

공정관리 과학화를 위한 지하철공사 NAS운영체계 데이터베이스 모델링 구축 Database Model of Subway Construction NAS Operating System for Scheduling Management Science

Jaejin Choi^a, Byounghoo Cho^a, Hongtae Park^{a,*}

a Department of Civil Engineering, Kongju National University, 275 budae-dong Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungnam 331-717, Republic of Korea

ABSTRACT

This study proposed subway construction information classification system based on civil engineering information classification system proposed by Korea Institute of Construction Technology. Also, Based on this criterion, This study established data modeling for NAS operating system Composed of construction information classification system - network - operation and presented an relational database integrated model. The data modeling method proposed in this study can be applied to other civil engineering facilities, so it can be operated as scientific NAS.

KEYWORDS

Civil engineering information classification system
Network Analysis System
Scheduling management science
Subway construction
Date modeling

본 연구는 한국건설기술연구원(KICT)에서 제시한 토목공사용 정보분류체계(Information Classification System)를 기반으로 지하철공사의 정보분류체계를 제시하였다. 그리고 이 기준을 근거로 NAS(Network Analysis System) 운영체계인 공사정보분류체계 - 공정도표 - 작업별 투입 자원을 연동하는 데이터 모델링을 구축하여 통합 모형을 제시하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 데이터 모델링의 통합모형은 다른 토목시설물공사에서도 동일한 절차와 방법으로 적용할 수 있어, NAS를 기반으로 한 공정관리 과학화를 유도할 수 있을 것으로 확신한다.

토목공사 정보분류체계
NAS 운용체계
공정관리 과학화
지하철공사
데이터 모델링

© 2017 Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-041-521-9310 Fax. 82-041-568-0287
Email. htpak@kongju.ac.ac.kr

ARTICLE HISTORY

Received Apr. 18, 2017
Revised May. 8, 2017
Accepted Sep. 26, 2017

1. 서론

1.1 연구의 목적

과학적인 공사의 관리를 위한 NAS(Network Analysis System)는 일관성 있고, 체계적인 공사정보분류체계(Information Classification System)가 우선적으로 갖추어 져야 그 적용 효과를 극대화할 수 있다.

특히, 건축공사는 공사의 특성상 중첩 반복된 공종으로 이루어져 있어 공정관리가 공사관리의 한 부분으로 활용되고 있으나 토목공사는 기능이 다른 여러 개의 단위구조물들로 복합 구성되어 있기 때문에 이들 특성을 반영한 공사정보분류체계(Construction Information Classification System)를 구성하는 것이 복잡하여 효율적인 공정관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한국건설기술연구원(이하 「KICT」 라 함)에서 토목공사만이 가지고 있는 공사의 특성을 반영하여 제안한 토목공사용 정보분류체계 표준화(Park, C. Y, 1994)를 기반으로 NAS(Network Analysis System)에서 적용할 수 있는 지하철공사의 공정관리 과학화를 위한 공정관리 전산입력자료 데이터베이스(Database. D/B) 모델링을 구축하였다.

1.2 연구 방법 및 범위

공사정보분류체계의 구성은 해당분야의 각종 정보들을 표준화하여 각 세부분야에 공통적으로 적용시킬 수 있도록 구성하는 것이 중요하다. 1980년대 후반부터 미국 등 선진국에서 Teicholz Model, Hendrickson Model, Ibbs & Kim Model, Rasdorf & Osama Model, UCI Model, Sfb Model 등 건축공사를 대상으로 공사정보분류체계가 제시(William J. Rasdorf & Osama Y., 1991, Park, C.J., 1998)되었고, 시설요소-구조요소-시공요소-자원요소로 분류된 토목공사 정보분류체계(Lee, B. H., 1990)가 발표된 이래로 체계적인 공사정보분류체계의 연구는 전무한 실정이었다. 그 이후 이러한 연구들을 기반으로 KICT가 토목공사의 세부분야에 공통적으로 적용할 수 있는 토목공사용 정보분류체계의 구성을 「시설요소-공간요소-부위요소-작업요소-자원요소」로 구분하여 KICT Model(Park, C. Y, 1994)을 제시하였다.

