

# 도로대장과 교량 및 터널 현황정보시스템의 시설물 연계를 위한 기초연구

선종완\*, 박경훈\*, 송재준\*

\*한국건설기술연구원, 구조연구본부

e-mail: jwsun@kict.re.kr

## A Preliminary Study on Facility Linkage between Road Inventory and Bridge and Tunnel Information System (BTIS)

Jong-Wan Sun\*, Kyung-Hoon Park\*, Jae-Joon Song\*

\*Department of Structural Engineering Research,

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

### 요 약

도로법 개정에 따라 도로대장 통합관리체계가 도입되면서 도로법상 모든 도로의 시설물 정보가 SHP 형식의 도로대장으로 관리될 예정이다. 한편 통계법상 국가승인통계인 교량 및 터널 현황조사 발간을 지원하는 교량 및 터널 현황정보시스템(BTIS)은 도로법 외에도 도시계획도로, 군계획도로, 사도법 등 모든 도로상 시설물을 수집 대상으로 하고 있다. 두 시스템의 정합성이 확보된다면, 도로 시설물 현황 통계의 신뢰성이 담보될 수 있다. 본 연구는 도로대장과 BTIS 간 시설물 비교·연계를 위한 표준 절차를 정립하고, 시스템을 통해 연계 작업을 효율적으로 수행하기 위한 알고리즘을 설계하였다. 연계 작업 관리를 위한 코드 체계, 양방향 자동 재검증 로직, 연계 작업과 정비 통보 두 메뉴로 구성된 시스템 화면을 제안하였으며, 후속 연구로 시스템 구현 및 시범 적용을 통한 정량 효과 검증을 수행할 예정이다.

### 1. 서론

도로 시설물의 안전하고 효율적인 관리를 위해서는 시설물 현황 정보의 정확한 관리가 선행되어야 한다. 국내에서 교량과 터널의 현황 정보는 다양한 법령에 근거하여 여러 시스템을 통해 관리되고 있으며, 이 중 통계법 제18조 및 제20조에 따라 국가승인통계로 지정된 교량 및 터널 현황조사(승인통계 제116050호)는 도로법상 도로뿐 아니라 도시계획도로, 군계획도로, 사도법 등 모든 도로상 시설물을 수집 대상으로 하는 유일한 통계자료이다. 현황 조서는 교량 및 터널 현황정보시스템(이하 BTIS)을 통해 매년 발간되며, 도로법 대상 교량 및 터널(지하차도 포함)을 공표 범위로 한다.

한편, 2024년 도로법과 2025년 도로법 시행규칙(국토교통부령 제1449호)이 개정됨에 따라 도로대장 통합관리체계가 도입되었다. 이에 따라 모든 도로관리청은 도로대장을 전자적 처리가 가능한 방법으로 작성·보관하여야 하며, 도로공사 및 도로의 유지·관리에 따라 도로대장의 정보가 생성되거나 변경될 때마다 통합 관리체계를 통해 국토교통부장관에게 제출하여야 한다. 시행규칙 부칙 제2조에서는 종전 규정에 따라 작성된 도로대장을 2031년 12월 31일까지 개정 규정에 따라 다시 작성하도록 경과조치를 두고 있다. 이러한 제도적 변화에 따라 향후 도로법상 모든 도로 시설물 정보가 SHP 형식의 도로대장을 통해 체계적으로 관리될

예정이다.

시설물 현황 관리의 품질을 증진시키기 위해 도로대장에서 관리하는 시설물과 BTIS가 관리하는 시설물 정보와의 정합성 확보를 위한 연계 작업이 필요하다. 그러나 현재까지 도로대장과 BTIS 간 시설물 연계 작업이 수행된 적이 없으며, 이를 위한 표준 절차가 부재한 실정이다.

도로대장과 BTIS 간 시설물 정합성이 자동으로 확보되지 않는 이유는 두 가지 측면에서 살펴볼 수 있다.

첫째, 도로대장 작성 주체의 차이이다. 도로대장은 도로 공사를 수행하는 담당자가 작성을 담당하는 반면, BTIS는 도로 유지관리 주체가 작성을 담당한다. 입력주체의 차이에 의해 동일한 시설물에 대해 상·하 분리된 교량을 하나의 시설물로 관리하거나, 하나의 시설물을 2개 시설물로 분리하여 관리할 수 있다. 시설물의 정의 단위가 일치하지 않으면 단순한 공간 연산만으로는 일대일 매칭이 성립하지 않는다.

