

# 論文報告紹介

今月は論文報告集第171号(44年11月20日発行)登載原稿として、つぎの6編を紹介し、今月紹介した論文報告に対する討議は45年5月20日まで受付けます。次号では論文報告集第172号登載予定原稿として下記の8編を紹介する予定です。

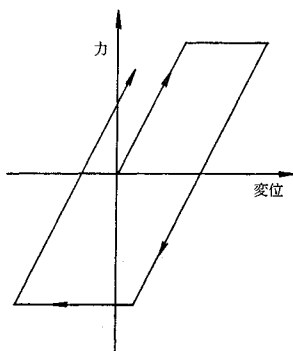
- 山田善一・竹宮宏和：長周期土木構造物の耐震安全性に関する研究
- 西野文雄・Lambert Tall：Residual Stress and Local Buckling Strength of Steel Columns.
- 斎藤孝夫・箭内寛治：締固めた土の二、三の膨潤特性について
- 橋口公一：摩擦性塑性体に関する速度場理論
- 島昭治郎・太田秀樹・吉谷 進：土の State Surface について
- 長尾 精・赤井浩一・宇野尚雄：河口せき計画にともなう河川堤防のろう水に関する調査研究
- 村山朔郎・松岡 元：粒状地盤の局部沈下現象について
- 西岡 隆：軌道の振動を考慮した車両運動に関する理論的研究

## 計算機により制御された、はりの動的破壊実験

伯野元彦・四俣正俊・原 司

現在、構造物の耐震設計にあたっては、大地震を受けた時の挙動が興味を中心になっている。それらの研究の手法としては、いずれも構造物の「力～変位」関係を図-1に示すようなヒステリシスを持った適当な関係に仮定してデジタル計算機またはアナログ計算機によってその振動を計算するというものである。ところで図-1に示すような「変位～力」関係は非線形であるから、この関係は外から加えられる振動外力の波形、大きさ等種々の要素によって変わってくるはずである。

図-1 通常仮定される「力～変位」関係線形



その変わり方の程度が小さければ問題ないわけであるが、その程度もわかっていない現在、つぎのような解析法を考案し実行してみた。すなわち、アナログ計算機によって強震時の構造物振動を計算する場合、構造物の一部が降伏して「力

～変位」関係がヒステリシスを持った非線形関係となるため、アナログ計算機の演算要素として「バック・ラッシュ」等の非線形演算回路を組み込んで計算を行なうのが普通である。本解析法では、そのアナ・コン中に組み込まれた非線形演算要素を「部材の動的破壊実験装置」によって置き換えようというものである。図-2で知られるように地震加速度を入力としてアナ・コンが構造物の振動変位を計算し、それを「部材実験装置」に渡すと試験機はそれを強制変位として部材に加え、その時の部材の示す反力がアナ・コンにフィードバックされる。その反力と入力地震波を用いて、アナ・コンがつぎの振動変位を計算するという具合である。

## 計算結果

図-3は擬似地震動を受けた時の構造物の降伏点をこえた状態での振動である。地震動とは全く異なったきれ

図-2 実験計算混合解析の流れ図

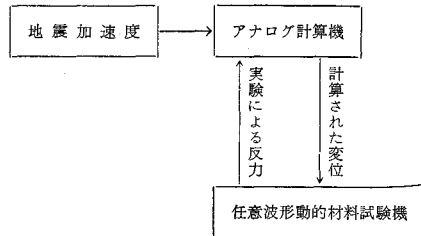


図-3 擬似地震波による非線形振動応答

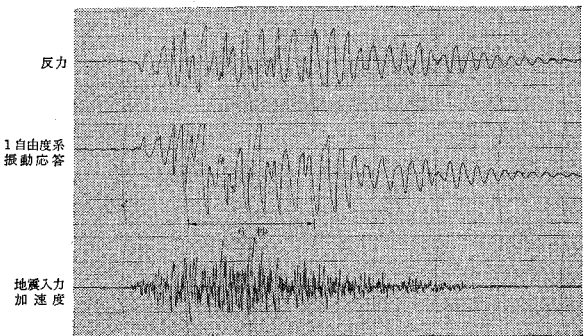
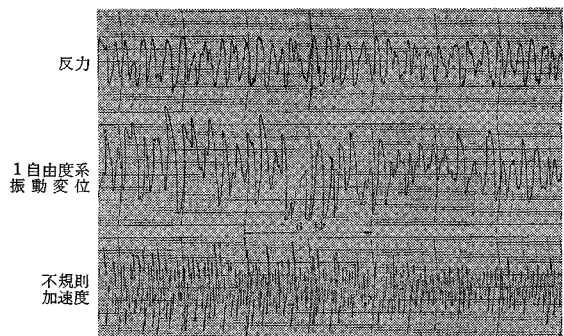


