

케이블크레인을 이용한 集材作業의 經濟性에 關한 研究¹

禹保命² · 朴鍾鳴² · 李峻雨² · 鄭補勳²

A Study on Economical Analysis of Yarding Operation by Cable Crane¹

Bo Myeong Woo², Jong Myeong Park², Joon Woo Lee², and Nam Hun Chung²

要 約

解放 이후 약 40여년간 우리나라 산림정책의 기본목표를 치산녹화사업에 두고 지속적으로 조림사업을 확대 시행하여 온 결과 조림성공임지 및 기존 천연성숙림에서 목재를 수확하기에 이르렀으므로 최근에 와서는 산림정책의 기본목표를 식수임업위주에서 수확임업위주로 전환하고 있다. 종래에는 벌목, 조재, 집재 등의 목재수확작업, 특히 산원에서 집재작업을 주로 인력작업에 의존하고 있으나 최근에 와서는 산촌지역에서의 임업노동력의 부족 및 노무비의 급격한 상승 등으로 인하여 기계화작업의 도입이 절실하게 요구되고 있다.

산림청 임업기계훈련원에서 도입하여 시험사용작업을 하고 있는 이동식 타워 소형 케이블크레인(K-300)을 이용하여 집재작업을 시행할 때 인력작업과 비교하여 경제성을 분석한 결과 조사당시에는 일반적으로 실시되고 있는 인력을 이용한 집재작업에 비해 경쟁력(최초 투자비가 과대하므로)이 뒤떨어지나 점차적인 인건비 상승경향으로 볼 때에 기계사용비가 상대적으로 낮아져서 케이블크레인을 이용한 집재작업의 국내 적용 가능성은 점차 높아지리라 생각된다.

집재작업의 기계화 계획 및 실행에 관한 시험적 연구가 시급히 요망된다.

ABSTRACT

Since 1945, the periodical reforestation projects considered as the fundamental apparatus of the forest policy of the Government have been continuously carried out during last 40 years in Korea.

As a result, some of the forests are ready to be harvested, especially in well-managed plantations as well as in the natural forests.

This requires to pay more attention to harvesting the timber rather than planting trees.

At the present, such timber harvesting operations such as cutting, felling, bucking, and skidding and yarding, particularly yarding operations in mountain areas with harsh terrains are in the most cases depend upon man power. However, the yarding operations should be more mechanized in the near future in Korea mainly because of the high cost of labour coupled with the lack of labour in forested areas.

The Forest Work Training Center attached to the Forest Administration imported and tested the small-sized cable crane(K-300) with movable tower.

The result of economic analysis of the yarding operation expenditures shows that the cable crane yarding costs more than the man yarding at the present time.

As the labour cost will gradually increase and the efficiency of machine operation will improve, the results of the study indicates that the yarding operation by cable crane will be more cost-effective in the future.

Key words : Cable crane, cable crane yarding, economical analysis of yarding operation, yarding, skidding.

¹ 接受 1990年 9月 20日 Received on September 20, 1990.

² 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

緒 論

勞動力 부족과 賃金の 상승으로 목재생산작업에서의 集材 및 運材 비용이 점차 커지고있어 林業經營을 더욱 어렵게 하고 있는 현 現場에서 勞働生産性을 향상 시키기 위한 방법으로 集運材作業에서의 기계력투입이 절실히 요망되고 있다. 더우기 집재작업은 산림작업 중에서 가장 힘든 작업 중의 하나이며, 작업 중 발생하는 自然環境의 훼손 등으로 많은 문제를 발생(Johnson 등, 1980) 시키는데 架線集材는 이와같은 환경 문제점들을 최소화시킬 수 있는 집재방법(FAO, 1979) 중의 하나로 활용되고 있으며, 더우기 힘든 산림이 많은 우리나라에서는 그 활용범위가 더욱 클 것으로 전망된다.

이와 같은 목재수확방법이 자연환경에 미치는 영향에 대해서 Ruth(1967), Megahan 등(1972), Bockeim 등(1975), Johnson 등(1980)은 가선집재가 트랙터 등에 의한 지상집재 보다 매우 유리하다고 하였으며, 가선집재는 지형에 대한 영향이 적을 뿐만 아니라 임목에 대한 훼손도 적다고 하였다.