본 연구에서는 KICT가 제시한 시설요소-공간요소-부위요소-작업요소-자원요소로 구성된 토목공사용 정보분류체계의 Model을 기반으로 해서 지하철공사를 대상으로 NAS 운영체계에 적용할 수 있는 관계형 D/B 모델링을 구축한다. 즉, 시설요소-공간요소-부위요소의 D/B는 공사의 운영 결과를 집계 및 요약할 수 있는 소속의 정보, 작업요소의 D/B는 작업행위의 정보, 자원요소의 D/B는 투입행위의 정보로, 이 5가지 요소들을 상호 조합하여 NAS운영체계에 적합한 관계형 D/B 공정관리 전산입력자료로 표현함으로써 현장단위에서 운영된 공사수행결과(현재진척상황, 미래추진상황)를 과학적이고 체계적으로 집계 및 요약할 수 있도록 하였다.

2. NAS 기반 공정관리 운영체계의 고찰

건설공정관리 운영방식은 공사 착수 전에 공사의 계획을 세우고, 계획대로 공사를 수행하며, 공사가 계획대로 진행되고 있는지 추적 감시를 통해서 계획 대비 현황을 비교 분석한다. 그리고 분석한 결과가 당초계획과 일치하지 않을 경우는 계획을 수정하고 보완작업을 지속적으로 수행하는 것이다.(Kang, I.S., 1914, Kang, I.S., 2007) 이렇게 체계적인 관리를 위해서는 NAS 운영체계의 3가지 D/B 입력자료 즉, 공정도표를 구성하는 작업들(activities)의 소속을 표현해주는 공사정보분류체계 D/B, 현장에서 작업이 진행되는 작업들의 순서를 표현해주는 공정도표(Network) D/B, 공정도표를 구성하는 작업별로 자원과 예산의 투입을 표현해주는 작업별 투입 자원과 단가(Operation) D/B가 우선적으로 갖춰져 있어야 한다.(Kong, k.p., 2000)

이 3가지 D/B 입력자료가 공정관리를 위한 원천 정보이며, 이들을 조합하여 체계적으로 구축함으로써 공정관리 과학화를 위한 계획수립(planning) 단계가 완성된다. 그리고 계획수립 단계에서 구축된 자료를 공정도표에 따라 일정분석을 수행하여 계층별로 일정계획, 자원계획, 원가계획을 수립하고 수립한 계획대로 공사를 실시하는 일정 계획 및 실시(scheduling) 단계, 계획 대비 실적에 대한 현재진척상황, 미래추진상황을 관찰하는 추적감시(monitoring) 단계, 현재진척상황과 미래추진상황에 따른 시정 조치를 취하는 통제(controlling) 단계로 진행된다.

이러한 이론적 고찰에 근거한 공정관리 과학화를 유도하기 위해 본 연구에서는 KICT가 제안한 토목공사용 정보분류체계 Model을 기반으로 공정관리 과학화를 유도하기 위해 NAS운영체계 기반 지하철공사 공정관리 전산입력자료 D/B 모델링을 구축하였다.

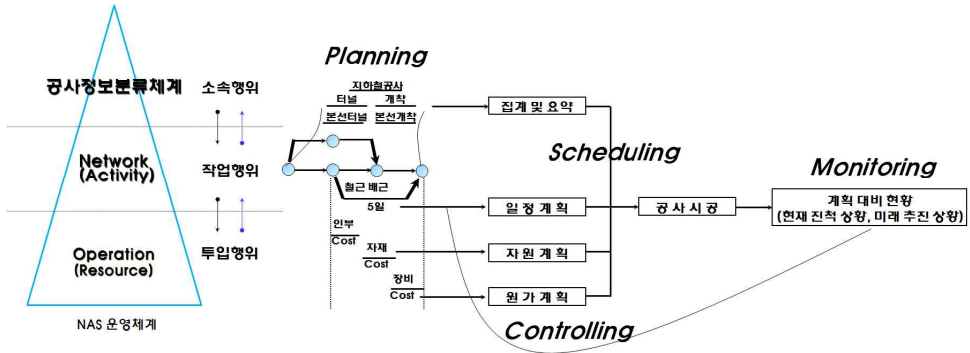


Fig. 1. Information flow chart of construction scheduling management operating system

