

SLAM II-PCによる大規模土工の シミュレーション分析

名古屋工業大学 学生員 ○和田 かおる
名古屋工業大学 正 員 山本 幸司
矢作建設工業 正 員 落合 辰巳

1. はじめに

大規模土工の施工においては計画の妥当性が、工程的、経済的影響を大きく左右する。また、施工を進めるに当たって、工事の進捗状況を管理し、当初計画と差異が生じた場合には迅速に計画を修正する必要がある。したがって、計画ならびに管理のためのシステム開発が必要となるが、ここでは土工事を図-1に示すように、土取り（屈削・積込）、運搬、盛土（引渡）の3つに分類し、その各々に対して計画用ならびに、管理用のシステムを開発し、最終的には相互の計画情報がやり取り可能となる大規模土工の総合的システムを開発する。本稿ではこれらのうち運搬計画システムを支援するためのシミュレーション分析について報告する。なお、土工計画については、輸送問題を適用したシステムを別途開発中である。

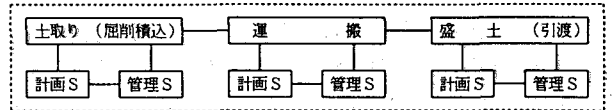


図-1 土工事管理システム

速に計画を修正する必要がある。したがって、計画ならびに管理のためのシステム開発が必要となるが、ここでは土工事を図-1に示すように、土取り（屈削・積込）、運搬、盛土（引渡）の3つに分類し、その各々に対して計画用ならびに、管理用のシステムを開発し、最終的には相互の計画情報がやり取り可能となる大規模土工の総合的システムを開発する。本稿ではこれらのうち運搬計画システムを支援するためのシミュレーション分析について報告する。なお、土工計画については、輸送問題を適用したシステムを別途開発中である。

2. シミュレーション分析の必要性

宅地やゴルフ場造成工事等での施工現場内における土運搬では輸送問題を用いて最適運土計画が策定可能であり、都市内土木工事等で発生する残土運搬についてもその輸送計画は輸送問題で定式化できる。しかし、土取場と土捨て場（盛土）の距離が離れている場合は一般道路を用いたダンプトラックによる土運搬となるが、道路の混雑状況がサイクルタイムに影響を及ぼし、また走路の一部が一車線のため道路上でのすれ違い待ちが発生し稼働状況が複雑となることも多い。さらに複数の走路が想定できる場合には、それぞれに対して迅速性及び経済性に関する解析が必要となる。しかしながら、このように複雑なダンプトラックや重機の稼働状況を理論的に解析することは困難である。そこで土取場と土捨て場を結ぶ走路の環境条件が与えられたときに、土砂積込機械やダンプトラックの稼働状況を把握するためのシミュレーションシステムの開発が必要となる。今回はシミュレーションモデル作成にあたり、工事現場事務所での迅速な分析を前提としてパソコン版SLAM IIを用いた。

3. 対象現場の状況および概要

今回対象とする現場は、高速道路建設に伴い発生する残土をダンプトラックにより一般道路、高速道路を経て土捨て場へ運搬するもので、その概況を図-2に示す。ここで積込エリアでは作業能力の異なる複数のバックホウが土砂の積込を行い、積込エリアから土捨て場までの走路区間は一車線道路（待避所が必要）、一般道路（追い抜き不可）、高速道路（追い抜き可）の三種類の道路で構成されている。今回はこれら土工機械系の台数を変化させてシミュレーション分析を行い、効率的な台数を算定するとともに、複数の代替走行経路に対し走路状況の差異による時間的ロス及び、作業能力の評価を行う。

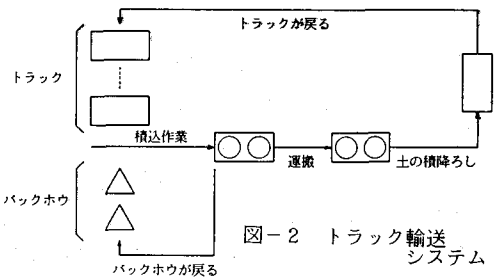


図-2 トラック輸送システム

4. システムのモデル化

工事対象現場を積込エリア、走路区間、土捨て場の3つに分割しモデル作成を行う。（1）積込エリア …ここではダンプトラックの積込待ちおよび、バックホウの作業待ちと積込時間、積込土量（各ダンプトラックの出来高）のチェックを行う。なお1回目の積込時（作業開始時）の各ダンプトラックの待ちは意味を持たないため、2回目以降の積込時の待ち状況を集計できるようモデル化を行った。積込エリアのモデルを図-3に

