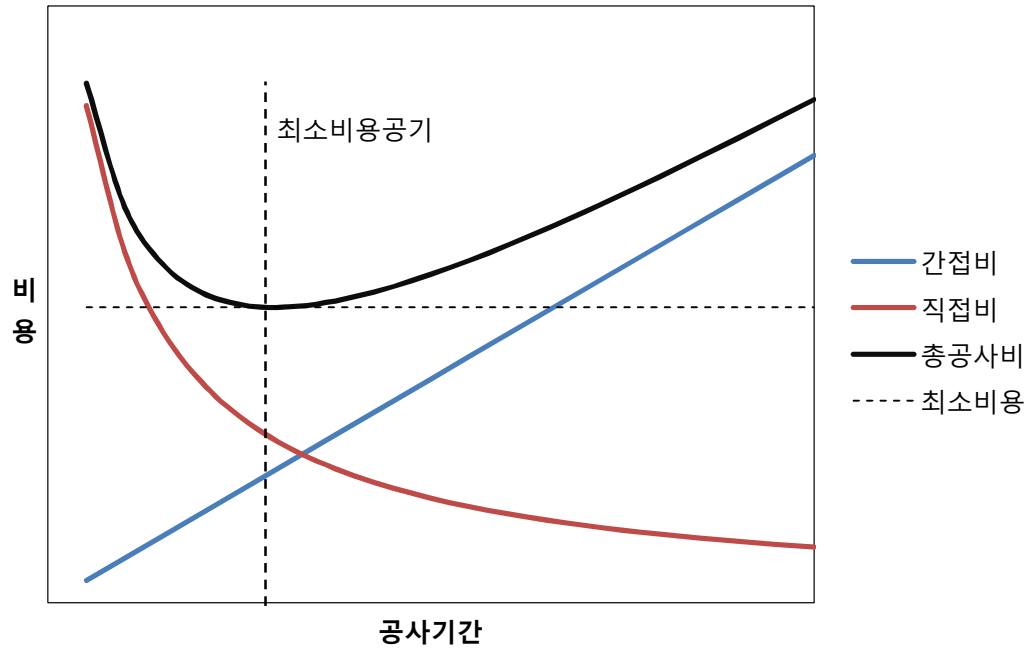


## 공사기간의 단축과 비용의 관계

공사기간이 단축되면 간접비는 감소하나 직접비는 증가하는 경향이 있다.  
 (간접비 - 보험료, 부과세, ..., 직접비 - 노무, 자재, 장비, ...)



**비용구배** - 공사기간을 하루 단축할 때 증가하는 비용

$$\text{비용구배} = \frac{\text{최대비용} - \text{정상비용}}{\text{정상공기} - \text{최소공기}}$$

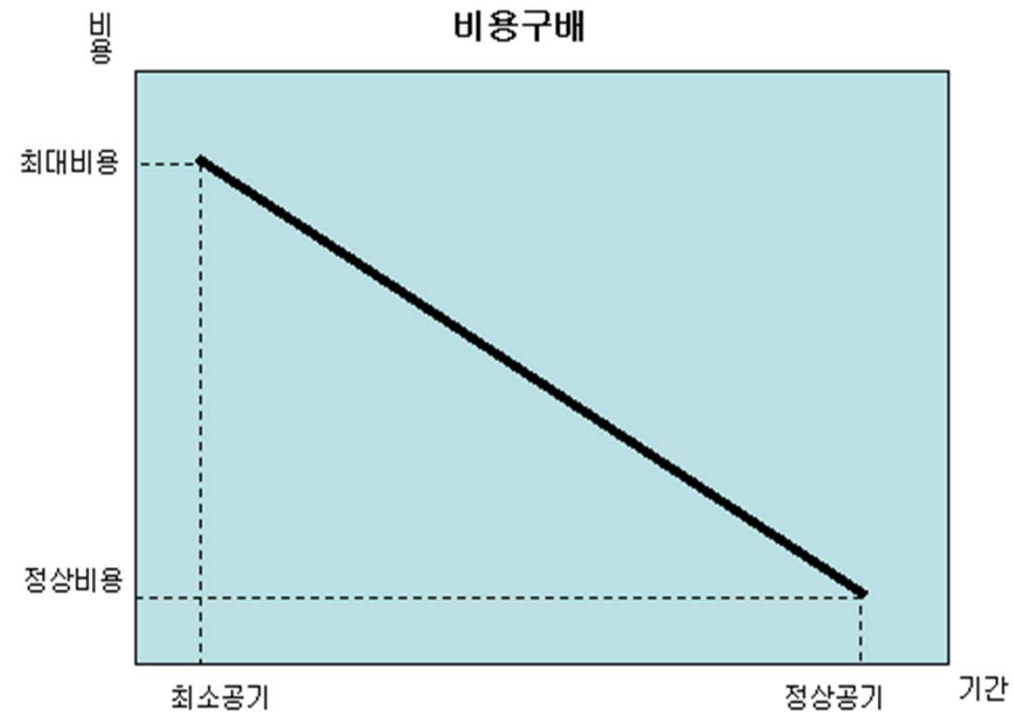
$$\text{비용} = \text{비용구배} \times (\text{정상공기} - \text{공기}) + \text{정상비용}$$

정상공기: 공기단축을 시행하지 않은 일반적인 상황에서의 공기

정상비용: 정상공기에서의 비용

최소공기(특급공기): 단축가능한 최소의 공기

최대비용(특급비용): 최소공기에서의 비용



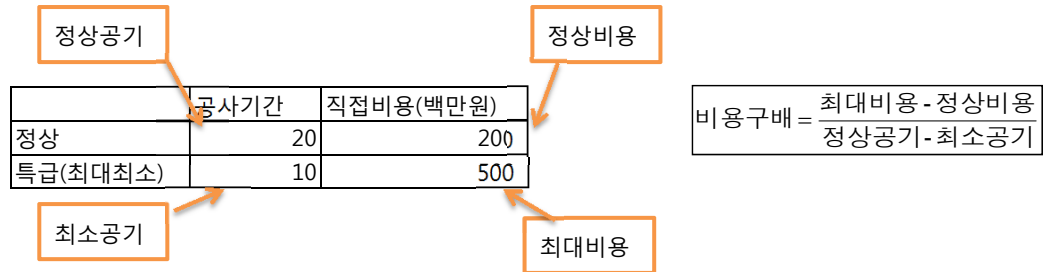
## 공기단축 순서

- 1) 주공정선을 산정
- 2) 비용구배를 계산한다.
- 3) 주공정작업 중 비용구배가 작은 작업의 하루씩 단축시킨다.
- 4) 주공정선이 변하는가 관찰하고 만약 주공정선이 변하게 되면 새로운 주공정선의 작업 중 비용구배가 작은 작업부터 하루씩 단축한다.
- 5) 단축을 더 이상 실행할 수 없을 때까지 계속한다.