3. KICT Model 기반 지하철 공사정보분류체계 시안

3.1 토목공사용 정보분류체계 기준

NAS 운영체계에 부합하는 지하철공사 공정관리 전산입력자료 D/B 모델링 구축을 위해서는 먼저 공사정보분류체계의 기준이 선행되어야 하는데, 본 연구에서는 앞 절에서 언급한 바와 같이 KICT가 제시한 토목분야용 정보분류체계를 기반으로 수행한다.

KICT가 제시한 토목공사용 정보분류체계는 특정한 목적의 시설물을 구성하고 있는 시설요소, 각각의 시설요소 내에서 공간적인 구성을 나타내는 구조물의 수준의 공간요소로 구분하였다. 또한, 공간요소를 구성하는 각 구조물의 단위는 단일 구조물별로 구조물 내의 부위를 나타내는 부위요소로 구분하였고, 이들 세 요소를 조합하면 시설물의 기능구분에 따른 위치를 명시하여 특정한 토목구조물을 지칭할 수 있게 하였다. 다음은 단위 구조물의 부위가 해당 기능을 갖도록 하기 위해 단위 구조물을 완성할 수 있는 작업요소와 이 작업요소에 직접 투입되는 인부, 자재, 장비의 자원요소로 구분하였다.(Park, C. Y, 1994)

이와 같이 토목공사용 정보분류체계의 기준은 Fig. 2와 같이 시설요소 - 공간요소 - 부위요소 - 작업요소 - 자원요소의 5개 요소로 구분하였고, 이 구분 기준에 따라 NAS 운영체계에 부합하는 지하철공사 공정관리 전산입력자료 D/B 모델링 구축을 시도하였다.

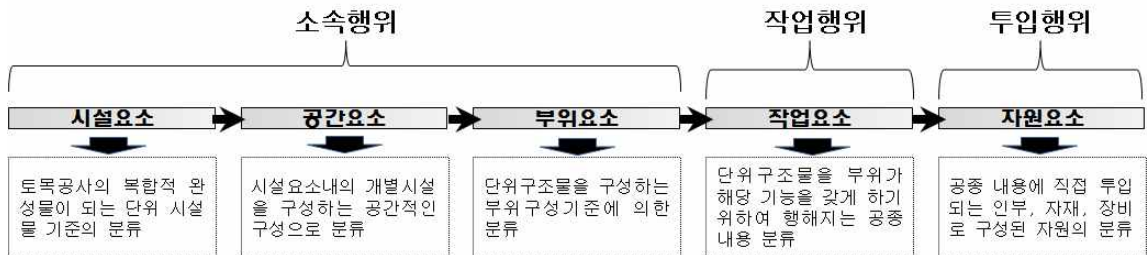


Fig. 2. Civil engineering information classification system standard of KICT proposal

Fig. 2의 토목공사용 정보분류체계를 NAS 운영체계와 연동하여 건설공정관리운영체계의 정보 유통도를 표현하면 Fig. 3과 같다.

