

論文

[1167] 転用施工した透水性型枠によるコンクリートの性状

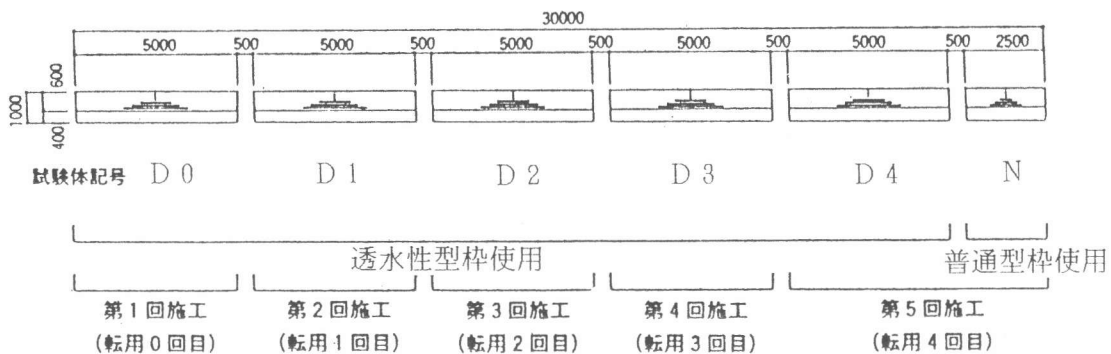
正会員○立松和彦 (浅沼組技術研究所)

正会員 石原誠一郎 (浅沼組技術研究所)

1. はじめに

近年、コンクリートの耐久性向上がさまざまな角度から論議・検討され、材料、設計、施工それぞれの分野で着実に前進してきている。その一つの方策として、透水性型枠を使用してコンクリートの耐久性を向上させる手法は、土木構造物を中心に、わずかずつではあるが採用され始めている。また、現在までに何種類もの透水性マット（あるいは透水性シート）が提案されているが、素材やその組み合わせには若干の違いはあるものの、コンクリート中の余剰水および表面の気泡をコンクリート打設時に透水性マットから排出させ、表層部（表面から数cm）のコンクリートを緻密にし、コンクリート全体の耐久性を向上させるという原理においては同じものといえる。

透水性型枠の使用による耐久性の向上については、既に数多くの発表がなされている [1] ~ [5]。しかし、積極的にこの工法を活用していくためには、施工面、特に転用性に関するデータを蓄積することが重要な課題の一つである。使用する透水性マットの種類にもよるが、数回転用した場合、耐久性の改善効果はどうなるのか、また、透水性マット自体は何回の転用に耐えるのかという点に関する研究発表は非常に少ない [5]。そこで本研究では、透水性型枠を4回転用（即ち5回使用）してコンクリート擁壁の試験体を作り、転用施工した透水性型枠によるコンクリートの性状、特に耐久性改善効果の推移に関して検討した結果について述べる。



2. 実験概要

図-1 打設概要

2.1 使用材料および配合

本実験で使用した透水性マットは、ポリプロピレン製の不織布（厚さ約1.0mm）でできている。その表面（コンクリート側）は、剝離性能を高めるため熱処理を施し、裏面（型枠側）は粘着剤がストライプ状に塗布されている。コンクリートは、210-8-20 BB のレデーミクストコンクリートを用いた。水セメント比は59%、単位水量は165kg/m³である。

2.2 試験体

試験体（高さ1.2mのコンクリート擁壁；いずれも無筋）の打設概要を図-1に示す。5体の透水性型枠使用試験体（記号D0~D4；数字の0~4は転用回数を表す）を、同一の型枠パネルを転用して順次作製した。また、普通型枠を用いた試験体（記号N）も1体、D4と同時に作製した。なお、透水性型枠使用試験体の傾斜面（A面）および鉛直面（B面）には余剰水排出用の