예제) 아래 작업에 대해 비용구배를 구하고 공사기간 단축가능일을 구하시오.

간접비 25 백만원/일  
 작업수량 50000 m3

	단가(원/일)	작업생산성(m3/일)	투입량	공사기간	금액	
일반작업	200,000	50	50	20 (정상공기)	200,000,000	(정상비용)
연속작업	1,000,000	100	50	10 (최소공기)	500,000,000	(최대비용)

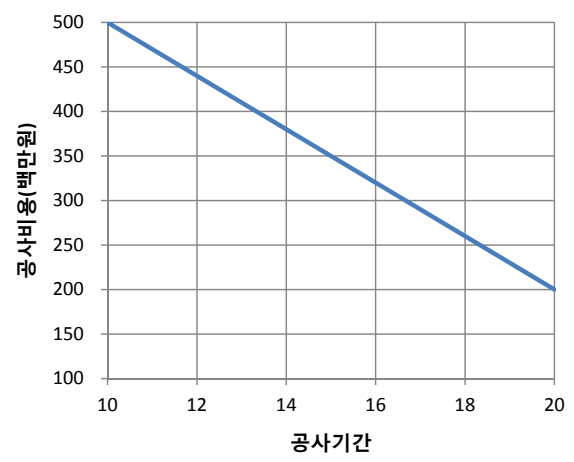


비용구배 = 30

결정비용 = 비용구배 × (정상공기 - 공기) + 정상비용

**공사기간별 직접비**

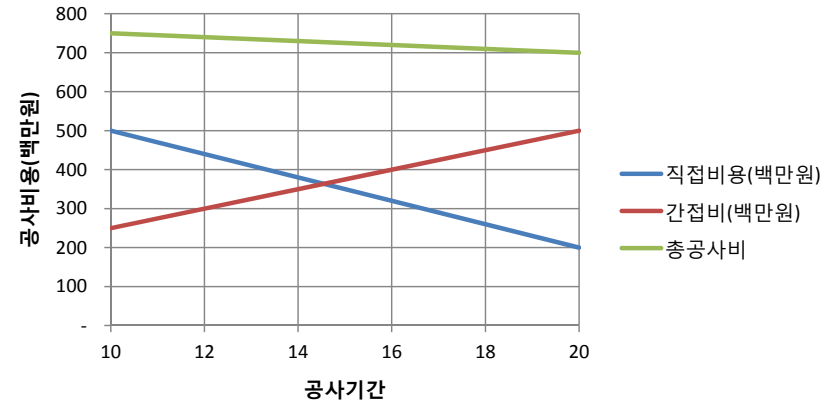
공사기간	직접비용(백만원)
20	200
19	230
18	260
17	290
16	320
15	350
14	380
13	410
12	440
11	470
10	500



간접비를 고려할 경우

간접비= 25 백만원/일

공사기간	직접비용(백만원)	간접비(백만원)	총공사비
20	200	500	700
19	230	475	705
18	260	450	710
17	290	425	715
16	320	400	720
15	350	375	725
14	380	350	730
13	410	325	735
12	440	300	740
11	470	275	745
10	500	250	750



연습) 아래 작업에 대해 비용구배를 구하고 공사기간별 총공사비(직접비+간접비)를 구하시오.

작업수량 2000 m3      간접비용 20

	단가(원/일)	작업생산성(m3/일)	투입량	공사기간	금액	
구형	1,000	10	10	20 (정상공기)	200,000	(정상비용)
신형	5,000	40	10	5 (최소공기)	250,000	(최대비용)

	공사기간	공사비용(천원)
정상	20	200
특급(최대최소)	5	250

$$\text{비용구배} = \frac{\text{최대비용} - \text{정상비용}}{\text{정상공기} - \text{최소공기}}$$

$$\text{비용} = \text{비용구배} \times (\text{정상공기} - \text{공기}) + \text{정상비용}$$

비용구배=

**공기단축 순서**

- 1) 주공정선(CP)을 산정
- 2) 비용구배를 계산한다.
- 3) 주공정선(CP)작업 중 비용구배가 작은 작업을 하루씩 단축시킨다.
- 4) 주공정선이 변하는가 관찰하고 만약 주공정선이 변하게 되면 새로운 주공정선의 작업 중 비용구배가 작은 작업부터 하루씩 단축한다.
- 5) 단축을 더 이상 실행할 수 없을 때까지 계속한다.

간접비 30 /일

결정비용 = 비용구배 × (정상공기 - 결정공기) + 정상비용

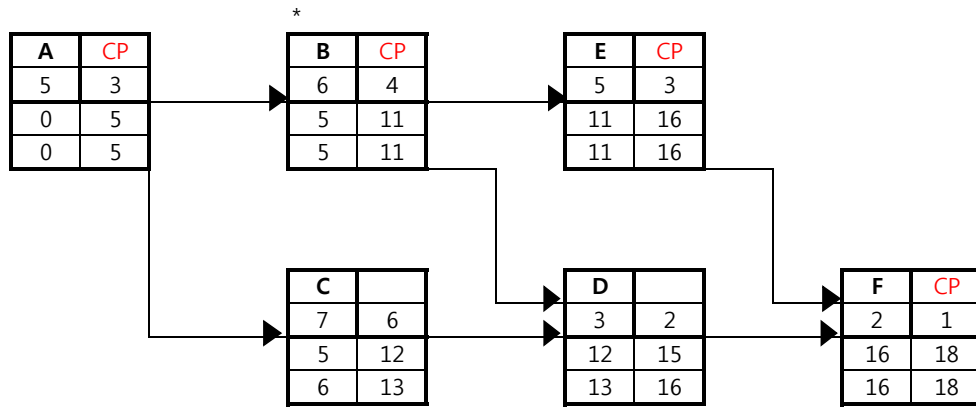
$$\text{비용구배} = \frac{\text{최대비용} - \text{정상비용}}{\text{정상공기} - \text{최소공기}}$$

