) トラフの寸法；凍結線の形状への影響を考えるうえで側壁の高さ、あるいはトラフの深さで代表させても良い。

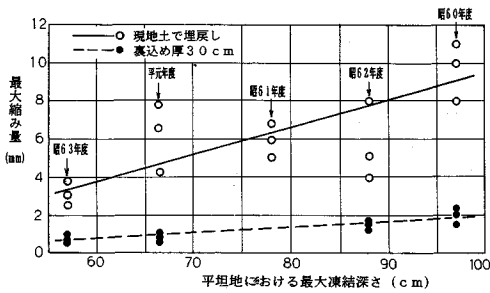


図-12 平坦地の凍結深さと最大縮み量の関係

2) ステップの幅;法尻から側壁天端迄の平坦部分のこと。

3) 法面の傾斜角

これらの中で法面の傾斜角の影響については今後の議論が必要であるが、ここでは本実験が行われた1.5割程度の勾配を前提とする。

いま凍結線の入り方に相似則が成立すればトラフの大きさにかわりなく次のことが言える。

1) ステップの幅を T 、トラフの深さを H とすれば、側壁に加わる凍結土圧あるいは凍結線の形状に関係する地表面形状は T/H で表わされる。

2) 上記1)の表現によれば本実験の結果から、 $T/H \approx 1$ のときに凍結土圧が最小となる最適な裏込め砂利の厚さ t は、 $t = (30/45)H = (2/3)H$ となる。

実務的には、施工上の都合などから背後が法面になっているときのステップの幅は50 cm～100 cm程度にとることが多いようである。そうすると T/H は1.0、あるいはそれ以上の値になる場合が多いと言うことになる。この場合、凍結土圧を最小にする裏込め厚さが T/H によってどのように変わるかは不明であるが、 T/H が大きくなる程凍結線の傾きが小さくなるので、側壁に加わる凍結土圧が小さくなることは確かである。また法勾配が緩くなった場合も同様に凍結線の傾きは小さくなるので凍結土圧も小さくなるはずである。

次に凍結深さの影響を検討してみる。図-12は過去のデータも含めて、各シーズンにおける平坦地での最大凍結深さと最大縮み量の関係をプロットしたものである。トラフの縮み量は最大凍結深さだけでなく、その凍結深さに至る過程での寒気の現われ方などの影響も受けると考えられるが、図-12によれば最大縮み量と最大凍結深さの間にはおおむね直線関係が成立している。さらに図-12の最大凍結深さの範囲では、厚さ30 cmの裏込め砂利を充填した場合は、それを充填しない場合の1/5前後の縮み量になっていることが分かる。

以上の通り本実験の結果は、裏込め砂利によって凍結土圧を軽減しようとする場合に、その効果が最も大きくなる裏込め厚さを示すものであり、凍結土圧をゼロ、あ

るいは問題のない値以下に押さえるような裏込め厚さを示すものではない。従って上記厚さの裏込め砂利を充填しても、周辺地盤における土質、含水比、凍上速度などの凍上条件がそろえば、被害の発生はあり得るであろう。裏込め砂利による対策の限界を明らかにすることと、その限界を越える地盤条件下での対応を検討していくのは今後の課題である。しかし、本実験の結果からすれば、裏込め砂利を充填することによって被害の発生確率はかなり小さくなるはずであり、その効果は十分高いと思われる。

5. 結 論

U型トラフの凍上被害対策としての裏込め砂利の効果を調べるために、厚さ0 cm, 15 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cmの裏込めを入れた450 mmトラフを試験設置した。このトラフについて、冬期間に加わる凍結土圧や縮み量などの測定を行った。本研究の範囲内で得られた主な結果は次のようになる。

1) トラフ周辺地盤中の凍結線の形状は、地表面形状と裏込め砂利層の厚さによって変化する。

2) 凍結線の形状からすれば、背後が平坦な場合よりも法面が形成されている場合の方が、凍結土圧は大きくなると考えられる。

3) 凍結土圧やトラフ縮みが最大となる時期の凍結線が、裏込め砂利層を通過して全体が在来地盤中に進入した時点でも裏込め砂利層の効果はかなり現れる。

4) 上記3)の状況下では、裏込め砂利はクリープによる凍結土圧の緩和をもたらすと考えられる。しかし、一方では凍結し易いため、地表面の形状によっては、トラフ側壁に加わる凍結土圧を大きくする因子も現れる。