図-4 定常不規則外力による非線形振動応答



いな固有振動が誘起されているが振動中立軸がずれ残留変形が生じているのが認められる。

図-4 は風のような定常的不規則外力による構造物の非線形振動である。外力が徐々に大きくなるにつれて固有振動に短い振動周期の高調波が重畳してくるため波形が「キタナク」なる。振動中立軸の移動も認められる。

### 結果の考察

(1) 固有振動が誘起されるような状態にある構造物の部材が降伏点をこえた状態で振動する時、従来のような部材の非線形「力～変位」関係を簡単なモデルに仮定することなしに、実験に置換し計算することに成功した。

(2) 擬似地震動のような複雑な波形の振動外力によって構造物が非線形振動を行なう時にも、従来いわれてきたような「固有振動周期の増大」、「見掛けの振動減衰定数の増加」をある程度認めることができた。しかしこの場合の特長的な事柄としては、振動の非線形性が著しくなると、共振曲線に固有周期だけでなく固有周期よりかなり長い周期に今一個のピークができるということである。つまり、弾性範囲内の振動では、1自由度系では共振曲線に1個のピークが存在したものが過渡的非線形振動では2個のピークが現われるという興味深い現象を認めた。

(1969.4.21・受付)

|        |    |         |       |
|--------|----|---------|-------|
| 伯野：正会員 | 工博 | 東京大学助教授 | 地震研究所 |
| 四俣：正会員 |    | 東京工業大学  | 土木工学科 |
| 原：     |    | 東京工業大学  | 土木工学科 |

## 逐次破壊現象としての斜面の 安定性の数値解析

林 正夫・藤原義一

土質材料は元来はなほ複雑な非線形な応力-ひずみ曲線を有するにかかわらず、従来は弾性論あるいは塑性論で割切って斜面や地盤の安定を論じていた。実際の斜面や地盤が壊れる要因についても単独の要因として割切って考えられる場合は少なく、地震、透水による強度の低下、間げき水圧の増加、風化などが絡っている場合が多い。この報告でも、ごく一部分の現象しかとりあげないうらみがあるが、砂と土で構成されている斜面が自重圧密をまず受けてのちに、斜面が崩れるまで水平の質量力が増していく間の、斜面内部の応力分布や変位分布の変化を考察している。

従来は斜面のすべり破壊の現象をただ単に、実験的表面観察に基づき表層のすべりの現象としてのみ考えたり、あるいは慣用の計算による巨視的なすべり面のみを論じていたのを、さらに内部の変化の機構に論をすすめ

ることによって、斜面の各部の力学的な役割りを明らかにし、現実の築堤構造物の施工のときに必ず出会うフィル材料の品質管理に対処するための力学的な目安となる知識を求めることを目的とした。

(1) 解析の手法としてとくに開発された事項は、粘性的な変形を部分的に生じた場合の、地盤の各部分の応力の再配分の解析手法を変形マトリックス法を拡張して展開し、不連続面の存在による応力の再配分についてもその手法を考察した。また土質材料特有の非線形な応力ひずみ関係、ポアソン比の変化などを3軸試験に基づく物性値から数値解析に導入することによって、非線形解析の精度の向上をはかった。

(2) 自重圧密過程での応力や変形の様子は、築堤内のコア土の可縮性によってかなりの影響をうけ、その可縮性が大きいと表面のより剛度の高いフィル材部分に応力が偏り、結局、斜面の水平質量力に対する耐荷力を低下させる現象がみとめられ、この現象は、ただ単に、表層のすべり破壊を論じていた慣用の長大斜面のすべり安定計算では看取できない現象である。上述の現象は三笠教授らの遠心力場での斜面の模型実験でも認められ、極限耐力についても、数値解析と模型実験の結果はほぼ一致した。

(3) 自重圧密過程終了後に水平質量力を漸増させるにつれて、潜在的に剛度が低下する領域(潜在すべり面)が発達し、さらに荷重を漸増させると表層にほぼ平行に潜在的な剛度低下域が発達しついにには変位が急増し顕在化したすべり面となる経過が、数値解析により追跡された。この結果、従来は不明な点が多かった斜面の内部の破壊機構について過移的な考察を加えることができた。しかしながら、土質材料の物性変化の特性はなお複雑であるので、今後、その特性の究明と解析手法への適切な導入について研究をすすめる必要がある。

