

超微粒子注入材の浸透限界

PERMEATION LIMIT OF GROUTS WITH ULTRA-FINE GRANULAR MATERIALS

森 麟*・田村昌仁**・青木康司***

By Akira MORI, Masahito TAMURA and Koji AOKI

This paper deals with permeation limit of suspension grouts with ultra-fine granular materials, which have high strength and high durability as compared with solution grouts. Through a lot of injection tests, effects of grain size of granular materials and concentration of suspension on permeation limit are investigated. Main conclusions are summarized as follows: 1) If the specific surface of granular materials is smaller than $10\,000\text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine method), the groutability G_{RC} is 15~25, irrespective of grain size and concentration. 2) The permeation of grouts does not always improve as the grain size becomes smaller. In the relation between the fineness of granular material and the groutability, the practicable maximum fineness is $5\ \mu\text{m}$ in G_{85} (=grain size of 85% as percentage finer by weight) and $10\,000\text{ cm}^2/\text{g}$ in specific surface.

Keywords: groutability, fine cement, permeation

1. ま え が き

注入工法は、施工時の止水・強度増加を目的として用いられるが、最近では注入工法の確実性や耐久性といった問題点の改善が求められている。今後の大規模な地下開発においては、確実な止水技術が必要となっている。開発の対象である都心の深部地盤が、水密性の高い土丹や岩盤であると止水上の問題は少ないが、深度50m前後の地盤の多くは未固結な滞水砂礫層である。注入工法は、大深度地下の止水対策として有効と考えられるが、溶液型薬液では固結後の強度や耐久性に難があり、高い地下水圧にも耐えられる高性能薬液が要求される。しかし、「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針（建設省事務次官通達、昭和49年）」により、現在使用できる薬液は強度や耐久性に問題のある水ガラス系に限られている。このため、水ガラスにセメントなどを加えた懸濁液型薬液に頼らざるを得ないが、懸濁粒子の粒径が大きいため地盤への浸透性が十分でない。最近で

は、浸透性を向上させる目的で超微粒子注入材が開発されつつあるが、その浸透性能については不明な点が多い。

本研究の目的は、超微粒子注入材の浸透限界を明らかにすることであり、市販の超微粒子セメントや粒径をさらに小さくしたセメントなどを使用して浸透限界に及ぼす注入材の粒度・濃度などの影響を調査している。

2. 従来の研究

懸濁液型注入材の浸透限界は、地盤の粒度に対する注入材の粒度の関係を考慮したグラウタピリティー G_R (式(1)) で論じられる場合が多く、一般に $G_R > 15 \sim 25$ で浸透可、 $G_R < 11$ で浸透不可とされている^{1)~5)}。

$$G_R = D_{15} / G_{85} \dots\dots\dots (1)$$

D_{15} : 地盤の15%粒径, G_{85} : 注入材の85%粒径

注入材の浸透の可否は、個々あるいは団粒化した懸濁粒子の粒径に対する地盤の間隙径の大ききで決まる。地盤を均一粒径の球状粒子とみなすと、その間隙径は粒径の1/5程度になる頻度が高い⁶⁾。地盤および注入材の代表径を D_{15} , G_{85} とすると、 $G_R = 15 \sim 25$ とは、注入材の粒径の3~5倍が地盤の間隙径に等しいということである。したがって、上記の浸透限界とは、浸透するには地盤間隙径が注入粒子の3~5倍必要であることを意味している。

* 正会員 工博 早稲田大学教授 土木工学科
(〒160 新宿区大久保3-4-1)

** 正会員 工博 建設省建築研究所第三研究部
(〒305 つくば市立原1)

*** 正会員 工修 (株)熊谷組(元・早稲田大学大学院生)

ただし、浸透限界に関する研究の多くは、ブレンで 5 000 cm²/g 前後の微粒子注入材を使用する場合である。ブレンが 10 000 cm²/g 以上の超微粒子セメントについては不明点が多く、 $G_R > 100$ の場合でも浸透が十分でないという施工結果も報告されている⁷⁾。

3. 実験方法および試料

注入材の浸透の可否は、直径 4 cm、長さ 40 cm の塩化ビニル管に所定の配合の土を詰め、注入材としては水ガラスを混入せず注入材（セメント、粘土）と水との懸濁液とし、所定の水注入材比（水セメント比、水粘土比）のものを注入して調べた。図-1 には、注入装置の概要を示す。管の両端には砂礫（フィルター材）を 5 cm、中央には長さ 30 cm 土を詰める。試料土は、乾燥土を約 100 g ずつ管に投入し、管を叩いたり突き棒で突いて密に詰めた。乾燥密度 ρ_d 、相対密度 D_r は配合により異なるが、 $\rho_d = 1.50 \sim 1.60$ g/cm³、 $D_r = 70\%$ 以上であった。管に水を注入して試料を飽和させた後、懸濁液を注入圧 1 kgf/cm² で注入する。注入中はタンク内の攪拌翼を回転させて懸濁粒子の沈殿を防ぐ。

表-1、図-2 には、注入材の種類、粒度分布曲線を示す。粒度分布は、レーザー回折式粒度分析計により求めた。注入材は、市販の 3 種類の超微粒子セメント、粒度調整したセメント、普通セメント、市販粘土（注入材 K）である。市販の超微粒子セメントのブレンは 9 000 cm²/g 程度である。注入材 W は、セメントの細粒化を従来の乾式から湿式に転換して製造した⁸⁾。なお、

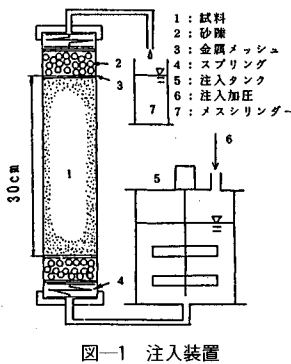


図-1 注入装置

表-1 注入材の種類

種類	85% 粒径 μm	50% 粒径 μm	13% 以下 %	ブレン cm ² /g
C1	65.0	23.4	2.3	2560
C2	29.9	12.7	4.7	3200
C3	18.0	7.3	5.6	5880
C4	7.5	3.9	10.0	9000
C5	7.4	4.3	10.2	9200
C6	7.3	3.6	11.7	9300
C7	8.2	2.0	15.4	10850
C8	4.0	2.5	15.8	14200
C9	3.0	1.9	17.6	16040
C10	2.2	1.1	45.0	21140
W	9.0	3.6	7.9	10299
K	12.0	4.0	6.1	11015

表-2 土の種類

試料	間隙比 e	透水係数 k (cm/sec)	摩擦角 φ _s (°)
A	1.09	1.1 × 10 ⁰	34.7
B	0.88	6.2 × 10 ⁻²	36.0
C	0.91	5.1 × 10 ⁻³	38.3
D	—	—	—
E	—	—	—

