

京都市大学工学部 正員 吉川 和広
京都市大学工学部 〇正員 山本 幸司
中央復建コンサルタンツ 正員 水野 温夫

1. はじめに 近年ますます大規模化・複雑化していく土木工事を経済的・迅速的・確実に遂行するために、多種多量の建設機械および仮設材を投入する傾向が著しくなっている。このことは建設機械および仮設材の管理・運用計画が工事施工の成否に及ぼす影響にそれだけ高まってきたことを意味する。しかしながら、建設機械や仮設材の管理運用をその業務内容とする資材センターに関する研究は少なく、さらにそのほとんどが建設機械および仮設材の購入・保管・点検・整備といういわば在庫管理計画的なものであり、各現場への機械の搬送計画に関する分析が不十分であったように思われる。このうち建設機械に関しては各現場からの搬入要請量む少なく重量や容積も小さいため搬入方法に対する自由度は小さいと考えられる。そこで本研究では資材センターから各現場への仮設材（小型機械を含む）搬送に要する輸送費用の低減化を主たる目的とする合理的配車方法も考慮したヒューリスティックな仮設材搬送計画モデルを提案し実証的考察を試みる。

2. 1 資材センターから管轄地域内の各現場への仮設材搬送モデル（モデルⅠ） 一般に数量管理方法がとられる仮設材は各現場からの請求量が多く、また重量・容積も小さいため代替的な搬送計画の立案・検討が可能であるにもかかわらず、搬送業務および資材管理業務の複雑化を懸念して図-1(a)に示すように、従来は個々の現場に対して独立にトラックを配車した。しかしこれでは個々のトラックが積載余地を残した状態で走行する可能性が大きく非効率である。そこで積載余地のあるトラックに対しては図-1(b), (c)のように複数現場への積合せを認めて積載効率を向上させ、輸送費用の低減を検討するのがモデルⅠである。これは、各現場の仮設材請求量、資材センターと各現場間の最短輸送距離、距離別運賃体系、各積載容量のトラックの配車可能台数、各トラックの道路通行規制および最大走行距離等をインプットデータとするもので、その解算プロセスの概要をフローで示したのが図-2である。1 資材センターからの仮設材搬送計画では各現場への仮設材配分量は一義的に決定されるため、問題となるのはトラックの配車計画である。第1プロセスは各現場へ独立に搬送する初期実行可能なトラック配車計画を求めるプロセスであり、これはトラックの配車台数を変数とする整数計画問題となる。第2プロセスでは、単位積載量当りの輸送費用が一般に大型車程低廉であることに注目し、各現場への配車トラックのうち最小型車に積載余地が生じるものと仮定して、このトラックに対して複数現場への積合せを検討する。図-1を例にとれば、各搬送ルート i の輸送費用 C_a, C_b, C_c は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} C_a &= f_{k_1}(d_{01}) + f_{k_2}(d_{02}), & C_b &= f_{k_3}(d_{01} + d_{12}) + g(k_3) \\ C_c &= f_{k_2}(d_{02} + d_{11}) + g(k_2) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $f_k(d)$ は車種 k のトラックで距離 d 輸送するときの輸送費で、 $g(k)$ は車種 k のトラックが現場を経由するごとに仮設材の積みおろしに要する車輛留置料金である。ここでは $C_a - C_b, C_a - C_c$ もセービングコスト S_{ab}, S_{ac} とよぶ。

S_{ab}, S_{ac} が正ならばこのような搬送ルートの統合による輸送費の低減化が期待できることを意味する。したがって次に車種 k の配車可能台数、最大走行距離の制限などを検討してこのような搬送ルートの統合可能性をチェック

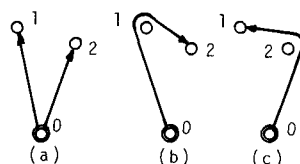


図-1 搬送ルートの統合

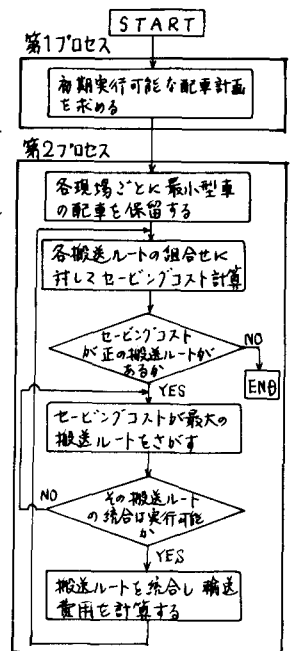


図-2 モデルⅠの解法

する。セービングコストが非正になるまで図-2の第2プロセスを繰返せば、最終的には実行可能な範囲内で輸送費用を低減化しえない配車計画を得ることができる。しかしこのような方法では第2プロセスで得られる配車計画が第1プロセスで求めた配車計画の結果に左右されることから、より望ましい配車計画を得るためには第1プロセスにおいていくつかの代替計画案を考慮することも考える必要がある。