처음엔 모두 보통공법의 기간으로 계산  
공사기간단축 필요시 최소비용구배작업을 대상으로 신공법 기간으로 변경

작업명	선행1	선행2	정상공기		최소공기		결정공기	결정비용	CP 비용	최소 비용	비용구배	결정					정상(보통)					최단				
			기간	비용	기간	비용						ES	EF	LS	LF	CP	ES	EF	LS	LF	CP	ES	EF	LS	LF	CP
A			5	50	3	76	5	50	13	13		0	5	0	5	CP	0	5	0	5	CP	0	3	0	3	CP
B	A		6	30	4	43	6	30	6.5	6.5	*	5	11	5	11	CP	5	11	5	11	CP	3	7	4	8	
C	A		7	60	6	79	7	60	19			5	12	6	13		5	12	6	13		3	9	3	9	CP
D	B	C	3	80	2	150	3	80	70			12	15	13	16		12	15	13	16		9	11	9	11	CP
E	B		5	40	3	67	5	40	13.5	13.5		11	16	11	16	CP	11	16	11	16	CP	7	10	8	11	
F	D	E	2	50	1	91	2	50	41	41		16	18	16	18	CP	16	18	16	18	CP	11	12	11	12	CP

결정공기를 조정하여 공기단축

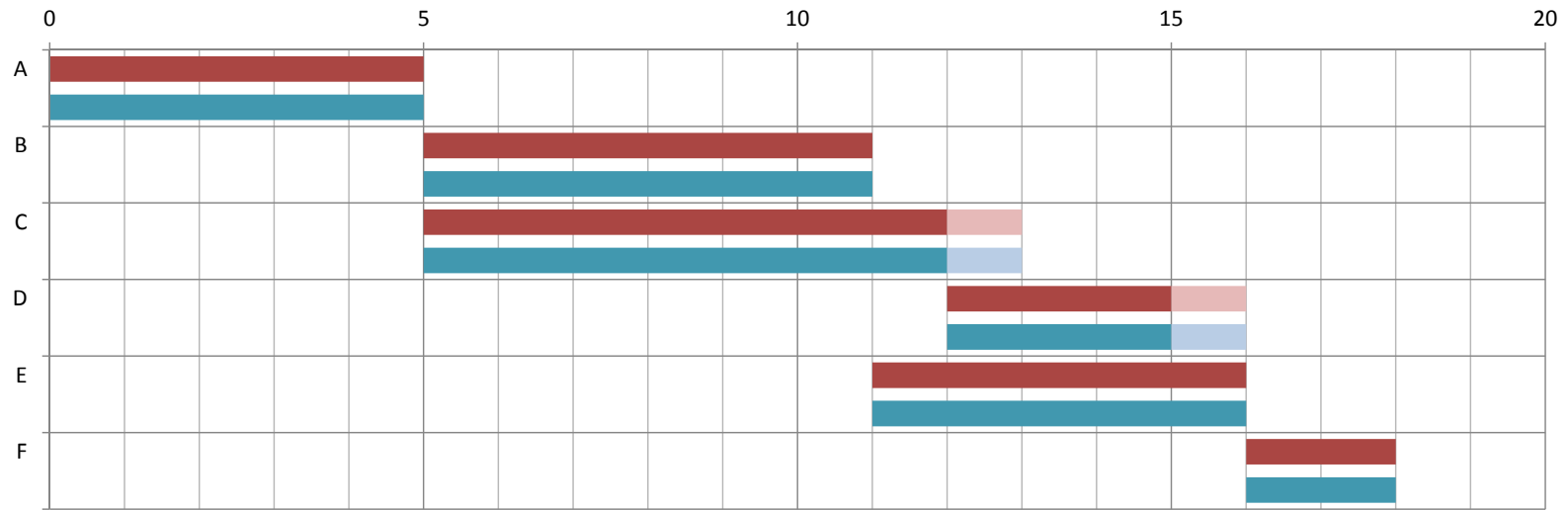
직접비합계	310	310	506
간접비합계	540	540	360
<b>총공사비</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>866</b>



작업명	CP
결정	최소
공기	공기
EST	EFT
LST	LFT

기간	11	12	13	14	15	16	17	18
직접비								
간접비								
총공사비								

■ 결정공기    ■ TF    ■ 정상공기    ■ TF





**공기단축 순서**

- 1) 주공정선(CP)을 선정
- 2) 비용구배를 계산한다.
- 3) 주공정(CP)작업 중 비용구배가 작은 작업을 하루씩 단축시킨다.
- 4) 주공정선이 변하는가 관찰하고 만약 주공정선이 변하게 되면 새로운 주공정선의 작업 중 비용구배가 작은 작업부터 하루씩 단축한다.
- 5) 단축을 더 이상 실행할 수 없을 때까지 계속한다.