먼저, NAS의 최상위에 위치한 공사정보분류체계는 특정 시설물의 단위구조물을 명시해주는 시설요소-공간요소-부위요소에 관련되고, 작업요소들로 구성된 공정도표 작업들의 계획 대비 실적을 시설요소별, 공간요소별, 부위요소별로 집계 및 요약하여 공사현황을 파악할 수 있다. NAS의 중간에 위치한 공정도표는 공사의 작업 행위를 나타내는 작업 요소에 관련되고, 공정도표를 구성하는 작업들의 일정계획 대비 실적에 따른 공사현황을 파악할 수 있다. NAS의 최하위에 위치한 작업법 투입 자원은 공정도표를 구성하는 작업들의 투입행위를 나타내는 자원요소와 관련되고, 자원 및 원가계획 대비 실적에 따른 공사현황을 파악할 수 있다.

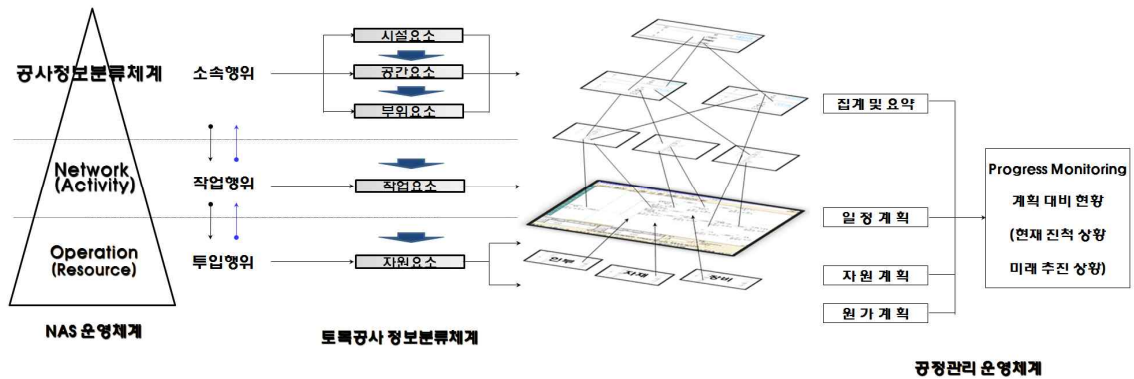


Fig. 3. Scheduling management system linking KICT proposal construction information classification system and NAS operating system

3.2 지하철공사 정보분류체계 구성

본 절에서는 앞 절에서 제시한 Fig. 2의 토목공사용 정보분류체계 기준을 근거로 Fig. 4의 지하철공사 NAS 운영을 위한 정보분류체계를 제시하였다. 즉, 시설요소는 크게 산악터널, 지하터널, 수로터널로 분류하였다. 공간요소(1)은 본선구간과 정거장 구간 공간요소 (2)는 본선개착, 본선터널, 정거장개착, 정거장터널로 공간을 구성하고 있는 공중으로 분류하였다. 부위요소는 공간요소 하부단위들로 개착단선, 개착복선, 개착정거장, 터널정거장, 복선터널 등 공간을 구성하는 단위구조물들로 구성하여 분류하였다. 작업요소는 현장 단위에서 공사를 수행하는 행위들로 MT10 굴착 및 버럭처리, MT10 터널보강, MT10 방수공, MT10 라이닝공 등 현장단위에서 운영할 수 있는 항목으로 분류하였다. 자원요소는 작업요소를 완료하기 위해 투입하는 자원들로 L(인부), M(자재), E(장비)들로 구성하여 분류하였다.

이렇게 제시된 Fig. 4를 Fig. 3과 연동하여 설명해보면, Fig. 4의 작업요소 MT10 굴착 및 버럭처리 활동은 자원요소의 L05 갱내인부, ... , E05 덤프를 투입하여 작업을 완료하고, 완료된 MT10 굴착 및 버럭처리의 일정계획, 자원계획, 원가계획 대비 실적현황(현재진척 상황, 미래추진상황)은 부위요소의 복선터널, 공간요소의 본선터널 - 본선, 시설요소의 지하터널공사로 집계 및 요약될 수 있도록 체계화하였다.



