

현안과제연구

Issue Report

2015. 03. 09

국도1호선 일부구간 확장 및 국도대체 우회도로 검토

김형철, 충남발전연구원 지역·도시연구부 책임연구원, raparam@cdi.re.kr
김원철, 충남발전연구원 지역·도시연구부 책임연구원, iwonchul@cdi.re.kr

본 연구의 목적은 천안시 국도1호선 관련 도로 계획(안) 시나리오별로
장래 교통수요예측과 편익 효과를 검토하는 것임.

요 약

- 천안시는 인구 증가와 함께 다양한 주거, 산업 단지 개발로 토지이용이 변화하고 있음. 이에 따라, 천안시는 증가하는 유출·유입 통행량을 원활히 처리하고자 국도1호선 확장과 국도대체 우회도로 계획을 구상하고 있는 상황임.
- 본 연구에서는 국도1호선의 북측·남측 일부구간 확장 대안, 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 국도대체 우회도로 구축 대안을 중심으로 장래 교통수요예측(2033년 기준)과 편익효과를 분석하였음.
- 편익 총량(2033년)을 기준으로 분석한 결과, 국도1호선의 일부 구간(북측, 남측) 확장 대안이 국도대체 우회도로 구축 대안보다 효과가 높은 것으로 나타남.
- 시나리오별 연장 대비 편익(2033년)을 분석한 결과, 전체 시나리오 중에서 국도1호선 북측 국간 확장 사업이 투자대비 편익 효과가 가장 높아, 효율성 측면에서 우수한 대안으로 평가됨.
- 이와 반대로, 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 국도대체 우회도로는 장래 교통수요와 편익을 고려할 경우, 도로 신설에 대한 효율성이 낮은 것으로 검토됨.
- 본 연구는 천안시 국도1호선의 지·정체를 해소하기 위해 도로 용량을 확대하는 방안을 중점적으로 검토하였음. 향후, 기존 국도1호선의 운영 측면에서 효율성을 향상시킬 수 있는 교통개선 대책이 함께 고려될 수 있는 방안이 필요함.

CONTENTS

〈요 약〉

1. 개요
2. 분석 범위 설정
3. 교통수요분석
4. 편익분석
5. 결론

1) 분석 배경과 목적

- 천안시는 인구 증가와 함께 주거, 산업 단지의 개발로 토지이용이 변화하고 있음. 이에 따라, 천안시는 증가하는 유출·유입 통행량을 원활하게 처리하기 위하여 교통개선대책이 필요한 실정임.
- 교통개선대책에는 기존 교통시설의 운영과 효율성을 향상시켜 단기적으로 교통 불편을 해소하는 방안이 있음. 이와 반대로, 지속적으로 증가하는 통행량을 처리하기 위해 장기적인 시각에서 교통 기반시설을 투자하여 용량을 확대하는 방안도 있음. 따라서 종합적인 측면에서 검토가 필요함.
- 천안시는 주요 간선 교통축인 국도1호선의 상습 지·정체를 해결하기 위하여 천안시 접근 방면의 북측과 남측 도로에 용량 확대 방안을 구상하고 있음. 또한, 국도대체 우회도로와 함께 외곽순환도로 체계에 대한 방안도 구상하고 있음. 이러한 대안들은 도로의 용량을 확대하는 방안이며, 효율적인 추진을 위하여 투자 대비 효과 분석이 필요함.
- 본 연구는 국도1호선의 상습 지·정체를 해결하기 위한 방안으로 천안시에서 제시한 도로 계획(안)이 합리적인 대안이라는 가정 하에 검토하고자 함. 중점 연구 내용은 도로 계획에 따른 시나리오를 설정하고 각 시나리오별로 편익 효과가 높은 대안, 그리고 도로 연장 대비 편익을 분석하여 투자 대비 효율성이 높은 대안을 검토하는 것임.

2) 천안시 국도1호선 관련 도로사업 계획

- 국도1호선 확장과 관련된 천안시 도로 계획(안)은 총 2건으로, 천안시 북측과 남측의 접근도로 확장 사업임. 그리고 국도1호선의 국도대체 우회도로의 성격을 갖는 도로 계획(안)은 총 3건으로, 변영로와 함께 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 대안임.

<표 1> 천안시 국도1호선 관련 도로사업 계획

구분		내용	
사업노선의 개략 위치도			
노선	번호	사업명	사업량
국도 1호선	①	국도1호선 확장(A구간)	<ul style="list-style-type: none"> 구간: 직산읍(국도34호 매주교차로) ~부성동(변영로 종점) L=2.75km, B=35m
	②	국도1호선 확장(B구간)	<ul style="list-style-type: none"> 구간: 삼용동(청삼교차로) ~목천읍 삼성리(남천안IC) L=4.25km, B=35m
국도 대체 우회 도로	③	국지도23호선~국도21호선 연결도로 신설	<ul style="list-style-type: none"> 구간: 성거~목천 L=10.80km, B=4차로
	④	국도21호선~국도1호선 연결도로 신설	<ul style="list-style-type: none"> 구간: 목천~국도1호 L=3.80km, B=4차로
	⑤	국도1호선~국도21호선 연결도로 신설	<ul style="list-style-type: none"> 구간: 국도1호~신방 L=6.60km, B=4차로

3) 분석 시나리오 구성

- 시나리오1~3은 국도1호선 확장과 관련된 내용이고 시나리오4~6은 국도1호선의 대체 우회도로와 관련된 사항임.
- 시나리오1은 국도1호선의 북측 구간 확장 사업이고 시나리오2는 국도1호선의 남측 구간 확장사업임. 그리고 시나리오3은 국도1호선의 북측과 남측 구간을 동시에 확장(시나리오1+시나리오2)하는 사업임.
- 시나리오4는 국도1호선의 동측에 위치하며 천안시 남측 진입부의 국도1호선과 천안시 북동쪽의 국지도23호선을 연결하는 신설 사업임. 시나리오5는 천안시 남측 진입부의 국도1호선과 천안시 남서쪽의 번영로와 연결하는 신설 사업임. 그리고 시나리오6은 시나리오5, 6을 동시에 신설하고 번영로와 함께 천안시의 외곽 순환도로 체계를 구상하는 대안임.
- 시나리오3과 시나리오6은 유사한 목적의 각 도로 계획을 동시에 고려하는 대안임. 이는 각 도로 계획을 개별적으로 시행하는 것이 아니라, 동시에 시행하여 연계 교통축을 형성하는 대안이고 시너지 효과의 정도를 파악하기 위함임.

