

연약지반 도로확장공사 설계 개선에 따른 가치 평가 사례

Design Improvement VE Case for Expansion of a Roadway over a Soft Soil

김태형^{1*}, 김국한², 최영철³, 이사익⁴, 류지훈⁵

Tae-Hyung Kim¹, Kook-Han Kim², Young-Chu Choi³, Sa-Ik Lee⁴, Ji-Hoon Ruy⁴

¹Member, Professor, Department of Civil Engineering, Korea Maritime and Ocean Univ., 727, Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan, 606-791, Republic of Korea

²Nonmember, General Manager, Naengjeong-Busan Construction Agency of the Korea Expressway Corporation, 805, DaewangPangyoro (239-1, Geumto-dong), Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 461-703, Republic of Korea

³Nonmember, Senior researcher, Naengjeong-Busan Construction Agency of the Korea Expressway Corporation, 805, DaewangPangyoro (239-1, Geumto-dong), Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 461-703, Republic of Korea

⁴Nonmember, Manager, Naengjeong-Busan Construction Agency of the Korea Expressway Corporation, 805, DaewangPangyoro (239-1, Geumto-dong), Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 461-703, Republic of Korea

⁵Nonmember, Ph.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Korea Maritime and Ocean Univ., 727, Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan, 606-791, Republic of Korea

ABSTRACT

Expansion of a roadway on a soft ground can cause settlement of the existing road during embankment construction due to the consolidation characteristics of the soft soil. Many problems related to construction and maintenance, such as deterioration of the surface, decreased safety, and decreased structural stability, could affect the existing road. This scenario is especially true if the roadway foundation is a deep thick soft ground. Therefore, engineers should carefully select a proper design based on the characteristics of the soil layer. In this study, the expansion of the second branch of the Namhae Expressway was selected as the target site because this expressway has been constructing on a soft soil layer approximately 50 m thick. The original design was reviewed, problems were discussed and alternative was proposed through value engineering job plan phases: investigation, speculation, evaluation, development and presentation. In addition, the proposed alternative was evaluated on cost, function and value improvement. Compared to the original design, the proposed alternative saved cost and improved the function and overall value.

요 지

연약지반에서 도로 확장공사는 지반의 특성으로 인해 우선 시행되는 확장 부 성토 시 발생하는 침하로 기존고속도로에 연동침하가 발생된다. 이 경우 지반침하 및 변형에 의한 포장 평탄성 불량, 차량 주행 안전성 저하, 구조물 안정성 감소 등 시공 및 기존도로 유지관리에서 많은 어려움을 유발한다. 특히 대심도 연약지반에서는 이와 같은 문제가 발생할 수 있는 여지가 대단히 높다. 따라서 이러한 문제점이 고려된 설계가 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서는 연약지반 분포심도 최대 약 50m가 존재하는 남해고속도로 제2지선 확장공사를 대상으로 설계 VE를 통해 원 설계안에 대한 현황 및 한계점을 파악한 후 아이디어 도출, 평가, 분석을 통해 개선안을 제시하였다. 또한 개선안에 대한 원가절감, 성능 및 가치향상 평가를 실시하였다. 평가 결과 원가 절감 효과가 발생하고, 기능 향상 효과도 발생하여 전체적으로 개선된 설계안이 원설계에 비해 가치가 향상되는 것으로 나타났다.

Keywords : Value engineering, Cost saving, Deep thick soft ground, Road expansion, Design

Received 19 Nov. 2013, Revised 13 Jan. 2014, Accepted 16 Jan. 2014

*Corresponding author

Tel: +82-51-410-4465; Fax: +82-51-410-4460

E-mail address: kth67399@kmou.ac.kr (T.-H. Kim)

1. 서론

지반은 직접 상부가 아닌 인접지점의 재하에 의해서도 지중응력이 발생한다. 포화된 점성토층의 경우 이 때 유발된 과잉간극수압의 소산으로 압밀침하가 일어나 위치별로 부등침하에 의한 단차 및 상부 균열 현상이 일어날 수 있다(Korea Land Corporation, 1992; Cheong et al., 1999; Korean Geotechnical Society, 2005). 이러한 문제를 최소화하기 위해서는 모든 지점에서 성토 하중을 동일하게 가하는 것이 좋다. 하지만 연약지반 구간에서 고속도로 확장의 경우 기본적으로 고속도로의 교통소통 기능을 유지한 상태에서 단계별 교통전환을 하면서 확장이 이루어지고, 공사기간이 한정되어 있어 이 조건을 만족하기 어려운 실정이다. 연약지반에서 도로확장공사는 연약지반의 특성으로 인해 우선 시행되는 신설확장 부 성토 시 발생하는 침하로 기존고속도로에 연동침하가 발생된다. 이 경우 부등침하 및 변형에 의한 포장 평탄성 불량, 차량 주행 안전성 저하, 구조물 안정성 감소 등의 문제를 유발한다(Kim et al., 2004; Cheong et al., 2005).