Fig. 4. Subway construction information classification system based on KICT proposal civil information classification system

이와 같이 시설요소-공간요소-부위요소-작업요소-자원요소를 조합하여 관계형 D/B를 구축하여 운영함으로써 관리진은 시설요소, 공간요소, 부위요소만을 현장 실무자는 작업요소 및 자원요소만을 관리함으로써 체계적으로 운영할 수 있는 공정관리 과학화를 유도하였다.

4. 지하철공사 입력자료 데이터 모델링 구축

본 절에서는 앞 절에서 언급한 Fig 4의 분류기준에 따라 NAS 운영체계에 기반을 둔 공정관리 과학화를 위하여 지하철공사 공정관리 전산입력자료 D/B 모델링을 제시하였고, 그 결과는 Table 1 ~ Table 7과 같다.

(1) 시설요소 D/B

시설요소 D/B(Table 1)는 코드와 명칭으로 구성된다. Table 1의 시설요소 D/B의 코드와 명칭은 M 산악터널공사, S 지하터널공사, W 수로터널공사의 최상위 항목의 시설물단위를 분류하였다.

Table 1. Facility classification D/B

코드	명칭
M	산악터널공사
S	지하터널공사
W	수로터널공사

(2) 공간요소 D/B

공간요소(1) D/B(Table 2)는 코드와 명칭으로 구성된다. Table 2의 공간요소 D/B의 코드와 명칭은 1 본선, 2 정거장의 개별시설을 구성하는 공간적인 구성으로 분류하였다.

Table 2. Space classification(1) D/B

코드	명칭
1	본 선
2	정거장

공간요소(2) D/B(Table 3)는 코드와 명칭으로 구성된다. Table 3의 공간요소 D/B의 코드와 명칭은 본선과 정거장 하부 구조물 단위로 1 본선 개착, 2 본선 터널, 3 정거장 개착, 4 정거장 터널의 공간요소(1)의 하부단위로 분류하였다.

Table 3. Space classification(2) D/B

코드	명칭
1	본선 개착
2	본선 터널
3	정거장 개착
4	정거장 터널

(3) 부위요소 D/B

부위요소 D/B(Table 4)는 코드와 명칭으로 구성된다. Table 4의 부위요소 D/B의 코드와 명칭은 구조물의 위치를 명시할 수 있는 01 개착 복선, 02 개착 단선, ... , 15 환기구, 22 사갱, 26 승강장 등으로 구조물 단위로 분류하였다.

Table 4. Element classification D/B

코드	명칭
01	개착 복선
02	개착 단선
03	개착 정거장
04	터널 정거장

05	복선 터널
06	복선 터널(PD-2, R=400)
07	복선 터널(PD-2, R=500)
08	복선 터널(PD-2, 직선)
09	대단면-1
10	대단면-2
11	단선병력
12	터널 정거장
13	터널정거장(중앙부)
14	터널정거장(본선부)
15	환기구
16	본선환기구
17	터널환기구
18	수직구(중앙환기구)
19	작업구-A
20	작업구-B
21	횡갱
22	사갱
23	집수정
24	인입선
25	대합실
26	승강장
27	연결통로 및 출입구
28	승환통로
29	보조공법
30	지반보강공
31	갱구보강공
32	부대공
33	이설비

(4) 작업요소 D/B

작업요소 D/B(Table 5)는 작업코드, 명칭, 작업기간, 코드(시설), 코드(공간 1), 코드(공간 2), 코드(부위)로 구성된다. Table 5의 작업요소 D/B의 작업코드와 명칭은 현장단위에서 공사가 진행되는 작업들로 구성되며, 이들 작업들은 작업 기간만큼 수행된다. 또한, 각 작업들은 앞 절에서 분류된 시설요소, 공간요소, 부위요소의 코드와 연결하여 집계 및 요약할 수 있도록 하였다. 예로, MT10 굴착 및 버력처리 작업은 05 복선 터널, 2 본선 터널, 1 본선, S 지하터널공사에 소속됨을 알 수 있다.