穴（径 9 mm）を削孔している。

2. 3 コンクリート打設およびコア供試体

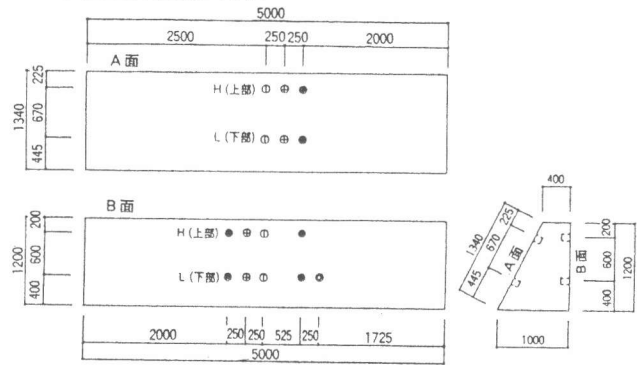
コンクリート打設は、3月上旬～4月上旬にかけて、1週間前後の間隔で5回行った。打設は、1回の打ち込み高さを40cmとして3層に分け、2台の棒状バイブレータを使用して各層ごとに十分に締め固めた。打設後は、脱水量の測定が終了するとすぐに保温マット、養生シートを用いて養生し、材令4日で脱型した。なお、転用時の透水性マットの清掃は布で拭き取る程度であり、水洗いは行っていない。

各々の試験に供したコア供試体は、(D0～D4、N)それぞれの試験体の材令が27日に達した時点で採取した。図-2に、コア供試体の採取位置を示す。なお、中性化、塩分浸透、凍結融解の各試験に供したコア供試体は、採取後、試験型枠面を除く各面をエポキシ樹脂系塗料で被覆した。

2. 4 試験項目および試験方法

表-1に示した各項目について、試験を実施した。まず、コンクリート打設時には、脱水量を測定した（A・B面上・中・下部）。打設後は、脱型直後にアバタ率および表面強度を測定した（A・B面上・中・下部）。耐久性に関する試験として、中性化促進試験、促進塩分浸透試験、凍結融解試験を行った（A・B面上・下部）。微細構造に関する試験として、細孔径分布の測定、セメント量分布の測定を行った（A・B面上・下部）。また、型枠を転用するごとに透水性マットの一部を切り取り、通気量および透水係数を測定した（A・B面上・中・下部）。図-3に、アバタ率、表面強度の測定位置を示す。

透水性型枠使用試験体



普通型枠使用試験体

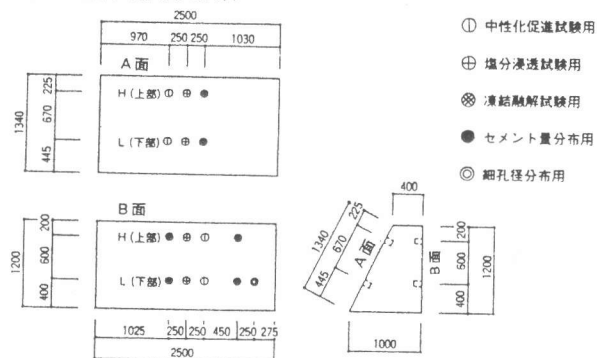


図-2 コア供試体採取位置

表-1 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法等	備考
脱水量	上・中・下部（型枠足元からの脱水も含む）の脱水量を15分間隔で測定	
アバタ率	1測定部位につき左右1ヵ所づつ測定	20cm四方
表面強度	材令4日、28日で測定 鉛直面は振り子式（P型）を、傾斜面はNR型を用いる	推定式（R ₀ は反発度） P型：F=7.39R ₀ -66.7 NR型：F=13R ₀ -184
中性化深さ	20℃、60%RH、CO ₂ 濃度5% 促進材令4ヵ月	φ10×10cm
塩分浸透深さ	塩水浸せき、乾燥を13回繰り返した後、0～5mm、5～10、10～15、15～30、30～50、50～100mmの計6層の塩分をイオンクロマトグラフにより分析	φ10×10cm
凍結融解	JIS A 6204附属書2に準じて300サイクルまで実施	φ10×10cm、質量変化率、表面状況を調査
細孔径分布	水銀圧入式ポロシメーターにより、0～10、10～30、30～50、50～100mmの計4層を測定	φ10×15cm、D0、D2、D4、Nの4体のみ
セメント量分布	セメント協会・コンクリート専門委員会報告書F-18に準じ、0～10、10～30、30～50、50～100mmの計4層を測定	φ10×15cm
透水性マットの通気量	JIS L 1096 A法	φ10cm
透水性マットの透水係数	JIS A 1218（定水位透水試験）	φ10cm