냉정-부산간 남해고속도로 제2지선 확장공사에서는 부등침하 영향을 최소화 하기위해 원설계에서 신설확장구간의 경우 연약지반개량 후 성토로 계획하고 기존도로는 제거하고 연직배수재를 설치한 후 재성토 후 방치(압밀)시간을 두는 것으로 계획하였다. 하지만 확장공사의 특성상 확장부와 기존 도로부 하부지반의 과압밀비가 다르고, 재하 이력에 차이가 있어 위치별 부등침하에서 자유롭지 못한 것으로 조사되었다(Kim and Noh, 1995; Choi et al., 2003). 기존도로의 제체를 제거한 후 연직배수공법을 적용하는 원설계는 공정의 복잡성, 공사기간의 과다 소요, 제체 제거토의 사토장 및 운반의 어려움, 제체 제거 후 Plastic Board Drain(PBD) 연직배수재 적용을 위한 항타 작업 시 매립층 재료로 과거에 사용된 자갈, 암버려 등 조립질 재료의 저항으로 인한 관입의 어려움, 장기간 안정된 하부지반의 연직배수재의 재시공으로 지반교란에 따른 강도저하 등을 내포 하고 있는 것으로 나타났다. 또한 원설계에서는 종단설정에 있어서도 기존도로 제거 후 연약지반 개량 후 토사를 성토하여 도로 종단을 상향조정하고 신설도로와 맞추는 것으로 계획하였다. 하지만 이럴 경우 일부구간에서는 침하량이 2m이상(최대 5.4m) 과다하게 발생하는 것으로 예측되었다. 왜냐하면 제2지선 공사구간은 최대심도 약 50m의 델타 연약지반에 위치하고 있기 때문이다(Kim

et al., 2012).

연약지반에서 고속도로 확장공사는 여러 어려움을 가지고 있어 기술적 측면에서 안정적인 확장공사 설계 및 시공 방안의 수립이 필요하고 이를 통해 확장 공사 중 발생할 수 있는 문제점들을 최소화하고 건설비용 절감이 이루어져야 할 것이다. 한국도로공사는 국내 발주기관 최초로 이와 같은 목적을 이루기 위해 오래전부터 자체 발주 프로젝트에 대한 VE(Value Engineering)를 실시하고 있다. 건설분야에서 VE라 함은 최소의 생애주기비용으로 시설물의 필요한 기능을 확보하기 위하여 설계내용에 대한 경제성 및 현장적용의 타당성을 기능별, 대안별로 검토하는 것을 말한다(Chun, 2007; West Virginia Department of Transportation, 2004). VE를 통해 건설구조물의 기능을 이해하고, 가치를 상승시킬 수 있는 경제적 대안을 제시함으로써 설계와 시공, 그리고 유지관리의 생애주기 관점에서 소요되는 비용을 최소화하기 위해 노력하고 있다(Korea Expressway Corporation, 2012).

본 연구는 대심도 연약지반이 분포된 남해고속도로 제2지선 확장공사에 대한 VE 사례로 원설계에서 제시된 기존도로 제거 및 연약지반 처리 방안에 대한 한계점을 안전성, 시공성, 경제성 등의 측면에서 파악하고 이를 해결할 수 있는 대안을 제시하였다. VE는 Job plan 절차에 의해 진행되었으며 대안은 연약지반의 침하로 인한 문제를 가능한 최소화 시킬 수 있는 상재하중경감과 종단선형조정이 반영되었다. 또한 제시된 대안에 대한 원가절감, 성능 및 가치향상 평가를 실시하여 대안의 우수성을 확인하였다.

2. 현장의 연약지반 분포

남해고속도로 제2지선 확장공사는 총 4개 공구(A, B, C, D)로 나누어 확장사업을 시행중에 있다. 각 공구별 연약지반 분포 현황을 보면 다음과 같다(Korea Expressway Corporation, 2008a; 2008b; 2008c). Fig. 1의 A공구 구간에 분포하는 연약지반은 총연장 6.40km 중 일부 890m 구간에 약 0.0~15.4m의 두께로 분포하고 있다. B공구는 총연장 5.50km로 조만강을 가로질러 위치하고 있다. 전체적으로 일부 구간을 제외한 모든 구간에 걸쳐 얇게는 2.0m 깊게는 약 40m 정도의 연약점토층이 분포하고 있다. C공구는 총연장 3.56km로 서낙동강과 평강천을 가로질러 위치하고 있다. 전체적으로 얇게는 2.0m 깊게는 50m 정도의 연약점토층이 분포한다. 서낙동강 이후 구간의 경우 상부