<표 2> 분석 시나리오 구성

구분	시나리오 내용	비고
시나리오1	국도1호 확장(A구간, ①)	국도1호선 관련 시나리오
시나리오2	국도1호 확장(B구간, ②)	
시나리오3	시나리오1 + 시나리오2	
시나리오4	국지도23호선~국도21호선 연결도로 신설(③) + 국도21호선~국도1호선 연결도로 신설(④)	국도대체 우회도로 관련 시나리오
시나리오5	국도1호선~국도21호선 연결도로 신설(⑤)	
시나리오6	시나리오4 + 시나리오5	

4) 분석 방법

(1) 교통수요분석

- 교통수요분석의 기초자료는 국가교통DB에서 배포된 여객, 화물 기·종점 통행량과 교통 네트워크 자료를 이용함.
- 장래 교통수요예측의 시간적 범위는 2033년을 기준으로 분석하였으며, 공간적 영향권 내에서 지역현실을 반영하기 위하여 교통존을 세분화하고 장래 개발계획을 반영함.
- 장래 교통수요예측 시 통행발생 원단위, 통행분포 패턴, 교통존 간 교통수단비율, 차종별 재차인원, 차종별 승용차 환산계수(PCE, Passenger Car Equivalent) 등은 국가교통DB 배포자료를 활용하였음.
- 통행배정은 전일 기·종점 통행량을 첨두시, 비첨두시, 심야시간 등으로 구분하여 수행하였고, 하루 교통량 추정 시 각 시간대별 지속시간은 첨두시 10시간, 비첨두시 9시간, 심야 5시간으로 설정하여 분석함.

(2) 편익분석

- 편익항목은 한국개발연구원의 예비타당성조사 지침(KDI, 2008)¹⁾에서 제시한 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고비용 절감편익, 대기오염 절감편익으로 구성되며 2033년을 기준으로 분석하였음.
- 편익산정 시 활용되는 원단위는 차종·속도별 운행비용과 대기오염비용, 차종별 시간가치, 교통사고로 인한 인적·물적 비용이 있음. 이러한 원단위를 분석 기준년도인 2013년을 기준으로 보정하여 활용하였음.

1) 한국개발연구원(KDI), 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』, 2008년 12월.

1) 시간적 범위

- 분석 기준년도는 편익산정의 원단위 보정에 활용되는 소비자 물가지수 적용 시 기준으로 이용됨. 본 분석에서는 2013년도를 기준년도로 설정하였음.
- 장래 교통수요분석 년도는 2033년으로 설정함. 이는 당진~천안 고속도로 일부구간 (아산~천안 구간)과 제2서해안 고속도로(민간투자사업) 개통을 분석에 반영하고 천안~논산 고속도로의 민간사업자 운영기간 종료에 따른 효과를 반영하고자 함.
- 본 분석에서는 시나리오별로 편익 효과를 분석하는 데에 초점이 있음. 따라서 각 대안별 개통 후 30년간의 교통수요를 분석하는 대신에 장래 2033년의 1개 년도를 기준으로 분석을 수행함.

◁표 3> 시간적 범위

구분	년도	비고
분석 기준년도	2013년	· 편익산정 시 원단위 보정에 활용
분석 년도	2033년	· 당진~천안 고속도로(아산~천안 구간) 반영 · 제2서해안 고속도로(민간투자사업) 반영 · 천안논산고속도로 민간사업자 운영기간 종료

2) 공간적 범위

- 교통수요분석의 영향권은 시나리오별 사업 시행으로 인하여 교통패턴의 변화가 발생하는 지역으로 설정함.

- 본 분석에서는 사업노선과 직·간접적으로 영향을 받는 지역을 대상으로 사업 미시행시와 시행시의 교통량 변화율이 3~5% 이상인 지역을 분석 영향권으로 설정함.
- 교통량 변화율을 이용한 영향권 설정 방법은 한국개발연구원의 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에서 제시한 RV 기법을 적용하였음.

※ 분석 영향권 설정 - RV 기법

$$RV^k = \frac{V_{\text{시행}}^k - V_{\text{미시행}}^k}{V_{\text{미시행}}^k} \times 100$$

- RV^k = 사업 시행 시 링크 k 의 교통량 변화율(%)
- $V_{\text{시행}}^k$ = 사업 시행 시 링크 k 의 교통량
- $V_{\text{미시행}}^k$ = 사업 미시행 시 링크 k 의 교통량

- 영향권은 충청남도 천안시·아산시·공주시, 충청북도 청주시·청원군·진천군 일부 지역, 세종시, 경기도 안성시·평택시 일부지역으로 분석됨.