일반적으로 케이블크레인에 대한 작업능률은 사용기종, 작업방법, 집재목 규격, 지형, 집재거리 등에 따라 다르지만, 소형인 경우는 시간당 4-5 m³정도(FAO, 1985)라고 알려져 있다. 소형 케이블크레인 K-300을 이용한 소경목 집재작업에서 Kellog(1984)는 작업원의 크기가, Oslen(1981)은 벌도방향, 작업원의 조직, 작업구의 계획, 토장의 형태 등이 작업능률에 크게 영향을 미친다고 하였다.

한편 김 등(1989)은 소형집재차를 이용한 간벌목 집재작업연구에서 시간당 작업능률은 1.3-2.7 m³이며, 3인조 작업일 때 ha당 집재재적이 25m³ 이면 1일공정은 10m³이라고 하였다.

또한 박(1990)은 작업현상 및 작업구성내용과 개선사항을 파악하고자 강원도 지역의 4개 벌목작업지에서 K-300을 이용하여 실시한 집재작업에 대한 작업연구를 통하여 1회 집재재적은 평균 0.5856m³이었고 시간당 평균 작업량은 3.55m³이었다고 하였으며, 집재작업에만 소요되는 순작업시

간은 전체작업시간의 67.8%를 차지 한다고 하였다.

본 연구의 대상인 케이블크레인 K-300은 移動式 타워 부착 소형 케이블크레인(Small sized mobile tower yarder)으로 移動, 設置, 撤收가 비교적 용이한 집재 機種으로 현재 한독산림경영사업기구인 임업기계훈련원에서 도입 사용 중이다.

본 연구는 集材作業의 工程과 作業費用을 산출하여 케이블크레인 作業의 經濟性을 분석함으로써 케이블크레인의 국내적용 가능성을 검토, 분석해보고자 수행하였다.

이 연구를 수행함에 있어서 물심양면으로 많은 도움을 주신 林業機械訓練院長 馬 相圭 博士님께 진심으로 감사드린다.

材料 및 方法

작업에 사용되는 장비의 작업비 산출은 크게 固定費用(fixed cost), 作業費用(operation cost)으로 나눌 수 있으며, 고정비용은 작업량의 過多에 관계없이 작업에 소요되는 비용이고, 작업비용은 작업량에 따라 달라 지출되는 금액인 것이다.

작업비의 산출방식은 Miyata(1977)와 임업연구원연구보고(1985)의 방법을 따랐다.

1. 固定費用(Fixed cost)

作業量과 作業의 有無에 관계없이 소요되는 비용으로 감가상각비, 이자, 보험, 세금 등이 여기에 포함되나 우리나라에서는 산림작업에서 보험이 없으므로 이를 제외시키며, 아직은 일반 私有林 소유자들이 비싼 장비를 구입한다는 것이 불가능함으로 國有林을 대상으로 하여 세금항목도 제외시켰다.

1) 減價償却費(Depreciation)

장비의 감가상각을 고려하는 것으로 감가상각비를 산출하는 방법에 여러가지 방법이 있으나 여기에서는 Straight line method를 사용하였으며 그 공식은 다음과 같다.

$$D = (P - S) * H / N$$

D : 1시간당 減價償却費 P : 기계구입비

H : 1일 可動時間 N : 내용시간(耐用時間)

S : 殘存價格(기계구입비의 10%)

2) 利子(Interest)

장비구입을 위해 貸出해 온 자금이면 이에 대한 이자를 지급해야 하며, 자신의 資本으로 구입했다면 다른 분야에 투자했을 때의 얻을 수 있는 機會費用을 생각해야하는데 이를 구하기 위해서 投資平均價値(AVI; Average value of yearly investment over its entire economic life)를 사용한다. (Miyata, 1977)

$$AVI = (P-S) * (N \times 1) / 2N + S$$

매년 이자로 들어가는 비용 = AVI * 이자율

3) 維持管理費

정상적인 작업을 수행할 수 있도록 장비의 유지, 관리에 소비되는 비용으로 장비의 종류에 따라 달라지는데, Warren(1977)에 의하면 케이블크레인의 유지관리비는 감가상각비의 약 50%를 적용한다.

2. 作業費用(Operation Cost)

固定費用과는 달리 작업시간이나 사용시간에 따라 지출되는 금액이 다른 비용이다.

1) 연료비와 오일비

연료비와 오일비는 장비에 부착된 엔진의 馬力數에 따라 달라지는데 임업 연구원 연구보고(1985)에 의하면 1일 5시간 기준으로 하여 연료비 사용량은 3.5리터이며, 오일은 17리터이다.