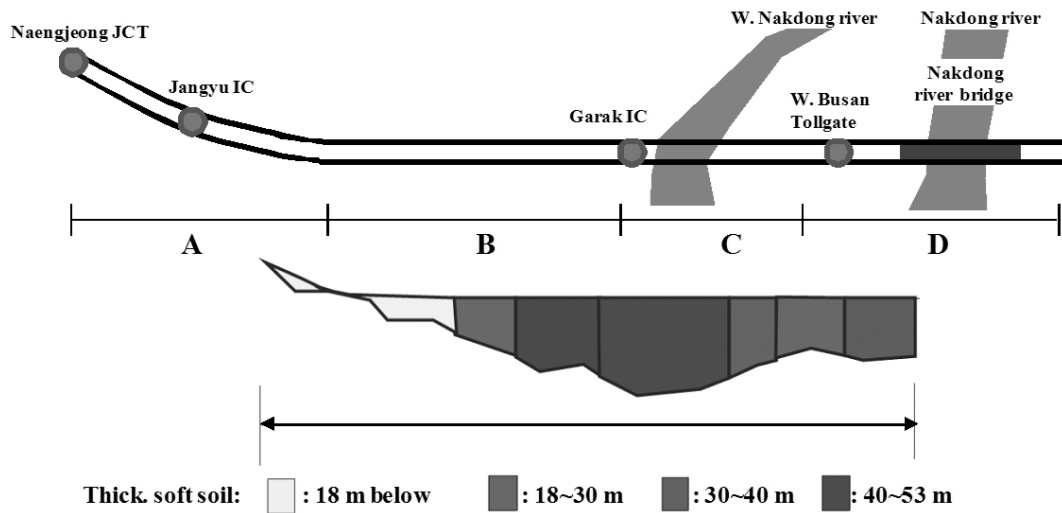


Fig. 1. Route map of expansion construction for the 2nd branch of Namhae Express Way and distribution status of soft ground on its route (redrawn from Kim et al., 2012)

약 10m~12m두께로 세립의 사질층이 분포하며 그 하부로 연약점토층이 분포하고 있다. D공구는 전 구간에 걸쳐 연약 사질토층이 2.9~11.4m의 두께로, 연약 점성토층이 8.0~25.2m의 두께로 분포하고 있다. 시추조사 결과 연약 점성토층은 점토질 실트 내지 실트질 점토로 구성되어 있다(Kim et al., 2012).

3. 원설계 안

신설확장 구간의 경우 평면선형 조정이 이루어지는 일부 구간을 제외하고는 대부분 냉정방향으로 기존 고속도로에 접속하여 확장토록 되어 있다(Fig. 2). 허용잔류침하량 10cm 만족을 위해 압밀축진을 위해 연직배수재 PBD

가 적용되는 것으로 되어있다. 수평배수를 위해서는 상부 사질토층이 분포된 C공구 일부 구간과 D공구에는 Fiber Drain이 적용되어 있다. 그 외 구간에는 쇄석매트층이 적용되어 있다.

기존 도로 구간은 신설확장부(최소종단경사 0.5% 적용)가 접속 확장됨에 따라 종단 개량이 필요하다. 기존도로 종단개량(상향조정)에 따른 허용잔류침하량 10cm를 만족시키기 위해 기존도로 제체를 제거하고 압밀축진을 위한 연직배수재 PBD가 적용토록 되어있다. 수평배수는 신설확장부와 동일하게 상부 사질토층이 분포된 구간(C공구 일부구간과 D공구)에는 Fiber Drain이, 그 외 구간에는 쇄석매트층이 적용되어 있다.

기존 도로는 1978년 5월 건설 당시 기존 고속도로의 경

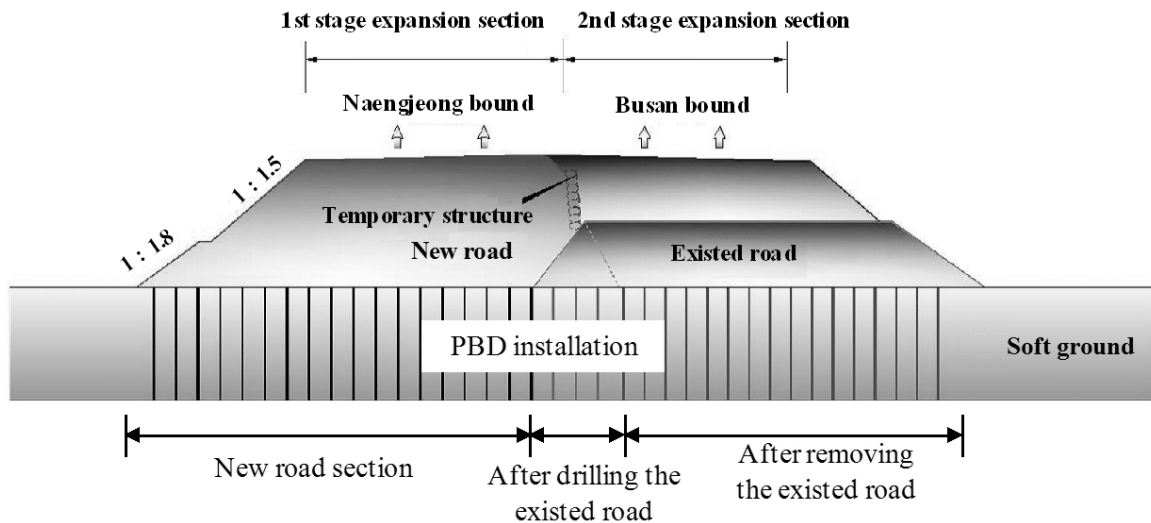


Fig. 2. Overview of original design of road expansion (redrawn from Kim et al., 2012)