3. 試験結果および考察

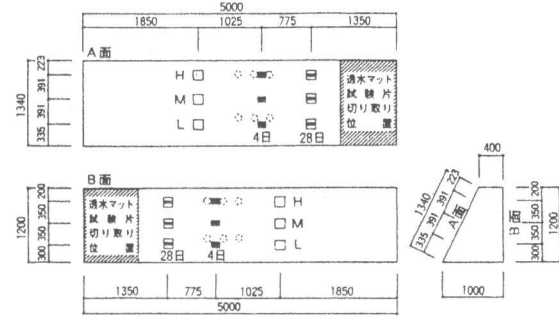
3. 1フレッシュコンクリートの性状およびシリンダー強度

スランプおよび空気量は、いずれも規格値内であった。コンクリート温度は、D0～D3では10～13℃、D4、Nでは19℃であった。シリンダー強度は、いずれも材令4週（20℃水中養生）で約300kgf/cm²であり、ばらつきは小さかった。

3. 2脱水量

図-4に脱水量の比較を、図-5に試験体D0およびD3の脱水量の経時変化を示す。図-4では、D0とD4は若干傾向が異なるものの、D1、D2、D3での脱水量は平均3.0～3.3ℓ/m²で、安定した値である。一方、文献[1][2]での脱水量は1～2ℓ/m²、文献[3][5]では約2.7ℓ/m²であり、若干の差がある。側圧の大小、バイブレータの使用方法等の差が影響していると考えられるが、耐久性の改善を効率よく行うためには、適切な脱水量の目安をもうける必要があると思われる。図-5からは、D0では見られた上部、中部からの脱水量がD3ではかなり少量になっていることがわかる。この傾向はA面、B面とも変わらず、また、D1以降の試験体に共通である。「透水性型枠」を転用施工する場合、上部などの、側圧の小さな部分からの脱水はあまり期待出来ないと考えられるので、何らかの工夫が必要であろう。「脱気」はともかく、「脱水」の観点からは、転用施工における削孔の重要性は高くないと考えられる。

透水性型枠使用試験体



普通型枠使用試験体

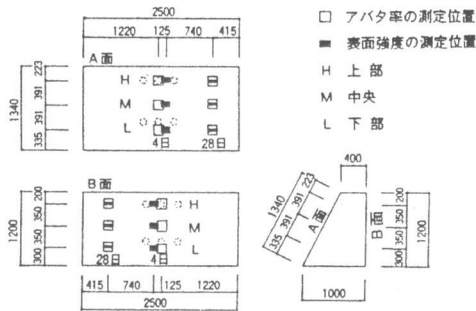


図-3 アバタ率および表面強度測定位置

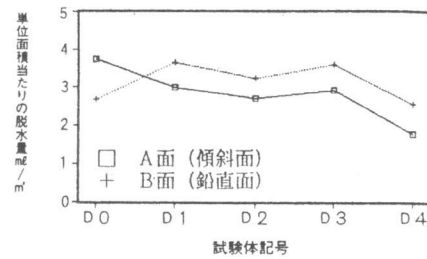


図-4 脱水量の比較

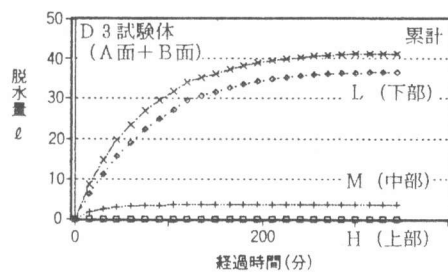
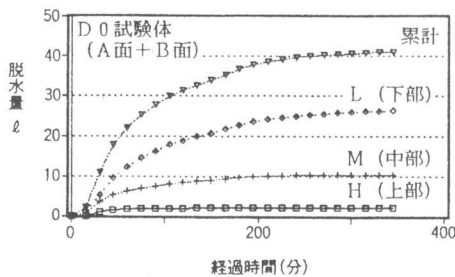


図-5 脱水量の経時変化

3. 3アバタ率

傾斜面（A面）では、「普通型枠」のアバタ率の平均2.6%に対し「透水性型枠」は平均で0.03～0.24%と、1/10以下になった。鉛直面（B面）では、同じく0.55%に対し0.00～0.13%であった。アバタの低減に関しては、転用による悪影響はほとんどないと考えられる。