2) 人件費(Labour Cost)

케이블크레인의 作業組는 작업방법에 따라 차이가 있으나 보통 2-4인의 작업조가 일반적이며, 우리나라에서는 아직 작업방법이 확립되지 않은 이유로 작업의 熟練度가 낮아 4인 이상일 경우가 많다.

케이블크레인의 작업시에는 장비의 設置 및 撤收에 대한 시간 考慮가 있어야 하는데 여기에서는 應 등(1988)이 제시한 3인 기준 Rigging ratio 0.17795를 사용하였다.

$$\text{Rigging cost} = \text{Wage for 3 men rigging crew} * \text{Rigging ratio}$$

結果 및 考察

1. 케이블크레인의 작업비 산출

케이블크레인의 작업에 지출되는 작업비용을 전술한 항목으로 계산하여 산출한 결과를 나타내면 표

1과 같다.

표1에서 항목별 비용을 조사한 결과 1일 작업비용합계는 174,479원으로 이 가운데 감가상각비, 이자, 유지관리비 등 固定費用은 72,715 원으로 41.7%를 차지한 반면, 연료비, 오일비와 인건비 등의 作業費用은 101,782 원으로 58.3% 이었는데 독일 및 캐나다 등 선진 임업국에서 실시한 케이블크레인 작업비 계산에서는 인건비를 포함한 작업비용 비중이 0.6-0.8으로 나타나 (Studier 등, 1974), 우리나라의 勞動力 不足現狀과 賃金上昇 등을 고려해 볼 때 이 비율은 더욱 높아 지리라 생각된다.

Table 1. Calculation of operating cost for Koller K-300.

Basic data for calculation	
1. Delivered cost (P)	: 65,000,000 won
2. Life in hours (N)	: 8,000 hours
3. Salvage value (S)	: 6,500,000 won
4. Operating hours per day (H)	: 5 hours
5. Operating days year (D)	: 200 days
6. Annual interest rate (I)	: 10%
7. Maintenance and repair quotient	: 0.5
8. Fuel consumption per day	: 17 ℓ
9. Lubricant consumption per day	: 3.5 ℓ
10. Daily wage for workers	
; Cable crane operator	: 25,000 won
; Other workers	: 20,000 won
11. Other cost (clothes etc.)	: 1,000 won
Daily yarding cost	
1. Linear depreciation	: 36,560 won
2. Interest	: 17,875 won
3. Repair & maintenance	: 18,280 won
4. Fuel & Lubricant cost	: 6,885 won
; 1 operator + 3 workers	: 85,000 won
; Rigging cost	: 8,897 won
; Other cost (clothes etc.)	: 1,000 won
Total daily yarding cost	: 174,497 won

2. 케이블크레인의 作業工程率 算出

케이블크레인의 작업공정에 영향을 미치는 因子들은 여러가지가 있겠으나 (應 등, 1988, 朴, 1990), 여기에서는 作業員을 임업기계 훈련원에서 숙련된 4인을 기준으로 하고 나머지 可變可能的 因子 즉, 集材距離, 集材量, 原水短材積을 중심으로 회귀분석한 결과 케이블크레인의 作業工程率의 산출추정식

Table 2. Daily yarding production of Koller K-300 cable crane for various work condition, Unit : m³/day

Load (m ³ /turn)	Unit log volume (m ³)	Distance (m)			
		100	200	300	400
0.3	0.1	17.94	14.40	10.85	7.30
	0.2	19.55	16.00	12.46	8.91
	0.3	21.16	17.61	14.06	10.52
	0.4	22.76	19.22	15.67	12.12
0.4	0.1	21.30	17.75	14.20	10.66
	0.2	22.90	19.36	15.81	12.26
	0.3	24.51	20.96	17.42	13.87
	0.4	26.12	22.57	19.02	15.48
0.5	0.1	24.65	21.10	17.56	14.01
	0.2	26.26	22.71	19.16	15.62
	0.3	27.86	24.32	20.77	17.22
	0.4	29.47	25.92	22.38	18.83
0.6	0.1	28.00	24.46	20.91	17.37
	0.2	29.61	26.06	22.52	18.97
	0.3	31.22	27.67	24.12	20.58
	0.4	32.82	29.28	25.73	22.18
0.7	0.1	31.36	27.81	24.27	20.72
	0.2	32.96	29.42	25.87	22.33
	0.3	34.57	31.02	27.48	23.93
	0.4	36.18	32.63	29.08	25.54
0.8	0.1	34.71	31.17	27.62	24.07
	0.2	36.32	32.77	29.23	25.68
	0.3	37.92	34.38	30.83	27.29
	0.4	39.53	35.98	32.44	28.89
0.9	0.1	38.07	34.52	30.97	27.43
	0.2	39.67	36.13	32.58	29.03
	0.3	41.28	37.73	34.19	30.64
	0.4	42.88	39.34	35.79	32.25
1.0	0.1	41.42	37.87	34.33	30.78
	0.2	43.03	39.48	35.93	32.39
	0.3	44.63	41.09	37.54	33.99
	0.4	46.24	42.69	39.15	35.60