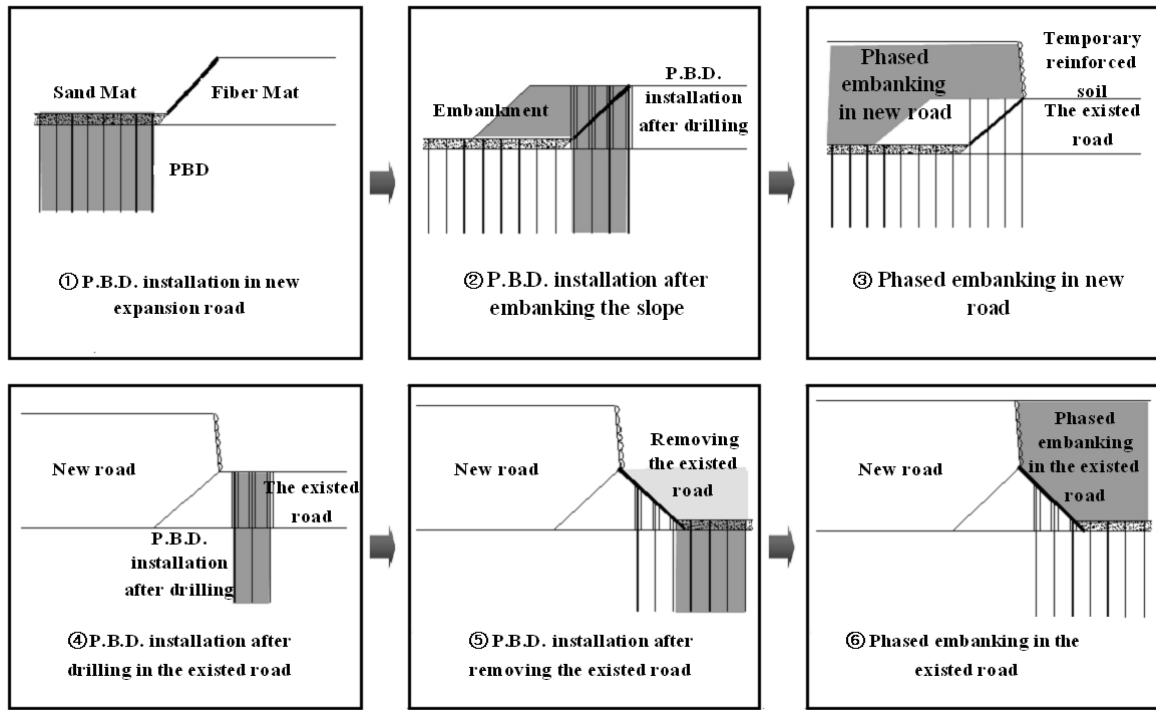


Fig. 3. Flow chart of road expansion in the original design (Kim et al., 2012)

우 19.6km 중 6%에 해당하는 1.2km 구간만 연직배수재 Prefabricated Vertical Drain(PVD)이 적용되었다. 나머지 구간은 모래와 자갈을 이용한 MAT(모래, 자갈, 암버력) 시공 후 성토체를 구축한 관계로 운영 중 장기적이고 지속적인 압밀침하가 발생되었다. 그래서 기존도로 제체를 제거하고 압밀축진을 위한 연직배수재를 타설하고 preloading 을 재하하는 것이 경제적으로 유리하고 잔류침하에 대한 장기적인 안정성이 확보되는 것으로 판단하여 다음 Fig. 3 과 같은 기존 고속도로 처리공법을 원설계에 적용하였다.

4. 설계 VE

4.1 원설계의 한계성

VE는 Job plan 이라 불리는 정보수집단계(investigation), 창조단계(speculation), 분석평가단계(evaluation), 구체화 개발단계(development), 제안단계(presentation)로 구분되는 절차에 따라 진행되었다. 단순 비용절감뿐만 아니라 성능 또는 기능의 향상도 이루어지도록 하였다(Fig. 4).

정보수집단계에서 대상노선의 주요기능들의 관계를 파악하기 위해 FAST(Function Analysis System Technique) Diagram을 작성하고 FAST Diagram을 통하여 원설계의 포괄적인 이해와 더불어 문제점과 비용 및 요구되는 기능

이 어떤 관계가 있는지 분석이 이루어졌다. Fig. 2와 Fig.3 에서 보는 바와 같이 원설계의 주 내용은 기존도로 제거 후 재성토, 연직배수재 시공, 성토를 통한 중단조정, 중앙 분리대 미 분리 등이다. 원설계에서 파악된 한계점은 다음과 같다.

