

생산성 저하 (Loss of Productivity) 분석방법과 대응방안

2020.06

임정주 대표 (The TEAM)

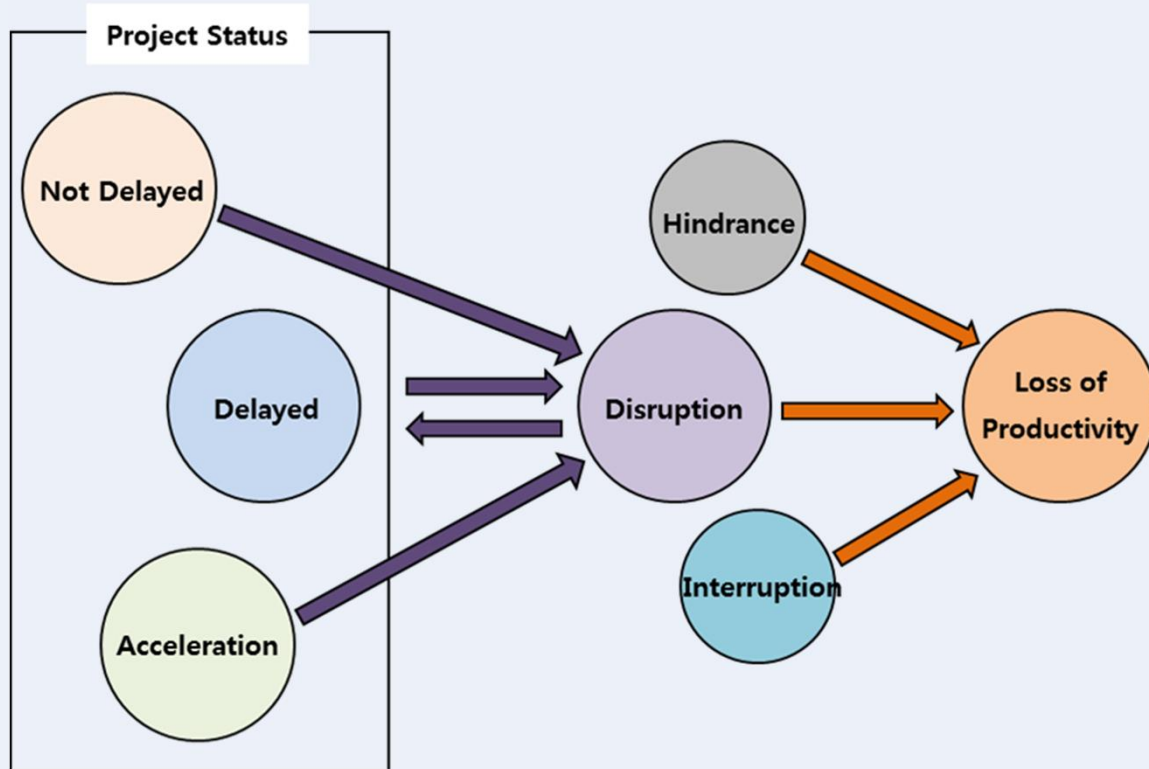
1. Definition
2. 생산성 저하의 주요 원인
3. 생산성 저하 분석방법
4. 생산성 저하 비용 계산 방법
5. Case Law
6. 대응방안

1 Definition

1) Delay, Disruption, Loss of Productivity (이하 'LOP')

“Disruption (as distinct from delay) is a disturbance, hindrance or interruption to a Contractor’s normal working methods, resulting in lower efficiency.”

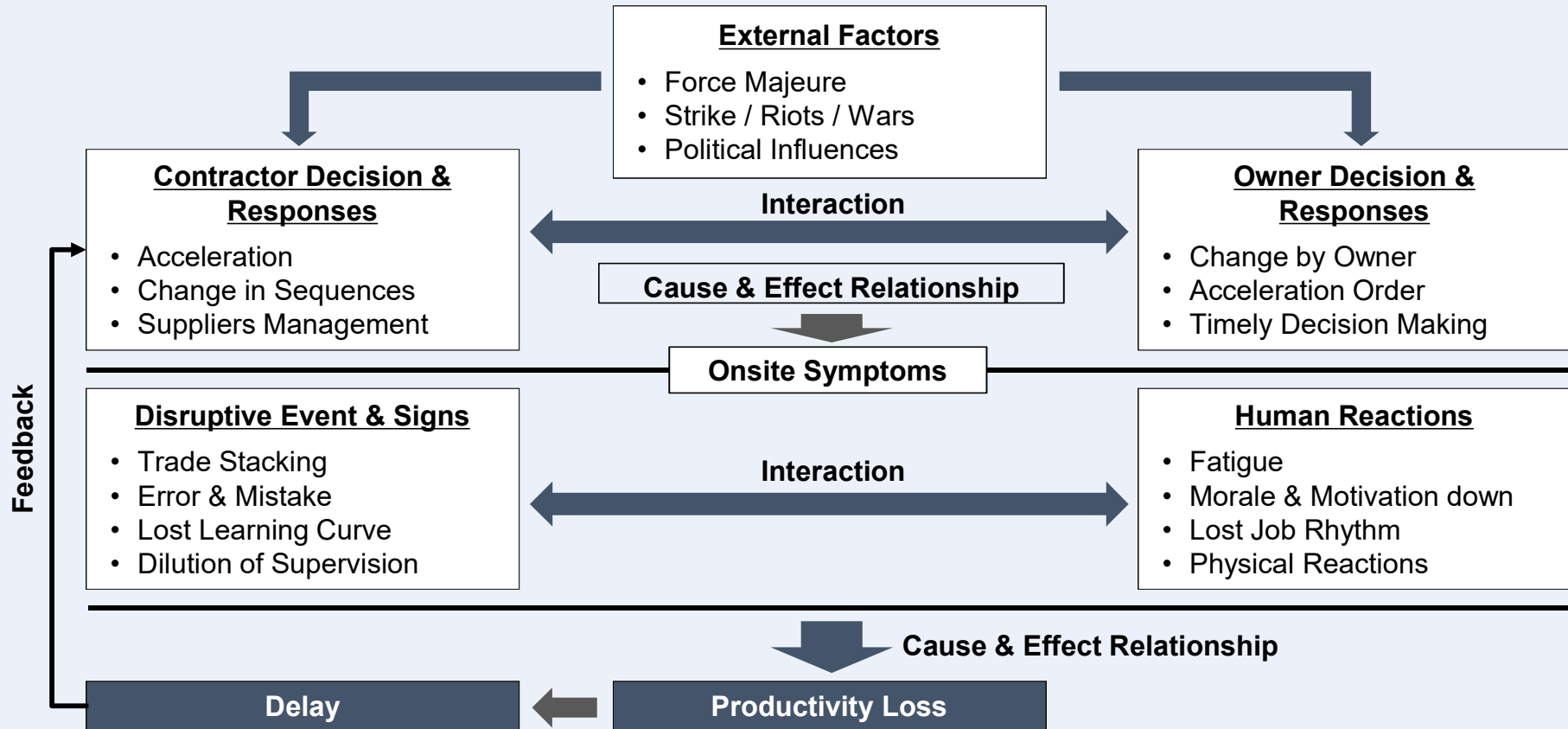
Brian J. Furniss, Construction delays, Second Edition, 2009



- 프로젝트의 상황과 관계없이 언제든지 Disruption (방해/간섭) 현상은 발생할 수 있음.
- Delay (지연)과 Disruption은 개념이 약간 달라서 Delay가 발생했다고 해서 항상 Disruption이 발생하는 것은 아니며, Disruption이 발생했다고 해서 Delay가 항상 발생하는 것은 아님.
- 그러나 일반적으로 Delay가 발생하면 Disruption이 발생한 것으로 예상할 수 있음.
- Disruption과 비슷한 개념의 용어는 Hindrance, Interruption 등이 있음.
- Disruption이 발생하면 항상 생산성 저하현상이 발생함.
- 어떤 내용이 생산성 저하를 발생시켰는지에 대한 검토와 이에 대한 대응방안 수립이 필요함.