5) 裏込め砂利の効果は厚さが30 cmのときに最大となり、それを設置しない場合に比べて、凍結土圧は1/5程度、縮み量は1/6程度となった。また過去のデータを総合して判断すると、凍結深さ(57 cm～97 cm)に関係なく、厚さ30 cmの裏込め砂利を設置することによって縮み量は1/5程度になることが分かった。

6) 土質、地形、気象条件などによって異なると思われるが、凍結土圧を最小にする裏込め砂利の厚さが存在する場合のあることが分かった。トラフの凍上対策をほどこすに当たっては現場の状況を十分に考慮していく必要がある。

参 考 文 献

- 鈴木輝之・山田利之：小型U-トラフの凍上被害に関する屋外実験，土木学会論文集，第418号/Ⅲ-13, pp. 163～171, 1990.
- 鈴木輝之・穴田 博・阿部英俊・山田利之：コンクリート製小型U-トラフ背面土の凍結状況について，土質工学会北海道支部技術報告集第28号，pp. 1～4, 1988.

- 3) 久保 宏：土の凍結—その制御と応用—，土質基礎工学ライブラリー 23，pp. 91～154，1982.
- 4) 森井 徹・津田 進・高橋英紀・長沢徹明：凍結期における水路側壁の挙動，農業土木学会誌，第 45 巻，第 9 号，pp. 615～619，1977.
- 5) 榎戸源則・鞆飼恵三・永瀬英生・亀田淳二：砂と粘土の混合土の凍結土圧に及ぼす混合割合の影響，土と基礎，第 35 巻，第 12 号，pp. 25～30，1987.
- 6) 木下誠一：凍土力実験，低温科学，物理編，第 30 輯，pp. 191～201，1971. 1982.
- 7) 木下誠一：凍土の一軸圧縮クリープ，低温科学，物理編，第 31 輯，pp. 261～269，1972.

(1991.1.21 受付)

PREVENTING MEASURE OF FROST HEAVING DAMAGE ON SMALL SIZED U-TROUGH USING GRAVEL BACKFILL

Teruyuki SUZUKI, Kuniyuki UENO and Keiji HAYASHI

Concrete U-trough used as road gutter is often damaged by frost heaving pressure during the winter season. In this study, 450 millimeter ready made concrete U-trough specified in JISA 5305 were experimentally set under the following conditions. 1) backfilled with in situ soil (no countermeasure). 2) backfilled with gravel having thickness of 15, 30, 40 50 centimeter. The frost heaving pressure, deformation, and so on arise at these troughs were measured. The main results of these field tests were as follows.

- 1) The effect of gravel backfill for reducing frost heaving pressure was evidently recognized.
- 2) In the tested condotions used in this study, there existed a backfill thickness at which the frost heaving pressure acting on the side wall of trough had a minimum value.
- 3) Under the certain conditions, the optimum thickness of gravel backfill for reducing frost heaving pressure could be determined reasonably.

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!

未来設計企業
CRC

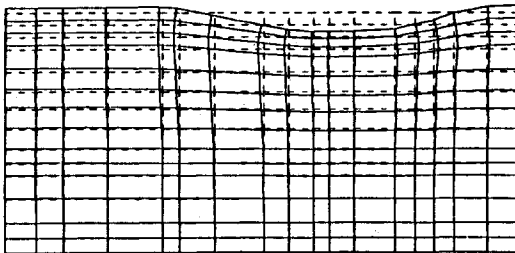
地盤の非定常圧密解析プログラム

Mr. 圧密

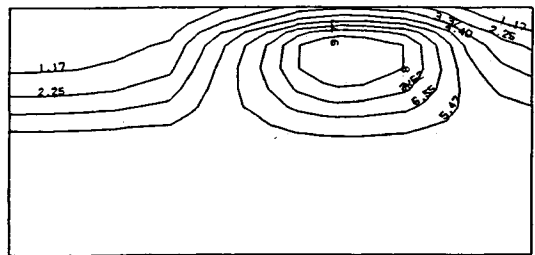
(特長)

- 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。
- スケーリ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)。
- 図化処理(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。

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

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

土と水の連成逆解析プログラム

未来設計企業
CRC

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

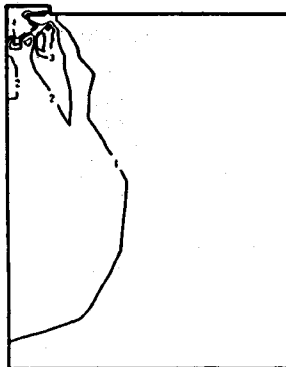
出力項目

- 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

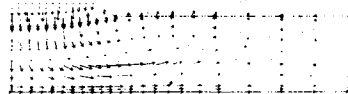
プログラムの特長

- 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。
- 梁や連結要素も扱い実用的です。
- 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)