3. 4 表面強度

図-6に表面強度の推定結果を示す。B面（鉛直面）では、転用による表面強度のばらつきはさほど見られない。D4の脱水量が少なかったため表面強度も少し低目に出るのではと予想していたがその影響はなかったようである。

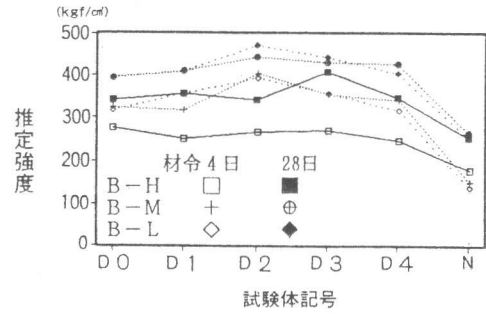


図-6 表面強度

3. 5 中性化深さ

図-7に中性化促進試験の結果を示す。A面（傾斜面）の中性化深さはB面（鉛直面）をやや上回る傾向にあった。また、D0～D4いずれの場合も、「普通型枠」に比べ「透水性型枠」の中性化深さは1/3～1/2以下であった。

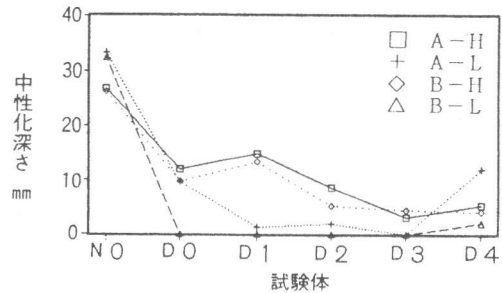


図-7 中性化深さ

3. 6 塩分浸透深さ

図-8に塩分浸透深さの試験結果を示す。採取位置にかかわらずこのような傾向であった。即ち、「透水性型枠」は表層が緻密なため塩分が内部へほとんど浸透せず、そのため、ごく表層部（0～5mm）が最も大きな塩分量となる。一方、「普通型枠」では塩分浸漬・乾燥の繰り返しにより、表層の空隙などから容易に内部へ塩分が浸透していくため、表層部（0～5mm）より10mm前後の層の方が大きな値になっている。転用に関しては、D0, D1よりもD3, D4の塩分浸透量の方が同等かやや小さい値になった。これは、文献[1]とは逆の結果であった。

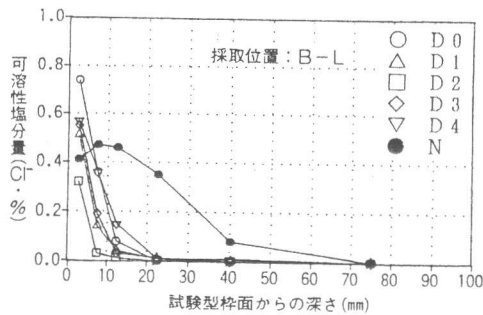
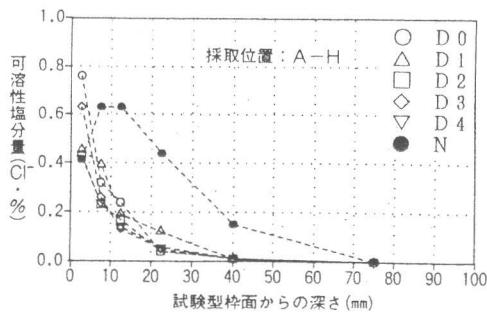


図-8 塩分浸透深さ

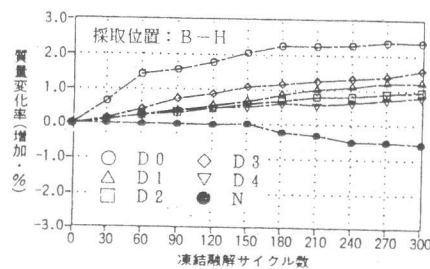
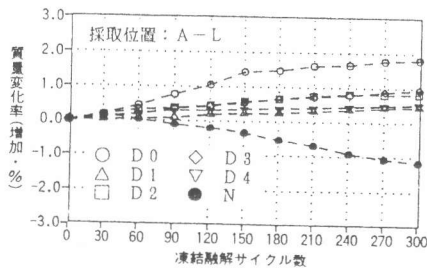