1 Definition

2) 생산성 저하에 영향을 끼치는 Factor



Change and the Loss of Productivity in Construction, Dr. Willian Ibbs, 2012

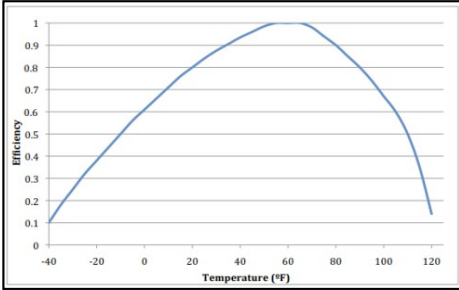
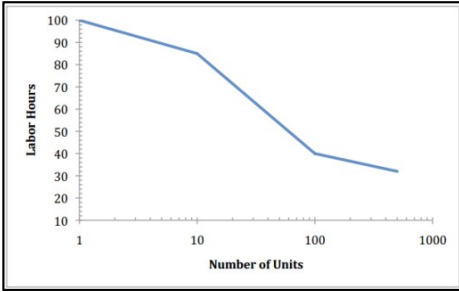
2 생산성 저하의 주요 원인

원인	내용
Change	<ul style="list-style-type: none"> • Change는 가장 빈번하게 발생하는 원인중의 하나로 최대한 빨리 Full effect에 대해서 인식하는 것이 중요하다. 2차 Effect가 빈번하게 동시에 발생한다.
Errors and Omissions	<ul style="list-style-type: none"> • 설계작업에 갑자기 발견된 Error, Omission, Discrepancy 등은 갑작스런 변경을 불러 일으키며, 이것은 계획 당시에는 고려되지 않은 사항이다.
Partial Possession	<ul style="list-style-type: none"> • 발주자의 부분적인 점유는 프로젝트의 완료일에 부정적인 영향을 발생시킨다. 이러한 문제는 추가적인 안전시설, 작업시간, 소음의 제한을 발생시켜서 작업효율을 감소시킨다.
Remobilization	<ul style="list-style-type: none"> • 작업중단 및 작업재개와 같은 상황에서 LOP가 발생한다. 이 상황에서는 새로운 근로자가 투입되어 발생하는 "Learning curve" 와 같은 2차적인 LOP 상황이 발생한다.
Loss of Morale	<ul style="list-style-type: none"> • 작업자의 의욕, 사기에 따라 생산성이 좌우되며, 생산성을 높이기 위해서는 동기부여와 같은 방법이 고려될 수 있다. 그러나 수량화되기 힘들며 따라서 손실금액을 계산하기 어렵다
Concurrent Operations	<ul style="list-style-type: none"> • 당초에는 연속적인 작업 Sequence로 계획이 되었으나, 동시작업으로 변경되면, 추가적인 운영, 추가적인 작업관리를 발생시킨다.

2 생산성 저하의 주요 원인

원인		내용																
Acceleration	Overtime	<ul style="list-style-type: none"> Overtime은 Acceleration의 가장 흔한 형태이다. Premium Pay 때문에 비용이 증가한다. 추가적인 관리 비용이 필요하다. 	<table border="1"> <caption>Comparison of Different Workweek Efficiencies</caption> <thead> <tr> <th>Hours/Week</th> <th>Average Efficiency %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table>	Hours/Week	Average Efficiency %	40	100	50	90	60	80	70	70					
	Hours/Week	Average Efficiency %																
	40	100																
50	90																	
60	80																	
70	70																	
Trade Stacking (Overmanning)	<ul style="list-style-type: none"> Premium Cost, 물리적 피로와 관련이 없다. 같은 시간, 공간 안에서 일을 더 많이 할 수 있다. 일정공간 이하인 경우에 생산성 저하가 발생한다. 	<table border="1"> <caption>Efficiency vs Square Feet Per Worker</caption> <thead> <tr> <th>Square Feet Per Worker</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>65</td> </tr> </tbody> </table>	Square Feet Per Worker	Efficiency (%)	300	100	250	95	200	85	150	75	100	65				
Square Feet Per Worker	Efficiency (%)																	
300	100																	
250	95																	
200	85																	
150	75																	
100	65																	
Shift Work	<ul style="list-style-type: none"> Shift work은 사용빈도가 적은 Acceleration 형태이다 일반적으로 작업 시간에 규칙이 적용되지 않는다 추가적인 관리가 필요하다 	<table border="1"> <caption>Efficiency Loss vs % Shift Work</caption> <thead> <tr> <th>% Shift Work</th> <th>Efficiency Loss</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.11</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>0.145</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.16</td> </tr> </tbody> </table>	% Shift Work	Efficiency Loss	0	0.00	5	0.05	10	0.08	20	0.11	30	0.13	40	0.145	50	0.16
% Shift Work	Efficiency Loss																	
0	0.00																	
5	0.05																	
10	0.08																	
20	0.11																	
30	0.13																	
40	0.145																	
50	0.16																	

2 생산성 저하의 주요 원인

원인	내용
Adverse Weather	<ul style="list-style-type: none"> 발주자가 책임을 지는 사유로 인하여 불리한 기상조건으로 작업일정이 이동되면, 발생한 LOP와 관련된 내용이다. Exceptionally Weather Condition과 다른 의미임. 화씨 60도 근처에서 100%의 작업효율이 발생한다. 
Learning Curve	<ul style="list-style-type: none"> 생산성을 분석해보면 초기에 Learning curve가 발생한다. 일정 이상의 경험이 쌓이면 생산성이 향상된다. 새로운 인원이 추가로 증원될 때에도 일시적인 생산성 저하가 발생한다. 
Reassignment of Manpower	<ul style="list-style-type: none"> 변경이 예기치 않게 발생하거나, 신속하게 작업완료 할 것을 지시 받을 때 발생한다. 어떤 단계의 특별한 완료를 위해 계획이 변경될 때 발생한다.
Size Inefficiency	<ul style="list-style-type: none"> 운영되는 장비나 인원은 효율적인 운영을 고려하면, 일정한 규모의 적정성을 가지고 있다. 추가적인 장비 투입과 같은 상황에서 주로 발생된다.

2 생산성 저하의 주요 원인

원인	내용																								
Dilution of Supervision	<ul style="list-style-type: none"> • 추가적인 작업이나 작업의 변경은 당초에 집중했던 관리방향을 다른 곳으로 돌리게 한다. • 작업자의 조직, 배치 등과 같은 추가적인 활동을 필요로 하기 때문에 발생한다. 																								
Ripple	<ul style="list-style-type: none"> • 하나의 작업 또는 하나의 Subcontractor 에 발생한 변경은 곧바로 다른 작업이나 다른 관계된 Subcontractor 에게 추가적인 영향을 일으키기 쉽다. 																								
Combining multiple factors	<ul style="list-style-type: none"> • 위의 Factor들은 거의 중복, 연속적으로 발생한다. 따라서 Effect는 독립적으로 계산되기는 어렵고 다른 방식이 적용되어야 한다. 아래는 Leonard's Curve로 3개의 Type으로 나뉘서 분석되었다. <ul style="list-style-type: none"> - Type 1 : Change Orders - Type 2 : Change Orders + One major cause of delay - Type 3 : Change Orders + Two or more major cause of delay <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="667 965 1303 1332" style="text-align: center;"> <p>Leonard Curve for Civil/Arch Projects</p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Leonard Curve for Civil/Arch Projects</caption> <thead> <tr> <th>% Change Orders</th> <th>Type 1 (% Loss of Productivity)</th> <th>Type 2 (% Loss of Productivity)</th> <th>Type 3 (% Loss of Productivity)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10%</td> <td>12%</td> <td>20%</td> <td>28%</td> </tr> <tr> <td>60%</td> <td>25%</td> <td>32%</td> <td>40%</td> </tr> </tbody> </table> </div> <div data-bbox="1406 965 2042 1332" style="text-align: center;"> <p>Leonard Curves for Electrical/Mechanical Work</p> <table border="1"> <caption>Approximate data for Leonard Curves for Electrical/Mechanical Work</caption> <thead> <tr> <th>% Change Orders</th> <th>Type 1 (% Loss of Productivity)</th> <th>Type 2 (% Loss of Productivity)</th> <th>Type 3 (% Loss of Productivity)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10%</td> <td>12%</td> <td>28%</td> <td>38%</td> </tr> <tr> <td>60%</td> <td>38%</td> <td>48%</td> <td>58%</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	% Change Orders	Type 1 (% Loss of Productivity)	Type 2 (% Loss of Productivity)	Type 3 (% Loss of Productivity)	10%	12%	20%	28%	60%	25%	32%	40%	% Change Orders	Type 1 (% Loss of Productivity)	Type 2 (% Loss of Productivity)	Type 3 (% Loss of Productivity)	10%	12%	28%	38%	60%	38%	48%	58%
% Change Orders	Type 1 (% Loss of Productivity)	Type 2 (% Loss of Productivity)	Type 3 (% Loss of Productivity)																						
10%	12%	20%	28%																						
60%	25%	32%	40%																						
% Change Orders	Type 1 (% Loss of Productivity)	Type 2 (% Loss of Productivity)	Type 3 (% Loss of Productivity)																						
10%	12%	28%	38%																						
60%	38%	48%	58%																						