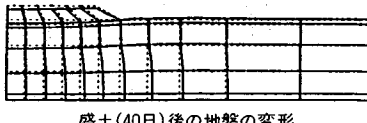
(荷重)



応力増分コンター ($\Delta\sigma V$)
(10日後)



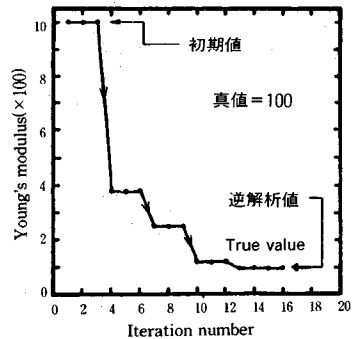
変位ベクトル図 (40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭コンターおよび自由水面



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

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

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:岩崎

地球を切る! 視る! 創る!

未来設計企業
CRC

3次元地質解析システム

GEORAMA

ジオラマ

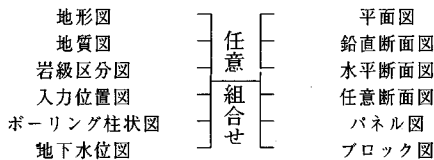
概要

地質調査で得られたデータを基に、利用者の判断を加味して3次元地質モデルを作成します。この3次元モデルより地質・岩級区分・地下水位等をグラフィック表示並びに作画します。今後この3次元モデルを利用して解析用メッシュ作成等への応用が考えられます。

特徴

- ・走向・傾斜データも考慮できる高度な推定法
- ・複雑な地質体モデルの表現が可能
- ・ビジュアルで豊富な出力機能
- ・図面間での整合性がとれる
- ・操作性の高いシステム

出力図面



ユーザーインターフェースにより、拡がる適用分野

データベース 土量計算 構造物マッピング

メッシュジェネレータ プレゼンテーション資料 その他

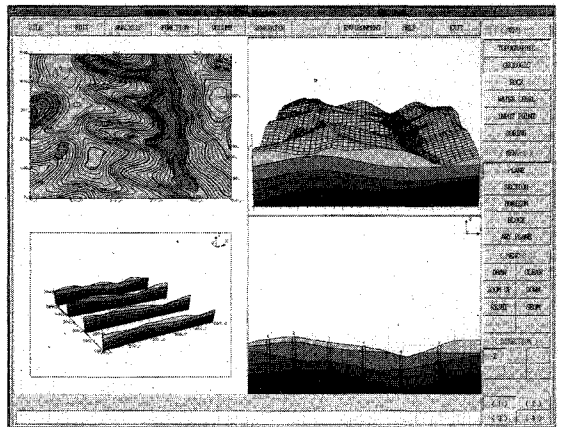
標準適応機種(EWS)

- ・SONY-NEWSシリーズ*
- ・Sun-3, Sun4, Sun-SPARCシリーズ*
- ・HP9000/300, HP9000/800シリーズ*

*ウィンドウシステムとしてX-Window System, Version 11(X11)が必要です。
(標準以外のものにつきましては御相談に応じます)

(株)アイ・エヌ・エー アイサワ工業(株) アイドルエンジニアリング(株) アサヒ地水探査(株) (株)エイトコンサルタント 応用地質(株) 大阪ガス(株) 大手開発(株) (株)大林組 (株)奥村組 川崎地質(株) 基礎地盤コンサルタント(株) (株)熊谷組 (株)建設技術研究所 建設省 土木研究所 五洋建設(株) 佐藤工業(株) サンコーコンサルタント(株) (株)四国総合研究所 (株)西電技術コンサルタント 清水建設(株)	(株)情報数理研究所 (株)新日本技術コンサルタント 住友建設(株) 住友建設(株) 石油資源開発(株) 全日本コンサルタント(株) 大成建設(株) 大豊建設(株) (株)ダイソク (株)ダイコンコンサルタント (株)竹中工務店 中央開発(株) (株)地球科学総合研究所 中電技術コンサルタント(株) 通産省 地質調査所 電源開発(株) (株)電力中央研究所 東急建設(株) 東建地質調査(株) 東京電力(株)	東電設計(株) 東電ソフトウェア(株) 東洋地質調査(株) 動力炉・核燃料開発事業団 (株)中堀ソイルコーナ 西松建設(株) 日本工営(株) 日本国土開発(株) (株)日本パブリック エンジニアリング (株)間組 (株)阪神コンサルタント ヒロセ(株) フジタ工業(株) (株)富士和ボーリング 北光ジオリサーチ(株) 北海道開発コンサルタント(株) 三井建設(株) 三菱金属(株) 村本建設(株) 明治コンサルタント(株)
--	--	--