示す。(2) 走路区間 --- 走路区間モデルで複雑となるのは待避所が必要な一車線道路および、追い抜きが不可能な一般道路である。一車線道路では信号によるダンプトラックの制御と作業員を配置し実車を優先させるダンプトラックの制御を行う。モデル内では各ダンプトラックの動きにより対面車及び後続車の制御を行っている。(3) 土捨場 --- 本事例では土捨場での排土作業において作業待ちが発生せず作業が比較的単純なため、各ダンプトラックが土捨場に到着しから排土作業を終え土捨場を出発するまでの時間を正規分布で与えている。

表-1 シミュレーション結果(ダンプトラック)

	トラック (台)	バックホウ (台)	作業時間 (分)	運土量 (t)	積込作業待ち		待避場所での待ち	
					最大待ち行列長(台)	平均待ち時間(分)	最大待ち行列長(台)	平均待ち時間(分)
1	2.5	1	4.80	97.0	6	3.218	往路 2 復路 2	0.091 0.091
2	2.5	2	4.93	1037.5	4	0.752	3 4	0.070 0.088
3	2.5	3	4.62	1047.5	5	0.364	4 4	0.072 0.138
4	3.0	1	4.77	1122	4	3.971	2 2	0.033 0.074
5	3.0	2	4.73	1248	3	0.779	3 3	0.073 0.130
6	3.0	3	4.72	1254	3	0.283	3 4	0.062 0.143

5. シミュレーションの実施

今回いくつかのケースに対し、シミュレーション

を実施した。以下紙面の都合上、ダンプトラックおよびバックホウの作業台数の変化によるシミュレーション結果の差異について説明する。なお表-1、2に示す結果は一般道路での追い抜きを認め、一車線道路では実車優先としたモデルによるものである。

この結果から以下のことがいえる。①バックホウが1台ではトラックの台数が同じ場合、トラックの作業待ちが長く運土量は少なくなるが、バックホウの作業待ちは短くなる。②バックホウが2台、3台のときは、トラック台数が同じならば運土量はほとんど変化がみられず、バックホウの作業待ちが長くなる。③待避所での待ちは各ケースで多少のばらつきはあるものの、運行上支障があるほどの違いではない。④これらの結果から1日の出来高はトラックの台数によるところが大きく、トラックの台数が30台程度であるならバックホウは3台以上必要はない。⑤トラックの台数を増加するならば、バックホウの必要台数の検討をするとともに、待避所での待ちが運行上支障のない範囲になるようトラックの台数制限を行なう必要がある。この他の解析結果については講演時に発表する。

6. 今後の課題

ダンプトラックによる土運搬作業を分析するためのシミュレーションシステムが構築できたが、今後は土捨場内での作業内容を一般化するとともに、走行路についても一方通行等を考慮したモデルに拡張する。いずれにしても、今回は運搬計画システムのみを検討しただけにすぎず、今後は図-1に示すような土運搬の総合的システムの開発に向けて研究を進めていく予定である。

表-2 シミュレーション結果(バックホウ)

	作業回数(回)			積込作業待ち	
	1	2	3	最大待ち行列長(台)	平均待ち時間(分)
1	93			1	3.140
2	51	49		2	9.289
3	34	33	33	3	14.284
4	107			1	2.147
5	61	59		2	6.758
6	41	40	39	3	11.699

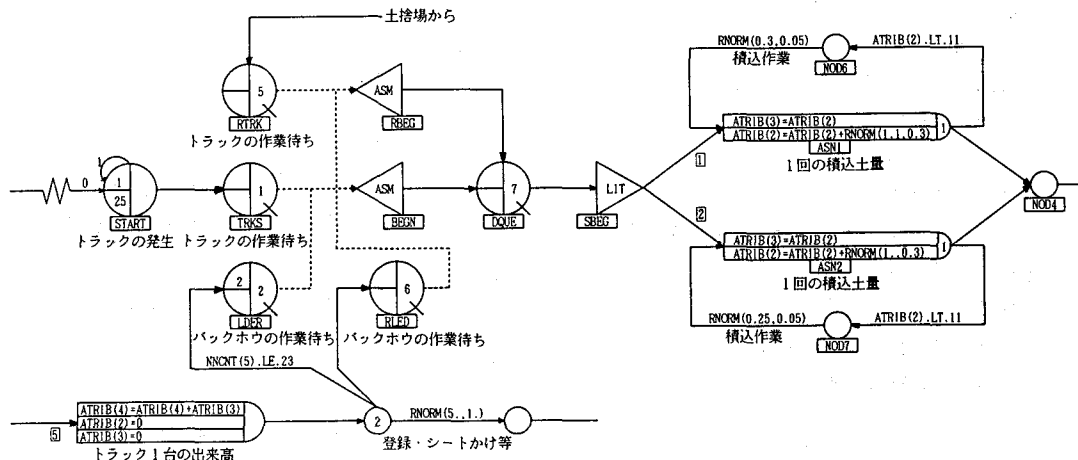


図-3 積込エリアモデル