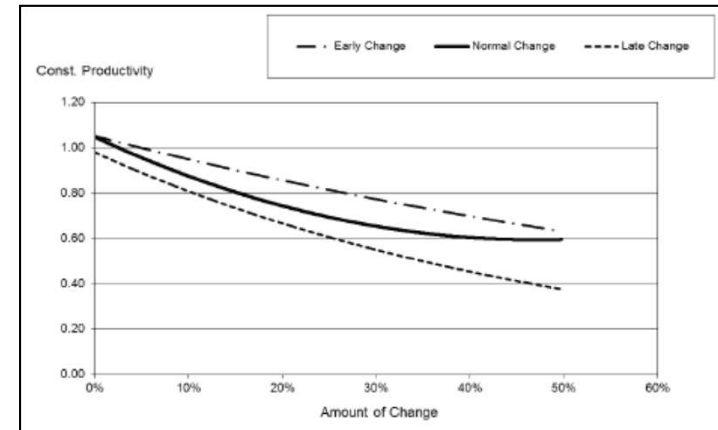
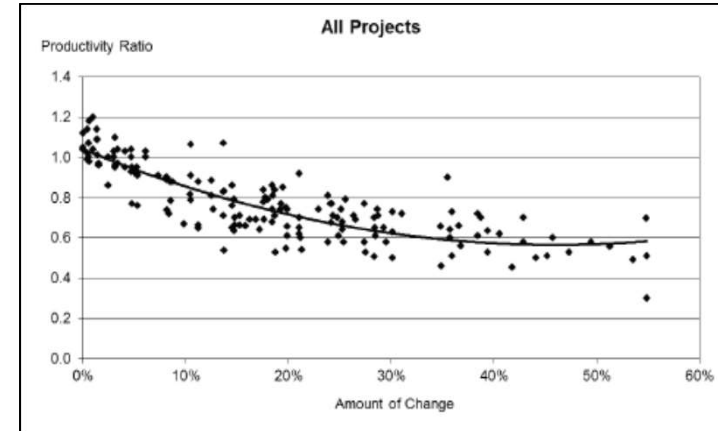
2 생산성 저하의 주요 원인

원인

Combining multiple factors

- Ibbs는 Change Order와 생산성과의 관계를 분석하기 위해서 169개 Project를 조사하였으며, 우측 그림과 같이 Change가 많을 수록 작업효율은 더욱 많이 저하되었음을 확인할 수 있다.
- Change의 변경시점과 생산성의 관계에 대해서도 조사하였는데, 우측 그림과 같이 Change가 늦게 발생할수록 생산성이 크게 감소해서 Amount of Change가 50%일 때 최대 60%까지 생산성이 감소함을 알 수 있다.

내용



2 생산성 저하의 주요 원인

Factor	Percent of Loss if Condition		
	Minor	Average	Severe
STACKING OF TRADES	10%	20%	30%
MORALE AND ATTITUDE	5%	15%	30%
REASSIGNMENT OF MANPOWER	5%	10%	15%
CREW SIZE INEFFICIENCY	10%	20%	30%
CONCURRENT OPERATIONS	5%	15%	25%
DILUTION OF SUPERVISION	10%	15%	25%
LEARNING CURVE	5%	15%	30%
ERRORS AND OMISSIONS	1%	3%	6%
BENEFICIAL OCCUPANCY	15%	25%	40%
JOINT OCCUPANCY	5%	12%	20%
SITE ACCESS	5%	12%	30%
LOGISTICS	10%	25%	50%
FATIGUE	8%	10%	12%
RIPPLE	10%	15%	20%
OVERTIME	10%	15%	20%
SEASON AND WEATHER CHANGE	10%	20%	30%

MCAA (The Mechanical Contractors Association of America) Guide

3 생산성 저하 분석방법

1) In Delay and Disruption Construction Contracts

Plan vs Actual	
개요	<ul style="list-style-type: none"> 가장 단순한 방법으로 계획과 실적을 비교하는 방법이며, 그 차이가 Disruption 영향을 받은 것으로 계산한다.
도해	
장, 단점	<ul style="list-style-type: none"> 간단하고 쉽게 계산이 가능함. 계획생산성, 계약자의 책임 포함여부를 입증하기 어려움

Historic vs Actual	
개요	<ul style="list-style-type: none"> 대형 프로젝트일수록 독립적으로 Event의 영향을 분석하기가 쉽지 않기 때문에 유사한 프로젝트의 데이터를 비교하는 방법 적용
선정 기준	<ul style="list-style-type: none"> Disruption작업과 비슷한 형태의 작업 기상조건이 유사한 작업기간 비교할만한 지역적인 장소 비교할만한 작업자의 조직상태
장, 단점	<ul style="list-style-type: none"> Disruption 분석이 꼭 동일한 형태의 작업을 비교하는 것은 아니므로 유사한 작업환경의 데이터를 비교하는 것은 가능함 유사 프로젝트의 생산성 분석에 대한 합리적인 증거 제시가 필요함.

Actual vs Actual (Measured Mile)	
개요	<ul style="list-style-type: none"> Disruption을 받은 구간과 그렇지 않은 구간의 차이를 분석하여, 계획 생산성을 고려하는 것이 아닌 Actual 구간을 분석함
도해	
장, 단점	<ul style="list-style-type: none"> 가장 합리적인 분석방법으로 인정받고 있음. Measured Mile의 결정에 임의적인 판단이 개입할 수 있음.

Industry Studies																																
개요	<ul style="list-style-type: none"> 생산성에 대한 연구사례 등을 참고하여 분석 (Mechanical Contractors Association of America (MCAA) Guide) 																															
도해	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Factor</th> <th colspan="3">Percent of Loss if Condition</th> </tr> <tr> <th>Minor</th> <th>Average</th> <th>Severe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STACKING OF TRADES</td> <td>10%</td> <td>20%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>MORALE AND ATTITUDE</td> <td>5%</td> <td>15%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>REASSIGNMENT OF MANPOWER</td> <td>5%</td> <td>10%</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>CREW SIZE INEFFICIENCY</td> <td>10%</td> <td>20%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>CONCURRENT OPERATIONS</td> <td>5%</td> <td>15%</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>DILUTION OF SUPERVISION</td> <td>10%</td> <td>15%</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>	Factor	Percent of Loss if Condition			Minor	Average	Severe	STACKING OF TRADES	10%	20%	30%	MORALE AND ATTITUDE	5%	15%	30%	REASSIGNMENT OF MANPOWER	5%	10%	15%	CREW SIZE INEFFICIENCY	10%	20%	30%	CONCURRENT OPERATIONS	5%	15%	25%	DILUTION OF SUPERVISION	10%	15%	25%
Factor	Percent of Loss if Condition																															
	Minor	Average	Severe																													
STACKING OF TRADES	10%	20%	30%																													
MORALE AND ATTITUDE	5%	15%	30%																													
REASSIGNMENT OF MANPOWER	5%	10%	15%																													
CREW SIZE INEFFICIENCY	10%	20%	30%																													
CONCURRENT OPERATIONS	5%	15%	25%																													
DILUTION OF SUPERVISION	10%	15%	25%																													
장, 단점	<ul style="list-style-type: none"> 단지 참고용으로 활용될 수 있는 내용임 생산성 분석 자료와 같이 제시되어야 함 																															

3 생산성 저하 분석방법

2) In Society of Construction Law Protocol 2nd Edition, 2017

Based	Studies	Method
Productivity-based Methods	Project-specific studies	Measured mile analysis
		Earned value analysis
		Programme analysis
		Work or trade sampling
		System dynamics modelling
	Project-comparison studies	
Cost-based Methods	Industry studies	Estimated v incurred labour
		Estimated v used cost

Earned value analysis

계산의 기준값은 Tender Allowance에 있는 Manhour이다. 즉 어떤 행위를 수행하기 위해 제출한 Manhour를 기준으로, 실제 소요된 Manhour를 비교하는 방법이다. Manhour가 없는 경우에는 이에 상응하는 Cost를 기준으로 계산할 수도 있다. 그러나 이 방법은 계획값의 합리적인 산출근거를 증명하거나 실제로 그와 같은 계획을 달성했는지가 불분명하기 때문에 정확한 방법으로 보기 어렵다.