간접비 30 /일

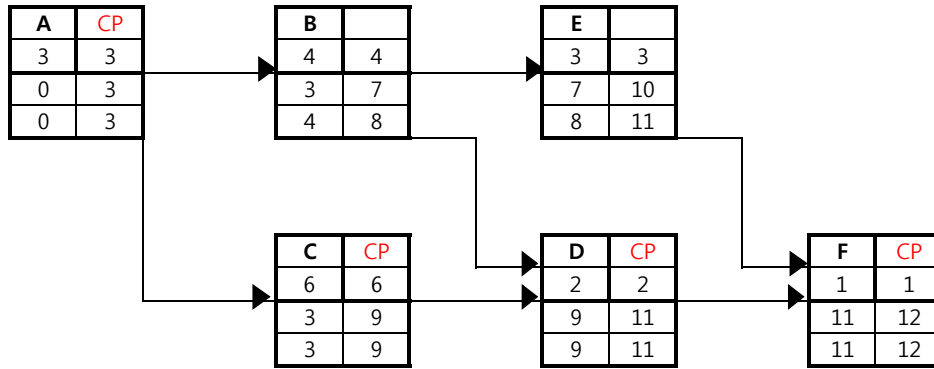
결정비용 = 비용구배 × (정상공기 - 결정공기) + 정상비용

비용구배 =  $\frac{\text{최대비용} - \text{정상비용}}{\text{정상공기} - \text{최소공기}}$

처음엔 모두 보통공법의 기간으로 계산  
공사기간단축 필요시 최소비용구배작업을 대상으로 신공법 기간으로 변경

작업명	선행1	선행2	정상공기		최소공기		결정공기	결정비용	비용구배	비용구배	비용구배	결정	ES	EF	LS	LF	CP	정상(보통)					최단				
			기간	비용	기간	비용												ES	EF	LS	LF	CP	ES	EF	LS	LF	CP
A			5	50	3	76	3	76	13				0	3	0	3	CP	0	5	0	5	CP	0	3	0	3	CP
B	A		6	30	4	43	4	43	6.5				3	7	4	8		5	11	5	11	CP	3	7	4	8	
C	A		7	60	6	79	6	79	19				3	9	3	9	CP	5	12	6	13		3	9	3	9	CP
D	B	C	3	80	2	150	2	150	70				9	11	9	11	CP	12	15	13	16		9	11	9	11	CP
E	B		5	40	3	67	3	67	13.5				7	10	8	11		11	16	11	16	CP	7	10	8	11	
F	D	E	2	50	1	91	1	91	41				11	12	11	12	CP	16	18	16	18	CP	11	12	11	12	CP
기간							12							12					18					12			
직접비합계							506												310					506			
간접비합계							360												540					360			
총공사비							866												850					866			

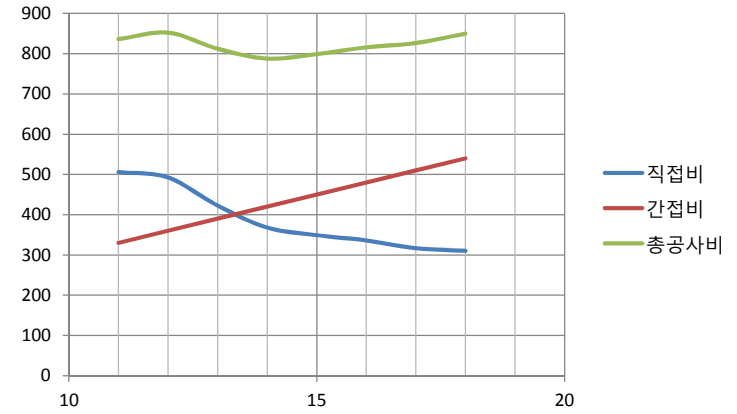
결정공기를 조정하여 공기단축



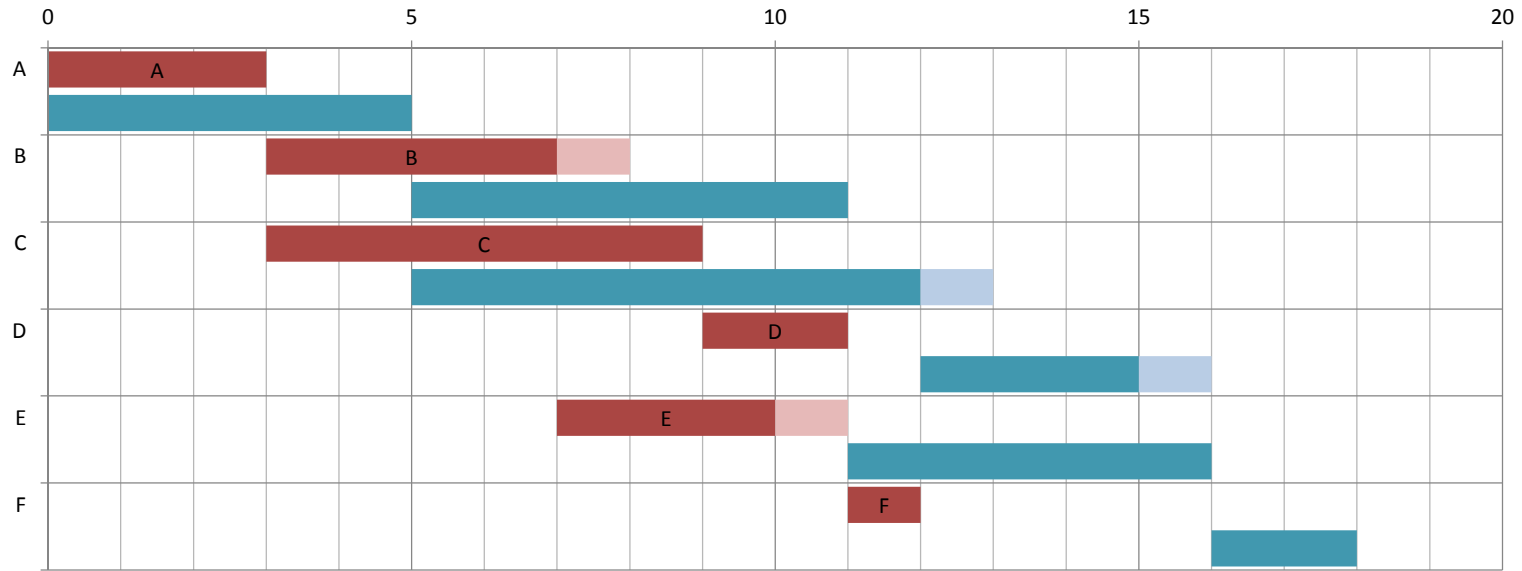
작업명	CP
결정	최소
공기	공기
EST	EFT
LST	LFT

기간	11	12	13	14	15	16	17	18
직접비	506	493	423	368	349	336	317	310
간접비	330	360	390	420	450	480	510	540
총공사비	836	853	813	<b>788</b>	799	816	827	850

