

最小期待費用にもとづく最適化

*Proc. of A.S.C.E., ST*/伊藤 学・訳

地震時に生じる乾燥砂層の沈下量推定について

*Proc. of A.S.C.E., SM*/塩見 哲・訳

コンクリートの収縮とクリープ

*Jour. of the A.C.I.*/國島 正彦・訳

ある海洋構造物の設計と施工についての問題点

*Proc. the I.C.E.*/椎貝 博美・訳

自動車騒音の環境に与える影響と抑制

*Highway Research Record*/田村 幸久・訳

### 最小期待費用にもとづく最適化

“Minimum Expected Cost Optimization”

*Mau, S.T. and Sexsmith, R.G.*

*Proc. of A.S.C.E., ST*, Vol. 96, No. 9,

pp. 2043~2058, September (1972)

信頼性理論と関連づけた最適化の研究も近年さかんに取り上げられつつあるが、本論文は費用の期待値を最小にするという規範にもとづき、制約条件を伴わない最適化手法を構造設計に適用しようとするものである。

単一部材にこの考えを用いた研究は従来も見られたが、部材の集合である構造物に適用した点が本論文の特色で、例題について従来の手法との比較も行なっている。

#### (1) 手法の特色、仮定

最大の安全性と最小の費用との間の調和を達成させることが構造設計のめざすところであり、これに近づくための最適化の問題は次のように分類できよう。

1) 設計変数に対する制約条件のもとで重量あるいは工費を最小にすること(従来よく行なわれている手法)。

2) 破壊確率に関する制約条件を加えて重量あるいは工費を最小にすること(近年研究対象に取り上げられてきた)。

3) 期待費用を最小にすること。

本論文で扱うのはこの3)の考え方で、制約条件を伴わずにすむという点に特色がある。

解析にあたって次のような基本的仮定を設ける。

- a) 荷重作用や材料強度の確率分布は既知とする。
- b) 構造物としての破壊規範は最弱リンク型とする。
- c) 構造物を構成する各要素の破壊様式はただ1個とする。

d) 部材の破壊モード間の相関は無視する。

e) 破壊による費用(代償)は既知とする。

f) 便宜上、効用関数は線形であり、その時間的変動は無視する。

#### (2) 問題の定式化と解法

$N$ 個の部材より成る静定トラスのような構造を対象とすれば、設計変数相互の独立性は保持され、構造全体としての破壊確率  $P_F$  は近似的に各部材の破壊確率  $P_{Fi}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) の和になるので、期待費用は次式で表わされる。

$$E_C = \sum_{i=1}^N (C_{Ii} + C_F P_{Fi}) \dots \dots \dots (1)$$

ここに  $C_{Ii}$  は  $i$  番目の部材の工費、 $C_F$  は破壊による費用である。

先に述べた前提より各項は独立なるゆえ、問題は次に示す無次元費用  $\overline{E}_{Ci}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) を最小にすることに帰せられる。

$$\overline{E}_{Ci} = \frac{E_{Ci}}{C_F} = \frac{C_{Ii}}{C_F} + P_{Fi} \dots \dots \dots (2)$$

このさい、破壊確率  $P_{Fi}$  は

$$\text{safety index} : \beta = \frac{M_Y - (T/A) M_L}{\sqrt{\sigma_Y^2 + (T/A)^2 \sigma_L^2}} \dots \dots (3)$$

の関数で表わされる。ここに  $T$  は部材力に対応する定数、 $A$  は部材断面寸法(たとえば断面積)、 $M, \sigma$  はそれぞれ平均値、標準偏差で、添字の  $Y, L$  はそれぞれ材料の特性値(たとえば降伏強度)、荷重作用の特性値に対応する量であることを示す。 $Y, L$  ともに正規分布の場合を例にとれば

$$P_{Fi} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\beta} e^{-z^2/2} dz = \Phi(-\beta) \dots \dots \dots (4)$$

となる。 $\Phi(x)$  は正規分布関数である。

そこで式(2)の  $\overline{E}_{Ci}$  を最小ならしめる条件は

$$\frac{d}{dA_i} \left( \frac{C_{Ii}}{C_F} \right) + \frac{dP_{Fi}}{d\beta_i} \frac{d\beta_i}{dA_i} = 0$$

$$i=1, 2, \dots, N \dots \dots \dots (5)$$

となる。一般には式(5)を解くのは Mueller の iteration 法によるのが妥当であるが、荷重作用には確率の変動がなく、強度のみが正規分布に従う確率の変数である場合については、静定トラスを対象とした設計図表が原論文に支えられている。