<표 4> 공간적 범위

영향권 지역		지역명	
		충청남도	천안시, 아산시, 공주시 전지역
		충청북도	청주시, 청원군, 진천군 일부지역
		세종시	세종시 일부지역
		경기도	안성시, 평택시 일부지역

1) 분석 기초자료의 구성

- 분석에 사용된 기초자료는 국가교통DB센터에서 배포한 2009년 기준의 전국 지역간 여객 O/D, 2011년 기준의 전국 지역간 화물 O/D, 교통 네트워크 자료임.
- 여객 O/D와 화물 O/D의 교통존 체계가 상이하므로 교통존의 상세정도 수준을 일치시켰음. 그리고 배포된 자료의 년도가 상이하므로 장래 분석년도를 일치시켰음.
- 국가교통DB센터에서 배포한 교통 네트워크는 노드와 링크의 정보로 구성되어 있음. 노드 정보는 노드ID, 좌표정보(X, Y)가 있고 링크 정보는 기점 노드, 종점 노드, 링크연장(km), 링크 형태(Type), VDF²⁾(Volume Delay Function)가 있음.

<표 5> 분석 기초자료

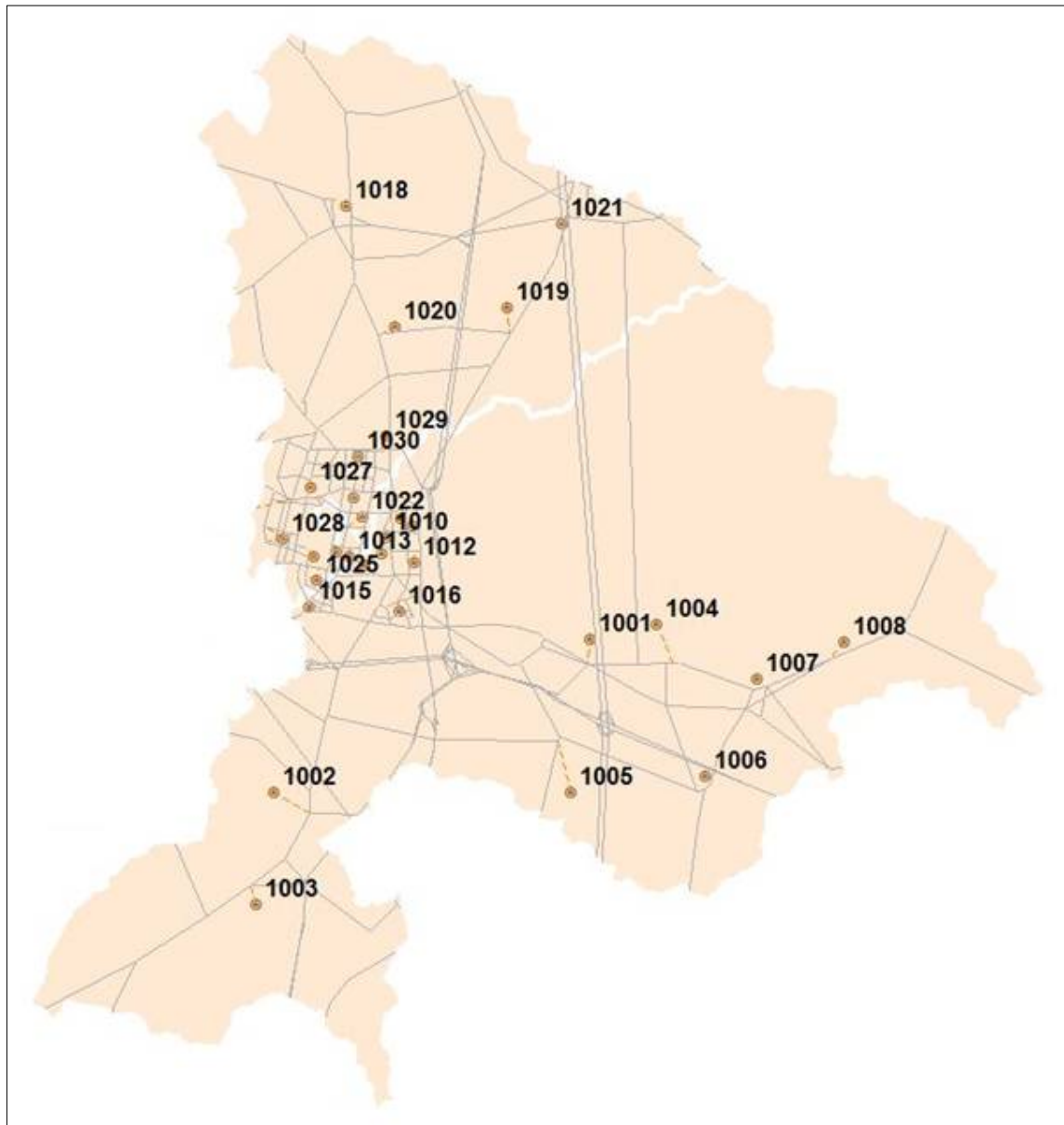
구분		기준년도	내용
O/D	여객	2009년	· 교통존: 249개(기준년도), 250개(장래년도) · 장래년도: 2016~2036년(5년 단위)
	화물	2011년	· 교통존: 251개 · 장래년도: 2015년~2040년(5년 단위)
교통 네트워크		2009	· 교통존: 249개(기준년도), 250개(장래년도)

2) Volume Delay Function은 일반적으로 미국에서 개발된 BPR Function이 주로 이용됨

2) 교통존 세분화와 개발계획 반영

(1) 교통존 세분화

- 천안시의 교통존은 전국 지역간 교통 네트워크(국가교통DB센터, 2009년 기준)에서 2개(서북구, 동남구)로 설정되어 있음. 본 분석에서는 교통패턴의 현실적인 모사를 위하여 교통존을 30개로 세분화하였음.