図-9 凍結融解試験

3. 7 凍結融解

図-9に凍結融解試験の結果を示す。いずれも、D0が最も大きな質量の増加を示した。D1

～D4では、質量は増加したがD0ほどではなかった。「透水性型枠」の試料では表面の剥落は「D3, A, H」の供試体で部分的に生じたが、その他の供試体ではほとんど生じていない。一方、「普通型枠」の試料では徐々に質量が減少し、同時に表面の剥落も生じて、全ての供試体において表面の粗骨材が露出した。これは、文献[3]と同様の結果であった。表面の状況から見る限りでは、転用の影響はほとんどなさそうである。

3. 8 細孔径分布

図-10に細孔径分布の試験結果を示す。「透水性型枠」ではD0, D2, D4いずれの試験体でも「普通型枠」(N)に比べて、細孔半径1850~75000(Å)の、比較的大きな空隙の量の減少が目立ち、中でも深さ0~10mmの層では著しい。一方、125(Å)以下の小さな空隙は、「透水性型枠」は同等かやや多くなっている。また、50~100mmの層においても全般に「普通型枠」より「透水性型枠」の方が、空隙が減少していることから、この深さまで透水性型枠の効果が及んでいることがわかる。転用の影響については、いずれの深さにおいても1850~75000(Å)の空隙の減少の程度は、D2, D4よりもD0の方がやや大きい。転用につれ、若干ではあるが「脱気」の効果は低下すると考えられる。

3. 9 セメント量分布

図-11にセメント量分布の試験結果を示す。「透水性型枠」ではD0~D4のいずれも、内部(50~100mm)の層のセメント量に比べて表面から0~10mmの層では20~90%大きくなっている。また、30~50mmの層より深い部分では「透水性型枠」と「普通型枠」とのセメント量の差はほとんど見られない。即ち、セメントペーストが移動するのは表面から30mm程度の深さまでではないかと考えられる。