この研究に当たっては、三笠正人教授および関電の大長昭雄氏から数度のご討議をいただき、そのご示唆に負うところが多かったので、厚く謝意を表します。

(1969.5.8・受付)

|        |    |              |
|--------|----|--------------|
| 林：正会員  | 工博 | 電力中央研究所技術研究所 |
| 藤原：正会員 |    | 電力中央研究所技術研究所 |

## 河川の平均流速公式と河床形態 との関係について

杉尾 捨三郎

本論文は、冲積河川の平均流速公式には三種類の代表的な群が存在することを述べたものである。平均流速  $V_m$  は  $R^2S$  の関数であるという Lacey や Simons の考えにしたがって(ここに  $R$  は流れの径深、 $S$  は河川

勾配) 多くの実際河川について検討した結果, 式 (1) に示すような 3 種の群に分類されることがわかった。

$$V_m = KR^{0.54} S^{0.27} \text{ (cm-sec 単位) } \dots\dots\dots (1)$$

上式における  $K$  は値の概略, 各群に対しそれぞれ 54, 80, 110 となり, かつ  $K$  は水理量や砂特性に応じてある群から他の群へ移行することがあった。さらに  $S$  と  $q/\omega d_m$  とを変数とする河床形態の新区分法を提案した。平均流速公式と河床形態との関係を検討した結果, 第 1 群, 第 2 群, および第 3 群の河床形態はそれぞれ Ripple, Dune, および Transition に相当することが明らかとなり, この新区分図を利用することにより実際河川の  $K$  の概略値を推定することができた。

(1969. 3. 17・受付)

[筆者: 正会員 工博 徳島大学教授 土木工学科]

## 外海におけるケーソン防波堤施工方法の研究

西田俊策・赤塚雄三・和智昭市

波浪条件の厳しい外海におけるケーソン防波堤の施工に関して, 主として波浪条件の特異性の観点から計画, 設計および施工上の各種の問題点を検討するとともに, 近年における施工方法合理化の成果を評価し, これを体系づけることを試みたものである。

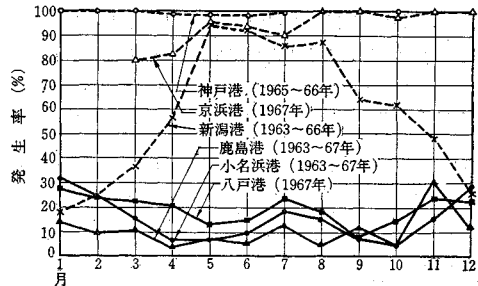
### 1. 外海における港湾整備の現況と防波堤建設の要請

港湾整備に対する要請は従来は, 東京湾や大阪湾あるいは瀬戸内海などのように自然条件に恵まれた地域に集中する傾向が濃厚であったが, 近年では背後地に開発発展の可能性を有する地域では外海に面した港湾に対しても要請が強まってきている。本章ではこのような港湾における開発整備の傾向について述べ, その問題点が厳しい海象条件のゆえに防波堤の急速施工の可否に集約されていることを指摘した。

### 2. 防波堤の施工に関連した外海の特徴

防波堤施工上の観点から外海の特徴を考えた場合, 外海における港では波の発生源が広範囲にわたり, 波高が大きく周期の長い波浪が来襲する頻度が多く, 内海のような静穏な海面はほとんど期待できないのが普通である。また, 日本海のいくつかの港におけるように冬期に最も卓越するような季節的な特異性も認め難く, 現地の局地的な気象条件とは無関係に大きな波浪が来襲する場合も少なくない。本章ではこのような外海の波浪条件の特徴を  $H_{1/3} < 0.5 \text{ m}$  および  $H_{1/3} \geq 2 \text{ m}$  の波の月別発生頻度, 波の周期や変動特性, 静穏な海面の不安定性等の

図一  $H_{1/3} \leq 0.5 \text{ m}$  の波の月別発生頻度



要因から定量的に評価することを試みた。本研究では外海に面した港としては鹿島, 小名浜および八戸の各港を選び, また, 京浜港と神戸港をそれぞれ静穏な湾内と内海の代表的な港として選び, 新潟港を外海に面しているが, 波浪条件が季節的に著しく変化する港の一例として選定し, これら各港の間で波浪条件を比較した。図一 1 にその一例を示す。