최소



■ 결정공기    ■ TF    ■ 정상공기    ■ TF



### 자원평준화(resource levelling)란?

공사기간 동안 동원 가능한 자원량을 초과하여 자원이 할당되는 것을 해결하는 관리 기능. 자원: 자재, 장비, 인력

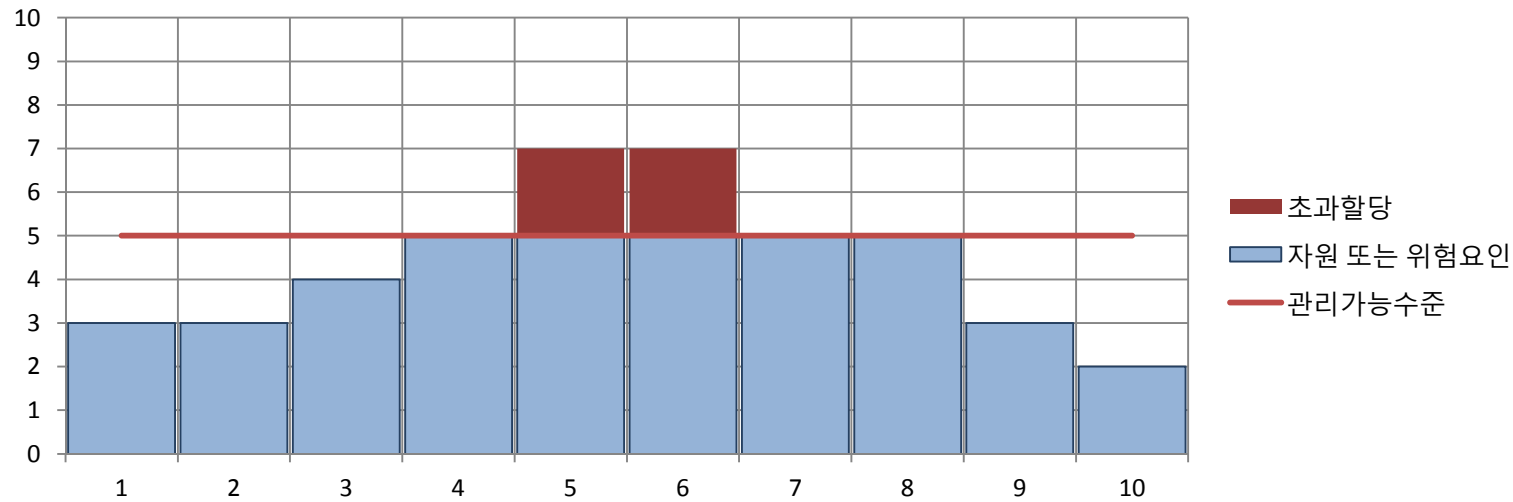
### 초과할당(over-allocation)이란?

자원의 해당 현장에서 수용할 수 있는 것보다 더 많은 자원이 작업에 할당된 것을 의미

### 자원 평준화를 위험수준평준화(risk levelling)에 응용

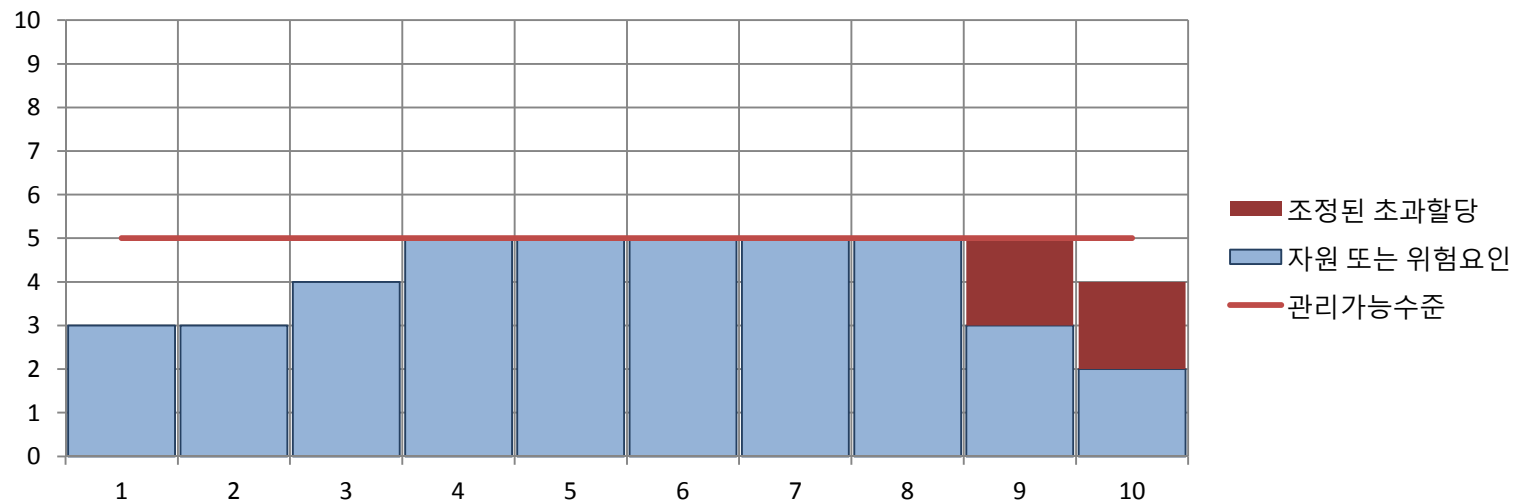
공사기간 동안 통제 가능한 위험수준을 초과하는 기간이 발생하는 것을 해결하는 관리 기능

자원 평준화 전





### 자원 평준화 후



### 위험수준평준화

아래 공정표를 보고 공사기간의 위험수준합계를 3.0 이하로 낮추시오  
 HINT: 위험수준이 높은 기간대의 액티비티중 여유시간(TF)가 많은 것

### 위험수준평준화 전

액티비티	선행1	선행2	기간	EST	EFT	LST	LFT	TF	CP
A			8	0	8	0	8	0	CP
B			8	0	8	0	8	0	CP
C	A	B	10	8	18	8	18	0	CP
D	B		8	8	16	9	17	1	
E	B		8	8	16	9	17	1	
F	A		6	8	14	20	26	12	
G	D	E	9	16	25	17	26	1	
H	C	D	8	18	26	18	26	0	CP