Programme Analysis

이 방법은 프로그램에 할당된 Resource가 있는 경우에 해당 Resource를 기준으로 계산하는 방법이다.

Work or Trade Sampling

실제 달성된 생산성의 기록 중 특별히 관찰된 Sample 구간의 생산성을 기준으로 계산하는 방법이다.

System Dynamics Modelling

특별한 Program을 사용해서 Simulation하고 Disruption이 발생하지 않는 경우를 가정해서 이 2가지를 비교하는 방법이다. 아직까지는 널리 사용되는 방법은 아니다.

Cost-based Methods

Productivity-based 분석방법이 적용되기 어려울 때 사용되는 방법으로 설득적인 방법은 아니다. 추정노동력과 투입된 노동력을 비교하거나 추정비용과 손실비용을 비교하기도 한다.

3 생산성 저하 분석방법

3) 분석방법의 적용 Trend

- 가장 많이 사용하는 방법은 **Modified global method**이며, 다음 방법은 **Global method, Industry study**의 순서임.

Methodology	Contractors		Consultants		Overall	
	Usage index	Rank	Usage index	Rank	Usage index	Rank
Modified Global Method	62.3	2	56.8	1	58.8	1
Global Method	65.3	1	54.5	2	50.9	2
Industry Studies and Guidelines	46.7	3	52.3	3	49.5	3
Measured Mile Technique	45.5	4	48.0	4	46.8	4
Earned Value Management	36.4	5	39.0	5	37.7	5
Time and Motion Studies	32.6	6	35.5	6	34.0	6
Systems Dynamics	23.9	7	28.4	7	26.1	7

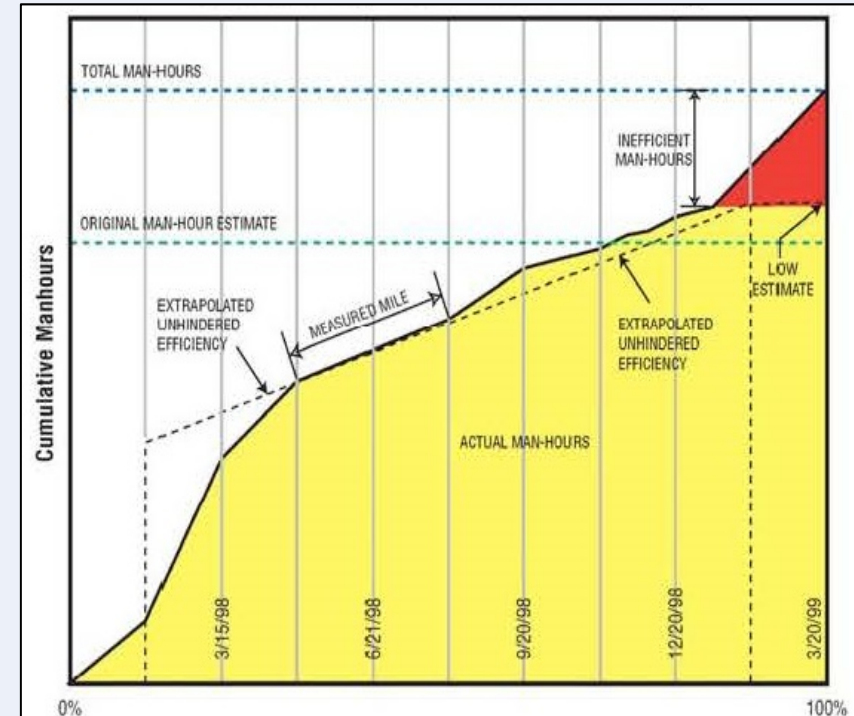
- 성공경험과 관련된 응답은 **Measured Mile**이 랭크가 가장 높았으며, 다음은 **Modified Global Method, Industry Studies**의 순서임.

Methodology	Contractors		Consultants		Overall	
	Success index	Rank	Success index	Rank	Success index	Rank
Measured Mile Technique	51.9	2	56.0	1	54.8	1
Modified Global Method	54.6	1	42.0	5	48.0	2
Industry Studies and Guidelines	46.5	3	49.2	3	47.8	3
Earned Value Management	39.2	5	51.7	2	45.7	4
Global Method	41.0	4	37.7	7	40.0	5
Systems Dynamics	27.0	7	46.0	4	36.6	6
Time and Motion Studies	33.7	6	39.0	6	36.4	7

* 2008년도 자료로 현재 Trend와는 약간 상이함. 예를 들어서 System Dynamics는 그 사용빈도나 활용도가 증가하고 있음.

Measured Mile

Measured mile 은 특히 반복적이거나 주기적인 작업과 관련된 상황에 적용하기 좋으며, 가장 큰 특징은 Plan 값보다는 Actual performance 값을 기준으로 한다는 점이다.

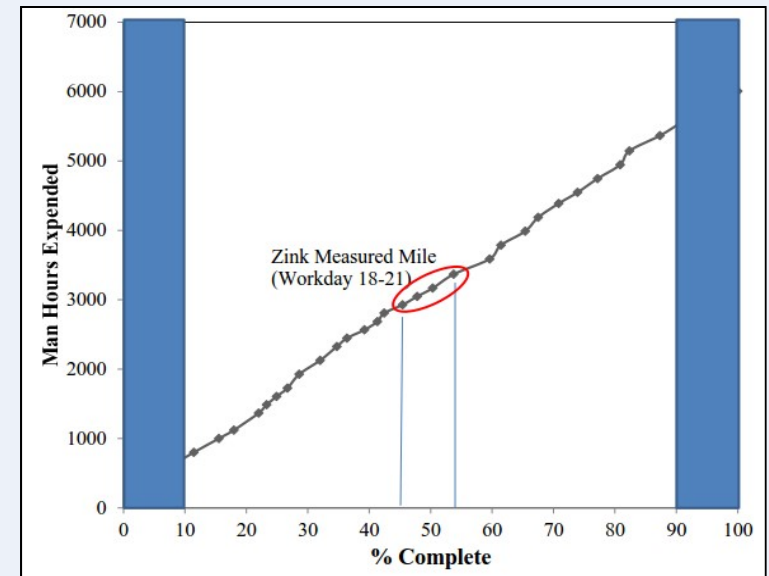


3 생산성 저하 분석방법

4) Measured Mile

Zink's Measured Mile Procedure

- Plot the actual labor man-hours expended versus the corresponding percentage of work completion.
- Exclude the first and last 10% from the analysis because the productivity during these periods may be impacted by "build-up" and "tail-out" effects.
- Identify as the measured mile a linear or near-linear portion showing the most efficient rate of progress in the middle 80% of the curve.
- The measured mile selected by Zink's procedure is a continuous period of time in which the most efficient productivity is uniform or nearly uniform.
- Zink's method was the first systematic procedure to determine the measured mile. It requires the measured mile to be impact free and continuous in time, which may not be applicable in many projects. The 10% build-up and tail-out periods are arbitrary and the details for selecting the linear or near linear portion that represent the most efficient rate of progress have yet to be refined to reduce subjectivity.



3 생산성 저하 분석방법

4) Measured Mile

Thomas's Baseline Method

- Determine the total number of reporting periods;
- The size of the baseline subset is selected as 10% of the total number of reporting periods and should not be less than 5;
- The contents of the baseline subset are the reporting periods that have the highest production or output;
- The baseline is the median or average of productivity value per period or the productivity average in the baseline subset.
- Thomas defined that a baseline period is a period of time in which the best productivity is achieved. However, the baseline procedure he proposed captures the reporting periods with highest production as the baseline. The baseline period is not required to be a continuous, non-impacted time frame, while the measured mile period has to be a consecutive set of time periods.