### 3. 防波堤構造様式の比較とケーソン防波堤の機能

防波堤の構造様式としては直立堤, 傾斜堤, 混成堤および特殊構造の防波堤が考えられるが, 外海を対象とした防波堤として実用性をもつものは, 現時点ではケーソン式防波堤に限定されると考えてよい。表一, 2 は各種構造様式の特長と欠点の比較検討結果を取りまとめたものである。

### 4. 施工計画に影響をおよぼす要因と波浪予測の導入

外海の防波堤工事で施工計画に影響をおよぼす主要な要因としては, 工種別の作業限界波高, 海象条件による

表一 防波堤構造様式の比較: 傾斜堤

| 特長   | 欠点  |
|--|---|
| ①地盤の凹凸に関係なく施工できる。                            | ①波高の大きいところや, 水深の深いところでは, 多量の材料と労力を要し, 一般に不経済である。              |
| ②比較的軟弱な地盤にも適用できる。                            | ②直立堤, 混成堤に比較して, 堤体幅が広くなるため, 港口幅員や港内面積の点から制約を受けることがある。         |
| ③洗掘に対して比較的順応性があり, 維持補修が容易である。                | [捨石式の場合]  |
| ④施工設備が簡単で, 初期の設備投資が比較的少ない。                   | ③多量の粗石を要し, その経済的入手の面から制約がある。                                  |
| ⑤施工工程が単純であり, 施工上直立堤や混成堤に比較して波の影響を受けることが少ない。  | ④波力の大きい場合は, 粗石の大きさに限度があるため, 異形ブロックを併用する必要がある。                 |
| [捨ブロック式の場合]                                  | [捨ブロック式の場合]   |
| ⑥波力に応じて任意の重量の異形ブロックを使用できるので, 波力の強大な所にも適用できる。 | ⑥方塊を使用する場合は, 粗石に比べてかみ合わせが悪く, 同一波力に対して粗石よりも重量の大きい方塊を使用する必要がある。 |
|  | ⑦直立堤や混成堤に比較し, 漂砂や波の透過が著しい。                                    |

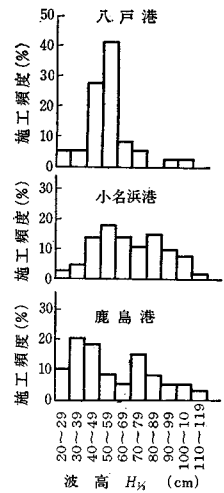
作業可能日数、作業施設と船舶機械の規模と性能等が考えられる。図-2 は一例として各港におけるケーソン据付作業時における波高と施工頻度との関係を示したもの

表-2 防波堤構造様式の比較：混成堤

| 特 長  | 欠 点  |
|--|--|
| <p>①混成堤は、直立堤と傾斜堤の両者の長所と短所とを有し、直立部とマウンド部分の組合わせを変えることにより広範囲の適用性をもつ。<br/>[ケーソン式の場合]</p> <p>②直立部堤体が一体となっているため、波力に対して強く、波や漂砂の透過が少ない。</p> <p>③海象条件にかかわらず製作を陸上で先行でき、また1回の据付けで相当の延長となり、施工速度が早い。</p> <p>④方塊式および単塊式に比べて割安な中詰材料を用いるので経済的である。</p> <p>[方塊式の場合]</p> <p>⑤一般に施工が容易で施工設備も簡単である。</p> <p>[セルラーブロック式の場合]</p> <p>⑥方塊式や単塊式に比べて割安な中詰材料を用いるので経済的である。</p> <p>⑦ケーソンに比較して、底部の摩擦が大きく滑動に対する抵抗は大である。<br/>[単塊式の場合]</p> <p>⑧プレキャストコンクリート等の使用によって一体となった強固な構造とすることができる。</p> <p>⑨施工設備が比較的簡単である。</p> | <p>①基礎の洗掘が直立部に致命的影響を与えるため、その防止に十分留意する必要がある。</p> <p>[ケーソン式の場合]</p> <p>②荒天日数の多い所、静穏な日の継続が少ない所では、海上作業日数に著しい制約を受ける。また、ケーソン据付け後短時間で中詰蓋コンクリートを施工しなければならないため、海象条件の予期しない変動により被害を受けることがある。</p> <p>③ケーソンヤード、大形起重機船等の施工設備に相当の工費を要し、新規工事では相当の先行投資と準備期間が必要である。</p> <p>④ケーソンの進水、据付け等が水深によって左右されることが多い。</p> <p>⑤直立堤や傾斜堤に比較すると工種が多く、工程管理が複雑である。<br/>[方塊式の場合]</p> <p>⑥各方塊間の結合が十分でなく一体性にかけ、波浪に対して弱く、一般に強大な波力を生ずる所には用いられない。</p> <p>⑦ケーソンに比べて、海上作業期間が長くなり施工上手戻りを受けやすいので、荒天日数の多い所では一般に用いられない。</p> <p>⑧ブロック数が多い場合には、広いブロックヤードが必要である。<br/>[セルラーブロック式の場合]</p> <p>⑨一体性に乏しいため、波力の強い所には用いられない。</p> <p>[単塊式の場合]</p> <p>⑩荒天日数の多い所では、現場打ち方式は無理である。</p> <p>⑪本土工のみの比較では、ケーソン式より不経済である。</p> |