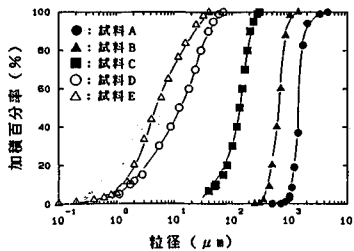


図-3 土の粒度分布曲線

懸濁液には、クエン酸 1% やメルメント 1% を添加して遅延および分散効果を与えた⁹⁾。光学顕微鏡で分散状況を調査した結果、メルメントではほぼ一次粒子まで分散されクエン酸はそれよりわずかに劣る程度であった。浸透状況としては両者の差異はほとんど認められなかった。

懸濁液の水注入材比は 800~200% とした。回転粘度計 (VG メーター, Vann Instrument Co. 製) による見掛け粘性は、水注入材比が 800~300% までは濃度や注入材の種類によらず 2~4 cp であり、水注入材比が 200% になると粘性は 6 cp 前後まで増加した。

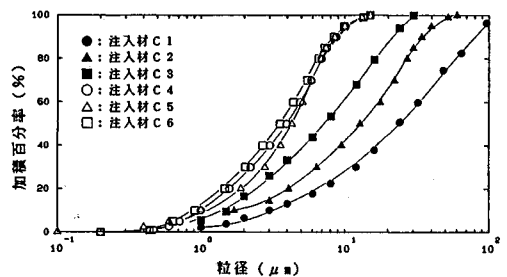
表-2、図-3 には、土の種類、粒度分布を示す。試料土は、所定の G_R が得られるように土を混合した。

浸透可否の判定は、懸濁液の流出速度に注目し、流出速度がゼロとなる状態を浸透不可とした。また、注入後の試料を取り出し試料中に占めるセメント量から填充率 α を算定し流出速度からの判定が妥当かどうか調査した。なお、 α とは間隙に占める懸濁液の割合であり、 $\alpha = 100\%$ は懸濁液が濃縮や希釈されることなく間隙を満たした状態である。セメント量は、蛍光 X 線分析により試料に占めるカルシウム量を測定して算出した。この分析では、単位重量の土、セメントおよび試料に含まれるカルシウム量と間隙比から試料の間隙に占めるセメント量を求めてセメント濃度を算定した。

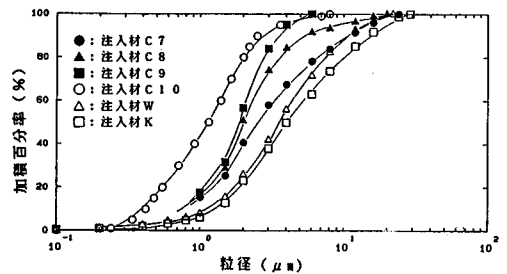
4. 実験結果

(1) 浸透限界に及ばず注入材の粒度特性の影響

図-4 には、注入実験で注入圧を 1 kgf/cm² とした場



(a) ブレン 10 000 cm²/g 未満の注入材 (C1~C6)



(b) ブレン 10 000 cm²/g 以上の注入材 (C7~C10, W, K)

図-2 注入材の粒度分布

合の水および注入材C2の流出速度 (ml/min) と G_R の関係を示す。 G_R が20より大きい範囲では注入材C2の流出速度が水の1/3~1/2となった。流出速度は注入材と水との粘性比 (=約2) にほぼ反比例しているので、ダルシー則が成立しており、 G_R が大きい範囲では注入材が目詰りせずに試料土中を浸透していると思われる。

図-5の注入材C5では、 G_R が大きい範囲ではC5による流出速度が水の約1/2であり、図-4の結果とほぼ一致している。注入材C2の場合、 $G_R=15$ では注入直後から浸透できなかったが、粒径が小さい注入材C5の場合、 $G_R=13$ では注入初期に注入材がある程度浸透するがその後次第に浸透できなくなる。

図-6には、注入後の注入材の填充率 α を示す。注入材C2では、 $G_R=20$ の α はパイプの下端からの距離 L に無関係で40%前後である。 $G_R=15$ では下端の $L=0$ cmで α が300%にも達するが、下端からわずかに離れた地点では填充率が急激に低下している。填充率が300%を示したことは、浸透した注入材が脱水して濃縮されたことを意味する。注入材C5でも、浸透が可能であった $G_R=21$ では α が距離 L にほぼ無関係で150%前後になっている。また、 $G_R=10$ の場合でも注入材がある

程度浸透しており、注入材C2で $G_R=15$ の場合と状況が異なる。注入材の粒径が大きいと懸濁粒子の目詰まりがある G_R を境に急激に生じて目詰まりと浸透の差が明らかであるが、粒径が小さいとその違いが明瞭でない。なお、浸透可能とする G_R において、 α の大きさが注入材C2で約40%、注入材C5で約150%であった。浸透注入が可能なる場合には、 $\alpha=100\%$ が理想であり、上記填充率は100%からずれているが、これは試料を採取する際の誤差が大きいことなどにも起因するものと思われる。

浸透限界は注入後の越流量なども考慮して決定すべきであるが、浸透の可否を判断する適切な指標を設定することは難しい。このため、ここでは注入開始後30分以内に流出速度がゼロとなる G_R を浸透限界 G_{RC} とみなすことにした。 G_{RC} 付近では注入後数分で流出速度がゼロになる場合がほとんどであった。ただし、越流量が300 ml (試料土の間隙体積の約2倍) に達した場合は、注入時間にかかわらず浸透可と判断した。 G_{RC} は実際の注入可能限界を考えるための目安にすぎないが、現実問題としてどこまで目詰まりが許容できるか不明でありやむを得ない。図-7、図-8には、各試料の G_{RC} と注入材の G_{85} 、ブレーンの関係を示す。なお、水注入材比はす