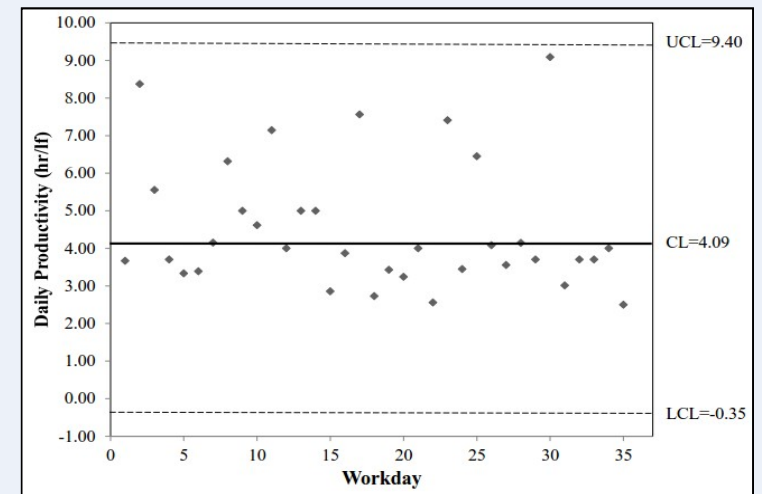
Work Day	Labor Hours	Output (lf)	Calculated Productivity (hr/lf)	Notes in Daily Reports
22	220	86	2.56	
31	220	73	3.01	
5	200	60	3.33	Utility conflict
7	245	59	4.15	Muddy site
24	200	58	3.45	
Average Productivity			3.23	
Median Productivity			3.33	

3 생산성 저하 분석방법

4) Measured Mile

Gulezian and Samelian's Control Chart Based Method

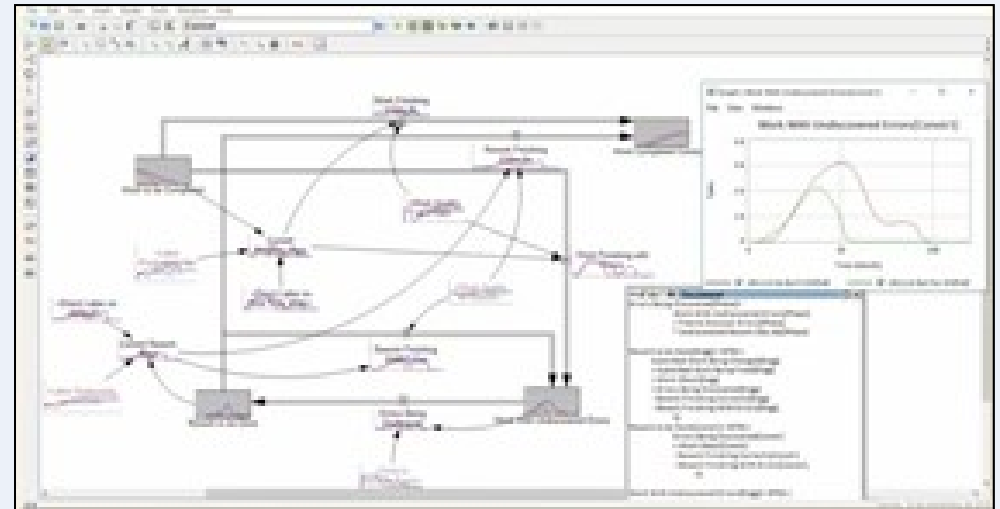
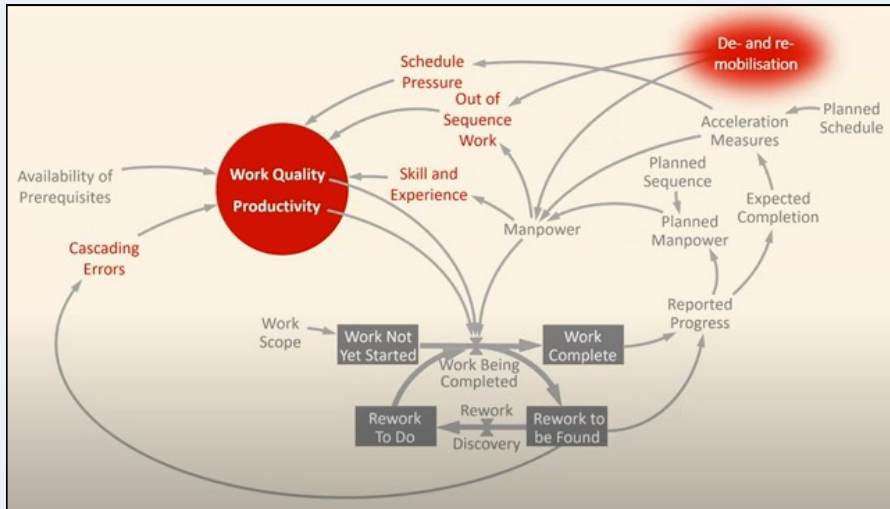
- Points representing a statistic of measurement in samples taken from the process at different times;
- The mean of this statistic using all samples is calculated;
- A center line (CL) is drawn at the value of the mean of the statistic;
- The standard deviation of the statistic is also calculated using all samples;
- Upper control limit (UCL) and lower control limit (LCL) that are drawn typically at three standard deviations from the center line.
- Since a portion of the data points may fall out of the control limits, they are eliminated; and the control chart is reapplied with a recalculated center line and control limits. The process repeats until no points fall out of the control limits. Then the mean productivity of the points falling within the control limits after the last iteration is used to define the baseline productivity level.



3 생산성 저하 분석방법

5) System Dynamics

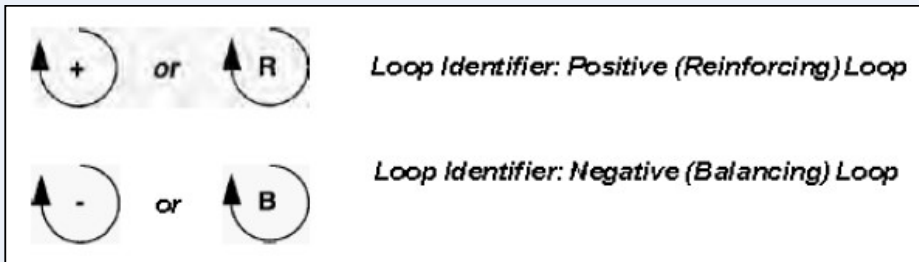
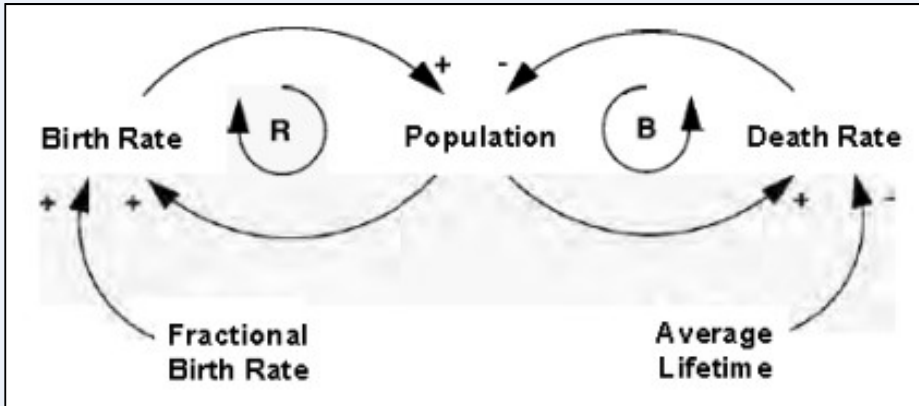
- System Dynamics(시스템 역학)은 컴퓨터 시뮬레이션 방법이며 1960년대 MIT에 의하여 개발 되었음.
- 최근 Disruption Claim에 있어서 많이 사용되고 있음.
- 2009년 ECRI(Engineering Construction Risk Institute)은 SD에 기반한 Tool을 Industry Best Practice로 인정했음.
- 2017년에 SCL(Society of Construction Law)도 Disruption을 분석하는 방법으로 인정했음.