Table 5. Work classification D/B

작업 코드	명칭	작업 기간	시설코드	공간코드(1)	공간코드(2)	부위코드
2005 2010	MT10 터널보강	26	S	1	2	05
2015 2020	MT11 터널보강	26	S	1	2	05
2035 2040	MT12 터널보강	26	S	1	2	05
2090 2100	MT10 굴착 및 버력처리	26	S	1	2	05
2095 2105	MT10 S/C 및 강지보공	25	S	1	2	05
2100 2110	MT11 굴착 및 버력처리	26	S	1	2	05
2105 2115	MT11 S/C 및 강지보공	25	S	1	2	05
2110 2120	MT12 굴착 및 버력처리	26	S	1	2	05
2115 2125	MT12 S/C 및 강지보공	25	S	1	2	05
2520 2530	MT10 방수공	5	S	1	2	04
2525 2535	MT10 배수공	5	S	1	2	04
2530 2440	MT11 방수공	5	S	1	2	04
2535 2545	MT11 배수공	5	S	1	2	04

2540 2550	MT12 방수공	5	S	1	2	04
2545 2555	MT12 배수공	5	S	1	2	04
2700 2705	MT10 라이닝공	8	S	1	2	03
2705 2710	MT11 라이닝공	8	S	1	2	03
2710 2715	MT12 라이닝공	8	S	1	2	03

(5) 자원요소 D/B

작업요소 D/B(Table 6)는 작업코드, 명칭, 작업기간, 자원코드, 유형, 예상물량, 잔여일수로 구성된다. Table 6의 자원요소 D/B의 작업코드, 명칭, 작업기간은 작업요소 D/B(Table 5)와 동일하며, 자원코드에 해당되는 자원들과 예상물량에 해당되는 자원수량이 투입되어 완료된다. 예로, MT10 굴착 및 버럭처리의 작업은 26일간 M06 2121인, L05 653인, ... , E10 235HR의 자원수량이 투입됨을 알 수 있다. 또한, Table 6의 자원코드는 Table 7의 자원단가 D/B의 해당 자원코드별로 불러와 예상물량과 곱해서 예상금액이 산출된다.

Table 6. Resource classification D/B

작업코드	명칭	작업기간	자원코드	유형	예상물량	잔여일수
2005 2010	MT10 터널보강	26	M60	T	599	26
			L06	T	197	26
			L07	T	195	26
			E04	T	1416	26
2090 2100	MT10 굴착 및 버럭처리	26	M06	T	2121	26
			L05	T	653	26
			E02	T	94	26
			E03	T	556	26
			E05	T	85	26
			E06	T	122	26
2095 2105	MT10 S/C 및 강지보공	25	M50	T	31	25
			M44	T	25	25
			M45	T	25	25
			L05	T	98	25
			L06	T	173	25
			L08	T	98	25
			L09	T	10	25

Table 7. Resource cost D/B

자원코드	자원명	단위	단가
L01	콘크리트공	인	110,000
L02	철근공	인	98,000
L03	목공	인	80,000
L04	방수공	인	100,000
L05	갱내인부	인	110,000
L06	보통인부	인	97,000
L07	보어링공	인	105,000
L08	착암공	인	130,000
L09	철골공	인	115,000
E01	백호	HR	4,000
E02	불도자	HR	5,000
E03	크레인	HT	5,000
E04	페이로더	HR	4,500
E05	덤프	HR	4,000
E06	펌프카	HR	6,000
E07	아스팔트피니셔	HR	7,000

E08	공기압축기	HR	6,000
E09	발전기	HR	5,000
E10	알리바	HR	6,700
M06	풍화암굴착	M2	84,386
M44	S/C타설비	M	987,361
M45	록볼트시공비	M	401,274
M50	터널지보공제작	조	268,235
M60	주입비용액형	M3	215,044

이상과 같이 본 연구에서는 Fig. 3을 기반으로 Table 1~Table 7의 D/B를 구축하여 NAS 기반 지하터널공사 공정관리 전산입력자료 D/B표준화를 구축하였다.