<그림 1> 교통존 세분화

- 기존의 천안시 동남구의 교통존 번호는 150이고, 천안시 서북구의 교통존 번호는 151이었음. 이러한 집합적인 교통존을 읍·면·동 단위로 분할한 결과, 천안시 동남구의 경우 17개, 천안시 서북구의 경우 13개의 교통존으로 세분화됨.
- 여객 기·종점 통행량의 경우는 세분화된 교통존의 인구수를 기준으로 세분화하였고 화물 기·종점 통행량의 경우는 종사자수 기준으로 세분화를 수행하였음.
- 교통존을 세분화한 후, 센트로이드 링크³⁾의 연결은 도로의 위계가 낮은 도로망에 연결하였음. 이는 해당 교통존에서 통행이 유출 또는 유입되는 현상을 실질적으로 모사하기 위함임.

<표 6> 교통존 세분화 결과

기존 교통존	세분화된 교통존		기존 교통존	세분화된 교통존		기존 교통존	세분화된 교통존	
천안시 동남구 (150)	목천읍	1001	천안시 동남구 (150)	원성1동	1011	천안시 서북구 (151)	입장면	1021
	풍세면	1002		원성2동	1012		성정1동	1022
	광덕면	1003		봉명동	1013		성정2동	1023
	북면	1004		일봉동	1014		쌍용1동	1024
	성남면	1005		신방동	1015		쌍용2동	1025
	수신면	1006		청룡동	1016		쌍용3동	1026
	병천면	1007		신안동	1017		백석동	1027
	동면	1008	천안시 서북구 (151)	성환읍	1018		불당동	1028
	중앙동	1009		성거읍	1019		부성1동	1029
	문성동	1010		직산읍	1020		부성2동	1030

3) 센트로이드 링크(Centroid Link)는 교통 네트워크에서 교통존으로 대표되는 센트로이드(Centroid)와 도로 링크에 연결되는 가상의 링크를 의미함.

(2) 도시·택지개발계획 반영

- 국가교통DB센터에서 배포된 2009년 기준의 여객 기·종점 통행량은 장래 충청남도 개발계획이 일부 반영되지 않았음. 따라서 천안시, 아산시, 당진시, 서산시, 예산군 지역의 도시·택지 개발계획을 추가적으로 반영하였음.
- 총 29개의 도시·택지개발사업을 반영하였으며, 이 중 택지개발사업은 4개 사업, 도시개발사업은 25개 사업임.

<표 7> 도시·택지개발계획 반영 내역

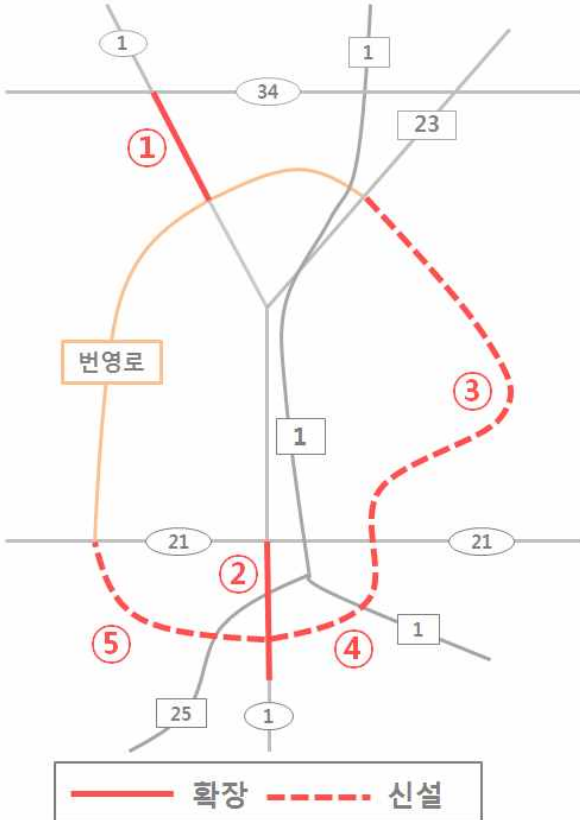
연번	사업명	수용인구	준공년도	개발계획유형	연번	사업명	수용인구	준공년도	개발계획유형
1	아산용화	8,439	2010	도시	16	아산배방공수	4,780	2014	도시
2	천안백석2	2,769	2010	도시	17	아산모종.풍기	5,609	2014	도시
3	천안백석3	2,286	2010	도시	18	예산지구	1,391	2014	도시
4	천안용곡	3,489	2010	도시	19	천안청당새터밭	2,849	2014	도시
5	홍성남장	5,621	2010	택지	20	태안동평	1,688	2014	도시
6	당진1	5,331	2012	도시	21	홍성옥암	1,952	2014	도시
7	당진대덕수청	8,314	2012	도시	22	아산동암	4,819	2015	도시
8	당진송악반촌	1,906	2012	도시	23	보령명천	12,260	2016	택지
9	천안쌍용	3,016	2012	도시	24	아산탕정	59,847	2016	택지
10	서산대산	2,645	2013	도시	25	천안성성3	7,314	2016	도시
11	아산배방	28,049	2013	택지	26	천안성성1	4,446	2016	도시
12	천안백석4	4,577	2013	도시	27	천안성성4	4,095	2016	도시
13	당진우강송산	929	2014	도시	28	아산배방월천	5,974	2017	도시
14	당진송악	8,095	2014	도시	29	충남도청내포신도시	99,815	2020	도시
15	보령동대	466	2014	도시					

3) 장래 교통수요예측 결과

(1) 분석 시나리오

- 장래 교통수요예측은 2033년을 기준으로 분석하였고 5개의 신설 또는 확장 노선을 6개의 시나리오로 구분하여 미시행시, 시행시의 교통수요를 예측하였음.