둘째, 도로대장 작성 시점의 차이이다. 도로대장은 도로 공사가 종료되는 시점에 최초 생성된다. 하지만, 시설물은 개축, 내진성능 개선을 위해 받침 종류 변경, 노후화나 손상에 따른 신축이음·난간 교체 등 유지관리 사항이 지속적으로 발생하나, 유지관리 시점마다 도로대장을 갱신하지 않으므로, 동일 시설물의 제원 정보가 두 시스템 간에 다르게 기록될 수 있다.

선행연구로서 선종완 등(2023)은 BTIS와 시설물통합정보관리

시스템(FMS)의 연계를 위한 시스템 기능과 데이터베이스를 제안하고, 연계 작업 시간을 약 47% 단축할 수 있음을 제시하였다.

그러나 해당 연구는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하 시설물안전법)의 적용 대상인 1·2·3종 시설물에 한정된다. 이에 비해 도로대장은 도로법상 도로 전체를 대상으로 하므로 시설물안전법 대상 시설물인 1·2·3종 외 기타 시설물까지 포함하여 관리 범위가 더 넓다는 차이가 있다.

본 연구의 목적은 도로대장과 BTIS 간 시설물을 비교·연계하기 위한 표준 절차를 제시하고, 이를 시스템을 통해 효율적으로 수행하기 위한 알고리즘을 설계하는 것이다. 본 연구는 시스템 개발에 앞선 기초연구로서 절차 정립과 알고리즘 설계에 한정하며, 적합도 산정 알고리즘의 가중치 결정 및 시스템 구현·시범 운영을 통한 정량 효과 검증은 후속 연구에서 다룬다.

## 2. 시설물 연계 절차 및 시스템 알고리즘 설계

### 2.1 연계 대상 데이터 및 키 체계

도로대장은 폴리곤 기반으로 시설물 영역을 표현하며, 시설물의 고유 키로 RDID를 사용한다. BTIS는 포인트 기반으로 시설물 위치를 표현하며, 시설물종류(FTYPE)와 시설물키(FACIL\_SEQ)의 조합을 고유 키로 사용한다. 이때 FTYPE은 B(교량), T(터널), U(지하차도) 등으로 구분되며, 도로대장에서 교량으로 등록된 시설물이 BTIS에서는 교량·터널·지하차도·수로암거 등으로 다르게 분류될 수 있어 FTYPE이 매칭 키로 함께 사용되어야 한다.

도로대장 연계 정보 관리를 위해 연계여부, 연계코드, 비고 등을 이용해 연계이력과 모든 연계 이력과 작업 추적성을 확보하여야 하며, BTIS에는 연계여부와 연계코드를 보관하여 정비 통보 사항의 처리 상태를 추적할 수 있도록 설계하였다. 그리고 도로대장 폴리곤 영역의 무게중심점을 시설물 위치 포인트로 산정하여 BTIS의 포인트와 거리 비교가 가능하도록 하였다.

### 2.2 연계여부 코드 체계

본 연구는 의미 그룹별 코드 체계를 적용하여 시설물의 처리 상태를 정의하였다. 100번대는 정상 처리, 200번대는 작업 진행 중, 300번대는 정비 통보 대상, 900번대는 종결 상태를 의미하며, 향후 시스템 구현 시 같은 그룹 내에서 세부 코드 확장이 용이할 수 있도록 100단위로 코드 체계를 표 1과 같이 정의하였다.

도로대장의 연계 파일에는 표 1의 모든 코드가 사용되며, BTIS 측에는 100, 300/310, 900/910만 보관한다. 작업 진행 중 상태인 200·210은 도로대장 측에서만 관리한다. 또한 도로대장과 BTIS는 1:1 연계가 기본이며, 1:N 또는 N:1 매칭은 도로대장 정비가 완료되기 전까지의 과도기적 허용 상태로 관리된다.

### 2.2 연계 표준 절차

본 연구에서 제안하는 연계 표준 절차는 자동 처리 단계, 관리자 검토 단계, 정비 통보 및 사후 일괄 점검 단계로 구성된다.