26

위험  
 제공합

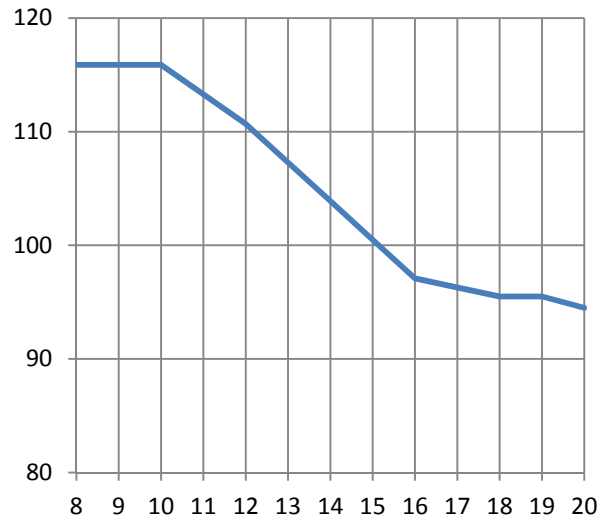
**위험수준평준화 후**

액티비티	선행1	선행2	기간	EST	EFT	LST	LFT	TF	CP
A			8	0	8	0	8	0	CP
B			8	0	8	0	8	0	CP
C	A	B	10	8	18	8	18	0	CP
D	B		8	8	16	9	17	1	
E	B		8	8	16	9	17	1	
F	A		6	20	26	20	26	0	CP
G	D	E	9	16	25	17	26	1	
H	C	D	8	18	26	18	26	0	CP

26

위험  
제공합

**작업F의 시작일에 따른  
위험수준제공합의 변화**

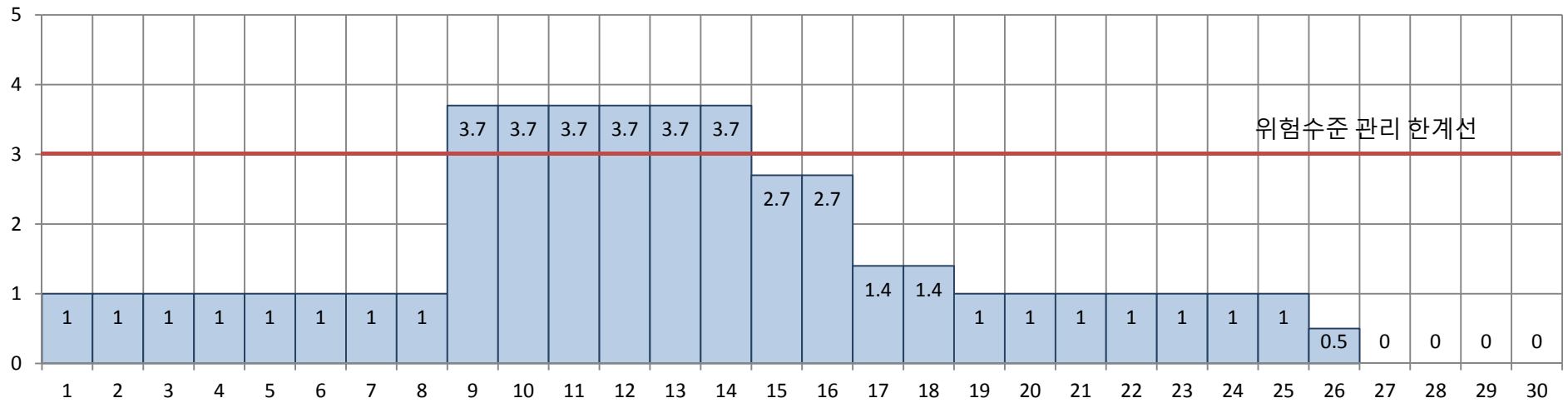


작업명: F	
시작일 제공합	
8	115.89
9	115.89
10	115.89
11	113.29
12	110.69
13	107.29
14	103.89
15	100.49
16	97.09
17	96.29
18	95.49
19	95.49
20	94.49

2.

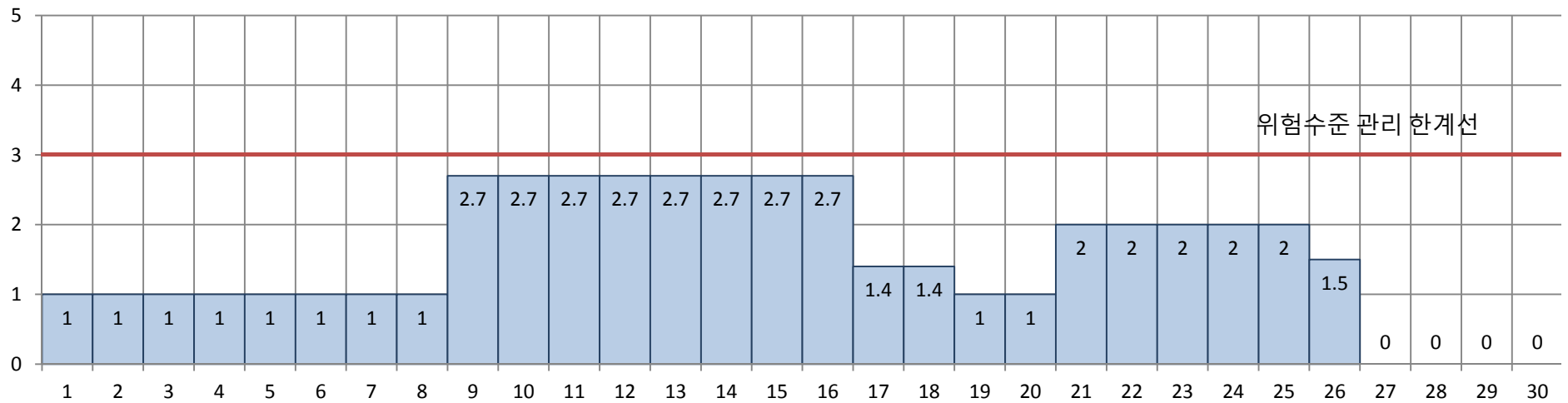
작업의 EST를 LST 범위내에서 증가(지연)시켜 위험수준제곱합이 가장 낮은 시작시간을 구함

위험수준	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
<b>0.5</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																							
<b>0.5</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																							
<b>0.9</b>									0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9													
<b>1</b>									1	1	1	1	1	1	1	1															
<b>0.8</b>									0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8															
<b>1</b>									1	1	1	1	1	1																	
<b>0.5</b>																	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5						
<b>0.5</b>																			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5				
<b>위험수준합계</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	2.7	2.7	1.4	1.4	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0	0	0	0
<b>115.89</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	7.29	7.29	1.96	1.96	1	1	1	1	1	1	1	1	0.25	0	0	0	0





위험수준	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>0.5</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																						
<b>0.5</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5																						
<b>0.9</b>									0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9												
<b>1</b>									1	1	1	1	1	1	1	1														
<b>0.8</b>									0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8														
<b>1</b>																						1	1	1	1	1	1			
<b>0.5</b>																	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5				
<b>0.5</b>																			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
<b>협수준합계</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	1.4	1.4	1	1	2	2	2	2	2	1.5	0	0	0	0
<b>94.49</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	1.96	1.96	1	1	4	4	4	4	4	2.25	0	0	0	0



아래 공정표에서 위험수준을 최소한으로 낮춰보시오.