은 아래와 같다.

$$Y = N * (-0.99623 - 0.00547 * X_1 + 5.17321 * X_2 + 2.47743 * X_3)$$

Y : 1일 8시간 기준 集材工程率 (m³/day)

N : 1일 근무시간내 實動時間 (7.63664)

X1 : 走行距離 (m)

X2 : 1회 集材材積 (m³/turn)

X3 : 原木 短材積 (m³)

표2에서 보면 케이블크레인 K-300의 1일 집재량은 1회 집재재적, 원목단재적, 집재거리에 따라 차이가 있으나 1회 집재재적을 평균 0.6m³/turn으로 가정하였을때 약 18-32m³/day로 Raymond

등(1984)이나 Samset(1985)의 연구 결과인 23-40 m³/day 보다 낮게 나타났다.

3. 케이블크레인 作業의 經濟性 評價

현재 일반 山林作業에서 集材作業의 비용은 지역에 따라 다르나 일반적으로 사이(材)당 20원(89년도 현재)으로 6,000원/m³으로 추산된다.

케이블크레인의 1일 집재량은 작업지역의 立木 蓄積이나 地形, 그리고 作業員의 熟練度에 따라 차이가 있으나 대략 20-40m³/day 인 것으로 알려져 있다. (Raymond, 1984, Samset, 1985)

표 3은 케이블크레인 작업비의 可變因子 중 가

Table 3. Variation of production cost per m³ for cable crane according to change of labour cost.

Increase rate of labour cost(%)	Production cost ¹⁾	Daily production cost of K-300 per m ³					
		23	24	25	26	27	28
0	6000	7246	6944	6666	6410	6172	5952
5	6300	7433	7123	6838	6575	6332	6106
10	6600	7620	7303	7010	6741	6491	6259
15	6900	7807	7482	7183	6906	6651	6413
20	7200	7994	7661	7355	7072	6810	6567
25	7500	8181	7841	7527	7237	6969	6720
30	7800	8369	8020	7699	7403	7129	6874
35	8100	8556	8199	7871	7568	7288	7028
40	8400	8743	8378	8043	7734	7447	7181
45	8700	8930	8558	8215	7899	7607	7335
50	9000	9117	8737	8388	8065	7766	7489

¹⁾ Daily production cost per m³ for manpower

장 높은 비율을 차지하는 인건비를 제외하고 나머지 인자들은 일정하다는 가정아래 인건비의 상승에 따른 작업비의 변화를 나타낸 것이다.

표 3에 의하면 현재 機械力을 이용하지 않는 집재방법과 경쟁력이 있기 위해서는 케이블크레인의 1일 작업량은 27m³/day 이상이어야 할 수 있다. 慮 등(1988), 朴(1990)의 연구 결과에 의하면 케이블크레인을 사용한 1일 집재작업량은 각각 27.13m³, 28.4m³으로 기계력의 투입의 가능성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 기존의 케이블크레인의 작업량 조사지역이 강원도내 優良한 林分이 있음을 감안한다면 케이블크레인을 사용한 집재작업이 아직은 경쟁력이 떨어진다고 思料된다.

그림 1은 임금의 상승에 따라 케이블크레인이 기존의 집재방법에 비해 경쟁력을 갖게되는 집재량을 나타낸 것이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 임금이 계속 상승할수록 케이블크레인의 경쟁력은 점차 높아지고 있음을 알 수 있으며, 본 연구에서는 作業人員 4인을 기준으로 산출한 결과이므로 외국의 경우와 같이 훈련된 작업원 2-3인이 작업할 수 있도록 작업원에 대한 熟練度를 증가시킨다면 케이블크레인을 이용한 集材作業의 國內通用 가능성은 매우 높아지리라 생각된다.