#### (3) 他の最適化アプローチとの関係

この手法が実は(1), (2)にあげた制約条件付き最適化問題と対応するものであることが次のように説明でき

る。すなわち、(1), (2) の最適化手法とは、 $P_F \leq$  許容破壊確率 ( $P_a$ ) なる制約条件のもとで重量関数  $W$  を最小にすることにある。ラグランジュ乗数法を用い、パラメータ  $\lambda$  を導入すると、問題は上記制約条件のもとで  $[W + \lambda(P_F - P_a)]$ 、あるいは単位重量あたりの費用  $V$  を乗ずると  $[WV + \lambda VP_F]$  を最小にすることと等価である。ここで  $WV = C_F$  であるから、 $\lambda$  を  $P_F = P_a$  が自動的に満足されるように選び、かつ  $\lambda V$  を  $C_F$  で置きかえると、問題は形の上で式 (2) の最小化問題に帰せられる。

静定トラスについて2つの例題の数値計算を行なった結果次の事実が認められた。

1) 上述の許容破壊確率の制約条件付き最小重量設計と本方法とでは破壊確率の値をそろえれば同じ結果を与える。

2) しかし慣用の (1), (1) に述べた方法と本方法とでは結果はかなり違う。

#### (4) 各種パラメーターの影響の度合

荷重作用や部材強度の変動係数、破壊による費用  $C_F$  はどうしても正確に見積ることは困難で、近似的評価しかできないので、それらの影響の度合を調べてみた。その結果

1) 最適部材断面積は  $C_F$  を変えてもそれほど変化しない。

2) Safety index  $\beta$  の変化 (すなわち破壊確率  $P_F$  の変化) も最適部材断面積に敏感には影響しない。荷重、強度の変動係数が普通考えられている程度の値ならば、それらの変化は  $\beta$  に比較的大きな影響を与えない。

3) しかし最適部材断面積に対する荷重、強度のばらつき直接的影響はかなり敏感である。

4) 最適安全性を与える  $\beta$  と  $C_F$  とは数値的に関係づけられる。荷重作用と部材強度が正規分布あるいは対数正規分布の場合、左表のような値を考えておくのが妥当と思われる。ただし  $C_F = C_F/u$  で、 $u$  は単位断面積あたりの工費である。

$A/C_F$	$\beta$
$\leq 10^{-5}$	5.5
$10^{-4} \sim 10^{-5}$	4.5
$10^{-3} \sim 10^{-4}$	4.0
$10^{-2} \sim 10^{-3}$	3.5
$10^{-1} \sim 10^{-2}$	3.0

## 地震時に生じる乾燥砂層の沈下量推定について

“Settlement of Dry Sands During Earthquakes”  
 Seed, H.B. and Silver, M.L.  
 Proc. of A.S.C.E., SM, Vol. 98, No. 4,  
 pp. 381~397, April (1972)

### (1) はじめに

非粘性土地盤に地震が発生した場合、その地盤が乾燥

あるいは湿潤状態にあると、地震動による締め固めの結果として生じる沈下が問題となる。1963年のSkopje地震時に発生した砂地盤上に建てられた建造物の不同沈下、1971年のSan Fernando地震時に発生した砂質盛土にフーチング基礎を用いて作られた建造物の不同沈下などは、この種の原因によるものである。したがって、この論文には、地震動による締め固めの結果、乾燥または湿潤砂地盤に生じる沈下量の推定法が提案され、その適用性が実験結果との比較で示されている。従来の研究から、この種の沈下は水平地震動成分に影響されることが知られているため、この論文でも、この考えが採用されている。

### (2) 沈下量推定のための解析手法

土の非線形応力-ひずみ特性を用いて、地震時に地中に発生する加速度、応力、ひずみを正しく求める手法は多数開発されている。この解析手法を使用すれば、地盤中のある層に生じるせん断ひずみの時間履歴が求まるから、そのひずみを平均ひずみ (representative average strain) および等価繰返し数に換算することができる。すなわち、図-1の知識が求まる。このようにして求められたせん断ひずみを、単純せん断試験機を用いて、現地地盤条件で作製された試料に作用させ、その結果生じた沈下量を測定する。相対密度、繰返しせん断ひずみ振幅を変化させた場合に得られた試験結果の一例が図-2に示されている。この図から、繰返しせん断ひず