3 생산성 저하 분석방법

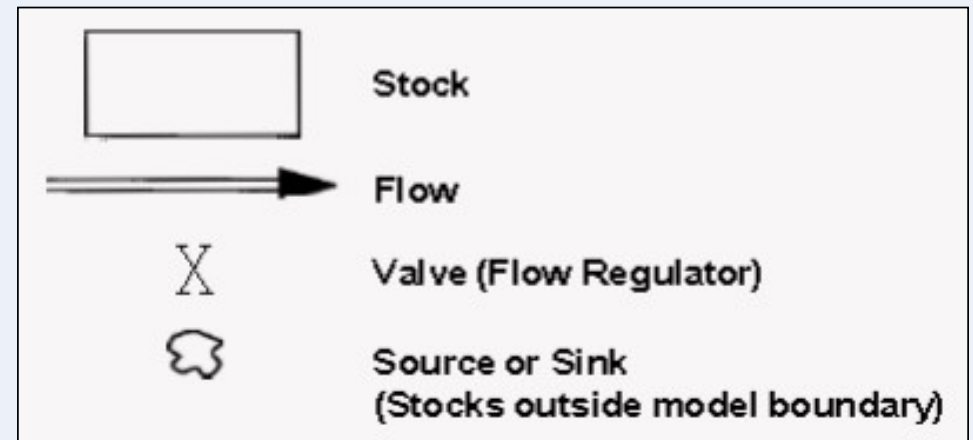
5) System Dynamics

- Casual Loop Diagram



- 둘 간의 관계를 나타내는 Diagram 이며, 동일한 방향은 Positive 관계이고 반대 방향은 Negative 관계임

- Stock and Flow Diagram

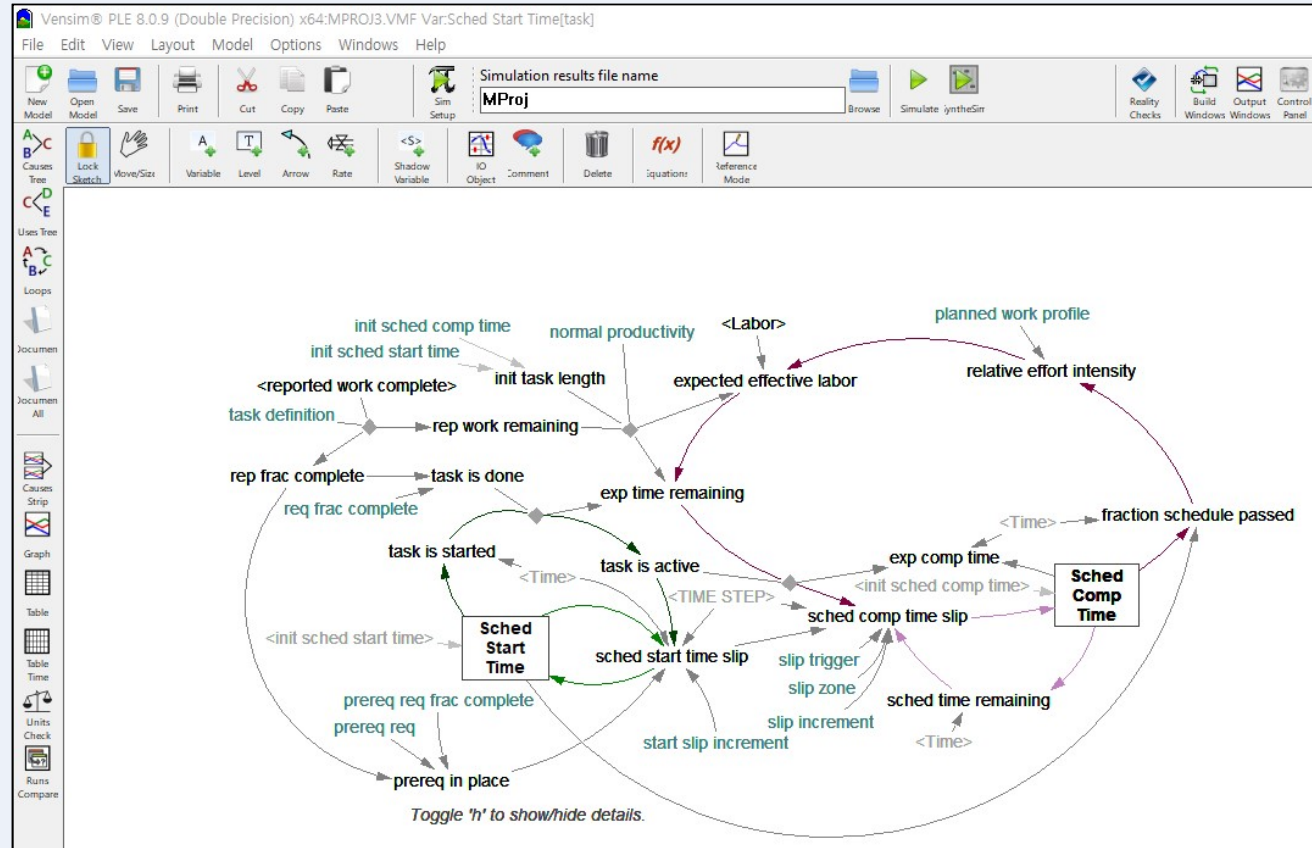


- 초기 설정값과 Flow 비율에 따라 결과값이 정리되는 Diagram임

3 생산성 저하 분석방법

5) System Dynamics

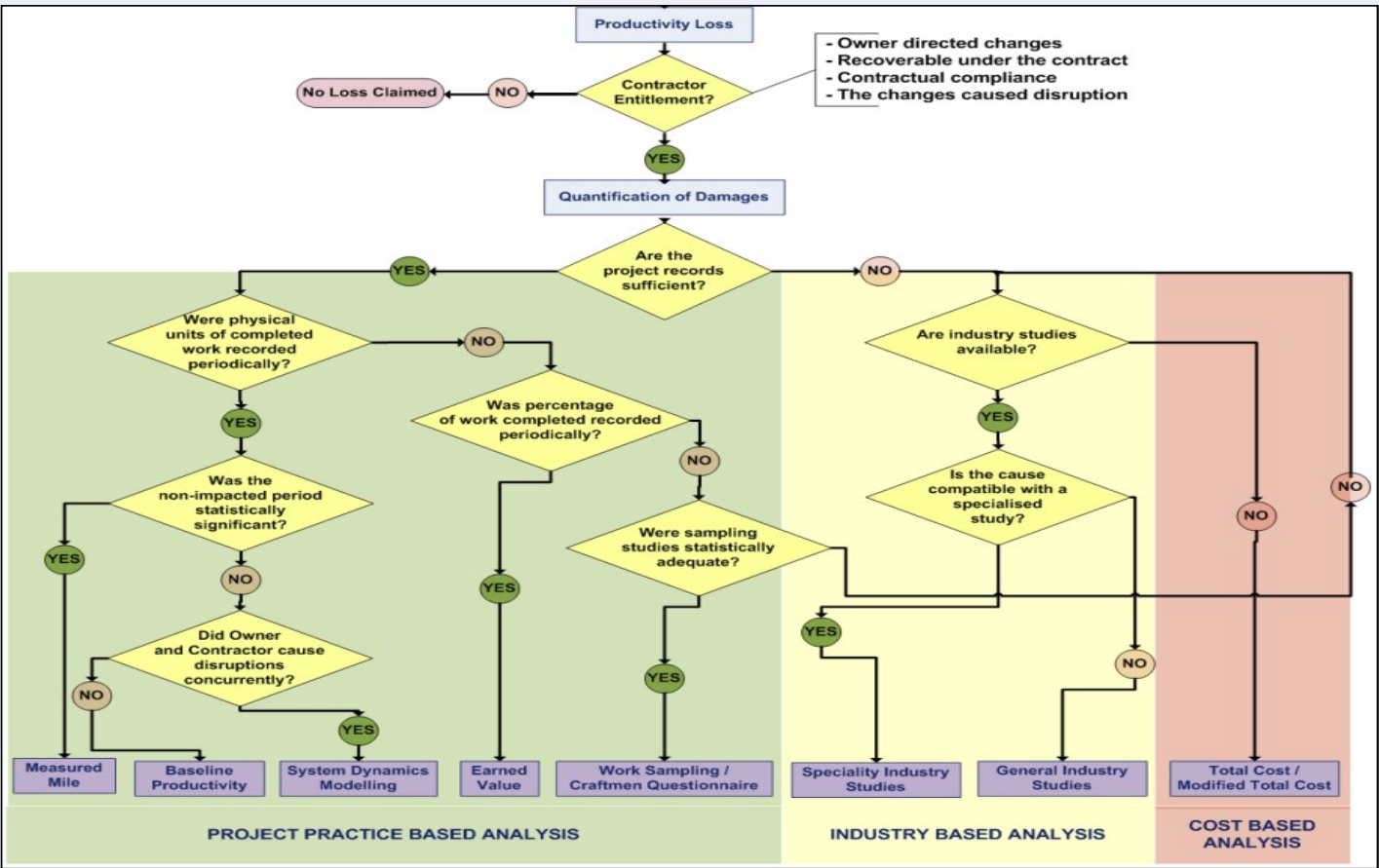
1. Become acquainted with the problem
2. Dynamic problem definition
3. Draw the causal loop diagram
4. Construct the stock-and-flow diagram
5. Estimate the parameters
6. Run the model to get the reference mode
7. Model validity and sensitivity analysis
8. Testing the impact of policies