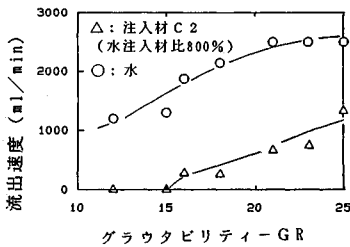


図-4 注入材C2のグラウタビリティーと流出速度

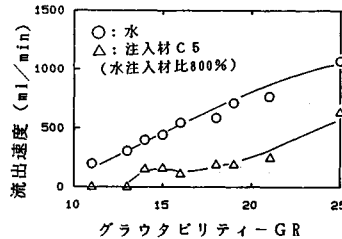


図-5 注入材C5のグラウタビリティーと流出速度

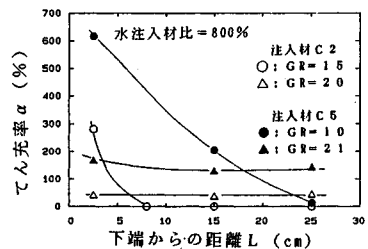


図-6 填充率 α とグラウタビリティー G_R の関係

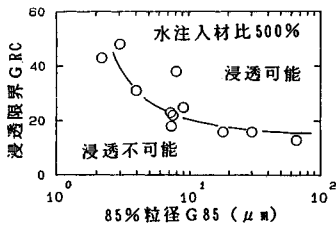


図-7 浸透限界と注入材の85% 粒径

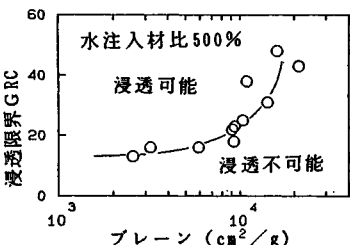


図-8 浸透限界と注入材のブレーン

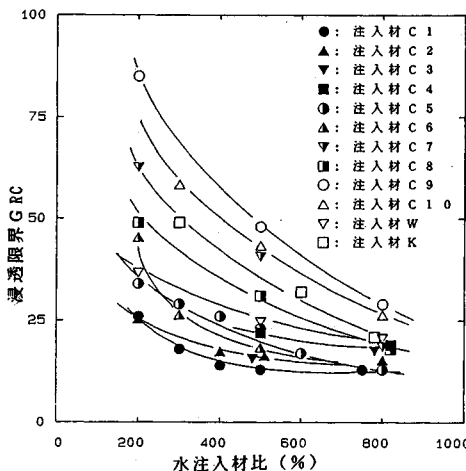


図-9 浸透限界と水注入材比

表-3 グラウタビリティー G_R と細粒分含有率

注入材	グラウタビリティー G_R	細粒分含有率 (%)	浸透の可否
C 2	33	0	可
	35	5	可
	36	10	可
C 6	62	5	可
	59	10	可
	40	5	可
	40	10	不可
	40	15	不可
	25	5	可
	25	10	不可
	20	15	不可

べて500%である。 G_{RC} は、 G_{85} で5 μm 前後、プレーンで10000 cm^2/g 前後から増加しており、粒径を著しく細かくしても浸透性能のうえではあまり有効でないことがわかる。

懸濁液の浸透性能は注入時間と目詰まりの進行状況との関係を考慮する必要があり、地盤の透水性で表現することには無理があるが、浸透が可能な地盤の透水係数 k の概略値を知ることも必要なので、浸透限界付近の k を考えることにした。浸透を図るうえで有効な注入材の G_{85} の下限値を5~7 μm とすると、 G_{RC} が約20なので浸透限界における地盤の15%粒径は0.010~0.014 mm となる。10%粒径が0.01~0.014 mm とするとヘーゼン式¹⁰⁾($k=CD_{10}^2$, C :締まった砂で70)より $k=7\times 10^{-3}\sim 1.3\times 10^{-2}\text{cm/s}$, 20%粒径が0.010~0.014 mm とするとクレーガーの分類¹⁰⁾で $k=(1.75\sim 3.80)\times 10^{-3}\text{cm/s}$ となる。15%粒径が0.010~0.014 mm の地盤の透水係数は、ヘーゼンによる値とクレーガーによる値のほぼ中間なので、 $k=6\times 10^{-3}\text{cm/s}$ 前後になり、 k が $1\times 10^{-2}\text{cm/s}$ 以上なら浸透可、 10^{-3} のオーダーならやや問題ありとなる。そして、上記の超微粒子注入材の浸透性と地盤の透水係数の関係は、今回の注入実験における結果ともほぼ一致している。通常の溶液型薬液の浸透限界の k は $1\times 10^{-3}\text{cm/s}$ 前後なので、超微粒子の浸透性は溶液型のものよりやや劣る。

(2) 浸透限界に及ばず注入材濃度の影響

図-9には、水注入材比と浸透限界 G_{RC} の関係を示す。プレーン10000 cm^2/g 未満の粒径が比較的大きい注入材では、水注入材比200~800%において G_{RC} に及ばず水注入材比の影響は少なく、 G_{RC} の値はほぼ15~25で従来の研究結果と一致する。しかし、プレーンが10000 cm^2/g を超える注入材では水注入材比を小さくすると G_{RC} がかなり増加している。したがって、注入材の粒径が小さくなるにつれて単に G_{RC} が増加するだけでなく、 G_{RC} に及ばず注入材濃度の影響が増加することがわかった。

(3) 浸透限界に及ばず地盤の粒度特性の影響

浸透限界は、グラウタビリティ G_R だけでなく、地盤の粒度構成に左右されることも考えられる¹¹⁾。

表-3には、 G_R が20~62にある範囲で所定の細粒分含有率(0~15%)が得られるように配合した土に注入材C2と注入材C6を注入した際の浸透状況を示す。粒径が大きい注入材C2では、細粒分含有率を10%より大きくすると G_R は極端に小さくなるので最大10%とした。この場合には、いずれも細粒分含有率によらず浸透可能であり、10%前後の細粒分含有率では浸透限界に及ばず土の粒度特性の影響は少ないといえる。一方、プレーンが9000 cm^2/g を超えるような粒径の小さい注

入材C6では、 G_R が40と大きくても地盤の細粒分含有率が10%を超えると浸透できない。したがって、超微粒子注入材の浸透状況を予測するためには単に G_R だけでは不十分で地盤の細粒分含有率も考慮する必要がある。

5. あとがき

注入材の粒径を著しく小さくしても、その浸透限界は注入材の濃度や地盤の細粒分含有率などの影響を受けやすくなり、浸透性はあまり向上しない。このため、超微粒子注入材の実用上の細かさの上限は、プレーンで10000 cm^2/g , 85%粒径で5 μm 程度と考えられる。この上限程度の超微粒子注入材の浸透性は、溶液型薬液よりやや劣るものの、強度・耐久性は溶液型よりはるかに優れているので^{12), 13)}、適正な薬液の配合やゲル化時間の調整方法などが確立されると、超微粒子セメントによる注入工法は将来の大深度地下工事などで有用と思われる。

なお、実験においては、宇部興産(株)、電源開発(株)の協力を得た。記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) King, J.C. and Bush, E.G.W.: Grouting of granular materials, Symposium of grouting, Transaction of ASCE, Part-1, Vol.128, pp.1279~1317, 1963.
- 2) Johnson, S.J.: Cement and clay grouting of foundations, ASCE SM-1, Vol.84, pp.1~12, 1958.
- 3) Scott, R.A.: Grouts and drilling muds in engineering practice, Butterworths, London, England, pp.4~8, 1963.
- 4) Mitchell, J.K.: Soil improvement —state-of-the-art-reports—, Proc. of X ICSMFE, Vol.4, Stockholm, pp.528~533, 1981.
- 5) 土質工学会編:薬液注入法の調査・設計から施工まで、土と基礎シリーズ9, pp.128~129, 1985.
- 6) 草野一人編:薬液注入ハンドブック, 吉井書店, 1983.
- 7) 村上省一・穂積 豊:船明ダム左岸フィル部のカーテングラウト, 大ダム, No.102, 103, pp.60~73, 1983.
- 8) 吉田 裕・松井利積・馬場恭平:WMC(湿式細粒化セメント)グラウト工法とその適用性について, 電力土木, No.201, pp.59~77, 1986.3.
- 9) 山本泰彦:凝結遅延剤の分子構造ならびにセメントとの作用機構, セメント技術年報, pp.148~152, 1973.
- 10) 土質工学会編:土質工学ハンドブック, pp.68~70, 1982.
- 11) Zebowitz, S., Krizek, R.J. and Atmatzidis, D.K.: Injection of fine sands with very fine cement grout, ASCE GT-12, Vol.115, pp.1717~1734, 1989.
- 12) 青函トンネル注入材料開発研究報告書:日本鉄道施設協会, 1976.
- 13) 森 麟・田村昌仁・佐藤洋一:超微粒子懸濁型注入薬液による固結強度の耐久性に関する実験的研究, 第25回土質工学研究発表会, 1990.

