

에코-도징을 위한 도저의 엔진부하별 연료소모율 연산기법 연구

Computing Fuel Consumption of Dozer Engine for Eco-Dozing

박 영 준* 이 흥 철* 리 현 군** 이 동 은***
 Park, Young-Jun Lee, Hong-Chul Li, Xianjun Lee, Dong-Eun

Abstract

Existing studies relative to enhancing sustainability of earth-work are mainly involved in the performance of construction equipments. They assume that there is no variation of the engine power and fuel consumption and classify the dozer operation into working and idle conditions. They enable to find the most eco-friendly equipment fleet deployment plan. However, they are confined in that they do not provide a measure to assess the sustainability of the operation plan and suggest optimal alternative(s). This paper presents a method that identifies an optimal dozer operation plan that assures sustainability by reducing fuel consumption of the equipment. The method computes the dozer operation productivity using engine-torque-output map provided by equipment manufacturers. Indeed, it identifies the eco-dozing operation that minimizes fuel consumption and maximizes the target productivity.

키 워 드 : 에코-도징, 엔진부하, 연료소모율, 시뮬레이션
 Keywords : eco-dozing, engine lode, fuel consumption, simulation

1. 서 론

디젤 연료는 기술력과 비교하여 열효율은 높지만 더 많은 오염물질을 배출한다. 건설 산업의 장비들은 높은 출력이 필요한 작업들에 투입되어야 함으로 디젤 연료 사용으로 인한 오염물질 배출이 상당함에도 불구하고 디젤엔진이 장착된 장비를 사용하고 있는 실정이다. 하지만 EU에서 발표한 배기가스 배출규제의 강화정책으로 인하여, 국내를 포함한 각국의 장비제조사들은 배기가스 배출규제에 만족하는 새로운 엔진개발에 총력을 기울이고 있으며 (월간 해외환경규제동향, 2013), 건설 장비들이 에너지 효율적으로 작업할 수 있도록 효과적인 장비관리계획이 요구되고 있다. 본 연구는 대형 건설장비 중 하나인 도저를 대상으로, 시뮬레이션 기법을 활용하여 도저의 작업프로세스 상에서 발생하는 엔진부하와 부하에 따른 연료소모량을 추정한다. 또한, 시뮬레이션 결과를 기반으로 작업량을 만족하면서, 최소의 연료소모율을 나타내는 도징 방안을 탐색한다.

2. 엔진부하 및 연료소모율

엔진의 부하율과 엔진의 상태는 제조사(예, Caterpillar)에서 취득할 수 있는 장비정보를 기반으로 연산한다. 도저의 엔진부하 상태는 Low, Medium, High 으로 분류된다. 각 상태별 엔진 부하율은 엔진의 최대 부하상태기준 35-50%(Low), 50-65%(Medium), 65-80%(High)이다. 도저는 작업현장의 조건과 작업방식에 따라서 엔진의 부하정도가 달라지며 엔진의 부하가 커질 수록 소모하는 연료량도 비례하여 커지게 된다. 도저의 엔진부하에 직접적인 영향을 주는 작업현장의 조건은 작업지의 경사, 노면의 종류, 1회 운반토사량, 운반거리로 정의 한다.

3. 에코-도징 시뮬레이션

제조사에서 제공되는 정보에 기반하여, 엔진의 부하에 따라 소모하는 연료의 정보는 최소/최대치로 주어진다. 실제 토사운반에서도 연료의 소비량을 고정할 수는 없으므로, 각 엔진부하별 연료소모율의 평균값을 추가 하여 각 엔진부하별 연료소모가 삼각분포확률로 발생하는 것으로 가정한다(그림 1). 운반토사량의 최대값은 SAE(Society of Automotive Engineers International)에서 제공하는 Blade capacity 계산방법을 기반으로 하며, 측정 단위는 5%간격으로 한다.

토사운반량과 거리에 따른 연료소비량의 시뮬레이션 결과를 비교하기 위해 작업거리 45 m, 일반토사 작업물량 8,161 lcy, 작업노면의 조건은 Dry-clay loam, 그리고 작업지는 평지에 위치한 사례를 활용한다. 1일 작업시간은 8시간으로 제한한다. 도저의 연료소모율 정보는 표 1과 같다.