であって、このような従来の経験によれば限界波高はいずれの工種においても  $H_{1/3}=1\sim 2\text{m}$  の範囲内にある。一方、年間の作業可能日数は概して少なく、たとえば小名浜港では表-3 のようである。このため、大量のケーソンを急速施工するためには波浪予測を行なって作業可能日数を有効に消化する必要がある、鹿島、小名浜、八戸の各港では近年開発された予測の手法を用いて1ヵ月、週間および明後日波浪予測を行なって好結果を得ている。図-3 に実測値と予測値の比較結果を例示した。

図-2 ケーソン据付作業と波高の関係



### 5. ケーソン防波堤施工上の問題点

外海におけるケーソン防波堤施工上の問題点についてそれぞれの工種ごとに検討した結果を要約するとつぎの通りである。

(1) 基礎捨石については砂地盤へのめり込みや洗掘による沈下あるいは波浪による流失はある程度避け難いが、たとえば、捨石量をあらかじめ 20~30% 割増し、投入をケーソン据付けに数ヵ月先行せしめることによって対処できる。ケーソン据付け先端部における洗掘に対しては防災根固めブロックが効果的なことを実証した。また、捨石の均し精度については  $\pm 10\text{cm}$  程度を実情に即した実際的な値として提案している。

(2) ケーソンの据付けから中詰めおよび蓋コンクリートの施工に至る工程は連続して行なう必要があり、作業可能限界ぎりぎりの状態で施工する 경우가多く、波浪条件によってはこの一連の作業を中断せざるを得ないことも少なくない。こうした背景の下にその大量急速施工を計るためにここ数年間にわたって各港において実施した施工方法合理化の成果は著しいものがあり、これによ

って所要時間が短縮し、安全性も向上している。しかし、なおかつ、据付け時の耐衝撃性の向上、注水孔の腐食対策、蓋コンクリート未了時の高波に対する補強方法、据付け精度の向上等の改善を要する問題点も少なくない。

(3) 上部工と根固工の施工は作業船舶の性能と容量が最も影響する工種で、既設ケーソンの港内側よりコンクリートを打込み、あるいは港外側の根固方塊を据付け得る場合には作業可能日数が著し

図-3 明日および明後日波浪予測値と実測値の比較 (小名浜港, 1968年10月)