(1990.6.29・受付)

内容紹介

土木学会論文集 内容紹介

No. 420/V-13, 1990. 8

中性化によるコンクリートの微細組織の変化

佐伯竜彦・大賀宏行・長滝重義

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 33~42, 1990. 8.

本研究は中性化によるコンクリートの微細組織の変化について基礎的知見を得るためにモルタル供試体を用いて促進中性化試験および乾湿繰り返し促進中性化試験を行い、中性化深さ、水酸化カルシウム量および炭酸カルシウム量、細孔量および細孔径分布を測定した。その結果に基づき、中性化による微細組織の変化は配合および初期養生条件によって異なること、中性化進行中に供試体が水分の供給を受けることによって細孔量が増加する可能性があることを指摘した。

舗装構造解析へのフォーリング・ウェイト・デフレクトメーターの一利用

笠原 篤・五十嵐光徳

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 43~49, 1990. 8.

本研究は、供用中のアスファルト舗装について、FWDによるたわみ測定結果と路面性状との関係を述べたものである。逆解析により現地での弾性係数を推定し、大型車の輪荷重が作用したときのアスファルト層下面に生じる引張ひずみと路床上面に生ずる圧縮ひずみを層構造弾性理論により算出した。アスファルト層下面に生じる引張ひずみに対応する許容載荷回数とひびわれ率の間にはよい相関があることを明らかにした。

塗布型腐食抑制剤によるコンクリート中の鉄筋の防食に関する研究

小林明夫・牛島 栄・家室育夫・越川松宏

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 51~60, 1990. 8.

コンクリート構造物の補修方法の一つとして、コンクリート中にすでに存在する塩化物イオンによる腐食に対して、鉄筋の防食を目的として高性能防錆剤の主成分である亜硝酸カルシウム系防錆剤をコンクリート表面に塗布することを試みた。

この場合存在する Cl^- イオン濃度と、塗布した亜硝酸カルシウム系防錆剤 (NO_2^-) の塗布量の違いによる濃度拡散によりコンクリート中へ浸透した NO_2^- イオン濃度の割合 ($\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ モル比) について検討した。

モルタルの乾燥・吸湿・吸水過程における水分移動

秋田 宏・藤原忠司・尾坂芳夫

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 61~69, 1990. 8.

モルタル内の水分移動を表わす3形態(乾燥・吸湿・吸収)を、非線形拡散方程式を用いた統一的な手法で解析することの妥当性を調べた。角柱供試体の4または5面をシールして一次元の水分移動を実現し、割裂後炉乾燥して含水率を調べることでより水分の移動状態を把握した。実験と解析結果の比較から当該手法の妥当性が確かめられ、乾燥と吸湿は同一の手法で扱えるが、吸水は異なる取扱いを必要とすることなどが知られた。

高炉スラグ微粉末の粉末度評価法に関する研究

近松竜一・山本泰彦

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 71~80, 1990. 8.

本研究は、通常よりも細かいスラグ微粉末や粉碎方法が異なるスラグ微粉末を対象として、これらの比表面積測定にブレン法を適用する場合の試料ベッド作成法や現行のブレン法で得られる値の信頼性を基礎的に調べるとともに、試料ベッドの空隙率に依存しない方法による比表面積測定、レーザー光法による微粉末の粒径分布測定、電子顕微鏡による観察なども行って、スラグ微粉末の粉末度の大小を正しく評価する方法について検討した結果をまとめたものである。

硬化コンクリート気泡組織の照度差による画像解析

鮎田耕一・桜井 宏・田辺寛一郎

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 81~86, 1990. 8.

硬化コンクリート中の気泡組織を画像解析によって求める新しい方法を開発した。コンクリート試料面に三方向から一方向ずつ同じ強さの光を照射し、そこに生じる照度差から気泡を識別する方法であり、これによればあらかじめ試料に気泡認識のための二値化処理を施す必要がなくなる。この方法によれば、10 cm 角の硬化コンクリートの気泡組織を測定するのに要する時間は、わずか1時間程度であり、かつ、測定の自動化により測定者の拘束時間は20分間程度で済む。

面外二軸曲げモーメントを受ける RC 板の実験および解析方法

横沢和夫・二羽淳一郎

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 87~96, 1990. 8.

本研究は、二軸曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート板の変形および耐力に関する解析方法を提案したものである。曲げを受ける RC 板を圧縮域と引張域の二層に分割し、面内力を受ける平板に置換して解析している。本解析の特徴は、二方向ひびわれの影響を考慮してせん断剛性を主モーメント比に応じて低減していることである。さらに新たに二軸曲げ実験装置を考案して実験データを得、本解析手法が二軸曲げを受ける RC 板の挙動を評価できることを検証した。

ねじりを受ける RC 棒部材に関する解析的研究

二羽淳一郎・松井 勇・守屋紀和

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.97~105, 1990.8.

ねじりを受ける RC 棒部材の力学的特性に関して解析的な研究を行った。今回用いた解析法の特徴は、現実の中実断面を仮想の中実断面に置き換え、作用するねじりを一様なせん断流に変換した点である。コンクリートの応力-ひずみ関係については、コンクリートの軟化、テンションスティフニング、ひびわれ面でのせん断剛性の変化を考慮し、鉄筋については局部降伏現象を考慮した。実験結果との比較検討の結果、本解析手法の妥当性が示された。

マルコフ連鎖モデルによるアスファルト舗装の破損評価システム

武山 泰・嶋田洋一・福田 正

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.135~141, 1990.8.

アスファルト舗装の破損量のデータに、マルコフ連鎖モデルを適用することにより、アスファルト舗装の挙動の変動特性を考慮した破損評価システムを構築した。マルコフ連鎖モデルを破損評価システムに適用する際のアルゴリズムを示すとともに、東北地方の国道における路面性状調査データに本システムを適用することにより、破損の推移、信頼性確率、供用寿命、補修の効果などを定量的に評価した。

舗装各層の弾性係数を表面たわみから推定する一手法

松井邦人・井上武美・三瓶辰之

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.107~114, 1990.8.