장소의 위험요소      0: 매우 안전함 1: 매우 위험

순서	장소	높이	면적	추락	낙하	전도	충돌	협착	감전	폭발	베임	종합위험수준
1	<b>S1</b>	-3	100	0.29	0.31	0.74	0.53	0.17	0.60	0.32	0.21	0.40
2	<b>S2</b>	1	100	0.35	0.03	0.49	0.21	0.06	0.37	0.05	0.20	0.22
3	<b>S3</b>	5	100	0.53	0.37	0.22	0.11	0.03	0.37	0.02	0.26	0.24
4	<b>S4</b>	10	100	0.81	0.29	0.40	0.59	0.20	0.00	0.00	0.32	0.33
5	<b>S5</b>	15	100	0.51	0.37	0.84	0.75	0.46	0.45	0.08	0.56	0.50
6	<b>S6</b>	20	100	0.91	0.24	0.36	0.03	0.00	0.40	0.02	0.00	0.24

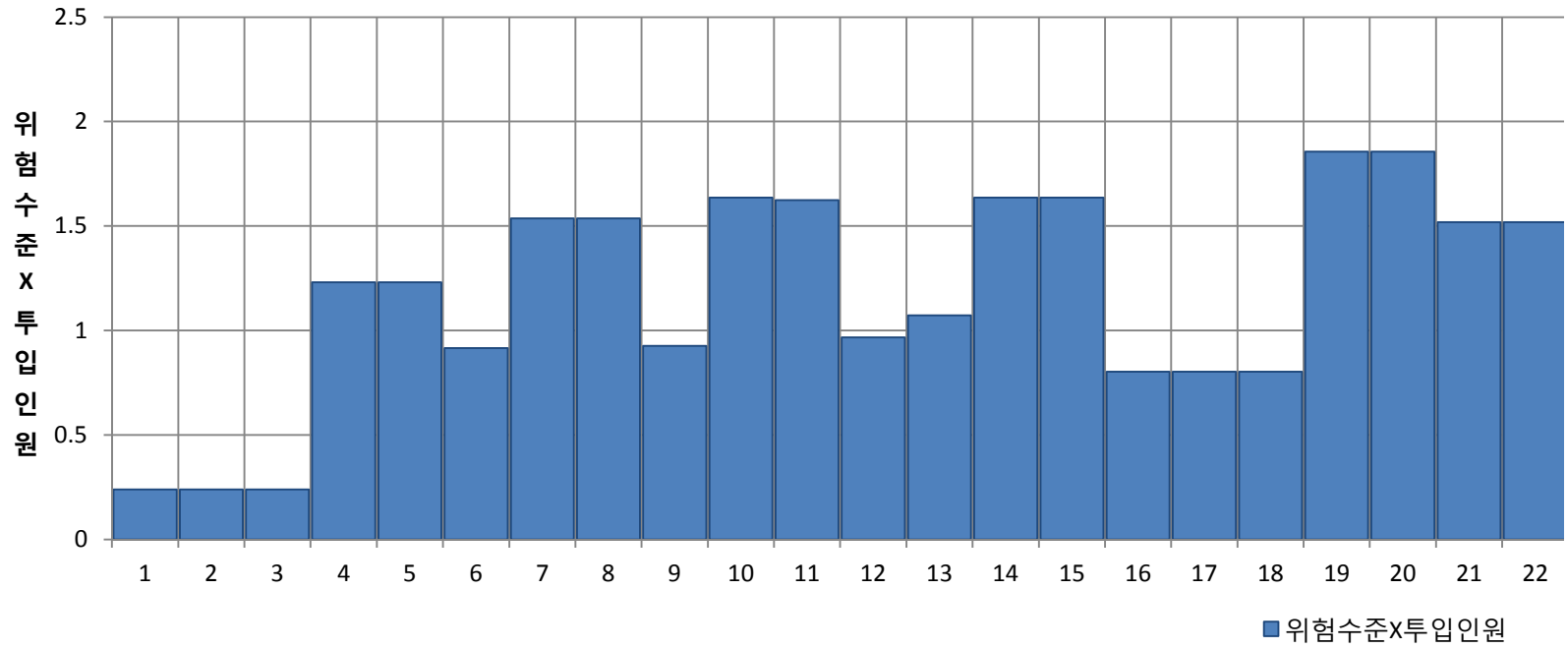
작업위험요소

순서	작업	기간	투입인원	추락	낙하	전도	충돌	협착	감전	폭발	베임	종합위험수준
1	<b>A</b>	3	2	0.16	0.15	0.27	0.06	0.02	0.97	0.63	0.14	0.30
2	<b>B</b>	2	6	0.83	0.76	0.47	0.35	0.61	0.00	0.00	0.66	0.46
3	<b>C</b>	5	7	0.78	0.55	0.45	0.17	0.07	0.06	0.00	0.17	0.28
4	<b>D</b>	3	3	0.82	0.50	0.38	0.14	0.01	0.03	0.34	0.03	0.28