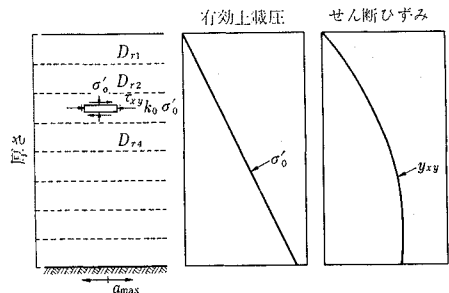


図-1 乾燥砂沈下量推定の一般手法

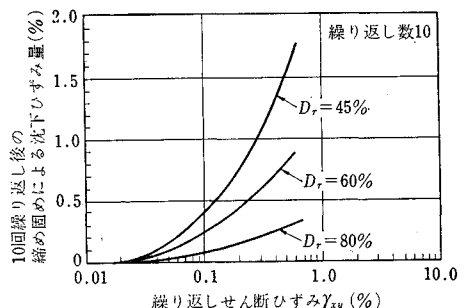


図-2 相対密度およびせん断ひずみと砂沈下量との関係

みを作用させたために生じた沈下量は、土の相対密度、繰り返しせん断ひずみ振幅、ひずみ繰り返し数の関数となることがわかる。沈下量は直応力  $\sigma_v$  の影響も受けることが予想されるが、試験結果によれば、重要な影響はないことがわかった。したがって、ある与えられた条件下の砂の繰り返し水平せん断ひずみによる沈下量は、ひずみ繰り返し数とその大きさによってのみ決定される。図一、二が求まっていると、各深さの層に生じる沈下量は容易に決定できるから、地盤全体の沈下量は、その地盤厚さ全体の積分値として求まることになる。

### (3) 振動台による砂層沈下量実験値と計算値との比較

この手法の妥当性を調べるため、振動台を用いて相対密度 45%, 60%, 80% の砂層の沈下量を測定し、計算

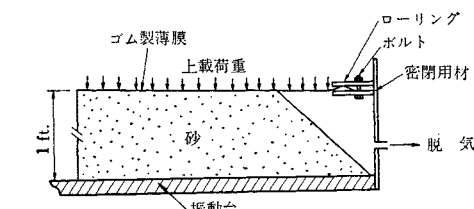


図-3 実験概略図

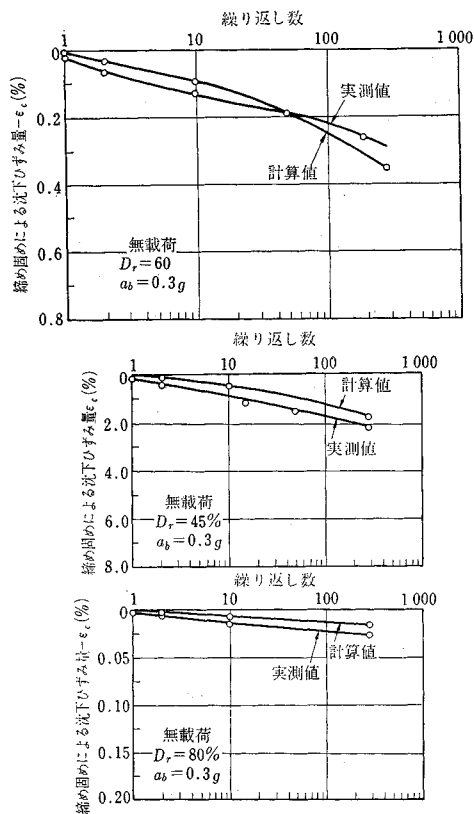


図-4 砂層沈下量の実験値と計算値との比較

結果との比較を行なった。使用した試料は Crystal Silica No. 20 sand,  $D_{10}=0.5$  mm, 均等径数 1.5 の角ばった砂で、振動台 (寸法 10 ft  $\times$  7 ft) 上に、12 in 厚の砂層に成形された。図-3, 4 に実験装置の概要および正弦波形加振 (振動数 4 Hz, 最大入力加速度 0.3 g) した場合の試験結果が示されている、ここに沈下ひずみ量  $\epsilon_s$  は、全沈下量を初期層厚で除した量である。

繰り返しひずみを与えることが可能な改良形 NGI 単純せん断装置を用いて応力-ひずみ、減衰、体積変化特性を求め、その結果を図-5, 6, 7 に示した。図-5 に示された物性値を用いて、実験と同一条件で計算されたせん断ひずみの深さ方向分布が図-8 に示されている。

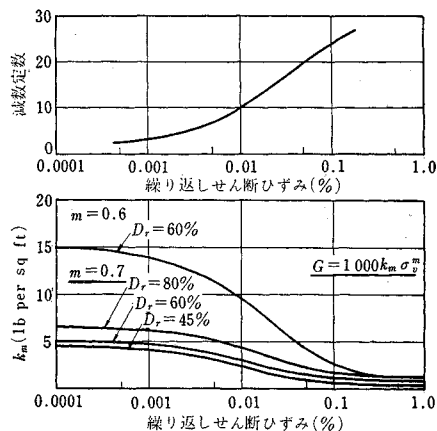


図-5 低拘束圧における石英砂のせん断弾性係数および減衰特性

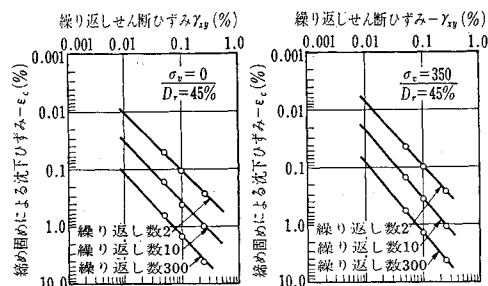


図-6 沈下量-せん断ひずみ関係 (石英砂  $D_r=45\%$ )