本論文は、舗装構造を多層弾性構造モデルで表せることを前提として、非破壊試験によって得られる舗装表面の数個のたわみデータから舗装各層の弾性係数を推定する一手法を提案するものである。さらに 3 層、5 層モデルを用いて測定数、測定値の精度が推定値に及ぼす影響、また路床より下部に堅固な層が存在する場合に推定値に及ぼす影響を検討するものである。

腐食によるスチールファイバーコンクリートの力学的性質の劣化

幸左賢二・Antoine NAAMAN

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.143~152, 1990.8.

スチールファイバーコンクリートの耐久性を調べるために促進腐食試験および腐食ファイバー供試体の曲げ試験を実施した。実験結果はファイバーの局部的断面の減少により破壊形式が付着破壊からファイバー自身の引張破壊に変化することを示した。また数値計算および概略法による解析結果は腐食による引張領域の応力-ひずみ関係の劣化が曲げ試験における強度、じん性の劣化に導くことを明らかにした。

鉄筋コンクリート柱の終局変位に関する解析的研究

中村 光・二羽淳一郎・田辺忠顕

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.115~124, 1990.8.

有限要素法を用いて曲げ剛性・せん断剛性の劣化を考慮し得る有限変形問題の定式化を行い、RC 構造物が終局状態に至るまでの履歴挙動を解析する手法を開発した。本手法を用い、RC 構造物の塑性変形能および終局変位に影響を及ぼす各種要因について解析的検討を行った。さらに、構造物の不安定性を考えることで、RC 構造物が曲げ破壊・せん断破壊する現象を解析的に予測し得る可能性を示した。

マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の定着破壊性状と群効果に関する研究

尾坂芳夫・大塚浩司・満木泰郎・小林茂敏

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.153~161, 1990.8.

本論文は、マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の定着破壊性状を実験的および解析的に検討した結果をまとめたものである。研究の結果、比較的狭い間隔に並んで埋め込まれた複数の鉄筋がコーン状定着破壊を生じる場合には、群効果により、1 本当たりの定着強度が単独あるいは広い間隔で埋め込まれた場合の約 50% 程度まで減少することなどを明らかにし、またそのような場合の定着設計式を提案した。

データ解析によるコンクリートの圧縮強度の推定方法に関する研究

豊福俊泰

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.125~134, 1990.8.

本研究は、コンクリートの品質管理を効率的に行うことを目的としたものであり、配合設計において、材料、計量、練りませ、運搬に至る配合条件または製造条件が判明した段階（練りませ前またはフレッシュコンクリートの段階）で、圧縮強度を推定する方法を検討したものである。コンクリート試験調査結果のデータ解析を多数行った結果、コンクリートの圧縮強度は単位セメント量、単位水量、その他の要因の影響を大きく受けることを明らかにし、圧縮強度の推定式を提案した。

コンクリート舗装版の疲労ひびわれ評価システムに関する研究

西沢辰男

土木学会論文集 第 420 号/V-13, pp.163~172, 1990.8.

コンクリート舗装版の疲労ひびわれは、車輪走行位置分布、コンクリート版の形状、目地の荷重伝達などに影響されるため、コンクリート舗装版の設計にはそれらを考慮した厳密な疲労ひびわれ評価を行う必要がある。そこで、実測に基づく車輪走行位置分布モデルと FEM 解析を用いた疲労ひびわれ評価システムを開発し、これによりコンクリート舗装版の疲労ひびわれに及ぼすコンクリート版の形状と車輪走行位置の影響について検討した。

高温条件下のコンクリートの力学的性質に及ぼす微視的溫度応力の影響

南 和孝・田澤栄一・寺西修治

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.173~180, 1990.8.

高温条件下のコンクリートは加熱あるいは冷却される過程で、モルタル相と粗骨材相との間に熱膨張量の相違に起因する自己応力、すなわち微視的溫度応力が発生する。この応力はコンクリート内部に微小ひびわれを形成し、力学的性質を変化させる。本研究は複合素材の特性から算定される微視的溫度応力と微小ひびわれに着目し、種々の岩種を用いたコンクリートの力学的性質を検討し、細骨材および粗骨材岩種の組合せを選定することによって、力学的性質を最適化することができた。

確率論的手法に基づくRC構造物設計における最適降伏震度設定の一方方法

松島 学・松井邦人・井出周治

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.181~190, 1990.8.

本研究は確率論的手法に基づき、コンクリート構造物の最適降伏震度を求める一手法を提示するものである。対象とした構造物は劣化型 Tri-Linear の復元力特性を持つ一質点系でモデル化した。塑性率を構造物の損傷の評価基準とし、地盤入力力の各パラメーター、地震のマグニチュード、地盤の卓越周期、対象地盤の条件およびアテニュエーション式などを変動因子として、期待総費用最小の方法により最適降伏震度を決定した。

低温下におけるコンクリートのひずみ挙動と劣化

三浦 尚・李 道憲

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.191~200, 1990.8.

コンクリート構造物は繰り返し冷却されることによって劣化することがある。本研究では、外部から水分が供給されないコンクリートが -196°C まで冷却された場合を想定しており、この場合での最も影響の大きい温度範囲である常温から -70°C までの間で温度変化を受けたコンクリートのひずみ挙動と動弾性係数を測定することによってコンクリートの劣化を調べた。そして繰り返し温度範囲の最低温度及び最高温度と劣化の程度との関係を明らかにした。

コンクリート構造物の補修ひびわれ幅の評価

松島 学・関 博・金子雄一・松井邦人

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.201~209, 1990.8.

コンクリート構造物の補修の要否に対するひびわれ幅に関するアンケート調査結果に基づき、①数量化理論Ⅰ類による要因分析、②階層分析法(A.H.P.)による構造物の重要度の評価、③補修も必要とするひびわれ幅の最尤値の評価を行った。これらの解析により、専門家の知見に統計的手法を適用した評価法を提案した。

コンクリート舗装版横目地におけるスリップバーの力学的モデル

西沢辰男

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.211~218, 1990.8.

スリップバーは横目地の荷重伝達に重要な役割を果たしているにもかかわらず、その力学的挙動には不明な点が多く、効果的な使われ方をしているとはいえない。そこで本研究においては、コンクリート舗装用FEM解析手法を拡張して、スリップバーの応力解析を可能にしたFEMモデルの定式化を行った。あわせて、スリップバーの実際の挙動を調べるために、模型および実物載荷実験を行い、その結果を用いてモデルの検証を行った。

内外に温度差を受けるコンクリート製円筒のひびわれ特性

秋田 宏・山信田正美・尾坂芳夫

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.219~228, 1990.8.

コンクリート、モルタル、セメントペーストを材料とする無筋の小型円筒の内外に温度差を与え、ひびわれ発生時の挙動を調べた。AE発生数、表面ひずみ、目視観察および有限要素法による弾性解析、リラクセーション解析結果と照らし合わせて検討し、温度ひびわれの特徴、材料によるひびわれ性状の違い、ひびわれ発生温度差に及ぼす温度上昇速度、乾燥条件の影響、対クラック部生メカニズム等について知ることができた。

コンクリートアーチダムの日射による日変位挙動に関する研究

吉田弥智・田辺忠顕・梅原秀哲・上原 匠

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.229~237, 1990.8.