• Vensim program : <http://vensim.com/download/>

4 생산성 저하비용 계산방법

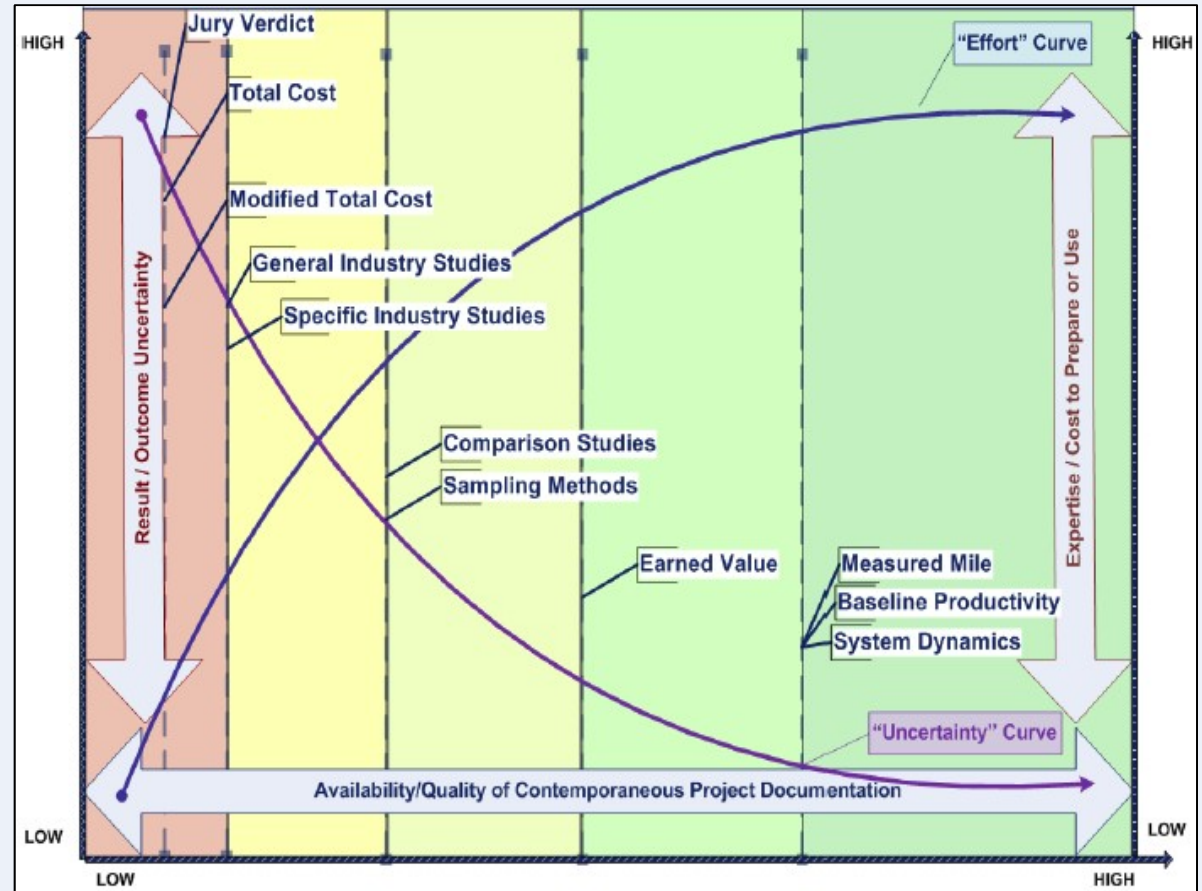
1) 방법 선택 Procedure



The Analysis and Valuation of Disruption, Hill International, 2011

4 생산성 저하비용 계산방법

2) Relative Reliability



The Analysis and Valuation of Disruption, Hill International, 2011

4 생산성 저하비용 계산방법

3) Method

Preliminary Analyses

Cost Variance Analysis(CVA)와 Man-hour Variance Analysis (MVA)를 먼저 준비한다. Variance는 최초의 Budget으로 부터 계산되는데, 각 Discipline별 또는 주요한 작업별로 세부적으로 작성될 수 있다. 상위레벨의 합은 아래와 같이 표시된다.

	Man-Hours	Labor Costs	Total Costs
Base Contract	120,000	\$4,800,000	\$10,000,000
Approved COs	30,000	\$1,300,000	\$2,000,000
Revised Contract	150,000	\$6,100,000	\$12,000,000
Actual MHs/Costs	200,000	\$8,500,000	\$15,000,000
Variance	50,000	\$2,400,000	\$3,000,000

Total Cost Method

초과비용의 모든 원인이 Employer에게 있다는 가정하에 계산되는 간단한 방법이다. Contractor는 지출한 비용과 Employer로 부터 받은 돈의 차이에 대해서 청구하는데, Overhead와 Profit을 더하기도 한다. 이 방법은 법원으로부터는 거의 인정받지 못하고 있다. Contractor 는 아래의 4가지 사항을 입증해야 한다.

- The impracticality of proving actual losses directly
- The reasonableness of its bid
- The reasonableness of its actual costs
- Its lack of responsibility for the added costs

4 생산성 저하비용 계산방법

3) Method

Modified Total Cost Method

초과비용에서 Contractor의 Bid error 또는 Performance Problems에 해당하는 비용을 제하여 계산하는 방법이다. 즉 Contractor가 원인이 된 금액을 제외하고, 나머지 부분에 대해서는 Employer가 책임져야 한다고 가정한다.

그러나 Contractor는 실제 발생한 손실의 비현실성에 대해서 여전히 입증해야 할 의무가 있다. 이 방법은 Contractor의 책임을 부분적으로 인정하기 때문에 Total Cost Method 보다는 합리적인 방법이다.

Specific Damages Analysis Method

Claimant는 전체 비용을 Original Bid, any bid error, approved changes, pending changes, compensable problems, non-compensable costs 등의 세부적인 Category로 나눠서 분석한다.

각각의 항목과 관련하여 Cause / Effect Relationship을 사용해서 개별적인 금액이 계산되기 때문에 청구금액은 확인하기에 용이한 편이다. 그러나 수많은 Change Order가 영향을 미치는 복잡한 Project에는 사용하기 어렵다.

Jury Verdict Method

Contractor가 정확하게 Damage를 계산할 수 없다면 배심원의 재량, 판단에 의하여 의존하는 방법이다. 이 방법은 Damage를 정확히 결정할 수 있는 신뢰할 만한 방법이 없고, Contractor가 손실을 입은 명백한 증거가 있을 때 적용된다.

4 생산성 저하비용 계산방법

3) Method

Industry Studies

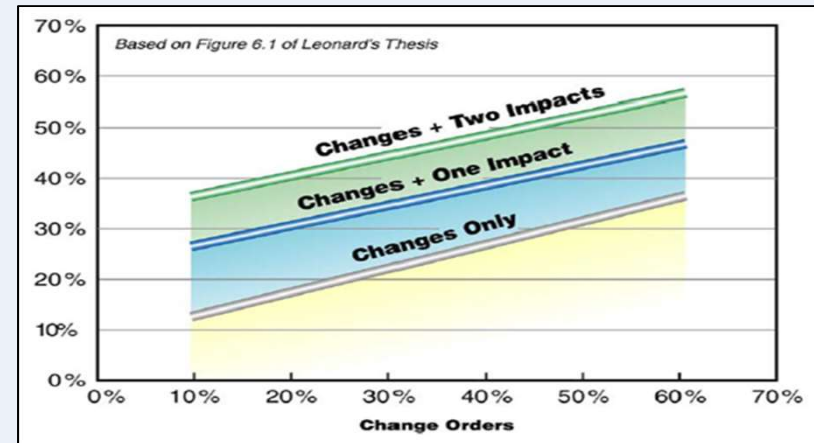
1. MCAA Factors

The Mechanical Contractors Association of America (MCAA)는 1976년에 'Factors Affecting Productivity'를 발표했는데, 16가지 Factor에 대한 생산성 손실율을 제공하고 있다. Stacking of Trades, Morale and Attitude 등의 내용으로 'intended to serve as a reference only'를 강조하며 단지 참고용으로 고려할 수 있다고 설명하고 있다. 그러나 일부 법원에서는 다른 Industry Studies보다 MCAA Factors를 더 선호하는 편이며, 실제로 'Clark Construction Group (2000)' Case Law 을 참고하면, Jury Verdict Method 상황에서 Contractor's Damage를 계산할 때 MCAA Factors를 적용하였다.

2. Leonard Study Models

이 방법은 'The effects of change orders on Productivity'로 자주 인용되는 방법으로 1988년에 Charles A. Leonard가 제시하였다. 생산성과 관련하여 Change Order 의 Effect를 분석하였는데, 90가지 Case를 분석하였다.