5. 지하철공사 입력자료 데이터 모델링 통합

이 절에서는 앞 절에서 구축된 지하철공사 D/B 모델링 구축을 근거로 통합 관계형 D/B 구조와 이것을 적용한 지하터널공사 NAS 통합 운영 데이터 모델링을 제시하였다.

현장단위에서 작업이 수행되는 작업요소의 작업코드는 시설요소의 시설코드, 공간요소의 공간코드, 부위요소의 부위코드와 key field로 연결되어 현장단위에서 작업요소가 수행되는 작업들의 계획 및 실적에 대한 공사현황을 집계 및 요약할 수 있도록 구축하였다. 또한, 작업요소의 작업코드는 자원요소의 자원코드 단가와 자원코드 예상물량이 key field로 연결되어 투입자원, 예상물량, 투입금액을 산출하도록 구축하였다. 이 절차로 체계화한 것이 Fig. 5와 같다.



Fig. 5. Integration structure for Data modeling

제 4절의 지하철공사 D/B 모델링을 Fig. 5의 데이터 모델링 통합 구조에 적용하면 다음과 같다. 작업요소의 D/B의 2090 2100 MT10 굴착 및 버럭처리 작업에 투입되는 자원은 Table 7 자원단가 D/B의 자원코드와 자원단가를 Table 6 자원요소 D/B의 자원코드와 key field로 연결되어 예상물량과 곱해서 예상금액을 산출한다. 이렇게 집계된 예상물량과 예상금액의 2090 2100 MT10 굴착 및 버럭처리 작업의 계획 대비 실적은 05 복선 터널, 2 본선 터널, 1 본선, S 지하터널공사로 집계되어 시공자의 현장단위 작업요소 관리와 관리자 혹은 발주자 단위의 부위요소, 공간요소, 시설요소 관리가 체계적으로 이루어 질 수 있도록 하였다.

이와 같이, Table 1, 2, 3, 4의 시설요소 D/B, 공간요소 D/B, 부위요소 D/B로 분류하여 Table 5의 작업요소 D/B와 연결해 놓으면, 발주자의 감독관이나 회사 경영진은 단순히 시설요소 D/B, 공간요소 D/B, 부위요소 D/B만을 관리하면, 공정표를 이루는 작업요소의 각 작업들의 계획 대비 실적, 진척상황 등 해당공사의 전반적인 업무 흐름을 쉽게 파악할 수 있게 된다. 시설요소-공간요소-부위요소-작업요소 항목들은 모두 각 요소별로 분할관리 및 통합관리가 가능하기 때문에 업무의 효율증대 및 표준적인 관리가 가능하게 된다.

