

地域住民の反応と路線選定

稲 村 肇 (運輸省港湾技術研究所)

高速道路の路線選定は通例費用便益分析によって評価される。しかしながら費用便益分析的な評価法においては内部費用の検討を基礎にしているため社会的費用（沿線住民のうける非便益等）が無視されがちである。これが現在各地で頻発する沿線住民と事業主体との間の摩擦の原点になっていると思われる。こうした評価や検討に対する反省として、近年になって沿線住民の非便益を計測するさまざまな方法が提案されているが、それらは必ずしも実用に供せるとはいえない。

従来の評価方法の欠陥は次の点に集約される。

(1) 発生するさまざまな非便益とは具体的に何であるかが不明確であり、これを統一的に評価する尺度がない。

(2) 統一的な尺度があったとしても費用や便益に対応する尺度でないために総合の評価が困難である。

(3) 便益といい費用といい評価に際して用いられるこれらの値は一つの予測値であるにすぎないにもかかわらず、これをあたかも確定した値であるかのごとく取扱い路線を一義的に評価している。したがって、議論している路線の中に必ずしも最適路線が含まれているという保証はない。

本論文ではそれらを解決すべく次の3点を目的とする。

(1) 住民の受けるさまざまな非便益を道路建設において実際発生した紛争、協議等を調査、分析から見出し、これを統一的な尺度で計測し、費用便益分析の中に顕在的に導入することにより路線を総合的に評価する方法を示す。

(2) 非便益や費用といった評価要因を確率的な分布の一つの実現値として扱い、路線の評価値が確率分布するという前提下での最適路線の選定方法を示す。

(3) 上記の手法を現実の高速道路計画に適用し、この手法の妥当性・安定性・実用性を検討する。

本論文では住民の反応を十分考慮すべく社会的交通費用をもって路線を評価する。提案された社会的交通費用は次のように定義される。

社会的交通費用＝事業費＋非便益－便益

ある実行可能路線に対して、非便益は便益に対する相対的な値として評価することが可能である。そこで
非便益＝ $\alpha \times$ 便益、($1 \geq \alpha \geq 0$) とおけば

社会的交通費用： $F = F_1 - F_2(1 - \alpha)$

F_1 ：事業費、 F_2 ：便益、 α ：住民反応指数

本論文では種々の非便益の大きさを示すインデックスとして事業主体と地域住民の間で行われる協議の所要時間を取り、これらの関係を示すパラメーターは実際のデータから統計的に推定される。路線の評価は路線をメッシュに分割して行われる。メッシュ評価の過程が図-1に示されている。

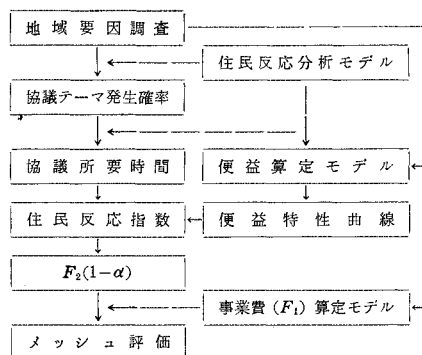


図-1 地域評価モデル

ここで地域要因とはメッシュごとの自然的特性、社会的特性を示す。このようにして算定され社会的交通費用を用いて最適路線計画代替案を探索する。この場合、費用および住民反応指数が確率分布で与えられているので探索過程は二段階に分かれる。第一段階では費用期待値最小路線の探索をダイナミックプログラミングにより行う。第二段階では各ステージごとに費用期待値最小路線と統計的に有意な差のない代替案を統計的検討により見出す。

本研究の結論は次の3点に集約される。

(1) 現状分析に基づき、住民の高速道路に対する反応を明確にしたことにより、実際の路線評価に際しての採るべき基本的考え方が示されたと考える。

(2) 提案された評価モデルは沿線住民の受ける非便益が住民自身の価値観によって計測され、モデルの中に顕在的に導入されている。そのため非便益が可能な限り少ない路線の探索過程が可能となった。

(3) 提案された路線選定モデルは方法の簡明さおよび結果の妥当性により、今後の高速道路計画に十分適用可能であると考えられる。

不等流を遡る波の波高変化に関する基礎的研究

佐藤 道郎 (鹿児島大学助教授)