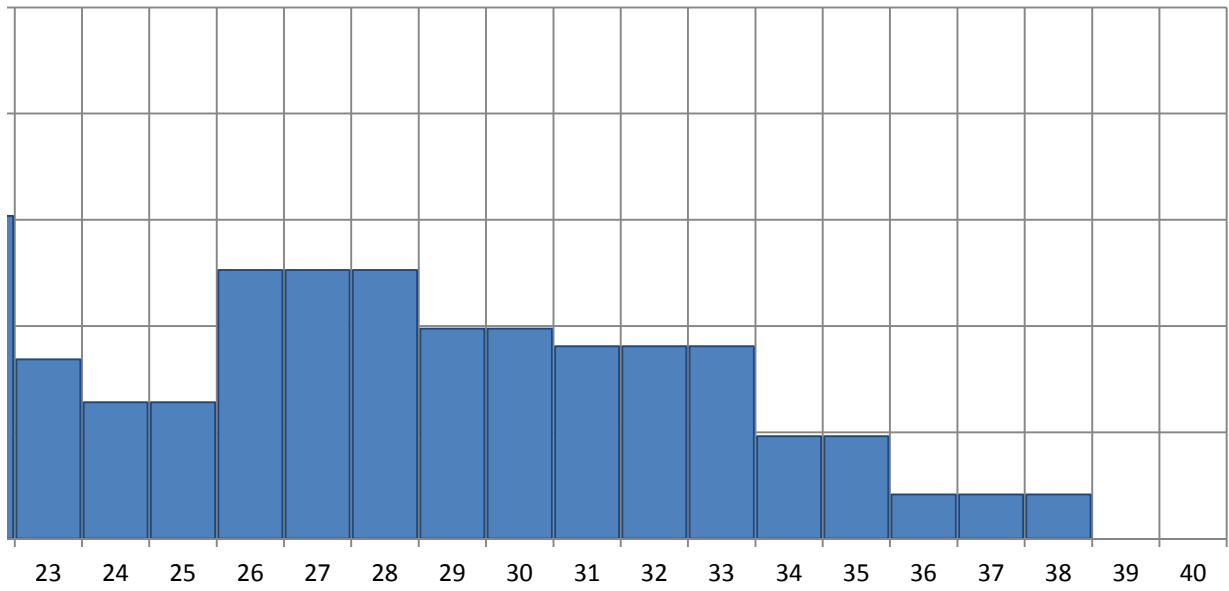
공간	작업	액티비티	투입 인원	위험 수준	기간	선행1	선행2	EST	EFT	LST	LFT	TF	CP
S1	A	<b>S1-A</b>	2	0.119	3			0	3	0	3	0	CP
S1	B	<b>S1-B</b>	6	0.183	2		S1-A	3	5	3	5	0	CP
S1	C	<b>S1-C</b>	7	0.112	5		S1-B	5	10	5	10	0	CP
S1	D	<b>S1-D</b>	3	0.112	3		S1-C	10	13	20	23	10	
S2	A	<b>S2-A</b>	2	0.066	3	S1-A		3	6	5	8	2	
S2	B	<b>S2-B</b>	6	0.102	2	S1-B	S2-A	6	8	8	10	2	
S2	C	<b>S2-C</b>	7	0.062	5	S1-C	S2-B	10	15	10	15	0	CP
S2	D	<b>S2-D</b>	3	0.062	3	S1-D	S2-C	15	18	23	26	8	
S3	A	<b>S3-A</b>	2	0.071	3	S2-A		6	9	10	13	4	
S3	B	<b>S3-B</b>	6	0.11	2	S2-B	S3-A	9	11	13	15	4	
S3	C	<b>S3-C</b>	7	0.067	5	S2-C	S3-B	15	20	15	20	0	CP
S3	D	<b>S3-D</b>	3	0.067	3	S2-D	S3-C	20	23	26	29	6	
S4	A	<b>S4-A</b>	2	0.098	3	S3-A		9	12	15	18	6	
S4	B	<b>S4-B</b>	6	0.15	2	S3-B	S4-A	13	15	18	20	5	
S4	C	<b>S4-C</b>	7	0.092	5	S3-C	S4-B	20	25	20	25	0	CP
S4	D	<b>S4-D</b>	3	0.092	3	S3-D	S4-C	25	28	29	32	4	
S5	A	<b>S5-A</b>	2	0.151	3	S4-A		12	15	20	23	8	
S5	B	<b>S5-B</b>	6	0.231	2	S4-B	S5-A	18	20	23	25	5	
S5	C	<b>S5-C</b>	7	0.141	5	S4-C	S5-B	25	30	25	30	0	CP
S5	D	<b>S5-D</b>	3	0.141	3	S4-D	S5-C	30	33	32	35	2	
S6	A	<b>S6-A</b>	2	0.073	3	S5-A		15	18	25	28	10	
S6	B	<b>S6-B</b>	6	0.113	2	S5-B	S6-A	20	22	28	30	8	
S6	C	<b>S6-C</b>	7	0.069	5	S5-C	S6-B	30	35	30	35	0	CP
S6	D	<b>S6-D</b>	3	0.069	3	S5-D	S6-C	35	38	35	38	0	CP

위험수준X투입인원

날짜	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	0.2	0.2	0.2	1.1	1.1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3										
				0.1	0.1	0.1	0.6	0.6			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		0.2	0.2	0.2				
							0.1	0.1	0.1		0.7	0.7					0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2
										0.2	0.2	0.2		0.9	0.9							0.6	0.6
													0.3	0.3	0.3					1.4	1.4		
																0.1	0.1	0.1				0.7	0.7
입인원	0.2	0.2	0.2	1.2	1.2	0.9	1.5	1.5	0.9	1.6	1.6	1	1.1	1.6	1.6	0.8	0.8	0.8	1.9	1.9	1.5	1.5	
47.111	0.1	0.1	0.1	1.5	1.5	0.8	2.4	2.4	0.9	2.7	2.6	0.9	1.1	2.7	2.7	0.6	0.6	0.6	3.4	3.4	2.3	2.3	



23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0.2																	
0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3												
			1	1	1	1	1										
								0.4	0.4	0.4							
								0.5	0.5	0.5	0.5	0.5					
													0.2	0.2	0.2		
0.8	0.6	0.6	1.3	1.3	1.3	1	1	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	0	0
0.7	0.4	0.4	1.6	1.6	1.6	1	1	0.8	0.8	0.8	0.2	0.2	0	0	0	0	0



### 위험수준평준화

아래 공정표에서 공사시작일을 조정하여 위험수준합계를 최고값이 1.2를 넘지 않도록 하시오(총공사기간이 30일을 넘으면 안 됨)

### 위험수준평준화 전

액티비티	선행1	선행2	기간	EST	EFT	LST	LFT	TF	CP	위험수준
가			5							0.5
나	가		6							0.8
다	가		2							0.8
라	나		7							0.2
마	다		5							1
바	다		3							1
사	라	마	3							0.2
아	바	사	9							0.3
자	바		8							0.8