* 경북대학교 건설환경에너지공학부 박사과정
 ** 경북대학교 건설환경에너지공학부 석사과정
 *** 경북대학교 건축·토목공학부 교수, 교신저자(dolee@knu.ac.kr)

표 1. D5R (Semi-universal blade 장착)의 연료소모율 및 블레이드 용량

Dozer name	Blade type	Fuel consumption at engine loads (liter)									Blade capacity by SAE (m ³)
		Low			medium			High			
		min	average	max	min	average	max	min	average	max	
D5R	SU	12.1	13.6	15.1	15.1	17.5	20.0	20.0	23.2	26.4	4.28

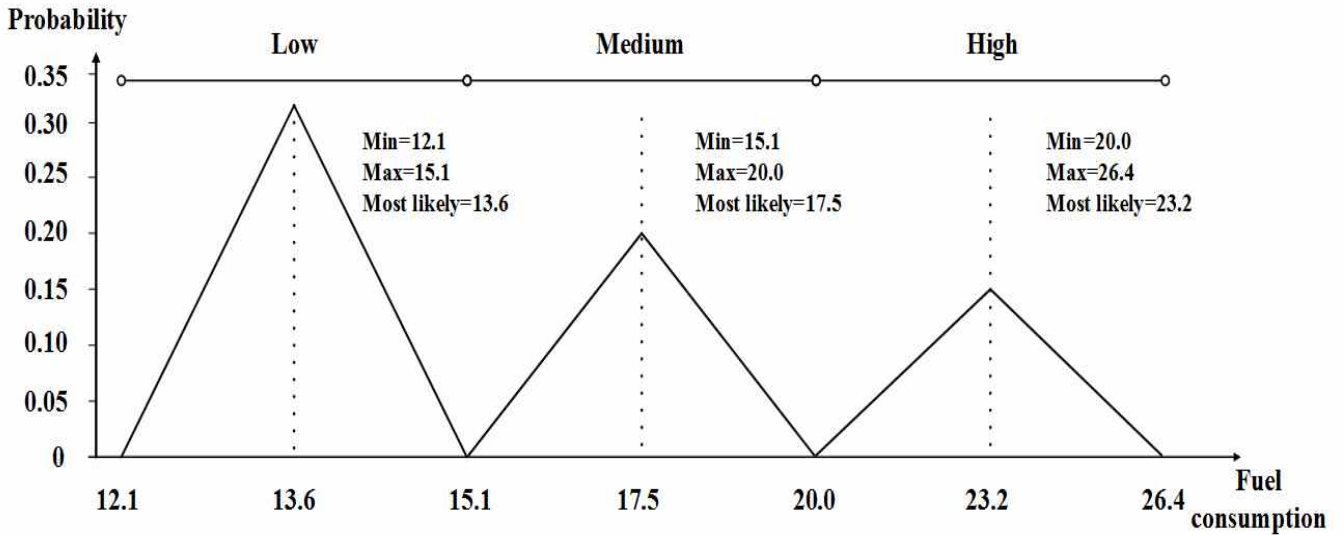


그림 1. D5R의 엔진부하별 연료소모 발생 확률

작업노면은 Dry-clay loam이므로 기본 상태 및 토사반출 후 되돌아오는 작업의 연료소모율은 Low이다. 시뮬레이션에서, 엔진부하상태는 토사량이 10% 미만인 경우 Low, 80% 미만인 경우 Medium, 80% 이상인 경우 High 를 적용한다. 도저의 견인력 정보를 활용하여 토사운반량과 도저의 엔진부하 가중치를 계산하고 유전알고리즘을 사용하여 결과를 산출한다.

4. 결 론

본 연구는 토공사에서 활용되는 장비중 하나인 도저의 친환경성을 향상시키고 장비의 연료소모율을 최소화 할 수 있도록 도저의 구체적인 활동목표를 제시하였다. 개발된 시뮬레이션 모형은 작업환경이 주어졌을 때, 1회 토사운반량의 최적치를 도저 운전자에게 정량적으로 제시함으로 연료소모율을 저감시킬 수 있는 직접적인 방법이 될 수 있다. 또한, 삼각분포확률을 사용하여 추계적인 방법 기반의 연산값과 결정론적인 방법 기반의 연산값을 비교함으로써, 연료소비량의 오차와 범위를 예상할 수 있게 하였다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업의 연구비지원 (14SCIP-B079344-01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Caterpillar, Caterpillar performance handbook, 45th ed., Caterpillar, Peoria, 2015
2. 월간 해외환경경제동향, Trade and Environment Information Network, TEN, 제103호, 2013.5