波が流れのあるところを伝播すると流れの作用によって変化する。波高変化は Unna によって、波のエネルギー流速が不変であるとして論じられたが、後に Longuet-Higgins と Stewart は平均流速が変化する流れを波が伝播する場合の波高変化を計算し、波エネルギー収支を論じて、波と流れの相互作用によるエネルギーの授受が生じることを示した。これらの理論は流れが深さ方向に様な分布をするものとして、ポテンシャル理論に基づくもので、波におよぼす流れの効果の最も基本的な関係を与えるものである。ところが河口や河川部に侵入してくる波のような場合、現実には流速は深さ方向に変化し、水面勾配や乱れ等の流れの性質を考慮したとき、これらの属性が波の変化にどのような影響があるものかといった点について検討する必要があると考えられる。

そこで、本研究では深さ方向の速度分布、乱れ、水面勾配などの流れの属性を考慮に入れた場合に、それらが波エネルギー収支において、どのような役割をして、波高変化に対し、これらの属性を考えない場合に比べて、どの程度の影響があるかという点を明らかにすることを試みた。

まず、二次元運動の運動方程式、連続方程式、水面および水底の条件を組み合わせ、波と流れの共存場のエネルギー収支が求められる。この関係をもとに、変形して、流れを伝播する波のエネルギー収支を求めた。その結果、かなり複雑な波と流れの相互作用による多くの湧出を表わす項が現われ、波エネルギーはかなり複雑な変化をすることが推定された。ここでは、流れは漸変流として、開水路流れの理論の展開でとられる仮定と、波については二次までの近似で考えることとして整理して表わしてみた。その結果、(1) Longuet-Higgins と Stewart によって明らかにされたいわゆる波の radiation stress に対して流れのなす仕事に相当するもののほかに、(2) 流れのエネルギー勾配の存在により、波の伝播する媒質のポテンシャルエネ

ルギーが変化することになり、そこを波が質量輸送を行うことによる波エネルギーの変化や、(3) 底面の波の境界層のような粘性の効いてくるところでは、波の流速の (x, y) 成分である (u, v) の位相差が $\pi/2$ からずれてくるために、 u, v の積を波周期で平均したものが零とはならなくなって、乱流における Reynolds 応力と類似した効果をもつことになり、波のこの応力が流れになす仕事としての波と流れの間のエネルギーの授受、さらに、(4) せん断応力の流れになす仕事としての波エネルギーの逸散等が、波のエネルギーを変化させることが示された。したがって波高の変化は波エネルギー流速を一定と考えた場合の波エネルギー伝達速度の変化や、さらに radiation 応力の効果のみならず、上述のような影響を受けることになる。この点を具体的に評価するために、流れのモデルとして滑面对数則に従う流速分布を有する場合について計算を行い、波高変化に関連する諸因子を算定した。

その結果、前述の (2), (3), (4) の効果が波高変化に、それぞれ、どのように効いてくるといふ点、これらの影響の累加による波高変化などが明らかになった。この計算結果は、等流をさかのぼる波の波高減衰を説明している。

次に、不等流をさかのぼる波の波高変化に関し、Longuet-Higgins らの理論と、前述の (2), (3), (4) の効果を考慮した場合の相違を見るために、いくつかのモデルにより波高変化を計算し、上流に向かって水深が浅くなるとともに流速が増すような流れを波がさかのぼる場合、下流側の初期水深や流量が同じでも底勾配が異なり、平均流速勾配が違う場合には波高変化の様子も異なり、底勾配が大きいときには Longuet-Higgins らの理論による波高変化をするが、流れがゆるやかに変化する場合には本研究で考慮した流れの属性が、かなり波高変化に重要な役割をもつことが示された。

以上の結果、ポテンシャル理論では考慮されていない副次的とも考えられる流れに関する速度分布、水面勾配、乱れ応力等の要素が波高変化に関連する機構が示され、特に流れの変化がゆるやかな場合には波高変化を考えるうえで、必ずしも無視しうるものではなく重要な要素となりうることが示された。

枠組および補剛材で補強された 薄板集成構造の耐荷力

長谷川 彰 夫 (名古屋工業大学助教授)