- Frequency of Change Orders
- Average Change Order value
- The Percentage of Change Order man-hours compared with base scope man-hours



4 생산성 저하비용 계산방법

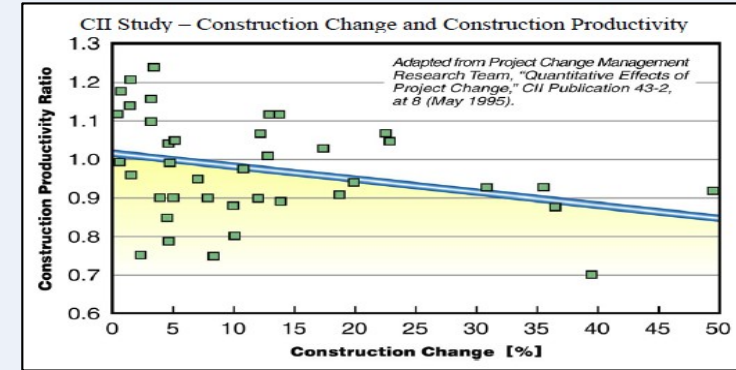
3) Method

Industry Studies

3. CII Study Models

1995년에 The Construction Industry Institute (CII)가 104 개의 Project를 통계적으로 분석한 결과인데, Engineering과 Construction의 Change Order를 각각 독립적으로 분석하였다.

Industry Studies를 각각 독립적으로 계산해서 아래와 같이 서로 비교하여 평균값을 참고할 수 있고 실제 계산된 손실과도 비교해서 고려할 수 있을 것이다.



Industry Study	Lost Man-Hours		
	Due to Changes	Due to Acceleration	Total
Leonard Study	27,200	17,600	44,800
CII 43-2	7,895	N/A	7,895
CII 158-11	25,140	N/A	25,140
MCAA Factors	20,000	12,000	32,000
Average	20,059	14,800	27,459

5 Case Law

1) Maryland Sanitary Manufacturing v US 119 Ct Cl 100 (1951)

- **개요**
원고는 특정기간에 주 7일, 하루 12 시간 근무에 따른 생산성 손실을 정상적인 주 6일, 하루 10 시간 근무의 생산성과 비교하여 손실금액을 청구하였다.
- **진행경과**
법원은 정부기관의 연구결과를 참고하였는데, 이 결과는 이와 같은 상황에 약 20%의 생산성이 떨어지는 것으로 조사되었다. 원고의 증거가 약간 부족한 상황이었으나, 법원은 원고의 주장이 합리적이라고 보았다.
- **결과**
법원은 원고의 계산방법이 불확실함에도 불구하고 원고가 주장한 금액의 절반을 인정하였다. 원고는 생산성 저하에 따른 권리가 있음을 성공적으로 입증하였다.
- **시사점**
이 Case Law 는 합리적인 참고사례를 활용하여 원고의 주장을 뒷받침하였다. 작업시간이 증가한 원인에 대해서는 명확하게 설명하지 않았으나, 그러한 상황을 발생시킨 원인이 명확하게 발주자에게 있다는 내용을 같이 입증해야 할 것이다.



5 Case Law

2) EC Ernst Inc. v Koppers Inc. 626 F2d 324 (1980)

- **개요 및 진행경과**

원고는 도면변경 숫자와 최종도면 숫자를 비교해서 초과하는 숫자에 대해서 생산성을 분석하였다. 법원은 모든 도면이 작업과 직접적으로 관련되지는 않았기 때문에 전문가의 분석은 부적합하다고 언급했다.

- **결과**

법원은 전문가의 분석이 이론적이고 가설적이라고 판단하고, 도면 변경숫자가 동일한 작업량을 발생시키지는 않기 때문에 원고의 주장을 인정하지 않았다.

- **시사점**

이론적인 방법은 생산성 분석방법으로 적합하지 않으며, 실제적인 생산성을 기초로 한 분석작업이 필요하다.



5 Case Law

3) Re Lamb Engineering & Construction 97-2 BCA P 29207 (1997)

- **개요 및 진행경과**

원고는 부지의 상태에 따라 Scraper 작업에 영향을 준 구간과 그렇지 않은 구간의 생산성을 비교하여 Measured Mile 방법을 사용하였다. 손실금액에 대한 계산은 But for 개념을 적용해서 그러한 영향이 없었다면 끝낼 수 있었던 금액을 계산해서 실제 손실과 비교하였다.

- **결과**

법원은 활용된 데이터가 합리적이고, 적용된 Measured Mile 방법이 적절하다고 판단하였다.

- **시사점**

Scraper Operator 가 유지했던 데이터가 유용하게 활용되었는데, 부지의 상태에 따라 Scraper 의 작업시간을 정확히 분석한 것이 중요했다.



5 Case Law

4) Clark Concrete Contractors Inc. v General Services Administration 99-1 BCA P 30280 (1999)

- **개요 및 진행경과**

원고는 피고의 방해로 인하여 콘크리트 작업에 Disruption이 발생했다고 주장했다. 피고는 원고가 계산한 영향을 받은 기간과 그렇지 않은 기간의 작업내용이 다르기 때문에 원고의 주장을 인정할 수 없다고 하였다.

- **결과**

법원은 건설프로젝트에서 비교되는 작업내용이 꼭 동일할 필요는 없기 때문에 원고의 분석방법을 인정했다. 그러나 원고가 사용한 계산방법이 충분히 확실하지는 않기 때문에 원고의 계산결과는 인정하지 않았다.

- **시사점**

분석가는 조정된 생산성 (Adjusted unimpacted productivity) 을 정확히 설명해야 하며, 비교되는 작업내용이 꼭 동일할 필요는 없다.



5 Case Law

5) Clark Concrete Contractors Inc. v General Services Administration 99-1 BCA P 30280 (1999)

- **개요 및 진행경과**

원고는 Disruption 을 발생시킨 Change 등에 의해서 인건비가 증가했음을 주장하였다. 계약적 권리를 더 좋게 하기 위해서 Measured Mile 이 적용된 프로그램을 사용하였으며, Cumulative Impact 로 인하여 인건비 증가분(28~29%)에 따른 손실비용을 청구하였다.

- **결과**

법원은 원고가 Cause and Effect 를 통하여 분석을 정확히 실시하지 않았고, 이론적인 결과를 만들었다고 판단하고 원고의 주장을 인정하지 않았다.

- **시사점**

특정프로그램을 사용한다고 해서 신뢰성 있는 자료로 인정받는 건 아니며, 세부 내용에 따라 명확하게 원인에 따른 결과를 분석하는 과정이 필요하다. 또한 원고가 책임져야 하는 기간에 대한 분석도 같이 이루어져야 한다.



6 대응방안

No.	구분	문제점	대응방안
1	Evidence 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 생산성을 측정하기 위한 Evidence 관리가 미흡 • Subcontractor에 의존하므로 분석과정의 정확도가 떨어짐 	<ul style="list-style-type: none"> • Evidence 관리를 위한 Document control의 형태 등 Procedure 구축 • 주요한 대표물량은 직접적으로 관리가 필요함.
2	생산성에 대한 인식	<ul style="list-style-type: none"> • 생산성 저하에 대한 기본적인 인식이 부족함 • 프로젝트의 특정한 현상에 대한 이해력이 미흡함 	<ul style="list-style-type: none"> • 생산성 저하 상황에 대하여 충분한 교육을 통하여 생산성 향상 마인드 제고 • 생산성 혁신, 생산성 관리 (조직) 고려
3	인과관계에 따른 정량화	<ul style="list-style-type: none"> • 인과관계가 정확히 설명되지 않아서 단순한 생산성 수치만 활용, 검토되는 경향이 많음 • 인과관계를 설명하는 Backup data가 부족함 	<ul style="list-style-type: none"> • 인과관계를 입증시킬 수 있는 논리 개발 필요 • 통계적, 프로그램적 기법 보완 필요
4	통합적 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 단순한 물량 위주의 관리가 이루어져서는 안됨 • 인력관리를 위한 목적으로 활용되는 경향이 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 물량은 Schedule, Cost와 통합적으로 관리가 이루어질 수 있도록 시스템 구축이 필요함
5	관리기법	<ul style="list-style-type: none"> • 공정, 물량 관리기법은 과거 방법으로 진행되는 경향이 많음 	<ul style="list-style-type: none"> • 공정 (AWP), EVM의 부분적인 활용 고려 (이론적으로 동일하게 활용하는 것은 어렵다고 봄)