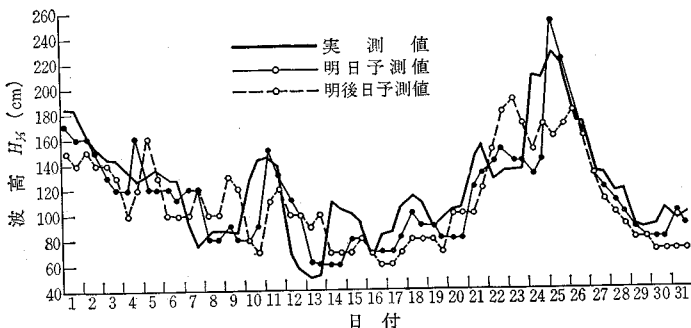


表-3 小名浜港における  $H_{1/3} \leq 1$  m の波の出現率と連続作業の月別可能回数

| 月                            | 1月   | 2月  | 3月  | 4月  | 5月  | 6月   | 7月   | 8月  | 9月  | 10月 | 11月 | 12月 | 平均  |      |
|------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1日だけの出現率 (%)                 | 80   | 80  | 61  | 60  | 76  | 88   | 89   | 74  | 81  | 41  | 75  | 86  | 74  |      |
| 2日連続出現率 (%)<br>1958~65年平均    | 58   | 62  | 40  | 33  | 48  | 69   | 72   | 51  | 52  | 17  | 50  | 62  | 52  |      |
| 2日連続出現回数<br>1958~65年平均       | 9.0  | 8.6 | 6.3 | 5.0 | 7.4 | 10.3 | 11.1 | 7.9 | 7.8 | 2.6 | 7.5 | 9.7 | 7.8 |      |
| 2日連続出現回数<br>1966年実績          | 12   | 8   | 8   | 5   | 7   | 7    | 13   | 10  | 8   | 7   | 5   | 8   | 8.2 |      |
| 連続作業の<br>月別可能回数<br>(1966年実績) | 1日作業 | 27  | 17  | 17  | 14  | 17   | 19   | 27  | 23  | 18  | 16  | 16  | 18  | 19.1 |
|                              | 2日作業 | 12  | 8   | 8   | 5   | 7    | 7    | 13  | 10  | 8   | 7   | 5   | 8   | 8.2  |
|                              | 3日作業 | 7   | 3   | 2   | 1   | 3    | 4    | 8   | 6   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4.2  |
|                              | 4日作業 | 5   | 3   | 2   | 0   | 1    | 2    | 6   | 4   | 3   | 2   | 0   | 1   | 2.4  |
|                              | 5日作業 | 4   | 2   | 0   | 0   | 1    | 6    | 4   | 3   | 2   | 1   | 0   | 0   | 1.9  |
|                              | 6日作業 | 3   | 1   | 0   | 0   | 1    | 2    | 3   | 2   | 2   | 1   | 0   | 0   | 1.3  |
|                              | 7日作業 | 1   | 1   | 0   | 0   | 0    | 2    | 2   | 2   | 2   | 1   | 0   | 0   | 0.9  |

く増加し、また、施工能率もかなり向上する。しかし、実際に所要の水準以下の作業船舶ないし機械設備のみで施工せざるを得ない場合には、波浪条件を考慮した工程計画や船舶相互間の取合い等についてあらかじめ検討することが必要である。

(1969.3.24・受付)

西田：正会員 運輸省第二港建局長  
赤塚：正会員 工博 運輸省小名浜港工事事務所  
和智：正会員 運輸省小名浜港工事事務所

## シミュレーションによる系統信号方式のスルーバンドに関する二、三の考察

毛利正光・本多義明

本論文は Through band width 最大の尺度より計算した最適 offset についてシミュレーションを実行したものである。このシミュレーションによって、従来、系統信号方式の効率を決定する尺度として用いられた Through band が果たして、交通流円滑化の尺度となりうるかについて遅れ、停止回数との関連から評価した。モデル路線としては名古屋市の西部環状線を対象とした。

これらの Through band に関する評価はつぎの3点

からなされた。

① 系統速度 40 km/h、信号周期 70 秒の最適 offset に関してシミュレーションを行ない交通量  $Q=800$  台/h、1000 台/h、1200 台/h、1400 台/h に対しておのおの平均遅れ、停止回数を求めた。この結果、Through band 最大より求めた最適 offset は交通量の変化でその最適性を失うことが明らかとなった。

② 最適 offset 一定のまま系統速度を 35 km/h、45 km/h に変えて、平均遅れ、停止回数の変動を調べた。この結果、系統速度が  $\pm 5$  km/h 変化するとき、offset 一定に保つとかなり平均遅れ、停止回数が増加することがわかった。

③ さらに、Through band width と遅れ、停止回数の関係を調べるために5種類の Through band width を有する最適 offset に関してシミュレーションを実施した。この結果、Through band width と遅れの間には何らの相関性も見出されなかった。

本考察により、今後系統化問題を考えていく場合には交通量を考慮したうえで、遅れ、停止回数などを最適化の尺度として考えていく必要があることが知られた。

(1969.4.10・受付)

毛利：正会員 工博 名古屋大学教授 工学部  
本多：正会員 工修 名古屋大学助手 同

## 論文報告集への討議について

論文集編集委員会では、論文報告集に掲載した全論文に対しての討議を受付けておりますので、討議をされる方は下記事項をご参照のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。

記

1. 討議は論文報告集掲載全論文を対象とします。
2. 討議の受付は論文報告集掲載後6ヵ月以内とします。
3. 討議原稿を提出するときは学会原稿用紙に必要な事項を記入のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。
4. 討議原稿の取扱いは論文編集委員会にご一任下さい。
5. 討議に関する問い合わせは論文編集委員会へご連絡下さい。