<표 8> 분석 시나리오

구분	내용			
사업노선의 개략 위치도				
노선	시나리오	번호	사업명	사업량
국도 1호선	시나리오1	①	국도1호선 확장(A구간)	L=2.75km, B=35m
	시나리오2	②	국도1호선 확장(B구간)	L=4.25km, B=35m
	시나리오3	①+ ②	국도1호선 확장(A+ B구간)	L=7.00km, B=35m
국도 대체 우회 도로	시나리오4	③	국지도23호선~국도21호선 연결도로 신설	L=10.80km, B=4차로
		④	국도21호선~국도1호선 연결도로 신설	L=3.80km, B=4차로
	시나리오5	⑤	국도1호선~국도21호선 연결도로 신설	L=6.60km, B=4차로
	시나리오6	③+ ④+ ⑤	국지도23호선~국도21호선 ~국도1호선~국도21호선	L=21.20km, B=4차로

(2) 국도1호선 확장 관련 시나리오(1~3) 분석 결과

- 시나리오1, 2, 3은 천안시를 남북으로 가로지르는 국도1호선의 확장 사업임. 시나리오1은 국도1호선의 북측 구간(A구간) 확장 사업이고 시나리오2는 국도1호선의 남측 구간(B구간) 확장 사업임. 그리고 시나리오3은 국도1호선의 북측과 남측 구간(A+B구간)을 동시에 확장하는 사업임.
- 시나리오1의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 사업 미시행시는 66,868(대/일) 통행, 사업 시행시는 78,323(대/일) 통행으로 예측되어 11,455(대/일) 통행이 증가하는 것으로 분석됨.
- 시나리오2의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 사업 미시행시는 38,775(대/일) 통행, 사업 시행시 43,990(대/일) 통행으로 예측되어 5,215(대/일) 통행이 증가하는 것으로 분석됨.
- 시나리오3의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 북측 구간은 78,383(대/일) 통행, 남측 구간은 44,389(대/일) 통행으로 예측되어 각각 11,515(대/일), 5,613(대/일) 통행이 증가하는 것으로 분석됨.

<표 9> 시나리오1, 2, 3의 장래 교통수요예측 결과(2033년 미시행시, 시행시)

(단위: 대/일)

구분	시나리오 구성	2033년 미시행시 (A)	2033년 시행시 (B)	차이 (B-A)
시나리오1	① 국도1호 확장(A구간)	66,868	78,323	11,455
시나리오2	② 국도1호 확장(B구간)	38,775	43,990	5,215
시나리오3	① 국도1호 확장(A구간)	66,868	78,383	11,515
	② 국도1호 확장(B구간)	38,775	44,389	5,613

주1: 장래 2033년의 교통수요예측 결과임

주2: 미시행시, 시행시의 구간별 교통량(대/일)은 각 도로링크의 거리가중 평균치임

(3) 국도대체 우회도로 신설 관련 시나리오(4~6) 분석 결과

- 시나리오4, 5, 6은 천안시 내의 교통혼잡을 완화하고자 국도1호선을 우회하고 번영로와 함께 천안시 외곽의 순환도로 체계를 고려하는 대안임.
- 시나리오4의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 국지도23호~국도21호 구간은 7,491(대/일) 통행, 국도21호~국도1호 구간은 579(대/일) 통행으로 예측됨.
- 시나리오5의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 국도1호(남천안IC 인근)~국도21호(번영로 접속부) 구간은 2,537(대/일) 통행으로 예측됨.
- 시나리오6의 2033년 장래 교통수요예측 결과, 국지도23호~국도21호 구간은 7,257(대/일) 통행, 국도21호~국도1호 구간은 2,164(대/일) 통행, 국도1호(남천안IC 인근)~국도21호(번영로 접속부) 구간은 3,604(대/일) 통행으로 예측됨.

<표 10> 시나리오4, 5, 6의 장래 교통수요예측 결과(2033년 미시행시, 시행시)

(단위: 대/일)

구분	시나리오 구성	2033년 미시행시 (A)	2033년 시행시 (B)	차이 (B-A)
시나리오4	③ 국지도23호~국도21호 연결도로 신설	0	7,491	7,491
	④ 국도21호~국도1호 연결도로 신설	0	579	579
시나리오5	⑤ 국도1호~국도21호 연결도로 신설	0	2,537	2,537
시나리오6	③ 국지도23호~국도21호 연결도로 신설	0	7,257	7,257
	④ 국도21호~국도1호 연결도로 신설	0	2,164	2,164
	⑤ 국도1호~국도21호 연결도로 신설	0	3,604	3,604