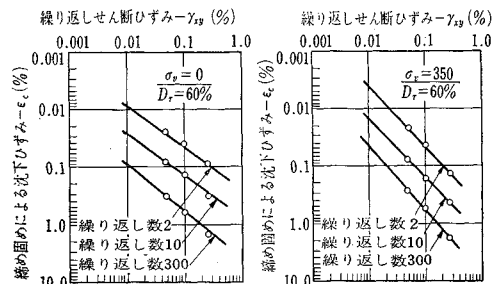


図-7 沈下量-せん断ひずみ関係 (石英砂  $D_r=60\%$ )

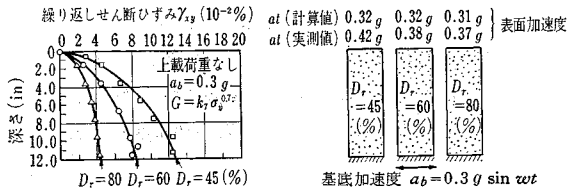


図-8 砂層中のせん断ひずみ計算値の深さ方向分布 (上載荷重なしの場合)

図-6, 7, 8 と前述の手法を用いることにより計算された砂層沈下量が、図-4 に示されている。実験値と計算値は概略的に一致しており、その差は50%程度である。地震時という問題の複雑さを考慮すると、この一致程度で十分であろう。実験値と計算値に差が生じた原因は、拘束圧 100 psf 以下のせん断弾性係数値の評価にあり、正しい値を使用すれば、解消できるであろう。なお、この差は砂層厚が薄ければ顕著になる。

#### (4) 結論

本論文で提案された解析法を用いて、砂層(厚 12 in.)の実験結果と比較したところ、よい一致がみられた。また、同手法により、1971 年 San Fernando 地震時に層厚 50 ft. の砂地盤に生じた沈下量の説明が可能であった。したがって、この解析法は沈下量の近似値推定法として用いることができる。

### コンクリートの収縮とクリープ

“Shrinkage and Creep in Concrete: 1966-1970”  
A.C.I. Committee 209

Jour. of the American Concrete Institute, Vol. 69,  
No. 8, pp. 522-524, August (1972)

本文は、“Shrinkage and Creep in Concrete, 1966-1970”と題する ACI の文献抄録集をもとに、1967 年から 1970 年の間のコンクリートの収縮とクリープに関する研究成果を概括した論文を抄録したものである。この問題に関してくわしく知りたい場合は、原論文よりも、上記文献抄録集 (ACI Bibliography No. 10) を参照されたい。

クリープと収縮についての文献は、1967 年から 1971 年の間に、それまでよりも非常に数多く刊行された。その量に見合うだけのクリープと収縮についての知識が得られたかという問いかけに対する答えは、その機構、現われる現象、クリープの予測、鉄筋およびプレストレストコンクリート部材の挙動、クリープと収縮を考慮した設計、など各分野ごとに異なるであろう。しかし、これらの問題は一つとして、完全には解決されておらず、工

学上の問題も残っているが、すべての分野でそれぞれ進歩はとげられてきている。

クリープの機構については、いまだに論議されているが、その範囲はせばまりつつある。クリープについての満足すべき理論は、異なった環境条件と応力状態の下でのコンクリートの特性について統一的な方法で説明できるものである必要があり、この点が難しいところである。アルミナセメントなどの種々の化学的にまったく異なったセメントを用いたコンクリートのクリープ特性に本質的な違いがないので、クリープの機構は、トベルモライトの結晶構造や、水和セメントペーストの化学にはあまり関係がなく、むしろ、より大きなセメントゲル構造が関与していると思われる。

クリープの機構についての断定的結論を下すことは難しいが、あまり異論がなさない方は、クリープがおこるには、何らかの水の蒸発が必要であるということである。ところが、高温下のコンクリートのクリープ特性の変化を検討すると、水の移動よりは、セメントゲル自身がクリープ変形に寄与すると考えられる。

マスコンクリート中でもクリープが生ずることから、drying creep ではコンクリートの外部への水の移動が起っているが、basic creep にとってはそれが本質的なものではない。しかし、この場合にも、内部的に、セメントゲルの吸着層の水が Capillary などの空けきへ移動できるのである。

クリープが、長期間にわたって同じ機構で続くと考えられないことはないが、何年間にもわたる持続荷重を受けた後では、吸着水の層の厚さが、同じ応力状態の下では、それ以上小さくなりえないとも考えられる。ところが、30 年以上の長期にわたるクリープが記録されていることより、長期間にわたるクリープは、水の蒸発と同時に、ほかの変形を発達させる原因によっても起こるようである。強度がクリープに影響することや、長期間のクリープのうち大部分が非回復性であるという特性は、このような考え方と適合する。