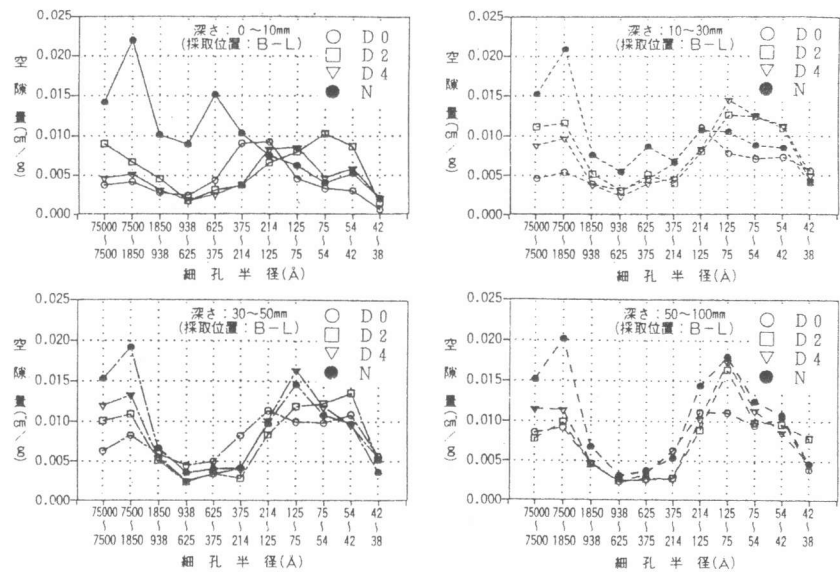


図-10 細孔径分布

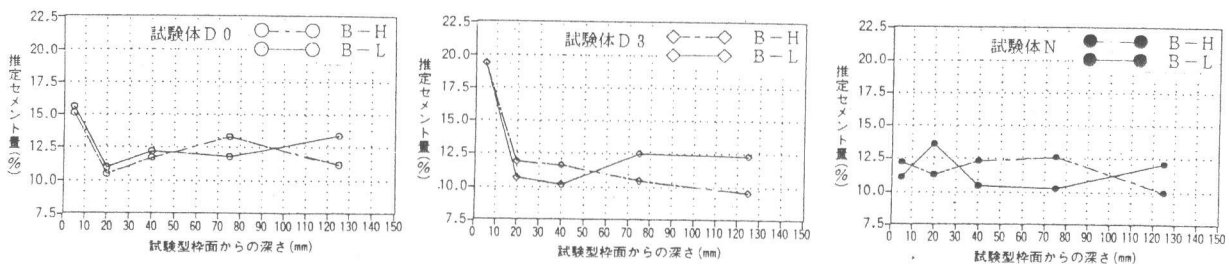


図-11 セメント量分布

3. 10 透水性マットの通気量および透水係数

図-12に通気量の試験結果を、図-13に透水係数の試験結果を示す。通気量は、転用によりならだらかに減少する傾向にあった。D2(2回転用)以降は $0.4(\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec})$ 前後であるが、未使用試料の値に比べて約50%に減少しており、細孔径分布の試験結果を裏付ける結果になっているといえる。一方、透水係数の方はD2以降増加する傾向にあった。転用により、透水性マットの脱気性能が低下し、一方、脱水性能は向上することを示唆していると思われるが、これは今回使用した透水性マットの特質とも考えられる。しかし、このことにより、耐久性の改善効果が転用により大きく低下するとは、これまでの試験結果からは考えにくい。

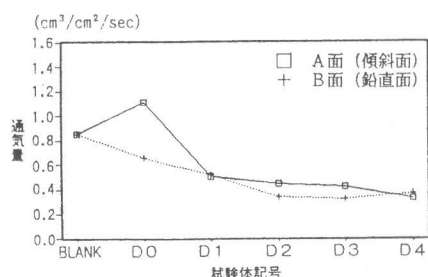


図-12 透水性マットの通気量

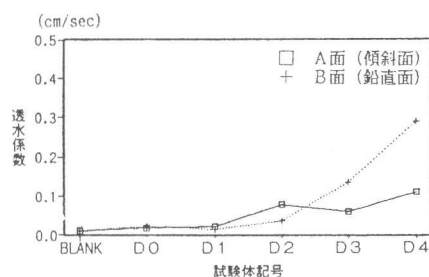


図-13 透水性マットの透水係数

4. まとめ

今回の実験結果から以下の事が確認された。

- (1) 側圧の小さな部分からの脱水量は、透水性型枠の転用によりかなり小さくなる。
- (2) アバタ率、表面強度は転用の影響をほとんど受けない。
- (3) 中性化深さ、塩分浸透深さ、凍結融解等の耐久性に関しても、4回の転用では透水性型枠による改善効果はほとんど低下しない。
- (4) 細孔半径 $1850\sim 75000(\text{\AA})$ 程度の空隙の減少については、 $50\sim 100\text{mm}$ の深さまで透水性型枠の効果があるものの、転用によりその程度は若干低下する。
- (5) セメントペーストの移動する範囲は、透水性型枠表面から 30mm 程度の深さまでであり、それより深い部分ではあまり移動していないようである。
- (6) 総合的に判断すると、「透水性型枠」を4回転用してもその性能は大きく低下しない。

以上のような事が推察できるが、使用する透水性マットの種類により結果が異なってくることは十分考えられることである。また、実施工に「透水性型枠」を積極的に取り入れていくには、例えば、耐久性の改善効果と脱水量との関係を定量化することなどが必要なのではないかと考えている。

最後に、本研究を行うにあたり、ご指導いただきました建設省近畿技術事務所 材料試験課をはじめ、(財)日本建築総合試験所 材料試験室の方々、ならびにご協力いただいた J.C.コンポジット 株式会社の関係各位に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 山田政克ほか：繊維型枠工法を用いたコンクリート、セメントコンクリート、No.517、pp.26-33、1990.3
- 2) 小林茂敏：脱水型枠のすすめ、セメントコンクリート、No.519、pp.40-45、1990.5
- 3) 石原誠一郎ほか：脱水・脱気型枠によるコンクリート表層部の耐久性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol 13、No.1、pp.561-566、1991
- 4) 宮川豊章ほか：透水性型枠を用いたコンクリートの表面および内部の性質について、第45回セメント技術大会講演集、pp.756-761、1991
- 5) 竹田宣典ほか：透水性シートを用いた型枠によるコンクリート表面の品質改善、コンクリート工学年次論文報告集、Vol 13、No.1、pp.683-688、1989