現在、鋼構造部材はその製作工程から考えて 1) 熱間圧延部材、2) 組立部材 (溶接、高力ボルトなどによる)、3) 冷間加工部材、に基本的に分類することができる。鋼構造物の設計を考える場合、これらの分類は単に製作工程の違いとそれによる材料の機械的性質の違いだけでなく力学的立場から重要な意味を持つ。

一般に鋼構造部材の力学的挙動はその幾何学的寸法比すなわち部材細長比 (Member Slenderness) と断面細長比 (Section Slenderness) により著しく支配され、その値により塑性、弾塑性、弾性挙動に基本的に分けられる。この両者の細長比のうち、断面細長比は板要素の集合体とみなしうる鋼構造部材の作用荷重下での断面特性値の変化、局部座屈特性を支配する。局部座屈により妨害されることなく断面と材料の機械的性質を最大限利用できる厚肉断面、材料の降伏挙動と局部座屈挙動が互いに相関する中間肉断面、そして弾性局部座屈挙動が基本的にその断面特性を左右する薄肉断面の3種類に断面細長比の値を区別できる。

鋼構造部材製作の目的用途そして現在の圧延技術から一般に熱間圧延部材は厚肉の断面、冷間加工部材は薄肉の断面として利用され、両者とも圧延技術、規格化、量産などの要求から小規模の断面が主体となり、横補剛材の使用など製作工程を複雑にする要因は極力避けなければならない。それに対し、組立部材は断面加工上の自由度が高く、大断面の製作、補剛材の積極的利用の点で優れた長所を発揮する。

地上定置鋼構造物への適用を考えると、短スパンが中心で規格化されやすく、静荷重が主体となる建物の設計では型钢としての熱間圧延部材、冷間加工部材がその長所を発揮し積極的に利用される。その場合、合理的、経済的な設計を意図して、熱間圧延部材では塑性域強度の積極的な利用 (塑性設計)、ひずみ硬化強度の利用が図られ、冷間加工部材では弾性後座屈強度の利用が有効幅の概念としてとり入れられる。

それに対し橋梁構造物では小規模規格橋梁に対する熱間圧延部材の利用、2次部材に対する冷間加工部材の利用のほかは長スパンの要求、動荷重の考慮から組立部材を利用する場合が圧倒的に多い。この場合、薄肉による疲労、振動特性の劣化、厚肉による断面の不経済などを避けるため、中間肉断面を用いるのが常であり、鋼橋の設計示方書では一般にそう領域を対象に設計を考えている。

多くのたて補剛材を持つ板要素 (補剛板) やプレート・ガーダー構造はその領域で最も効果的に利用されている板構造の一つであり、過去の豊富な研究と経験をもとに板要素の幅厚比制限と補剛材の所要剛度という形で鋼橋の設計示方書に反映されている。しかし補剛板の耐荷性状が十分解明されていなかったことが頻発した落橋事故で明らかになり、またプレート・ガーダーの挙動についても先進的な諸成果のはんらんが逆に実用設計への利用に混乱を招いている面が見られた。

一連の本研究で意図したことは、以上述べた認識をもとに溶接組立鋼部材としての補剛板とプレート・ガーダー構造を対象に実用設計に役立たせることを目的として理論的な側面と実験的な側面をかみあわせつつその挙動を明らかにしようとしたことである。ここでは一つの立場として、非弾性後座屈強度も含めた耐荷力が断面の降伏性能に達するために必要な断面を構成する板要素の幅厚比と、それに付随する補剛材の所要剛度を明らかにすることを基本的な目的とした。

純圧縮を受ける補剛板の耐荷力に関しては、板要素のみならず、補剛材に存在する残留応力の影響に注目し、その耐荷特性を理論的、実験的に明らかにした。純圧縮を受ける場合のほか、圧縮と曲げを受ける補剛板の座屈特性、補剛材の持つねじれ剛性に効果について基本的な検討を行った。