結 論

소형 케이블크레인 K-300을 이용한 집재작업의

Products per day (m³)

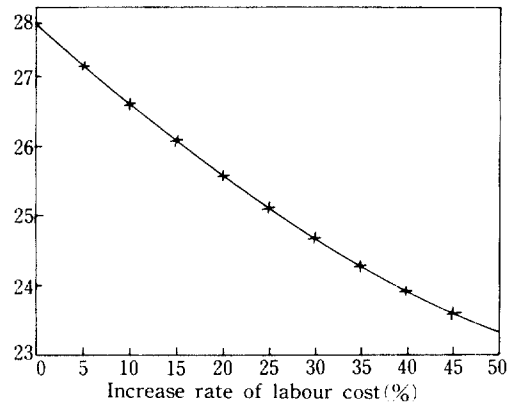


Fig 1. Changes in log production per day using K-300 crane when labour cost change.

공정과 작업비용을 산출하여 케이블크레인 작업의 경제성을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 1일 작업비용은 174,497원으로 나타났으며, 이 중 인건비를 포함한 작업비용은 59.3%로 나타나 외국의 경우인 60-80%에 비해 다소 낮은 값으로서 우리나라의 노동력 부족 현상과 임금의 상승 등을 고려할 때 이 비율은 더욱 높아질 것이다.
2. 작업원을 4인으로 하였을 때 케이블크레인의 작업공정식은 $Y \text{ day} = N \times (-0.99623 - 0.00547 X_1 + 5.17321 X_2 + 2.47743 X_3)$ 으로 나타났다.
3. 케이블크레인에 의한 집재방법이 인력집재에 의한 집재방법 보다 경쟁력이 있기 위해서는 1일 작업량이 27m³/day 이상이 되어야 한다.
4. 현재의 林分構成狀態와 作業方法 및 技術水準

으로 볼 때 케이블크레인의 사용은 경제적으로 수익성이 적으나 林木蓄積의 증가와 함께 적절 한 作業體系를 설정하고 작업원에 대한 교육을 통한 작업의 숙련도를 향상시킴으로 케이블크레인의 작용가능성은 높아지리라 생각된다. 따라서 앞으로 人件費가 상승함에 따라 機械費가 상대적으로 낮아지므로 人力을 절약하는 반면, 기계사용을 장려하는 방향으로 山林作業을 발전 시켜 나가야 할 것이다.

引 用 文 獻

1. 金在源·慮載厚·禹太命·李海周. 1989. 間伐作業의 作業強度 및 集材機械化에 關한 研究. 林業研究院 研究報告 39 : 110-125.
2. 慮載厚·金在源·朴文燮. 1988. 케이블크레인의 國內適用 可能性에 關한 研究. 林業研究院 研究報告 36 : 145-153.
3. 朴鍾鳴. 1990. 小型 케이블크레인 K-300을 利用한 集材作業에 關한 研究. 서울大學校 碩士論文. 45pp.
4. 禹保命. 1987. 林業土木工學. 鄉文社. 362 pp.
5. 林業試驗場. 1985. 山林作業에 關한 研究-集材方法 開發 試驗. 林業試驗場 試驗研究報告 33 : 120-137.
6. FAO. 1979. Mountain forest road and harvesting. FAO Forestry Paper. 254pp.
7. FAO. 1985. Logging and transport in steep terrain. FAO Forestry Paper rev. 1 : 111-128.
8. Fisher E.L., Harry G. Gibson and Cleveland J. Biller. 1980. Production and Cost of a Live Skyline Cable Yarder Tested in Appalachia. Forest Service Research Paper NE-465.
9. Johnson, M.G. and R.L. Beschta. 1980. Logging, Infiltration Capacity and Surface Erodibility in Western Oregon. J. of Forestry 78(6) : 334-337.
10. Miyata. 1980. Determining fixed and operating costs of logging equipment. USDA General Technical Report.
11. Ruth, H. 1967. Siviculture effects of skyline crane and high-lead yarding. J. of Forestry 65(4) : 251-255.
12. Samset, I. 1985. Winch and cable system. Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk Publishers.
13. Raymond L. Sarles and Kenneth R. Whitenack. 1984. Costs of Logging Thinning and Clearcutting in Appalachia Using a Truck-Mounted Crane. USDA Research Paper NE-545.
14. Studier, D.D. and V.W. Binkley. 1974. Cable Logging System. O.S.U. Book Stores, Inc.
15. Warren, Jack. 1977. Logging cost analysis, timber harvesting short course. Timber harvesting Rep. 4. LSU/MSU Logging and Forestry Operations Center, Bay St. Louis, MS.