水の移動によって起こるクリープは、回復性のものと、変形後に生ずる付着力と吸引によるゲル分子構造の変化に対応する非回復性のものがある。高応力下では、クリープの一部は、マイクロクラックの発生によって生ずるが、設計活荷重程度では、これの影響はあまりない。

現象論だけでは、クリープの特性を量的に適切に取り扱えず、また、熱力学の種々の法則が、数分子程度の厚さの水の吸着層に適用できるかどうか分らないため、現在では、エネルギー則によっては、クリープの現象を説明できない。回復性のクリープについての熱力学的アプ

ローチは、唯一の成功している例であるが、クリープの大部分は非回復性のものなので、実用的な重要性ははなはだ小さい。

クリープに影響する要因についての経験的データは数多く得られており、セメントの影響は、ほぼ完全に解明された。粉末度の高いセメントのクリープの厄介な問題が議論されてきたが、粉末度の異なるセメントを用いたコンクリートに、強度が同一の材令時に荷重をうけると、ある期間の持続荷重を受けた後のクリープは、ほとんど同じになる。

クリープに及ぼす混和剤の影響についての研究は、それほど進歩がないため、クリープが重要なコンクリート構造物については、混和剤の使用に慎重を期し、工事に先立って、試験をすることが必要である。ただし、AE剤については、これの使用がクリープに及ぼす影響は、強度に及ぼすほど著しくないことがわかっている。

クリープに及ぼす骨材の影響についての関心は、軽量骨材に向けられてきた。現在では、クリープに関しては、軽量骨材は、普通の骨材と異なった挙動を示さないことが判明している。練りませ時の骨材の湿潤の具合はクリープの進行の割合に影響があるが、長期にわたる全クリープ量は、主として、骨材粒の弾性係数に影響され、骨材の性質、組成、製法には影響されないようである。これは被覆された骨材にのみ適用できるのであって、被覆されていない種々の骨材については、コンクリート中で、水分の大きな移動のため、大きなクリープを生ずることがある。

コンクリートの強度、応力、水セメント比、材令がクリープに及ぼす影響についてのデータは、合理的に整理されている。供試体および部材の形状寸法の影響については、定量的に示されていて、コンクリート部材の比表面積や有効厚さに対する補正は可能である。

クリープに及ぼす湿度の影響について新しいデータは示されていないが、この問題について、特に *drying creep* と *basic creep* が分離できる場合の知識は数多く得られてきた。また、温度がクリープに及ぼす影響について、数多くの研究がなされ、クリープは、温度が 70°C までは上昇するとともに大きくなり、その後、100°C までは若干減少することが示された。それ以上の高温下では、クリープは再び大きくなり、超高温下では非常に大きなクリープ量を示すのである。

クリープに対する放射線の影響は、過去においては検討されなかった。現在では、放射線によって大きな影響は受けないと考えられている。

以上、クリープに影響する種々の要因について、それぞれ述べてきたが、これらは、一定の条件の下でのみ適用できるデータである。養生中に温度や湿度や応力が変化

すると、クリープは増大するが、その増加量や現象については十分に説明されていない。この分野では、活性化エネルギーを考慮することが将来有望である。

クリープについて考慮すべき因子や、クリープに影響する要因についての知識が増えたため、クリープの予測はかなりよくできるようになった。しかし、その予測の精度は、それほど高くはなく、特に未試験の骨材を用いたときには、大きな誤差を伴う。極端な場合を除くと、通常は、その精度は  $\pm 30\%$  以内におさえることが可能である。現在、いくつかのクリープの予測の方法が実用化されているが、ヨーロッパコンクリート委員会の方法がもっとも有用であると思われる。

クリープの影響を受ける鉄筋およびプレストレストコンクリート部材の挙動は、数年前に比べ、鉄筋の拘束を考慮に入れた合理的な方法が発達してきたので、かなりよく理解されるようになった。コンクリートと鉄筋のひずみと応力が計算可能となり、それゆえ、軸方向の縮みや部材のそりが計算できるようになった。プレストレストコンクリート部材の複雑なプレストレスの場合にも、この解析は適用でき、プレストレスが導入されていない鋼材についても考慮されているのである。

クリープと収縮を考慮して構造物が設計できることは、現在の 300 m 以上の高層建築物では非常に重要なことである。高層建築物では、柱と壁が垂直方向に異なった変形を生ずると、床部材に高応力が発生し、ひびわれが発生したり、隔壁に損害を与えたり、エレベーターのガイドや定着装置がゆがんだりする。これまで得られた知識により、設計者はクリープや収縮による変形を計算して、設計基準や構造細目を決め、その悪影響を小さくすることができる。これは、構造工学の大きな進歩である。

## ある海洋構造物の設計と 施工についての問題点

"A Problem of Designing and Building for  
a Structure at Sea"  
*Antonakis, C.J.*

Proc. the Institution of Civil Engineers, Vol. 52,  
Part 1, pp. 95~126 August (1972)