주1: 장래 2033년의 교통수요예측 결과임

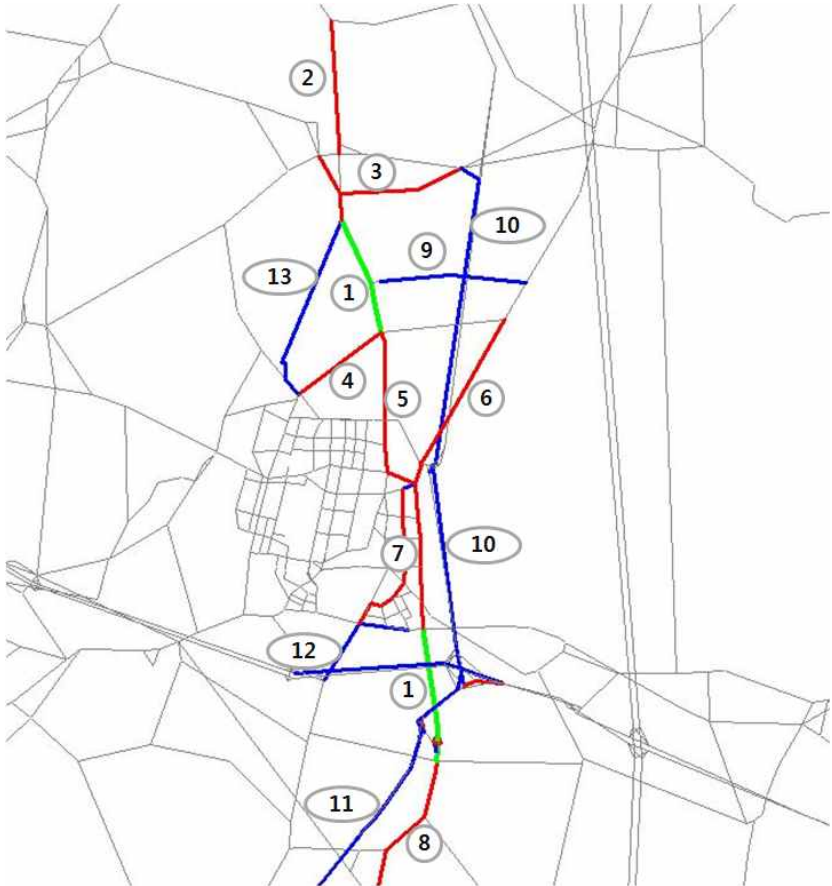
주2: 미시행시, 시행시의 구간별 교통량(대/일)은 각 도로링크의 거리가중 평균치임

4) 주변 교통량 변화 검토

(1) 국도1호선 확장에 따른 주변 교통량 변화 검토

- 국도1호선 북측, 남측 구간(A+B 구간) 확장(시나리오3)에 따라 주변 교통량의 변화를 분석하였음. 교통량이 1,000(대/일) 이상 증가한 구간은 국도1호선의 연계 교통축이며 1,000(대/일) 이상 감소한 구간은 국도1호선의 경쟁노선으로 분석됨.

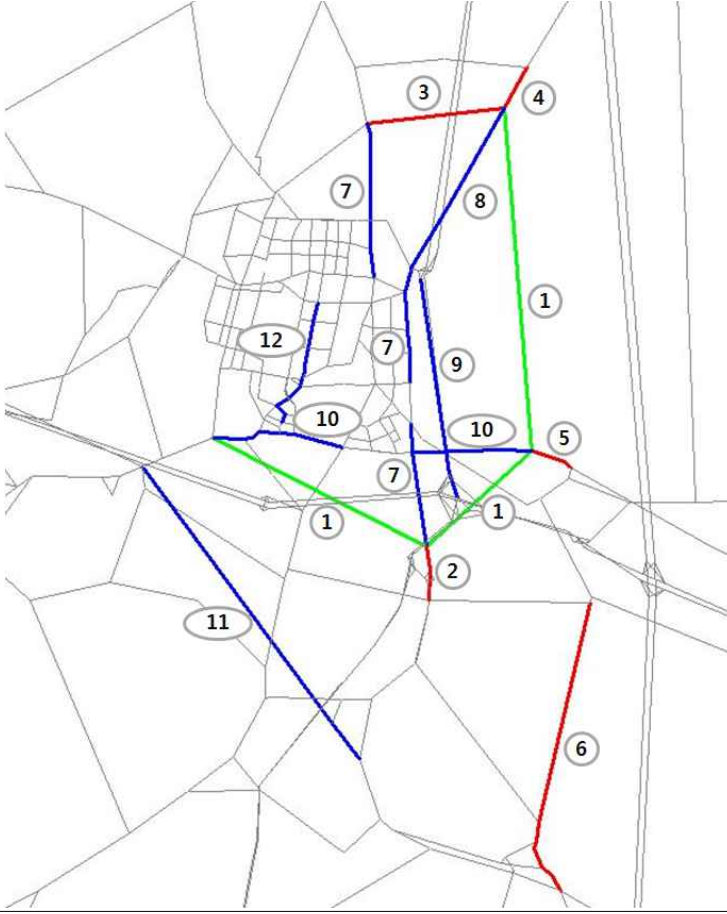
<표 11> 국도1호선 확장(시나리오3)에 따른 주변 교통량 변화 (2033년)

구분	내용
<p>국도1호선 북측+ 남측 구간 확장 ① (시나리오3)</p>	
<p>교통량 1,000(대/일) 증가 구간 (2033년)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국도1호선 (②, ⑤, ⑦, ⑧), 국도34호선(③) ○ 국지도23호선(⑥) ○ 변영로 일부구간(④)
<p>교통량 1,000(대/일) 감소 구간 (2033년)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 직산사거리~성거읍사무소 구간(⑨) ○ 경부고속도로(⑩), 천안논산고속도로(⑪) ○ 당진-천안고속도로(⑫) ○ 지방도624호선(⑬)

(2) 국도대체 우회도로 신설에 따른 주변 교통량 변화 검토

- 국도1호선의 대체 우회도로 신설과 천안시의 외곽 순환도로 체계 구축을 동시에 고려한 연계도로망(시나리오6)을 분석하였음. 교통량이 1,000(대/일) 이상 감소한 구간은 남북축의 경쟁노선인 국도1호선, 동서축의 경쟁노선인 국도21호선으로 분석됨.