3. 複数資材センターから複数現場への仮設材搬送計画モデル(モデルⅡ) 従来、各資材センターは図-3(a)に示すようにその管轄地域内の現場へのみ仮設材を搬送していた。しかし境界付近の現場に対しては図-3(b)のように隣接する資材センターからの搬送も考慮した方が効率的な場合も考えられる。このような考え方を導入すれば個々の仮設材が本来いずれの資材センターに所属するものであるかの識別が困難になる等の問題点を生じる可能性があるものの、搬送計画の合理化、輸送費用の低減化には非常に有効である。そこで本研究ではモデルⅠのセービングコストの考え方をモデルⅡへも適用し、搬送ルートの統合も考えていくことにした。なおモデルⅡでは配車計画だけでなく、いずれの資材センターからどれだけ搬送すべきかという仮設材の配送計画に関しても新たに検討を加える必要がある。モデルⅡでは大型車の方が単位輸送費用が低廉であることも考慮して大型車一車種のみの搬送計画を対象としたが、そのインプットデータは、各資材センターの仮設材搬送可能量、各現場の仮設材請求量、各資材センターと各現場間の最短輸送距離、距離別運賃体系、配車可能トラック台数および最大走行距離等である。モデルⅡにないこともまず各現場への仮設材もそれぞれ独立して搬送する仮設材配送計画および配車計画を立案することからスタートするが、これは仮設材配分量およびトラック配車台数を変数とする整数計画問題となる。ここでは Beale¹⁾ の up cost, down cost の考え方を Land & Doig の Branch & Bound 法に適用したヒューステックを解法を考案したが、モデルが大きくて最適解を求めるのが困難な場合にはまた古典的輸送問題によって配分計画を作成し、その結果に対して試行錯誤的に実行可能な配車計画を立案することも考えられる。続いて第2プロセスでは図-1および式①の考え方によって輸送費の低廉化を検討するが、モデルⅡでは統合の対象となる搬送ルートの組合せ数がモデルⅠの場合に比べて非常に多くなり、また場合によっては搬送ルートの統合により配分計画そのものが部分的に変化することもありうる。

4. 適用事例 本研究ではモデルⅠに於ける適用事例として4車種のトラックによる19現場への仮設材搬送問題を、またモデルⅡに対しては1車種のトラックによる2資材センターから9現場への仮設材搬送問題をとりあげた。いずれの場合もトラックへの積載数量がその重量によって制限を受ける仮設材の事例としての角パイプおよび容積制限を受ける事例としてのビティの搬送計画を考えた。計算結果の詳細は紙面の都合上講演時にスライドを用いて説明することとし、ここではモデルⅠの事例計算結果の一部を表-1に示す。この結果だけでもみても本研究で提案した仮設材搬送計画モデルが仮設材搬送の効率化および輸送費用の低減化に對して非常に有効であることが明らかとなった。

1) E.M.L.Beale, "An Algorithm for Solving the Transportation Problem When the Shipping Cost over each Route is Convex," Nav.Res. Log.Quarterly, 6(1), 43-56, 1959.

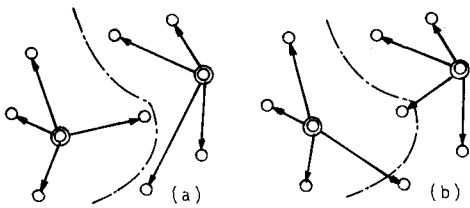


図-3 2資材センターからの仮設材搬送

表-1 モデルⅠの適用事例計算結果		配車トラック台数					総積載可能量(m) (枚)	平均積載効率(%)	総走行距離(km)	平均走行距離(km/台)	総輸送費用(円)
		2トン	4トン	6トン	8トン	total					
角パイプ	第1プロセスの配車計画	6	10	13	13	42	57,575	89.7	1,389	23.1	453,370
	第2プロセスの配車計画	0	7	12	15	34	54,145	95.4	1,203	35.4	408,250
ビティ型枠	第1プロセスの配車計画	10	8	8	5	31	5,325	80.0	1,076	34.7	317,950
	第2プロセスの配車計画	4	7	7	6	24	4,320	96.8	926	38.6	276,080