これは、沖合 10 数 km の海中に建造された燈台の設計、施工上の問題点をのべたものである。これまで用いられてきた燈船の代りに海中に 1 本の柱を立てその上にプラットフォームを構築し、最後に燈台を立てるという大胆な形式が計画された(1966)。設計条件としては 500 年暴風をとり、波高 50 ft (15 m)、周期 11 秒、波長 500 ft (150 m) の波が対象にされた。また設計最大風速

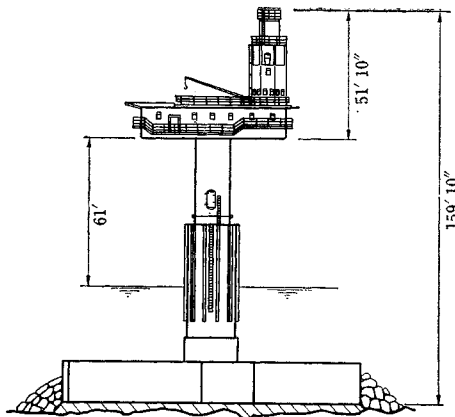


図-1

は 110 ノットであった。

構造物の概要は 図-1 に示すとおりである。頑丈なコンクリート基礎の上に円筒ピアを立てることによって波の影響は最小にできる。その上にプラットフォームを作るから、このプラットフォームには波の影響はほとんどなく、かつ広い面積も確保できることになる。燈台はこの上に立てられている。このような構造物は次のような順序で建設された。まず強固な基盤が捨石によって海底に作られ、その上にケーソン型の基礎が沈められる。円柱部は水面上すれすれまでの長さであるが、これはジャッキアップが可能になっている。この上にプラットフォームが(当然ヤードで造り船で引いてくる)のせられ、燈台部ともどもジャッキアップされる。ジャッキアップが終了すればヘリコプターによって運ばれるコンクリートを用いて可動部を固定してしまう。

この文献ではその他これに関連して設計・施工上の細部の工夫がかなり詳細にのべられている。

費用は見積り額が 475 000 ポンド (1 ポンド≒710 円) であったのに対し、実際には 1 600 000 ポンドの費用がかかった。この大きな見積り額の相違は途中で設計変更があったためである。現在での燈船の費用は約 500 000 ポンドなので経済的にはこの構造物は成功とはいえない。しかし 50 年位の間には採算がとれるのではないかとしている (燈船は年間の経常費が高い)。

このような新しい海洋構造物を設計・施工する場合の注意点は次のようである。

- a) いろいろな未知の問題が生じる可能性がある。それに敏速に対応できる体制を作る必要がある。
- b) 海底の状態はつかみづらいものであるが、重大な影響のあるものであるから、調査には十分な費用をあてるべきである。
- c) 設計は細部まで一応完成しておくべきである。さもないと、未解決の部分が結局弱点になる。
- d) 掘削船、ひき船の性能は十分に確認しておく必要

がある。本施工ではいそいでグラブ船をスウェーデンより持ってこなくてはならない事態が生じた。

e) 設計者と施工者間の打ち合わせはこれまでより十分に行なう必要がある。

f) 海洋工事では工期の遅れが月単位で生ずるので工期については十分な余裕を見る必要がある。

## 自動車騒音の環境に与える影響と抑制

“Automotive Noise : Environmental Impact and Control”

Kugler, B.A. and Anderson, G.S.

Highway Reserch Record, No. 390,

pp. 45~55, (1972)

環境汚染問題の中で騒音が大きな問題となりつつあるが、その中で自動車騒音は、もっとも重要な問題となってきている。この論文は、騒音の人間に与える効果、自動車騒音の特性および、道路の設計者、技術者が、それを用いて計画した道路が周囲に与える騒音の環境上の影響を予測する手法について論じたものである。そして、このような手法の数量的な例について検討し、道路の設計によって、騒音を抑制できるかどうかについての結論を述べている。

ここでは、まずはじめに、自動車騒音について論ずるときに用いられる騒音の単位と、交通騒音の人間に与える影響を検討するときに使われる最近の基準について簡単に述べている。表-1 は交通騒音に関する設計基準値であり、図-1 は、予測される道路からの騒音が基準値をこえたときに地域社会に与える影響について示したものである。次に、交通騒音を構成する種々の自動車の音源の特性について論じ、さらに自動車騒音の抑制につい

表-1 勧告基準値

Observer Category	場 所	L <sub>50</sub>		L <sub>10</sub>	
		昼	夜	昼	夜
1	住 宅 内	45	40	51	46
2	住 宅 外	50	45	56	51
3	学 校 内	40	40	46	46
4	学 校 外	55	—	61	—
5	教 会 内	35	35	41	41
6	病 院 内	40	35	46	41
7	保 養 所 外	50	45	56	51
8	事務所 (タイプ室など) 内	50	50	56	56
8	事 務 所 内	40	40	46	46
9	映 画 館 内	40	40	46	46
9	劇 場 内	30	30	36	36
10	ホテル, モーター内	50	45	56	51