<표 12> 국도대체 우회도로, 외곽 순환도로 체계 구축(시나리오6)에 따른 주변 교통량 변화 (2033년)

구분	내용
국도대체 우회도로 신설 ① (시나리오6)	
교통량 1,000(대/일) 증가 구간 (2033년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국도1호선 (②), 국도21호선(⑤) ○ 국지도23호선(④) ○ 국도1호선~국지도23호 연결도로(③) ○ 지방도691호선(⑥)
교통량 1,000(대/일) 감소 구간 (2033년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경부고속도로(⑨) ○ 국도1호선(⑦), 국도21호선(⑩),운당리교차로~국도21호 연결도로(⑪) ○ 국지도23호선(⑧) ○ 천안시 내부도로(⑫)

1) 분석의 전제

- 편익분석은 한국개발연구원의 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에 제시된 편익 산정 방법론을 적용하였음. 그리고 도로부문의 편익산정 항목은 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고비용 절감편익, 환경비용 절감편익으로 구분됨.
- 항목별 편익산정에 활용되는 원단위는 예비타당성조사지침에서 2007년을 기준으로 제시되어 있는 바, 본 분석에서는 소비자 물가지수⁴⁾를 적용하여 2013년으로 원단위를 보정하였음.
- 통행배정으로 도출된 통행속도를 적용 시 교통지체함수 내에 포함된 통행료를 제외하고 도로링크에 소요된 순수한 통행시간을 산출하여 적용하였음.
- 본 분석에서는 시간대별 통행배정을 수행하였으며 첨두시, 비첨두시, 심야시간으로 구분됨. 편익산출 시 첨두시와 비첨두시의 지속시간을 고려하여 1일 단위의 편익, 1년 단위의 편익을 산출하였음. 심야시간은 자유교통류 상태이므로 사업시행으로 인하여 특별한 개선효과가 없는 것으로 가정하였음.

<표 13> 첨두시, 비첨두시의 교통량 비중과 지속시간

구분	비중	지속시간
첨두 시간	7%	10 시간
비첨두 시간	2.5%	9 시간
심야 시간	0%	5 시간

4) 소비자 물가지수는 2007년에 100(%)을 기준으로 2013년에 119.2(%)임. 자료의 출처는 한국은행 경제통계시스템

2) 차량운행비용 절감편익

- 차량운행비용 절감편익은 사업시행 전·후의 차종별·속도별 차량운행비용의 차이를 분석하여 산출함. 차종별·속도별 차량운행비용 원단위는 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에서 제시된 원단위를 적용하였으며 통행배정으로 추정된 링크별 통행속도와 차종별 통행량을 이용함.
- 차량운행비용 절감편익의 산출 수식은 다음과 같음.

$$VOCS = VOC_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOC = \sum_l \sum_k^3 (D_{kl} \times VT_k \times 365)$

D_{kl} : 링크별(l), 차종별(k) 대·km
 VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km당 차량운행비용
 k : 차종 (1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

3) 통행시간 절감편익

- 통행시간 절감편익은 사업시행 전·후의 차종별 통행시간 차이를 분석하여 산출함. 도로링크에 소요되는 차종별 통행시간을 화폐단위로 환산하기 위하여 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에서 제시된 차종별 시간가치를 적용함.
- 통행시간 절감편익의 산출 수식은 다음과 같음.

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^3 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times 365$

T_{kl} : 링크(l)의 차종별 통행시간
 P_k : 차종별 시간가치
 Q_{kl} : 링크(l)의 차종별 통행량
 k : 차종 (1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

4) 교통사고비용 절감편익

- 교통사고비용 절감편익은 사업시행 전·후의 1억대·km당 교통사고의 인적, 물적 피해를 산정하고 그 차이를 분석하여 산출함. 교통사고비용 절감편익 산정에 이용되는 원단위는 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에서 제시된 원단위를 적용함.
- 교통사고비용 절감편익의 산출 수식은 다음과 같음.

$$VACS = VAC_{\text{사업미시행}} - VAC_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VIC = \sum_{t=1}^3 \sum_{s=1}^4 (A_{ts} \times P_s \times VL_t)$

A_{ts} = 도로부문 사고유형별 1억대·km당 교통사고의 사상자 수(인적피해), 사고건수(물적피해)
 P_s = 사고유형별 사고비용(만원/인, 만원/건)
 VL_t = 연간 도로유형별 억대·km
 t = 도로유형 (1: 고속도로, 2: 일반국도, 3: 지방도)
 s = 사고유형 (1: 사망, 2: 부상, 3: 차량, 4: 대물)

5) 대기오염 절감편익

- 대기오염 절감편익은 사업시행 전·후의 자동차 주행으로 인하여 발생하는 오염물질별 배출량을 산정하고 그 차이를 분석하여 산출함. 오염물질별 배출량을 화폐단위로 환산하기 위하여 예비타당성조사지침(KDI, 2008)에서 제시된 원단위를 적용함.
- 대기오염 절감편익의 산출 수식은 다음과 같음.

$$VOPCS = VOPC_{\text{사업미시행}} - VOPC_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOPC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{lk} \times VT_k \times 365)$

T_{kl} : 링크별(l), 차종별(k) 대·km
 VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km당 대기오염비용
 k : 차종 (1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

6) 시나리오별 편익 산출 결과

(1) 시나리오별 2033년 편익

- 각 시나리오의 항목별 편익(2033년)을 검토한 결과, 통행시간 절감편익이 가장 높은 비중을 차지하고 그 다음 순으로는 차량운행비용, 대기오염, 교통사고 비용 절감편익으로 분석됨.
- 편익항목 중 교통사고비용 절감편익은 음의 부호로 도출되었음. 이는 해당 사업노선의 교통량이 증가하여 교통사고로 인한 인적·물적 비용이 높아진 것으로 해석됨.
- 총 편익이 가장 높은 대안은 국도1호선의 북측과 남측 구간(A+B 구간)을 동시에 확장한 시나리오3으로 도출되었음. 이는 국도1호선의 북측 구간(A구간) 확장에 따른 효과가 대부분인 것으로 판단됨.
- 한편, 국도1호선의 대체 우회도로 신설과 천안시 외곽 순환도로 체계를 동시에 고려한 대안(시나리오6)은 국도1호선 확장 대안(시나리오3)보다 상대적으로 편익이 낮은 것으로 분석됨.