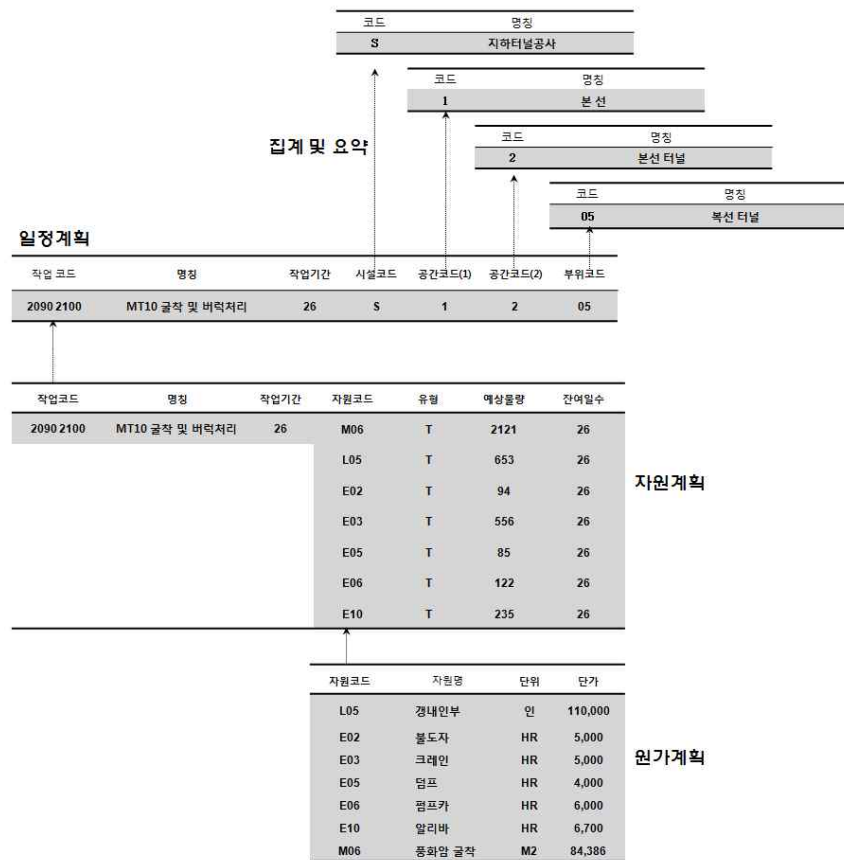


Fig. 6. Applying of integrated data modeling

6. 결론

건설공사 현장에서 공정관리를 수행할 때, NAS운업을 위해 그때그때마다 일시적인 D/B를 구성하는 것은 시간적으로나 양적으로 많은 제약을 받는다. 따라서 본 연구에서는 KICT가 제안한 시설요소 - 공간요소 - 부위요소 - 작업요소 - 자원요소로 구성된 토목공사용 정보분류체계 표준화에 근거하여 NAS 운영체계에 적용할 수 있는 지하철공사 공정관리 전산입력자료 D/B 표준화하여 제시하였고, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) KICT가 제안한 토목공사용 정보분류체계와 NAS 운영체계를 연동한 건설공정관리 운영체계의 정보유통도와 건설공정관리 운영체계를 제시하였다.
- (2) KICT가 제안한 토목공사용 정보분류체계를 기반으로 지하철공사 대상의 NAS 운영체제인 공사정보분류체계 D/B, 공정도표 (Network) D/B, 작업별 투입 자원(Operation) D/B로 통합한 관계형 D/B 구조와 통합 운영 모델링을 제시하였다.

이와 같이 본 연구에서는 KICT가 제안한 토목공사용 정보분류체계를 근거로 범용공정관리 전산체계에 부합하는 NAS 운영체계 D/B 구축방향을 제시하였다. 이 NAS 운영체계 D/B 모델링은 다른 토목시설물에서도 동일한 절차와 방법으로 NAS 운영체계 D/B 모델링을 구축하여 운영한다면, 보다 효율적이고 효과적인 체계로 관리가 가능할 것으로 사료된다. 나아가 그동안 건설현장에서 공정관리 전산입력자료 구축방법의 어려움으로 소극적으로 운영되어 온 공정관리의 근본적인 문제점을 해소할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Kang, I.S. (2007), "Latest Construction Management", Moondojang, pp 386~388
- Kang, I.S. (1914), "Construction Scheduling Management", Kimoondang, pp 407~413
- Kim, B.S. (2003), "A Study on Construction of Information Classification System of Subway Construction", Journal of the Korean Society of Civil Engineers pp 855~865
- Kong, k.p (2000), "Project Management System nex-Pert " .118~119
- Lee, B. H. (1990). "Construction Project Information Classification System", Chung Ang University Graduate School of Construction Management Laboratory, pp.1~26
- Park, C.Y. (1994), "A Study on the Standardization of Information Classification in the Construction Industry", Korea Institute of Construction Technology, pp 107~118
- Park, C.J. (1998), "A Study on the Integration Construction Management System of Schedule and Cost", Myongji University, pp 5~10
- Willam J. Rasdorf & Osama Y. (1991), "Cost and Schedule Control Integration", Journal of Management in Engineering, Vol. 117. No. 3. pp 486~502