3次元地質解析システム研究会 参加メンバー



株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

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

世界標準のソフトウェア

Mr. SOIL

Version-2.5

■豊富な機能

- 弾性及び弾塑性解析が可能。
- 掘削・盛土機能により、施工ステップにしたがった解析が可能。
- 荷重の段階的載荷が可能
- 側圧係数の指定が可能*
- 充実したグラフィック機能
- 変位ベクトル図*、変位カウンター図*
- 応力ベクトル図、応力カウンター図*
- 構・梁要素断面力図*
- 降伏要素プロット図*

*はV.2.5による追加機能

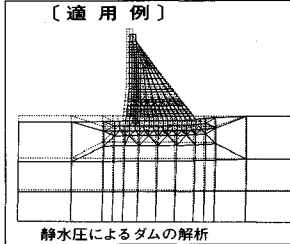
■お求めやすい価格設定

パソコン版(PC-9801シリーズ)……64万円(税別)

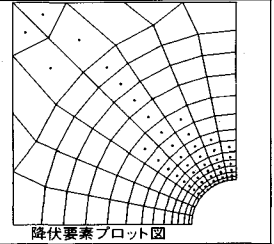
EWS版(NEWS, SUN, HP, VAX など)……220万円(税別)

■実績が示す高信頼性(使用実績187本 平成2年度8月末現在)

〔適用例〕



静水圧によるダム解析



降伏要素プロット図

(株)アースコンサルタント
 アイドールエンジニアリング(株)
 (株)葵エンジニアリング
 (株)荒谷建設コンサルタント
 石川工業高等専門学校
 (株)ウエスコ
 上山試験工業(株)
 運輸省港湾技術研究所
 (株)エイトコンサルタント
 (株)N T T 鈴鹿電気学園
 (株)オリエンタルコンサルタンツ
 (株)応用地学研究所
 大阪大学
 大阪市交通局
 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
 大阪府立大学
 岡山大学
 岡山大学
 (株)奥村組 技術研究所
 奥村組土木興業(株)
 小田急建設(株)
 小野田ケミコ(株)
 小野田ケミコ(株)
 鹿児島大学
 梶谷エンジニア(株)
 鹿島建設(株)
 金沢大学
 金沢大学
 川崎地質(株)
 関西電力(株)
 岩水開発(株)
 関西航測(株)
 (株)基礎建設コンサルタント
 関西大学
 九州共立大学
 九州産業大学
 九州産業大学
 九州産業大学
 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
 近畿大学
 岐阜工業高等専門学校
 久保田建設(株)
 (株)熊谷組
 (株)熊谷組
 (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
 神戶大学
 奥重開発(株)
 佐賀大学
 佐伯建設工業(株)
 佐田建設(株)
 佐藤工業(株)
 佐藤工業(株)
 サンコーコンサルタント(株)
 滋賀県立短期大学
 (株)CIT構造技術研究所
 島根大学
 昭和地質情報リサーチ(株)
 (株)新日本技術コンサルタント
 新日本製鉄(株)
 新技術計画(株) 技術設計部
 JR西日本コンサルタンツ(株)
 (株)住化土建建設
 住友建設(株)
 住友建設(株)
 (株)西播設計
 (株)ソイルプレーン
 促進工務(株)
 (株)第一コンサルタンツ
 大成建設(株)
 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)ダイヤコンサルタント
 (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
 玉野総合コンサルタント(株)
 (株)地崎工業
 (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ツ(株)

中国電力(株)
 中部工務(株)
 中部電力(株)
 通信土木コンサルタント(株)
 (株)テノックス
 東海大学
 (株)東京建設コンサルタント
 東京大学
 東京地下工務(株)
 東京都土木技術研究所
 東建地質調査(株)
 東鉄工業(株)
 東電設計(株)
 東電設計(株)
 (株)東日測量設計社
 東邦エンジニアリング(株)
 (株)東和技術コンサルタント
 動力炉・核燃料開発事業団
 戸田建設(株)
 (株)中堀ソイルコーナー
 西谷技術コンサルタント(株)
 西松建設(株) 技術研究部
 日本大学
 日本大学
 日本鋼管(株)
 日本鋼管(株)
 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)
 日本交通技術(株)
 日本通信建設(株)
 日鉄鉄道コンサルタント(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
 (株)ニュー設計
 八戸工業大学
 林建設工業(株)
 (株)阪神コンサルタンツ
 東日本旅客鉄道(株)
 (株)日立造船技術研究所
 ヒメノコンサルタンツ(株)
 ヒロセ(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)