利用目的によって屋内または屋外どちらの設計基準も用いることができる

(L<sub>50</sub>: 中央値, L<sub>10</sub>: 10%レベル (高い方から 10%のレベル))

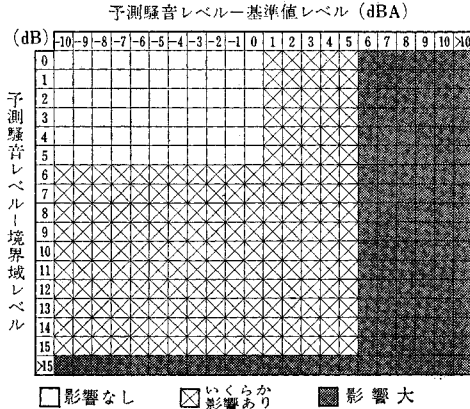


図-1 予測される騒音が基準を越えた場合の影響の評価

で論じている。最後に、例を用いて道路の設計によって騒音を抑制する方法について述べている。

(1) 道路設計による騒音対策 (騒音の抑制)

騒音を抑制するには、音源である個々の自動車の側での対策と受音点である建物側での対策とその両者の間を音が伝播する過程での対策の3つがあり、それぞれ考えられるいくつかの方法について述べられている。この中で、新しく道路を計画する場合には、やむをえず人口稠密地域を通らなければならないこともあるが、そのとき道路の配置と線形を、沿道に与える騒音の影響をもっとも少なくするように細部まで検討した設計によって騒音を抑制できるのである。

ある地域に道路を設計する場合、技術者は、将来の道路交通騒音を関係するいくつかの要素を変えることによって変化させることができる。この可能性を示すために図-4のような道路の配置を想定したときの小学校について道路からの騒音の影響を考えてみた。学校は図のように道路にもっとも近い所で400ft離れており、その地点での道路の断面構造は図の下段のようになっている。この場合の騒音レベルを予測するのであるが、想定時刻における交通の平均走行速度を55mph、トラック

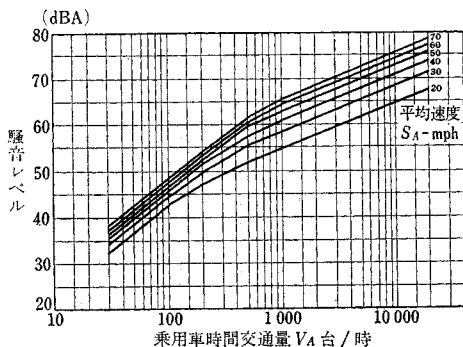


図-2 乗用車の交通量と速度による  $L_{50}$

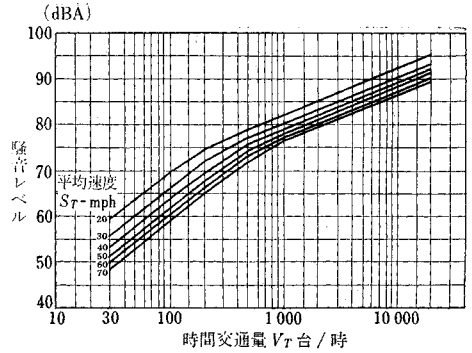


図-3 トラックの交通量と速度による  $L_{50}$

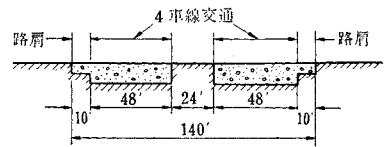
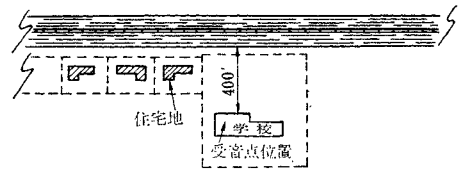


図-4 計画された道路路線の例

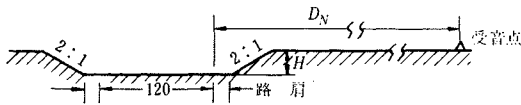
混入率5%, 予測全体交通量7000台/時とした場合、まず、図-2, 3から、車道から100ft離れた地点での  $L_{50}$  (中央値) の予測値がえられる。図-2により乗用車交通量6650台/時(全体交通量の95%)で速度55mphのときの  $L_{50}$  は72dBAとなり、同様に図-3からトラック交通量350台/時(全体交通量の5%)で速度55mphのときの  $L_{50}$  は69dBAとなる。ここで学校は道路から400ft離れているので上記100ftでの値に表-2によって補正を行なう。表-2から400ftでは10dBA減少するので乗用車とトラックの  $L_{50}$  値はそれぞれ62