水平補剛材を持つプレート・ガーダーを中心に実験的な検討を加え、曲げ耐荷力特性、せん断耐荷力特性を総合的に明らかにするとともに、断面の降伏性能を保持するために必要なウェブの幅厚比、水平、中間補剛材の所要剛度、所要間隔を提案した。せん断耐荷力を推定する Basler の理論を水平補剛材を持つ桁にまで拡張したうえで、その実用的な有効性を明らかにした。水平補剛材を持たない桁の曲げ耐荷力を推定する Basler の理論に実験的な立場から問題のあることを指摘した。

砂のような粒状体のせん断変形に 関する基礎的研究 (総合題目)

諸 戸 靖 史 (八戸工業大学助教授)

本研究は粒状体の変形機構を熱力学的手法により考察し、粒状体の力学的挙動を一義的に規定し得る状態量として仕事増分の平均応力に対する比の積分値が考えられることを指摘し、ガラスビーズおよび砂による実験を通して上記の理論の検討を行ったものである。

著者は粒状体の力学について Roscoe と最上による代表的な二つの理論を足がかりとして、実験事実に基づいて砂のような粒状体材料の変形について考察を行った。Roscoe の理論は土を連続体と考え、粒状体の状態は間隙比 e 、平均主応力 P' および偏差応力 q によって定まるということに基づき、 e を状態関数としての応力・ひずみ関係を表わすものである。これに対し最上の理論は、粒状体が粒子から構成されていることを強調し、粒状体のエントロピー S を新たに定義し、粒状体の状態が S, e および e の偏差 s で定まると考えて応力・ひずみ関係を与えている。

著者は、上記の二つの理論で重要な役割りを果たす e, S を用いずに、三軸圧縮試験の結果に基づいて粒状体のせん断変形に対する新しい状態関数を導入した。

粒状体の変形の特質は、せん断時において体積変化が生じることにあり、せん断変形はせん断応力ではなく応力比 $\eta = q/P$ に直接関係している。三軸圧縮試験から得られた変形法則を基にして、外力によって供試体がなされる仕事のせん断成分 W_s を求めると、 η は W_s に対しては統一的に表わされないが、

$$\int dW_s/P$$

に対しては、 P のいかんにかかわらず統一的に表わされることから、粒状材料のせん断変形において

$$S_s^* = \int dW_s/P$$

を状態関数とできることを見出した。この状態量は粒状体の性質をふまえて導入されたスカラー量であり、粒状体の降伏条件や塑性ポテンシャルを考える際に重要となること、および粒状体のエントロピーや粘土の

乱れなどに関連していることが示唆されており、原理的にも応用的にも興味深いものである。

このほか、三軸圧縮試験の結果から、変形係数に及ぼす拘束圧、ダイラタンシー、初期間隙比の効果と応力経路の影響を明らかにし、弾性的な変形でも応力経路に依存することや剛性と P', η, e などとの関係を明らかにしている。

せん断強度に関しては、粒状体の強度定数を支配すると考えられる主な因子、たとえば密度、粒子の形状、中間主応力などが ϕ に与える影響について述べている。

粗粒材料のせん断強度を評価する場合、最上の強度定数 k がよく用いられるが、著者は、各種の粒状材料についての実験結果から、それぞれの材料について k は一定であることを確かめ、 k と $e_{\min}$ が簡単な相関関係にあることを見出した。この k と $e_{\min}$ の関係は粒子物性をパラメーターにして直接関係となるので砂のような粒状体材料の工学的分類のための図表を用意することができる。

砂礫のような材料に対しては単に粒径によって工学的分類が行われているが、この $k-e_{\min}$ 図を用いることにより、せん断と圧密における基本的な工学的指標であるせん断抵抗角と最大密度特性を考慮した粒子の物性を表わすことができる。

粒状体の破壊条件式は Mohr-Coulomb の破壊規準とはやや異なり、中間主応力 σ_2 の値が ϕ に影響するといわれている。著者は三主応力を独立して制御できるせん断試験を行って中間主応力の効果を実験的に明らかにした。

この結果から、平面ひずみ状態におけるせん断抵抗角と三軸圧縮状態におけるせん断抵抗角との間に一義的な関係があることが示された。

以上述べたごとく、本研究は砂のような粒状体の変形に関する基本的な性質に着目し、粒状体の変形特性・せん断強度特性との関係などについて系統的に考察を行ったものである。

円柱に作用する波圧・波力に及ぼす波 の非線型効果に関する研究 (総合題目)