(株)復建エンジニアリング
 (株)復建エンジニアリング
 藤原技術士事務所
 復建調査設計(株)
 不動建設(株)
 不動建設(株)
 不動建設(株)
 (株)美蓉調査設計事務所
 北光ジオリサーチ(株)
 前田建設工業(株)
 前田建設工業(株)
 前田設計(株)
 (株)松村組
 三井建設(株)
 三菱重工業(株)
 明治コンサルタント(株)
 メトロ設計(株)
 (株)守谷商会
 山口大学
 山口大学
 山口大学
 (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
 和歌山工業高等専門学校

海外

オランダ デルフト大学
 米国 ミネソタ大学
 米国 イタスカ社
 西オーストラリア大学
 韓国 大林エンジニアリング
 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 大韓コンサルタンツ
 韓国 正友エンジニアリング
 韓国 先進エンジニアリング
 韓国 大学
 韓国 大学
 韓国 文夫エンジニアリング
 韓国 原子力研究所
 韓国 三安エンジニアリング
 韓国 都和エンジニアリング
 韓国 宇星エンジニアリング
 韓国 ソウル大学
 韓国 ソウル大学
 韓国 光州大学

(五十音順 敬称略)

個別要素法プログラム **CRC**

未来設計企業

CRC-ITASCAが提供するカンドールモデル個別要素法(DEM)!!

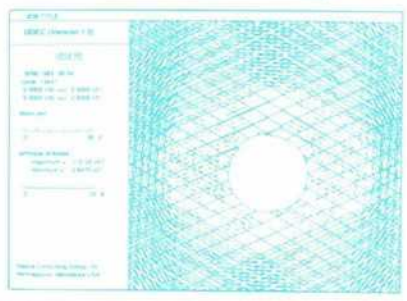
二次元個別要素法プログラム(ソースコード)



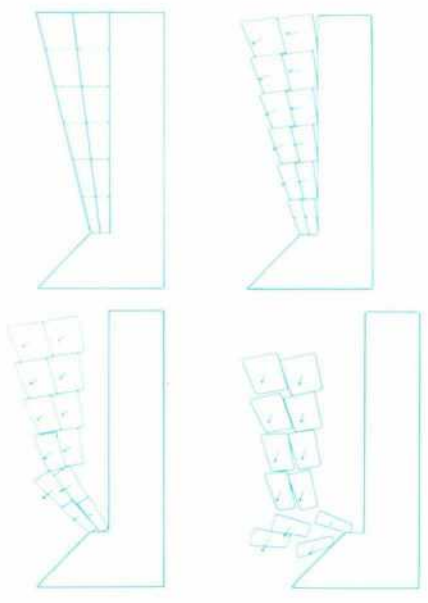
三次元個別要素法プログラム(ロードモジュール)



個別要素法とは、1971年にDr. P. Cundallが発表した不連続体に対する動的崩壊過程をシュミレートするための解析手法です。すなわち、岩盤をジョイントとブロックから構成される岩石ブロックの集合体と考え、個々のブロックの挙動を時々刻々に追跡し、全体挙動を解析しようとするものです。集合体としての岩盤や地盤が最終的に、安定状態となるものか、あるいは大変形するのか、崩壊していくのかなど、時間の経過に伴うモデル全体のブロックの動きや破壊の進行の様子を視覚的に追跡できます。現在、岩盤・地盤の崩落や安定性の解析など、不連続体力学の有力な解析手法となっています。



大深度地下掘削時の安定解析



岩盤斜面崩落シミュレーション

- 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 ブロック連成解析(UDEEC)
- 熱 ブロック連成解析(UDEEC)

■販売条件
UDEEC・3DEC
 ◆EWS, SUN-SPARC, HP, SONY-NEWS
 ◆IBM-PC/AT及び互換機
 ◆UDEECはソースコードで提供します。
 ◆3DECはロードモジュールで提供します。

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

〒541
 大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
 (06)241-4121 営業担当: 岩 崎

土木学会論文集

定価 二〇〇〇円(本体価格・九七二円)