[표 1] 연계여부 코드 체계

코드	의미	발생조건
100	연계완료	자동연계 또는 관리자 검토 후 연계완료
200	미처리	신규 도로대장 업로드 후 초기화
210	재검토필요	적합도 조사 결과 자동 연계불가 (후보 다수·임계값 미달·갱신발생)
300	수정필요 (통보대기)	1:N, N:1, 시설물유형 불일치, BTIS 시설물 정보 변경 감지
310	수정필요 (정비대기)	통보 완료 후 도로대장 정비 대기
900	연계불가 (통보대기)	도로대장에 등록되어있으나, 현장에 시설물 부재 또는 현황조서에 등록되어 있으나, 도로대장에 시설물 존재하지 않음
910	연계불가 (정비대기)	통보 완료 후 도로대장 정비 대기

#### 2.3.1 자동 처리 단계(최초 작업 시)

기존 연계 이력이 없는 경우, 신규 도로대장 SHP 파일을 업로드 하여 다음 절차를 수행한다. 먼저 도로대장 파일을 디코드하고 좌표계를 일치시킨 후, 폴리곤 영역의 무게중심점을 산정하여 도로대장(연계) 파일을 생성하며, 이 시점에 모든 시설물의 연계여부는 200(미처리)으로 부여된다. 이후 적합도 조사를 실행하여 시설물별 후보를 검색하며, 임계값 이상의 후보가 1개이고 모든 정보가 일치하며 시설물 유형이 일치하는 경우에 한해 자동 연계(코드 100)로 처리하고, 그 외 모든 케이스는 관리자 검토를 위해 코드 210(재검토 필요)으로 부여한다.

#### 2.3.2 자동 처리 단계(갱신 작업시)

기존 연계 이력이 있는 경우에는 신규 도로대장과 기존 도로대장(연계) 파일을 RDID 기준으로 비교하여 조건별로 자동 처리한다. 갱신된 시설물에 대해서만 적합도 조사를 재수행하여 처리 효율을 확보하며, 조건별 처리 방식은 표 2와 같다.

[표 2] 갱신작업시 자동 처리 조건

조건	조건	처리
A1	동일 코드+핵심제원 미변경	기존 연계여부·연계코드 승계 적합도 조사 생략
A2	동일 코드+핵심제원 변경	연계여부 코드 210 변경, 적합도 재검토
A3	신규 코드	신규 등록 후 적합도 조사
A4	삭제 코드	BTIS 연계코드 삭제, 연계여부 210 변경
B1	BTIS의 시설물 삭제, 철폐 등	도로대장 연계코드 300 자동전환

여기서 핵심 제원은 준공년도, 연장, 시설물명, 위치, 폭 등을 의미한다. B1은 BTIS가 시설물의 변경을 먼저 인지한 경우로,

BTIS는 시설물의 FACIL\_SEQ를 영구 보존하면서 변경 시 "사용 안함" 상태로 처리하고 사용안함 사유와 신규 시설물 번호를 함께 기록하는 연차별 관리 체계를 갖추고 있다. 따라서 시스템은 이 정보를 활용하여 도로대장(연계) 측 코드를 자동으로 300으로 전환하고, 통보 시 비교에 신규 FACIL\_SEQ를 자동 기록함으로써 도로대장 관리자가 정비에 활용할 수 있는 정보를 제공한다.

### 2.3.3 관리자 검토 단계

관리자는 코드 210 시설물을 조회하여 화면상에서 도로대장과 BTIS의 제원·위치 정보를 비교한 후 분류 버튼을 통해 다음 중 하나로 분류한다. 즉 1:1로 적합한 경우 100(연계)으로 자동처리되며, 1:N, N:1 매칭이거나 시설물 유형이 일치하지 않는 경우(예: 도로대장은 교량으로 등록되었으나 BTIS 검토 결과 수로암 거인 경우)에는 300(수정필요)으로 분류하여 도로대장팀 통보 대상에 등록한다. 도로대장에 등록되어 있으나 현장에 실제 시설물이 없음이 확인된 경우에는 900(연계불가)으로 분류하며, 도로대장에는 있으나 BTIS에 대응 시설물이 없는 경우에는 신규 등록 버튼을 통해 BTIS에 시설물을 등록한 후 100으로 처리한다.