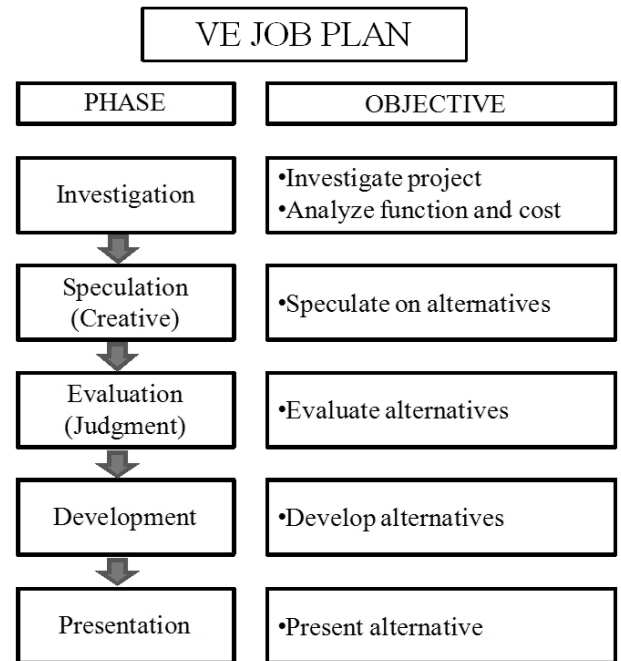


Fig. 4. Value Engineering job plan phases (West Virginia Department of Transportation, 2004)

4.1.1 시공성 저하 및 추가 사업비 필요

설계에서는 기존 고속도로를 제거 후 연약지반 처리공법을 적용토록 되어있다. 하지만 오래전 기존도로 건설당시 일부 구간만 연직배수재(PVD)를 적용하고 나머지 구간은 연직배수공법 적용 없이 하부에 모래, 자갈, 암버력 등을 이용해 성토작업이 시행되었다. 이와 같은 자갈, 암버력은 기존도로 건설당시 및 도로 운용 중 원지반 하부로 침하되어 급변 확장공사 시 암버력 제거 어려움, 연직배수재 시공성 불량, 기존도로 제체 제거토의 적재장소 및 운반로 미비 등으로 시공성이 극히 불량 할 것으로 예상된다(Kim et al., 2012).

또한 기존도로의 제거에 따른 페아스콘 처리에 따른 사업비 증액이 예상된다. 기존도로에 대한 코어채취를 통해 확인한 덧씌움 포장 두께는 교대부의 경우 장기간에 걸친 침하부 덧씌우기포장(overlay)으로 아스콘 두께가 1~1.5m에 달하는 것으로 조사되었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 연약지반 구간이 11.3km로 이 전체 구간에서 포장 제거로 인해 발생하는 페아스콘 양은 상당할 것으로 예상된다.

4.1.2 기존도로 PBD 시공성 불량

기존 도로 건설당시 원지반 아래 침하된 암버력 및 조립질 재료의 저항으로 일반적인 PBD 배수재 시공이 불가할 것으로 예상된다. 그래서 별도의 천공굴착 시공이 필요하다. 이에 따른 시공지연 및 사업비 증액이 필요하다. 기존도로 제체를 제거 후 PBD 시공 시 지반교란으로 인한 연동침하 등 지반안정화 저해요인이 발생할 수 있다. 기존도로 법면부 천공후 PBD 배수재 설치는 천공시간에 따른 공기 과다 소요인접공 시공에 따른 공벽붕괴 및 재천공, 관입공에 대한 별도의 공내충진작업 등 시공성 저하로 공사지연이 예상된다(Kim et al., 2012).

4.1.3 복합공종 다단계 시공에 따른 공기부족

공사 착공 초기는 민원 및 용지 협의매수 지연 등으로 연약지반 처리작업을 적기에 착수할 수 없는 실정이다. 그런데 그림 3에서와 같이 “기존도로 제거 후 PBD 시공”과 같은 복합공종의 다단계 작업으로 시행 시 연약지반처리 공기 부족이 예상된다. 참고로 1996년 준공된 남해선의 경우 확장 및 기존도로 두 구간의 연약지반 처리를 위한 공기 24개월을 설계 반영하였으나, 착공 후 확장구간 처리에만 24개월 이상 소요되어 기존도로 구간 연약지반 처리 공기 부족으로 연약지반 무처리로 변경을 시행 한 바 있다

(Korea Expressway Corporation, 2006; Kim et al., 2012).