山口 正 隆 (愛媛大学助教授)

本研究は、有限振幅波理論に基づいて、円柱に作用する波圧・波力に及ぼす波の非線型性の影響を解明するという立場から、非砕波の波によって剛体と仮定される小口径円柱および大口径円柱に作用する波圧・波力を的確に推定するための系統的な基礎研究を行ったもので、2つの論文より成りたっている。

第一の論文では、波長に比べて円柱の直径が十分小さく、円柱による波の変形が無視できる場合の鉛直円柱に作用する全波力を扱っている。すなわち、まず現在の有限振幅波理論では波速の決定のために、Stokesの波速に対する第一定義および第二定義といわれる物理的条件が必要であって、これらの定義による理論結果の差違が明確でないという観点から、第二定義によって著者らが追計算し、波速および水平水粒子速度に対する適合性を確かめた Stokes 波の第4次近似解およびクノイド波の第2次近似解を、Morisonの波力算定式に導入し、円柱に作用する全波力の計算式を誘導している。そして、著者らの結果も含めた鉛直円柱に作用する波力に関する従来の多くの実験結果から、抗力係数および質量係数を推定し、波や円柱特性との関係を検討している。その結果、波動運動による円柱の抗力係数は Reynolds 数および Keulegan-Carpenter 数の関数となり、同一の Reynolds 数に対して Keulegan-Carpenter 数が大きいほど、抗力係数が小さくなって、一様流による場合の値に漸近すること、および質量係数は波高・円柱直径比とともに若干減少する傾向があることを明らかにしている。また、これら両係数を波の位相に関して一定として計算される全波力の時間波形とその実験結果との比較から、両係数の位相変化は全波力の時間波形にそれほど影響を及ぼさないことや波および円柱特性との関係で表示される両係数を用いた全波力の計算結果は実験結果とよく一致することを確かめている。さらに、実験結果の範囲内で、全波力の最大値は波高・直径比と密接に関

連づけられるが、その傾向は前述の関係で表示された両係数を用いれば、理論計算によってある程度説明できることも示されている。

第二の論文では、円柱の直径が波長に比較しうる大きくなって、波圧・波力の推定に円柱による波の変形を考慮しなければならない、いわゆる大口径円柱に作用する波圧・波力の問題を扱っている。すなわち、この種の問題に対する Chakrabarti の解が水面での非線型境界条件を微小振幅波理論に相当する1次項以外満足していないために、その適用性に問題があることを述べたのち、微小な展開パラメーターの自乗の項までこれらの条件を壁面において満足する非線型回折理論の第2次近似解をせつ動法によって導き、波圧、水位変動および全波力の表示式を求めている。そして、全波力の最大値を数値計算によって求め、全波力に及ぼす波の非線型効果を波や円柱特性との関係で検討した結果、比水深および水深・波高比が小さい場合には、波の非線型効果はかなり大きいけれども、比水深の大きい場合には、この影響は小さく、実用上無視できることを明らかにしている。また、第2次近似解による全波力の最大値から求めた質量係数は直径・波長比ばかりでなく、比水深および水深・波高比によっても若干変化することを示している。次に、波圧に関する実験結果と理論曲線との比較から、円柱前面では波の非線型性の影響が強く現われて、波の峯の位相における波圧は水深・波高比の減少とともに減少し、その傾向は第2次近似解による理論曲線とよく一致することや、波圧の鉛直および水平分布の実験結果と第2次近似解との対応がよいことなどを見出している。また、波の非線型効果である波圧の時間波形の非対称性は第2次近似解で示されるように、円柱側面でもっとも著しいことや波圧波形の非対称性の程度は、円柱前面および後面に近づくにつれて、小さくなることも見出している。一方、全波力に対しては、直径・波長比の広範な領域における実験結果との比較から、時間波形は非対称になるが、全波力の最大値に及ぼす波の非線型効果は小さいという非線型回折理論による結果を検証している。要するに、大口径円柱に作用する波圧・波力に及ぼす波の非線型性の影響は波圧に対して比較的大きいが、波圧の円周および水深方向の積分である全波力に対しては、比水深の小さい場合を除いてあまり大きくないと結論されている。