### 2.3.4 정비 통보 및 사후 일괄 점검 단계

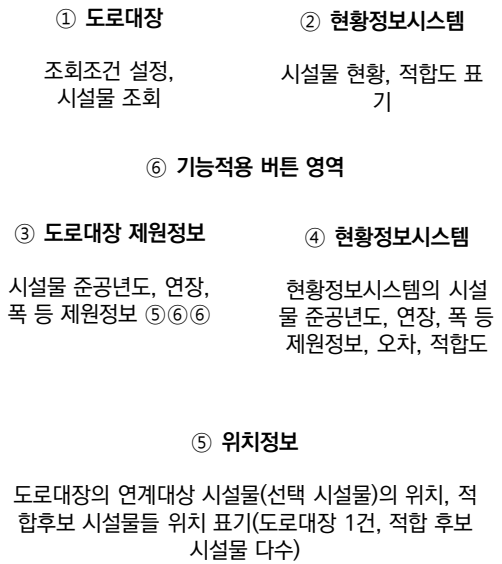
정비 통보 단계는 코드 300 또는 900 시설물뿐만 아니라 사후 일괄 점검 결과 발견된 시설물도 함께 처리한다. 사후 점검 조회 옵션은 동일 FACIL\_SEQ가 여러 RDID와 연계된 N:1 사후 발견 케이스, 그리고 BTIS에 RDID가 입력되지 않은 시설물(도로대장에 누락 가능성)을 자동 탐지한다. 관리자는 통보 대상 시설물을 다중 선택한 후 "통보 목록 다운로드" 버튼을 클릭하여 시설물 정보와 통보 사유가 포함된 엑셀 파일을 받고, 담당자에게 해당 사실을 발송한 다음, 발송한 엑셀 파일을 시스템에 업로드한다. 시스템은 업로드된 엑셀 파일의 RDID·FACIL\_SEQ를 인식하여 해당 시설물의 코드를 자동 전환하는 체계로 운영한다(300→310, 900→910).

## 2.4 시스템 화면 구성

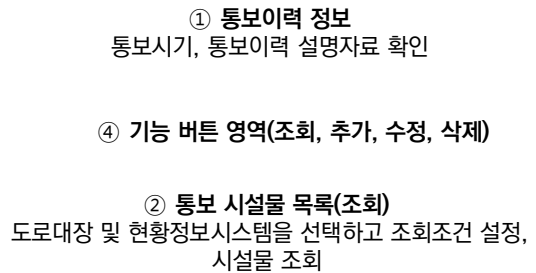
본 시스템은 도로대장 연계 메뉴와 정비 통보 메뉴의 두 메뉴로 구성된다. 시스템 화면 구성안은 그림 2와 같다.

[메뉴 1] 도로대장 연계는 연계 작업과 갱신 작업을 모두 수행하며, 좌측 조회 옵션을 통해 작업 단계별로 시설물을 선별한다. ① 좌측 상단에는 코드별 필터(200·210 등)와 함께 갱신 작업에서 사라진 RDID로 인해 210으로 전환된 시설물(A4 조건)을 별도로 조회할 수 있는 옵션을 제공한다. 좌측 하단에는 도로대장(연계) 시설물 목록이 표시되며, ② 우측 목록에는 선택된 시설물의 후보 BTIS 시설물 목록이 적합도 순으로 표시된다. 화면 하단 ③ 좌, ④ 우에는 양 시스템 시설물의 제원을 비교하는 창과, ⑤ 그 하단

에 위치 정보를 비교하는 영역이 배치된다. ⑥은 기능적용 버튼 영역으로, 연계 1:2·3 버튼은 1:N 매칭(과도기 허용)을 위한 다중 연계 입력에 사용되며, 연계 1이 비어 있으면 연계 2:3은 비활성화되고, 연계 1이 채워지면 연계 1은 비활성화되며 연계 2가 활성화되는 방식으로 기존 연계 정보의 실수 들어쓰기를 방지한다. 신규등록 버튼은 BTIS에 대응 시설물이 없을 때 신규 등록을 위해 사용한다.



[그림 2] 시스템 화면 구성안(메뉴 1)



[그림 3] 시스템 화면 구성안(메뉴 2)

[메뉴 2] 정비 통보는 통보 대상 ② 조회 옵션을 통해 코드 300·900 시설물과 사후 점검 결과(N:1 사후 발견, BTIS RDID 누락 시설물)를 조회한다. ②-1에서 관리자가 시설물을 다중 선택하면 "통보 목록 다운로드" 버튼을 통해 엑셀 파일을 내려받을 수 있으며, 공문 작성·발송 후 ④ 기능 버튼 영역에 "통보 완료

업로드" 버튼으로 발송한 엑셀을 업로드(③ 영역)하면 시스템이 자동으로 코드를 전환한다. 통보 이력 조회 기능을 통해 통보일자 와 통보 내용을 추적할 수 있다.