4.2 설계 개선 방안

4.1에서 언급된 기존 설계안에 내포된 여러 문제점을 해소하기 위해서는 설계안의 개선이 필요하다. 이를 위해 먼저 FAST Diagram 분석을 토대로 기능간 Cost를 분석하고, DARE(Decision Alternative Ratio Evaluation System) 법에 의거 기능별 가치지수를 산정하여 중점개선 대상기능을 선정하였다. 선정된 기능은 종단선형 조정과 기존도로 지반안정이다. 그 다음 이 기능에 대한 개인별, 집단별 브레인스토밍과 기존 설계자료 검토를 통하여 기능별 아이디어를 창출하고(창조단계) 분석평가(분석평가단계)를 거쳐 최적의 대안(구체화개발 및 제안단계)을 선정하였다: 기존도로 하부 연약지반 무처리에 따른 평면 및 종단 선형 조정. 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

4.2.1 기존도로 하부 연약지반 무처리 및 종단 하향조정

기존도로는 성토에 의한 종단 조정 없이 덧씌우기 포장을 통한 포장보수 및 종단조정을 시행하여 하부 연약지반 무처리가 가능하도록 한다. 신설도로는 침하량 발생이 최소화 될 수 있도록 Ministry of Construction and Transportation(2003) “도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침”에 의거 최소 종단경사 기준을 변경(0.5%이상 → 0.3%이상)하여 성토고 하향 조정(최대 5m)으로 상재하중을 감소시킨다. 또한 본선 횡단 교량 형식 변경(하부통과 → 상부통과)및 교량의 통과높이 형하 여유고 조정을 통하여 가능한 기존고속도로 종단고와 유사하도록 한다(Fig. 5).

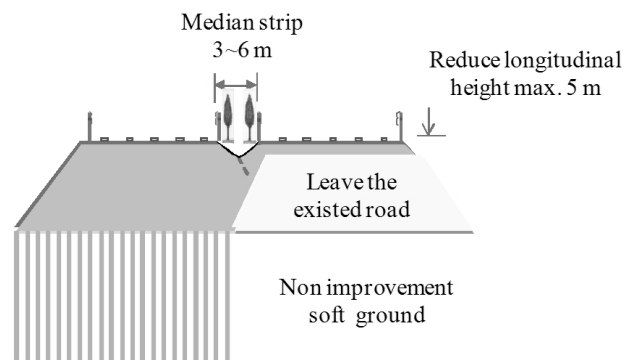
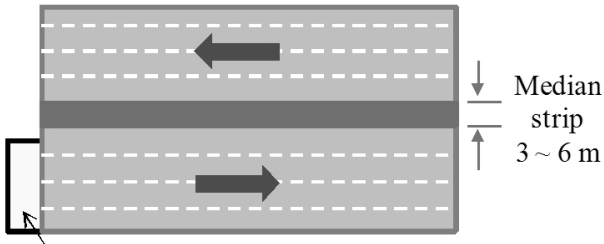


Fig. 5. Overview of proposed alternative design of road expansion



The existed road

Fig. 6. Median strip in proposed alternative

4.2.2 선형분리

신설도로와 기존도로는 재하이력 차이로 인해 발생하는 침하가 서로 다른 부등침하 발생이 예상되므로 이로 인해 피해를 최소화하기 위한 방안이 필요하다. 종단하향조정 에 따른 여유부지 및 확장구간 선형변경에 따른 당초 설계 된 폐도구간을 활용하여 원설계의 중앙분리대 구간에 3~6m의 녹지대를 설치, 방향별로 노선을 분리하는 방안이 고려되었다(Fig. 6). 녹지대를 활용한 중앙분리대는 일종의 피해저감구조물(resilient structure)로 신설확장측의 도로에서 발생하는 잔류침하량 수렴 역할과 기존도로측에서 발생하는 침하량 수렴 역할을 겸하는 구조물이다.

4.2.3 개선 효과

기존도로 준치 및 연약지반 처리공법 미 시행으로 변경 되는 공사량은 순성토 50만³ 감소와 연직배수재 길이 144만m가 감소된다. 기존도로 하부 PBD 시공 시 침하된 자갈, 암버력 등 조립질 재료의 저항으로 인한 처리비용 (천공 또는 제거) 및 기존도로 체제 제거토사 및 폐아스콘

처리 비용 등 사업비의 추가반영이 필요하였으나 개선방 안 적용 시 추가 사업비 증액이 불필요하다. 기존도로 무 처리를 적용하여 기존 설계 방안에서 작업단계를 대폭 축 소하여 최소 10개월 이상의 공기단축이 가능하다.

5. 개선안 가치 평가

Table 1은 설계 VE를 통해 도출된 주요 개선 설계 내용 을 정리한 것이다. 크게 기존도로 준치, PBD 미시공, 종단 하향 조정, 중앙분리대 분리 등이 주요 개선 사항이다. 이 들 개선 내용에 대한 가치 평가 결과는 다음과 같다.

5.1 원가 절감 효과 분석

초기공사비와 유지관리비를 기준으로 원가 절감을 산 정하여야 하나 유지관리비용은 일상적 보수에만 해당되어 초기공사비만을 기준으로 분석하였다. 기존도로 준치, 연 약지반 무처리, 종단하향조정과 평면선형 분리를 통해 절 감할 수 있는 금액은 30억 정도이다. Table 2는 공종별 금 액의 감소를 보여주고 있다. 개선 설계안을 통해 공사비를 26.8%를 절감할 수 있다.