コンクリートアーチダムの日射による1日単位の変位挙動の把握を目的として、新たに開発した三次元測定システムを用いて、ダム堤頂部中央の変位測定を気象条件が異なるように測定時期を変えて4回行うことにより、日射のある場合とない場合のダムの変位挙動を明らかにした。さらに、測定当日の気象条件をもとに日射の状態をコンクリート表面温度の変化に置き換えて変位解析を行うことにより、測定点を含むダム全体の変位挙動の推定を試みた。

大型航空機の誘導路における走行特性

笠原 篤・阿部洋一・片岡孝三・荻島 徹

土木学会論文集 第420号/V-13, pp.239~244, 1990.8.

新東京国際空港の誘導路の直線部を走行する大型航空機の走行速度および走行位置の測定法を開発し、それらの特性を把握することにより誘導路舗装の設計外力を明確にし、合理的設計法の確立に資することを目的とした。

走行速度分布は対数正規分布に従い、80パーセントイル速度は、離陸着陸機により異なるが $35\sim 50\text{ km/h}$ 程度であった。主脚車輪の走行位置分布から、誘導路中心の左右10mの地点から外側に5mの区間でショルダの舗装構造にすり付ける舗装構造の採用を提案している。

ASRを生じたコンクリートの動弾性係数および超音波伝播速度に関する一考察

小林一輔・森 弥広

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 245-250, 1990.8.

アルカリ骨材反応を生じたコンクリートの共鳴振動法による動弾性係数測定値ならびに超音波伝播速度測定値のもつ意味について論じたものである。アルカリシリカ反応が生じると、コンクリート組織内部において結晶質に対する非晶質の占める割合が増大するために、これらの動的方法によって求めた値は静弾性係数のような静的方法によって求めた値に比べて見掛け上大きい値を示すことを指摘したものである。

テーパ管に対する骨材相の変形適合条件(英文)

Anura NANAYAKKARA・小沢一雅・前川一

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 279-290, 1990.8.

本研究は、テーパ管を流れるコンクリート中の骨材相の変形適合条件について明らかにしたものである。コンクリートを多相系材料として捉え、ポンプ圧送抵抗の一次元解析を行うためには、骨材相の変形適合条件を確立することが必要不可欠である。可視化実験を用いて、定常流れにおけるテーパ部の骨材相の動きを明らかにし、さらに、断面平均した骨材相のひずみ速度の偏差不変量と断面平均深速、テーパ角度および管径の関係を理論的に導き、単純な形の一次元適合条件を提案したのである。

ポリマーセメントモルタルライニングの塩化物遮蔽性能と耐久性

小林一輔・大濱嘉彦・星野富夫

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 251-258, 1990.8.

ポリマーセメントモルタルによってライニングを行った鉄筋コンクリート梁供試体の海洋飛沫帯における5年間の暴露試験結果に基づいて、ポリマーセメントモルタルライニングが優れた塩化物遮蔽性能を有することを明らかにした。また、この優れた塩化物遮蔽性能がライニングの積層施工に起因することをEPMAによる面分析ならびに偏光顕微鏡観察を通じて確かめた。

鉄筋コンクリート平板の非線形構成モデル(英文)

呉 智深・田辺忠顕・吉川弘道

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 291-301, 1990.8.

多方向のクラックを有する鉄筋コンクリート平板、例えば非比例面内力を受けるRC平面要素では非常に複雑な変位性状が現れる。本文では変位挙動を表現するための一般化されたRC平面要素の構成方程式を提案した。提案された解析モデルは非線形性に影響する引張剛性効果、圧縮剛性の低下、ひびわれ面のせん断力の伝達、主筋のダウエル作用、各要因間のcoupling actionおよび鉄筋の応力分布を精度よく再現していることが、いくつかの試験結果との比較によって示された。またこの構成方程式は有限要素法に容易に取り込むことができる。

日射熱による大型コンクリート構造物の温度および変形解析

吉田弥智・田辺忠顕・二羽淳一郎・粥川幸司

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 259-268, 1990.8.

本論文では、日射熱を受ける大型コンクリート構造物の温度解析ならびに熱変形解析を行った。入力される日射熱の算定にあたっては、構造物周囲の地形等、障害物による陰影の効果を考慮した。温度解析においては、熱伝導方程式の厳密解を新たに形状関数に取り入れることにより、かなり粗い要素分割にも拘らず高精度の温度分布を得る解析方法を提示した。得られた温度分布から熱変形解析を行い、実測値との比較検討により、構造物の剛性変化の程度を考察した。

FWDによるコンクリート舗装の非破壊評価法(英文)

八谷好高・佐藤勝久

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 303-309, 1990.8.

フォーリングウエイトデフレクトメーター(FWD)を使うコンクリート舗装構造の非破壊評価法を開発した。主要な点を以下に示す。FWDを用いて得られたコンクリート版中央部のたわみからコンクリートの弾性係数と路盤支持力係数を算出する。目地の荷重伝達機能は目地部でのFWDによる測定値を使って定量化する。また目地部に生ずる版と路盤の間の空隙も、その有無、大きさを目地部でのFWDによる測定値から判断する。

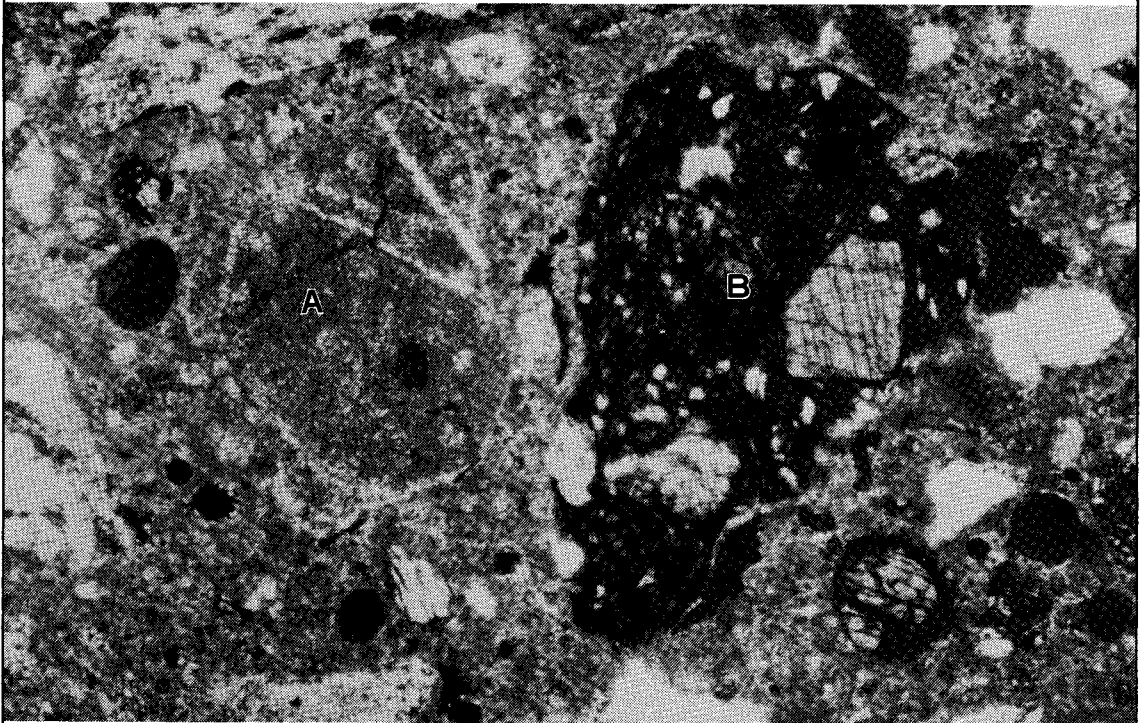
走行荷重を受けるRCモデルはりの疲労実験(英文)