## 2.5 적합도 산정 방식

적합도는 위치, 시설물명, 관리주체, 준공년도, 연장, 폭 6개 요소의 일치도를 가중 평균하여 산정한다. 각 요소별 가중치 및 자동 연계를 위한 임계값 산정은 실데이터를 활용한 후속 연구에서 다룬다. 후보 시설물 검색 결과는 데이터베이스 임시 테이블에 저장하여 화면 응답 속도를 확보하며, 연계 작업이 완료되면 갱신·소거된다. 한편 작업 이력(연계 시점, 작업자, 통보 일자 등)은 도로대장(연계) 파일과 BTIS에 영속 저장되어 추적성을 보장한다.

## 3. 기대 효과 및 향후 과제

### 3.1 기대 효과

본 연구를 통해 제안된 절차와 알고리즘이 시스템으로 구현될 경우 다음과 같은 효과가 기대된다.

첫째, 도로대장과 BTIS 간 정합성 확보 절차가 표준화됨으로써 양 시스템에서 관리하는 시설물 통계의 신뢰성이 향상된다. 둘째, 미연계 시설물을 추적할 수 있는 구조가 마련되어 누락 시설물의 발견과 관리가 체계화된다. 셋째, 자동 처리 단계에서 정보가 일치하는 시설물을 자동 연계함으로써 관리자의 수작업 부담이 경감된다.

특히 두 시스템이 연계되어 운영되면 BTIS에서 수행되는 유지관리 정보 갱신만으로도 도로대장의 제원이 갱신되는 효과를 얻을 수 있다. 이는 도로대장팀이 별도로 시설물 제원 변경 작업을 수행할 필요가 없음을 의미하며, 도로법 시행규칙 제24조에서 도로관리청이 도로대장의 정보가 생성되거나 변경된 때 이를 작성·수정하도록 한 의무를 효율적으로 이행하는 데 기여할 수 있다.

### 3.2 정량적 효과 검증 계획

본 연구는 알고리즘 설계 단계이므로 정량적 효과는 후속 연구에서 산출한다. 시스템 개발 및 시범 운영을 통해 시설물 1개소당 연계 소요시간과 자동 연계 비율(코드 100으로 처리되는 비율)을 측정할 예정이며, 이를 통해 본 연구에서 제안한 절차와 알고리즘의 효과성을 정량적으로 검증할 계획이다.

## 4. 결론

본 연구는 도로법 개정에 따른 도로대장 통합관리체계 도입 환경에서 도로대장과 BTIS 간 시설물 정합성을 확보하기 위한 표

준 절차와 시스템 알고리즘을 제안하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 도로대장(연계) 파일을 중심으로 연계 정보를 관리하고 BTIS 측에는 최소한의 추적용 정보만 보관하는 분산 저장 방식을 정립하였다. 둘째, 의미 그룹별 코드 체계를 정의하여 시설물의 처리 상태를 명확히 구분하고, 향후 시스템 구현 시 코드 확장이 용이하도록 하였다. 셋째, 도로대장 변경뿐 아니라 BTIS의 시설물 변경(사용안함 처리 등)도 자동으로 감지하는 양방향 자동 재검증 로직을 정립하였다. 넷째, 연계 작업 메뉴와 정비 통보 메뉴로 구성된 시스템 화면을 설계하였으며, 통보 처리는 엑셀 다운로드와 업로드를 활용한 안전한 흐름으로 정의하였다.

본 연구는 시스템 구현 이전의 기초연구로서 절차 정립과 알고리즘 설계에 한정되었다는 한계가 있다. 향후 연구에서는 적합도 산정 알고리즘의 가중치 및 임계값을 실데이터를 통해 결정하고, 시스템을 실제 구현하여 시범 적용함으로써 본 연구에서 제안한 절차의 정량적 효과를 검증할 예정이다.

### 감사의 글

본 논문은 2026년 교량 및 터널 관리시스템 운영 업무의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

[1] 선종완, 박경훈, 이용준, “도로 교량 및 터널 현황정보의 조사 방법 개선에 관한 연구”, 산학기술학회 논문집, 제24권, 11호, pp 784-792, 2023