表-2 受音点と近い車線との距離による調整 (車道部分の幅員120ft)

受音点から近い車線までの距離 (ft)	距離調整 (dB)	受音点から近い車線までの距離 (ft)	距離調整 (dB)
50	0	600	-12
100	-2	700	-13
150	-5	800	-13
200	-7	900	-14
250	-8	1000	-15
300	-9	1200	-16
350	-10	1400	-17
400	-10	1600	-18
450	-11	1800	-19
500	-11	2000	-20

表-3 切土の道路構造による調整 (簡便法)

切土深さ H(ft)	受音点から一番近い車線までの距離による調整値						
	100 ft	200 ft	300 ft	400 ft	600 ft	800 ft	1 600 ft
0	0	0	0	0	0	0	0
5	-6.0	-5.5	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0
10	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5	-10.5
15	-13.0	-13.5	-13.5	-13.5	-13.5	-13.5	-13.5
20	-12.0	-14.0	-14.0	-14.0	-15.0	-15.0	-15.0
25	-11.0	-14.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
30	-10.0	-14.5	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
40	-9.0	-14.5	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
50	-	-14.5	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0



および 50 dBA となる。表-2 の値は、予測される騒音レベルについて、距離がどれくらい影響するかを表わしているが、学校の建物から道路を 2 倍の 800 ft の距離に移しても騒音は 3 dBA 余分に減衰するにすぎない。したがって、明らかに、距離をとるだけでは騒音の抑制には効果的ではない。

表-1 の値から、学校の屋内での基準値は 40 dBA であるが、学校の建物の位置での予想される  $L_{50}$  の総合騒音レベルは、さきの乗用車とトラックの予測値を対数的に加え合わせることによって 64 dBA となる。一般にエアコンデションをしていない通常の室の屋内と屋外との音の差は 12 dBA であるので、屋内での道路からの騒音は 52 dBA と予想される。したがって、明らかに基準の 40 dBA を満足できないことがわかる。これを基準値まで下げるにはどうすればよいか考えると、まず距離によ

る減衰を図ることが考えられるが、12 dBA の減衰を得るには道路を 2 400 ft 学校から離さなければならないので現実には採用できない。他の手段は、道路を掘割りか高架の構造とすることである。表-3 は掘割り(切土)構造によって可能な音の減少を示したものであるが、15 ft の切土深さの場合に乗用車の場合で 13.5 dBA の音の減少が得られる。一般にトラックの場合には、音源位置が乗用車より高いので減音量は乗用車より 5 dBA 少ない。この例の場合には、深さ 15 ft の切土構造では、騒音は 41 dBA まで下がることが予測される。深さ 25 ft の切土構造では、39 dBA まで下がることが予測され、基準内におさまる。この切土はこの道路構造が無限に長く続くという仮定にもとづいているので、十分に長いことが必要であるが、実際には約 1 マイルずつ受音点の両側に延びていけばよい。他の手段には、道路と受音点の間に築堤や、しゃ音壁を設けたり、道路を部分的に覆ったり、植物を植えたり(あまり効果はないが)することがあるが、個々の場合に最も効果的なものを選ぶには、多くの要因を考慮せねばならない。

## (2) 結 論

この例に示したように道路の設計における騒音対策は、適切な計画によって可能である。したがって、今後のすべての道路設計において騒音について総合的に配慮することが道路騒音問題に対する実質上の対策となる。

騒音公害問題に対する一般大衆の新たな認識により、自動車メーカー、道路設計者と技術者、そして都市建設者は、一団となって自動車騒音とその抑制の問題にいどみ、真剣にこれと取り組まねばならなくなった。

## マイクロフィッシュによる「土木工学文献目録集 1969」発売

このたび、本学会文献調査委員会が中心となって、1969 年の 1 か年間に発行された国内・国外の雑誌約 100 種の論文題名を文献調査委員会分類項目により分類し、利用しやすいように再編集し、「土木工学文献目録集」をマイクロフィッシュ化したのでご利用下さい。

### 記

- (1) マイクロフィッシュフィルムのみ (5 シート 210 ページ) **2 000 円 (〒とも)**
- (2) 焼付コピーのみ (210 ページ・簡易製本) **3 000 円 (〒 200)**
- (3) フィッシュフィルムおよび焼付コピーの両方 **特別価格 4 000 円 (〒 200)**

このほか次のフィッシュフィルムを頒布中です。

- 土木学会誌・論文集総索引 (1915~1963) 5 シート **1 600 円 (〒とも)**
- 土木学会論文集 (第 1 号~第 124 号) 206 シート **62 100 円 (〒とも)**
- 土木学会誌 (第 1 巻~第 50 巻) 1 469 シート **358 000 円 (〒とも) 分売可**

詳細については日本インフォメーションマイクロ(株) (〒104 東京都中央区京橋 3 の 6 の 7 TEL 03 (273) 8861) へお問合せ下さい。