5.2 기능 향상 효과 분석

시공성, 안정성, 경제성, 유지관리, 환경성 등에 중점을 두고 성능(기능) 향상 효과 평가가 이루어졌다. 각 항목별 구체적인 평가 내용은 Table 3과 같다. 평가는 항목별 등

Table 1. Proposed alternative factors in design

Original design	Proposed alternative
<ul style="list-style-type: none"> Removing the embanking of the existed road + re-preloading PBD installation Increase longitudinal height Connecting both ways 	<ul style="list-style-type: none"> Non-treatment of the existed road + preloading Eliminate PBD installation Decrease longitudinal height Dividing a median strip bilaterally

Table 2. Cost reduction through the proposed alternative

Type of work	Cost (billion won)			Cost saving rate (%)
	Original design	Proposed alternative	Cost variation	
Earthwork	90	82	-8	
Vertical drain	13	.	-13	
Horizontal drain	9	.	-9	
Total	112	82	-30	26.8

Table 3. Evaluation items and contents for performance improvement

Items	Contents
Safety	<ul style="list-style-type: none"> Residual settlement, coupled settlement, and cracks on pavement Disturbance problem in soft soil due to the PBD installation Stability problem structure located near construction site
Construction	<ul style="list-style-type: none"> Construction convenience of vertical drain installation Secure working space Construction phase and construction period
Cost	<ul style="list-style-type: none"> Cost saving Possibility of additional cost incurred
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> Cost reasonableness of residual settlement during operating road Drainage treatment of running water on road
Environment	<ul style="list-style-type: none"> Damage to the environment

Table 4. Evaluation results of function improvement

Items		Original design		Proposed alternative	
Function	Weighting (①)	Rank* (②)	Points (①×②)	Rank* (②)	Points (①×②)
Safety	7	4	28	4	28
Construction	10	1	10	5	50
Maintenance	5	3	15	4	20
Environment	2	3	6	3	6
Cost	7	2	14	4	28
Function points (F)		73		132	
Function improve index (FI)		-		80.8%	
* Rank		5 = significantly increase in value 4 = adequately increase in value 3 = increase in value 2 = decrease in value 1 = poorly decrease in value			

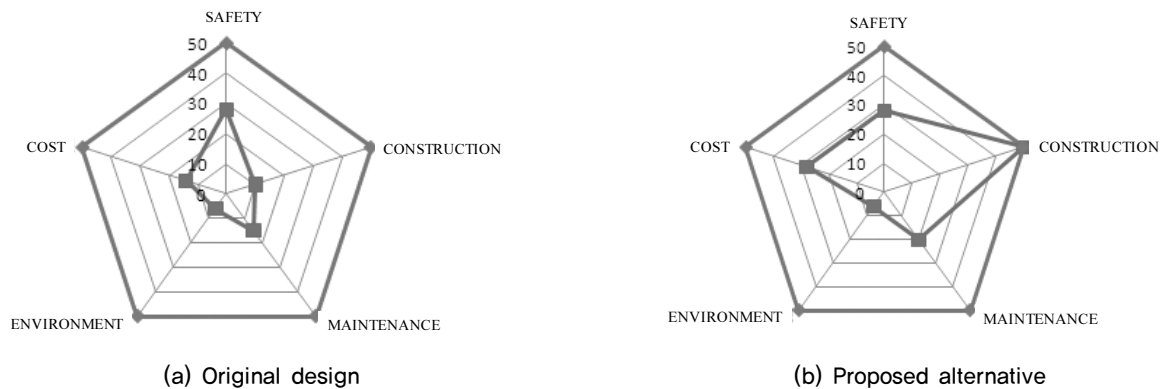


Fig. 7. Diagram of function improvement between original and proposed designs

급을 가치향상 중요도에 따라 5에서 1로 다섯 단계를 적용하였다. 평가 결과(Table 4, Fig. 7) 개선안을 적용하면 기능점수(F)가 73에서 132로 증가하고 기능향상지수(FI)가 80.8% 나타나 상당히 성능이 향상됨을 알 수 있다.

5.3 가치 향상 효과 분석

Table 5는 가치향상 효과분석 결과로 Table 4의 성능점수(F)를 원가상대비(C)로 나누면 가치점수(V)는 개선 설계안의 경우 181점으로 가치향상도가 2.48로 나타나 제안

Table 5. Value improvement

Items	Original design	Proposed alternative
Relative cost ratio (C)	1.00	0.73
Function points (F)	73	132
Value score (V)=(F/C)	73	181
Value improvement	.	2.48

된 개선 설계안의 가치가 크게 향상됨을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구는 대심도 연약지반에서 기존 고속도로를 확장하는 공사를 수행하는데 있어 적합한 설계 방안을 찾기 위해 진행되었다. 이를 위해 남해고속도로 제2지선 확장공사 설계에 대한 VE결과를 연구 대상으로 활용하였다. VE는 Job plan 이라 불리는 정보수집단계, 창조단계, 분석평가단계, 구체화개발단계, 제안단계로 구분되는 절차에 따라 진행되었다.