川口昌宏・柳沼善明・V. R. MACAM Jr.・飯井幸弘

土木学会論文集 第420号/V-13, pp. 269-277, 1990.8.

せん断補強筋のない縮尺模型RCはり上を、荷重を走行させて疲労実験を行った。はりの寸法は幅5cm、高さ8cmで支間は40-80cmである。はり上の定点に荷重を加えた場合のはりの疲労強度に比べ、荷重を移動させたときの疲労強度の低下は極めて大きく、回数で1万分の1以下となった。材料の疲労特性から判断して、この低下は、荷重を移動することによって生ずる応力の交番が最も影響していると考えられる。

コンクリートの耐久性診断に



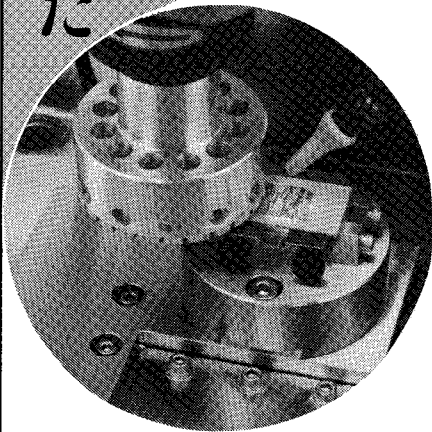
反応性岩石を含むコンクリート薄片の偏光顕微鏡写真

(A：潜晶質石英を含む堆積岩・B：ガラス質安山岩) 東京大学生産技術研究所 小林研究室 ご提供

だれにでもプレパラートが作れます

骨材観察用薄片試料作製機

プレパラップ MG-300



用途

- 反応性岩石・鉱物の判定
- マイクロクラックの観察
- コンクリート組織の変化の観察
- 中性化の判定
- セメントの水和物組織の観察

「コンクリート薄片の作り方」小冊子、無料進呈いたします。

(開放実験室)・・・●東京本社 ●名古屋分室 ☎052-251-8771・西村科学機器内 ●京都分室 ☎075-451-3975・京都試験機内

コンクリート・岩石等研究用試料作製機メーカー

株式会社 **ミルトー**®

本社 〒113 東京都文京区湯島1-1-10

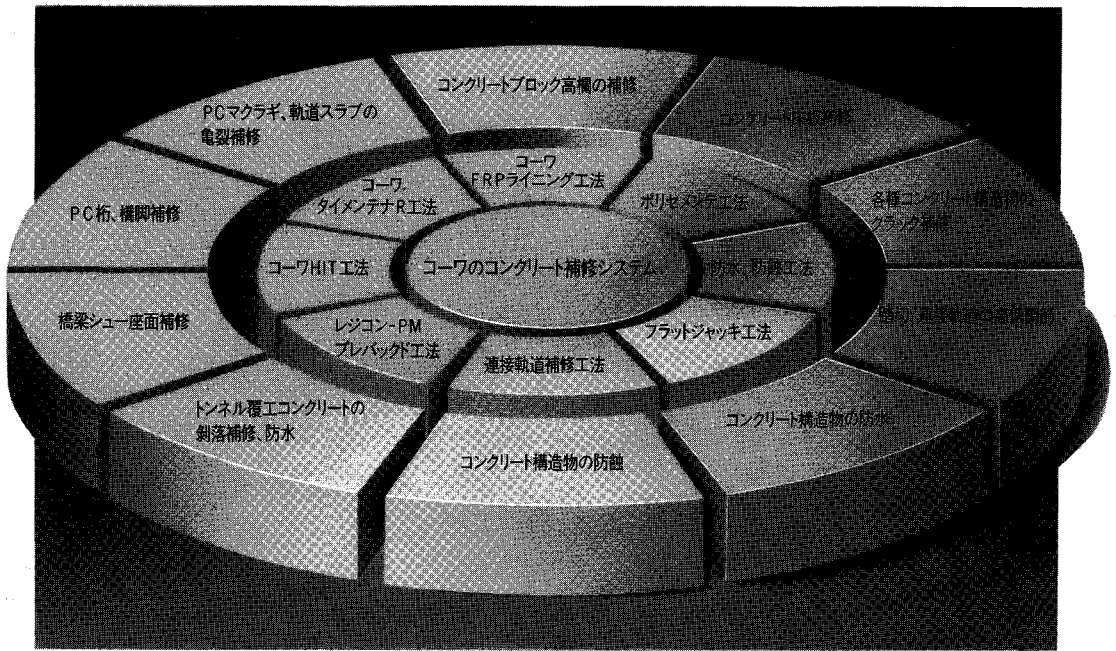
☎東京(03)3251-0727(代)FAX: 東京(03)3251-2478

福岡連絡事務所

〒815 福岡市南区大橋1-21-5 岩田ビル TEL 092-512-2755

RE FRESH

コーワのコンクリート補修システム




あらゆる補修対象に
優れた施工法と
高性能材料の組合わせて
最適な工法が
選べます。

コーワのコンクリート補修システム

●各種工法ごとの技術資料が準備
されています。使用材料につきましては、
物性データが完備されております
ので、御用命下さい。

コンクリートブロック高欄の補修	コーワFRPライニング工法、ポリセメンテ工法
PCマクラギ、軌道スラブの亀裂補修	コーワタイムテナR工法、コーワHIT工法
PC桁、橋脚補修	コーワタイムテナR工法、コーワFRPライニング工法 鋼板接着工法、ポリセメンテ工法
橋梁ニュー座面補修	レジコン-PMプレバッド工法、フラットジャッキ工法
トンネル覆工コンクリートの剝落補修、防水	ポリセメンテ工法、コーワFRPライニング工法 紫外線硬化タイプライニング工法
コンクリート構造物の防蝕	コーワタイムテナR工法、コーワFRPライニング工法
コンクリート構造物の防水	ハイドロサーム工法、コーワFRPライニング工法 コーワタイムテナR工法
踏切、接続軌道の高低調整	ポリモルタルPSC-100注入工法、プレバッド注入工法
各種コンクリート構造物のクラック補修	圧力注入工法、コーワHIT工法
コンクリート床板補修	コーワタイムテナR工法、コーワFRPライニング工法 ポリセメンテ工法