<표 14> 시나리오별 2033년 편익

(단위: 억원/년)

구분	차량운행비용 절감편익	통행시간 절감편익	교통사고비용 절감편익	대기오염 절감편익	총 편익
시나리오1	41	105	-7	11	150
시나리오2	7	21	-6	3	25
시나리오3	39	124	-15	13	161
시나리오4	21	55	-8	7	75
시나리오5	5	6	-1	1	11
시나리오6	24	73	-9	9	97

주1: · 시나리오1: 국도1호선 북측 구간(A구간) 확장
 · 시나리오2: 국도1호선 남측 구간(B구간) 확장
 · 시나리오3: 시나리오1 + 시나리오2
 · 시나리오4: 국지도23호~국도21호~국도1호 연결도로 신설
 · 시나리오5: 국도1호~국도21호 연결도로 신설
 · 시나리오6: 시나리오4 + 시나리오5


(2) 시나리오별 연장 대비 2033년 편익

- 본 분석에서는 2033년을 기준으로 연장 대비 편익을 분석하여 km당 편익 효과를 분석하였음. 이는 교통인프라 구축에 소요되는 한정된 재원을 효율적으로 운영하기 위하여 투자된 자원 대비 편익 효과를 개략적으로 파악하기 위함임.
- 국도1호선 확장을 모두 고려한 대안(시나리오3)과 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 대안(시나리오6)의 연장 대비 편익을 비교하였음. 2033년을 기준으로, 시나리오3은 23.00(억원/km), 시나리오6은 4.58(억원/km)으로 분석되었음. 따라서 국도1호선 확장사업이 외곽순환도로 연결사업 보다 상대적으로 투자된 자원 대비 효율성이 높은 것으로 판단됨.
- 또한, 국도1호선 확장(남측, 북측) 사업 중에 북측 구간(시나리오1)이 남측 구간(시나리오2)보다 km당 편익이 상대적으로 높으며 전체 시나리오 중에서도 투자된 자원 대비 편익 효과가 가장 높은 것으로 분석됨.
- 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 대안(시나리오4~6)를 검토한 결과, 총 편익은 시나리오6이 높으나 시나리오4가 투자 대비 효율이 높은 것으로 분석됨. 하지만, 시나리오5는 총 편익과 효율성 측면에서 효과가 가장 낮은 것으로 분석됨.

<표 15> 시나리오별 연장 대비 2033년 편익

구분	연장 대비 2033년 편익(억원/년/km) (A) = (B) / (C)	총 편익(억원/년) (B)	총 연장(km) (C)
시나리오1	54.55	150	2.75
시나리오2	5.88	25	4.25
시나리오3	23.00	161	7.00
시나리오4	5.14	75	14.60
시나리오5	1.67	11	6.60
시나리오6	4.58	97	21.20

- 주1: · 시나리오1: 국도1호선 북측 구간(A구간) 확장
 · 시나리오2: 국도1호선 남측 구간(B구간) 확장
 · 시나리오3: 시나리오1 + 시나리오2
 · 시나리오4: 국지도23호~국도21호~국도1호 연결도로 신설
 · 시나리오5: 국도1호~국도21호 연결도로 신설
 · 시나리오6: 시나리오4 + 시나리오5

- 천안시는 인구 증가에 따라 지속적으로 증가하는 통행량을 처리하기 위하여 교통 기반시설을 투자하고 도로의 용량을 확대하는 대안을 구상 중임. 주요 내용으로는 국도1호선 북측·남측 일부구간 확장 대안, 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 국도대체 우회도로 구축 대안 등이 있음.
- 2033년을 기준으로 시나리오별 편익의 총량을 검토한 결과, 국도1호선 관련 일부구간(북측, 남측) 확장 대안(시나리오3)이 국도대체 우회도로와 외곽순환도로 체계 구축 대안(시나리오6)보다 효과가 높은 것으로 분석됨. 그리고 이 중에서도 국도1호선의 북측 구간 확장 사업(시나리오1)에 따른 편익이 가장 높은 것으로 나타남.
- 투자 대비 효율성을 검토하기 위하여 도로 연장 대비 2033년 편익을 검토한 결과, 국도1호선 북측 구간 확장 사업(시나리오1)이 남측 구간 확장 사업(시나리오2)보다 km당 연간 편익이 상대적으로 높게 분석되었음. 그리고 전체 시나리오 중에서도 투자된 자원 대비 편익 효과가 가장 높은 것으로 나타남.
- 본 연구의 전제는 천안시에서 제시한 도로 확장과 신설 계획(안)을 토대로 시나리오별 2033년 총 편익과 투자 대비 편익을 분석하는 것임. 이러한 측면에서 도로의 용량을 확대하여 국도1호선의 지·정체를 해소하는 방안은 국도1호선의 북측 구간 확장이 효율적인 대안으로 분석됨.
- 향후, 천안시 외곽순환도로 체계를 고려한 국도대체 우회도로 구축 대안은 교통망 연계 체계와 점진적인 추진 방안이 종합적으로 검토될 필요가 있음. 그리고 기존 국도1호선은 운영 측면에서 효율성을 향상시킬 수 있는 교통개선대책이 동시에 고려될 필요가 있음. 

◆ 참고 자료 ◆

국토해양부, 2013, “교통시설 투자평가지침(제5차 개정)”.

한국개발연구원, 2008, “도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)”.

한국개발연구원, 2008, “예비타당성조사 수행을 위한 일반 지침 수정·보완 연구(제5판)”.

한국교통연구원, 2010. “교통분석용 네트워크 설명자료”.

Caliper Corporation, 2008, "Travel Demand Modeling with TransCAD Version 5.0 User's Guide".