정보수집단계에서 원설계의 기존도로 제거 후 연약지반 개량공법 시행 후 채성토에 따른 시공성 저하 및 사업비 증액, PBD 설치 문제, 복합공종 다단계 시공에 따른 공기부족 등의 개선이 필요한 요소들이 확인되었다. 이와 같은 현황에 대해 개선방향을 제안하기 위해 아이디어 창조단계, 분석평가단계, 대안 구체화 개발단계, 최종 제안 단계를 거쳐 다음과 같은 대안이 제안되었다. 기존도로 하부 연약지반 무처리 및 종단 하향조정으로 상재하중 감소를 통한 침하량 최소화, 양방향 접속부의 단차발생, 종단균열 예방을 위한 기존도로와 신설도로의 선형분리 등이다.

제안된 설계 개선안에 대한 가치개선 평가 결과 다음과 같은 성과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 원가절감 효과 분석 결과 개선안을 통해 절감할 수 있는 금액은 30억 정도로 공사비를 26.8% 절감할 수 있다. 시공성, 안정성, 경제성, 유지관리, 환경성 등에 중점을 두고 성능(기능) 향상 효과 평가 결과 성능점수(F)가 73(원설계)에서 132(개선안)로 증가하고 기능향상지수(FI)가 80.8% 나타나 상당히 성능이 향상됨을 알 수 있다. 가치 향상 효과 분석 결과 가치점수(V)는 개선 설계안의 경우 181점으로 원 설계에 비해 가치향상도가 2.48로 나타나 가치 향상이 발생됨을 알 수 있다.

Acknowledgement

This study was performed with the support and cooperation of the Naengjeong-Busan Construction Agency of the Korea Expressway Corporation.

References

- Cheong, Ha-Ik, Lee, Yong-Su, Cheong, Gil-Su, Jin, Hyeon-Sik, Cheong, Moon-Gyeong, Woo, Jae-Yoon, Cho, Sam-Deok, Kim, Young-Jin, Ahn, Tae-Bong, Kim, In-Dae, Koh, Gap-Su, Park, Young-Mok (1999), *A Study of the Consolidation Characteristics of Soft Ground*.
- Cheong, Jong-Hong, Cho, Seong-Min, Kim, Hong-Jong, Cheong, Gyeong-Ja, Park, Joong-Gyu, Kim, Dong-Seung(2005), *A Study of the Settlement Evaluation and Maintenance of Long-Term Settlement for the Highway on the Soft Grounds*, Expressway & Transportation Research Institute.
- Choi, Young-Cheol, Cheon, Sang-Su, Park, Yang-Su, Yang, Hak-Seung (2003), *A Study of Compaction Density of Surcharge on Soft Ground*, Expressway & Transportation Research Institute, pp.200.
- Chun, Kyoung-Sik (2007), *Current Status and Suggestions of Performance and Value Assessment in Design VE*, Korean Society of Civil Engineers Magazine, Vol.55, No.2, pp.41-46
- Kim, Hong-Jong, Cho, Seong-Min, Cheong, Jong-Hong, Cheong, Gyeong-Ja, Soe, Jin-Won, Lee, Ji-Young (2004), *Countermeasures for Maintenance of Highway on Soft Ground(II)*, Expressway & Transportation Research Institute, pp.46.
- Kim, Seong-Hwan, Noh, Han-Seong(1995), *A Study on the Settlement Estimation of Soft Ground*, Expressway & Transportation Research Institute, pp.300.
- Kim, Tae-Hyung, Park, Tae-Young, Kim, Sung-Ryul, You, Sang-Ho, Kim, Kook-Han, Kim, Yun-Tae (2012), *Design Improvement of the Road Expansion on a Deep Thick Soft Ground*, Journal of Korean Geotechnical Society, Vol.28, No.8, pp.89-99.
- Korea Expressway Corporation (2006), *Report of Namhae Expressway Expansion Project*.

9. Korea Expressway Corporation (2008a), *Ground Survey Report for the Expansion Project between Naengjeong and Busan of Highway No. 104 in Namhae Expressway* : Section No.3-1.
10. Korea Expressway Corporation (2008b), *Ground Survey Report for the Expansion Project between Naengjeong and Busan of Highway No. 104 in Namhae Expressway* : Section No.3-2.
11. Korea Expressway Corporation (2008c), *Ground Survey Report for the Expansion Project between Naengjeong and Busan of Highway No. 104 in Namhae Expressway* : Section No.4.
12. Korea Expressway Corporation (2012), *A Study on the Development of a Computer Aided VE System*, p.80.
13. Korean Geotechnical Society (2005), *Soft Ground*.
14. Korea Land Corporation (1992), *Study on Settlement Measurement in Soft Ground Improvement (I)*.
15. Ministry of Construction and Transportation (2003), *Manual and Guideline for Standards of Road's Structure and Facilities*.
16. West Virginia Department of Transportation (2004), *Value Engineering Manual*, p.187.