 興和化成株式会社

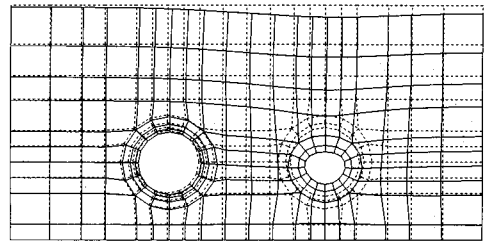
●本社/〒104 東京都中央区銀座5-1-15 ☎(03)3572-0424(代表) ●大阪支店 ☎(06)372-3286 ●名古屋支店 ☎(052)452-1833
●九州営業所 ☎(092)411-3312 ●仙台営業所 ☎(022)264-1671 ●新潟営業所 ☎(025)246-3716 ●札幌営業所 ☎(011)251-7127
●盛岡営業所 ☎(0196)54-3784 ●本社営業部高崎駐在 ☎(0273)27-0161 ●大月工場 ☎(0554)22-1345 ●東京工場 ☎(0423)91-5622

STACC

(Shield Tunnel Analysis Program
by Characteristic Curve)

概要

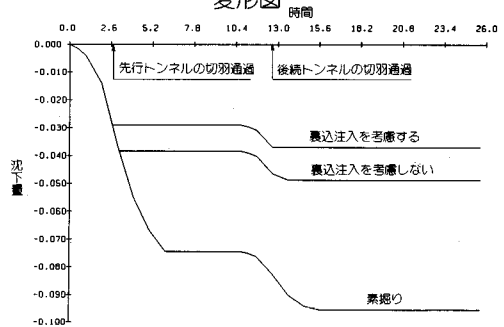
- ・二次元有限要素法解析と地表面沈下特性曲線を融合し、三次元的効果を考慮すると共に、各種施工条件をも考慮した地表面沈下量解析プログラム。



変形図

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。



地表面の経時沈下量

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)鎌高組	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	日本スピードショア(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)間組
北居設計(株)	鉄建建設(株)	阪神高速道路公団
(株)桜谷組	(財)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)滝池組	東京ガス(株)	フジ工業(株)
国際航業(株)	東建地質調査(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)	飛鳥建設(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 センチュリリサーチ 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: 岩崎・吉川

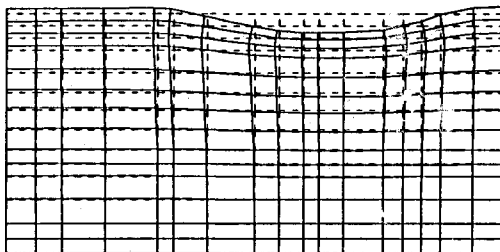
地盤の非定常圧密解析プログラム

Mr. 圧密

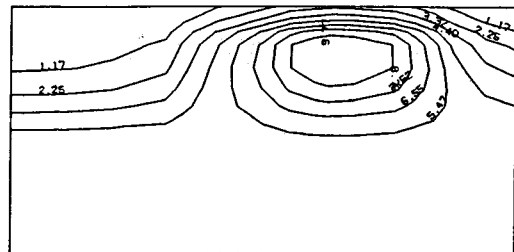
(特長)

- 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。

ジオフロントに挑戦!



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。また、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

入力データ

- ・地形図
- ・地表踏査データ
- ・ボーリングデータ
- ・横坑データ

出力図面

- ・等高線図
- ・地質平面図
- ・鉛直断面図
- ・水平断面図
- ・ブロック図他
- (岩級区分・地下水位を含む)

適応機種

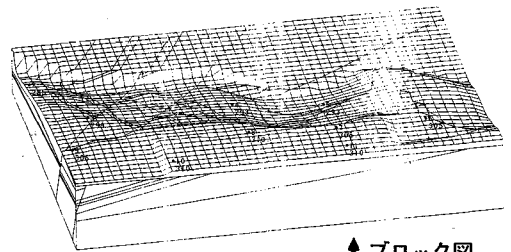
- ・SONY NEWS
- ・SUN-3, SUN-4, SPARC (互換機を含む)
- ・HP9000シリーズ
- ・その他機種は別途御相談

90年1月より順次リリース

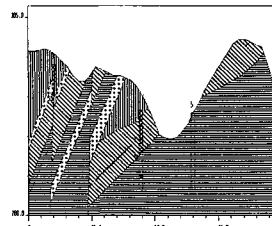
導入予約受付中

(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)興村組 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)四電技術コンサルタント 清水建設(株)	(株)新建設研究所 (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)ダイヤコンサルタント (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 (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



↑ ブロック図



← 鉛直断面図

これらの図は、カラーディスプレイやハードコピーの使用により一層鮮明な表現ができます。

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: 岩崎・吉川

あの地下水解析ソフトがさらに機能充実!

UNISSF_{ユニセフ(V-2)}

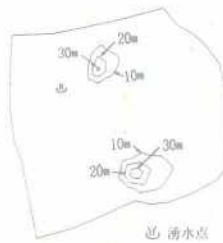
スピーディな同定・安価な解析



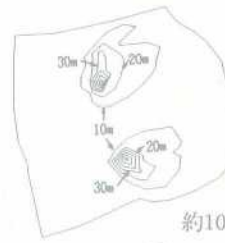
初期状態の地下水流



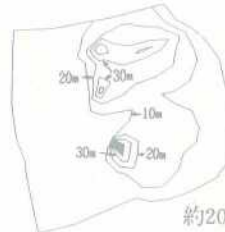
トンネル掘削開始直後



約4日後



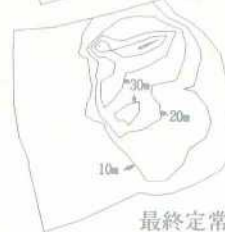
約10日後



約20日後



約30日後



最終定常状態

特長 ○有限要素法による準3次元解析を中心とした地下水の流れのトータルシステムです。

○観測水位と計算水位より、非線形最小二乗法を用いて帯水層定数の同定が可能です。(逆解析手法)

○建設・土木工事(掘削・ディーブウェルその他)の解析に対応する多くの機能を備えています。

○メッシュ・ジュネレータにより、モデル(要素分割)作成の手間を軽減できます。

○凶化処理プログラムにより、結果の確認が容易に行えます。

適応機種: SUN, NEWS, HP,
IBM 30XX, FACOM-Mシリーズ 他

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 未来設計企業
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: 岩崎・吉川