

GSIS에 의한 토목구조물의 최적위치 결정

On the Optimum Site Assessments of
a Structure by GSIS

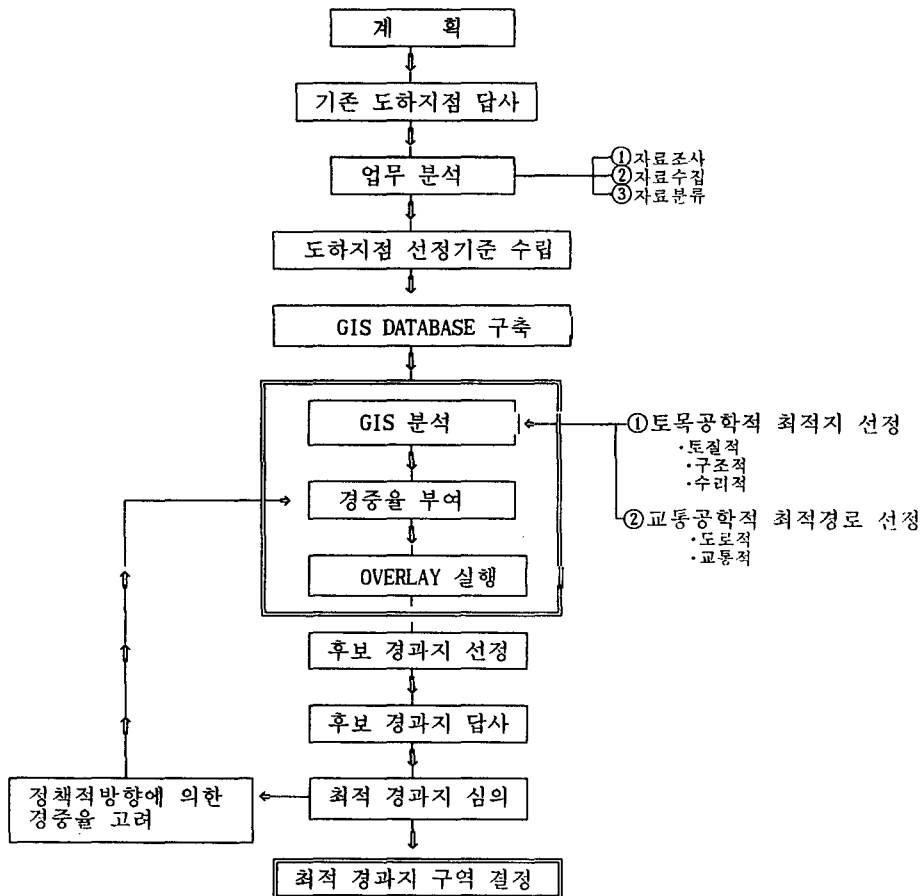
양인태

강원대학교 토목공학과 교수

1. 서설

지방자치제에서의 행정은 주민의 의사와 밀접한 관계를 맺고 있다. 특히 주민생활과 밀접하게 관계된 사안에 대해서는 주민의 의견 수렴 및 그에 따른 합리적인 사안해결 제시가 가능해야 한다. 교량 가설위치의 결정은 가설위치 주위의 사회, 경제, 환경 등에 대하여 커다란 영향을 준다. 그러므로 교량의 가설위치를 결정함에는 누구나 인정할 수 있는 타당한 자료가 있어야 하는 데, 그에 영향을 주는 인자들은 너무나 많으며, 이러한 인자들에 대하여 기준을 정립하고, 그 기준을 동시에 고려한다는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 그러므로 이 연구에서는 GIS를 도입하여 교량가설위치결정에 있어서 보다 합리적이고, 객관적이고, 과학적으로 의사결정을 하는 방법론에 대하여 고찰하였다.

이 연구에서는 다음의 <그림 1>과 같은 연구수행체계에 따라 춘천의 소양3교의 가설위치를 선정할 예로 연구하였다.



<그림 1> 연구 흐름도

2. GIS 분석

2.1. GRID분석

교량의 가설위치의 선정에는 두 가지의 거시적 측면으로 부터 시작하여야 한다. 하나는 토목적인 측면인데 이는 교량이 가설이 되기 위한 타당한 지역에 대한 수리적, 구조적, 토목적 차원이라고 말할 수 있다. 그 다음의 측면으로는 도로의 확충및 건설에 있어서 요즘 그 중요성이 증대하고 있는 교통에 관한 것이다.

즉, 교통에 따른 기존의 도로망 분석이 충분히 사전 수행이 되어야만 장래의 교통량 증대에 따른 신설된 도로 및 교량의 이용율의 증대를 가져오도록 유도할 수 있게 되는 것이다. 따라서 위의 분석 구성도에서 나타나듯이 토목적인 측면에서는 최적지 선정에 따른 GIS의 GRID분석을 이용하였으며 도로교통적 측면에서는 교통량에 대한 분석을 위해 GIS의 NETWORK분석을 이용하여 최적 경로를 파악하도록 하였다. 따라서 이러한 GIS의 두 가지 기능을 이용하여 본 연구를 수행하기 위해서는 도하구간 분석모델을 만들 필요가 있는데 이를 표시하면 다음과 같다.

가) 그리드 분석기능

그리드 분석기능에 이용되는 작동자(operator)에는 산술계산자, boolean계산자, 관계형계산자, bitwise계산자, 조합계산자, 논리적 계산자, 누적계산자, 할당계산자, 삼각계산자, 지수 및 대수함수 계산자, 분류계산자, 선택계산자, 통계계산자, FOCAL계산자, ZONAL계산자, 거리계산자, 결합계산자, 조건계산자, 조건계산자, 측지변형계산자, 칼라모델변환계산자, 표면계산자, 형상분석계산자, 데이터변환계산자등이 있는데 산술계산자와 ZONAL계산자를 본과업에서 사용하였다.

나) GRID 분석방법

GRID 분석방법은 <그림 2>와 같은 순서에 의해서 실시하는데 간단히 설명하면 다음과 같다.

①분석구간선정

적지분석에 이용될 구역에 관한 경계를 명시하여 분석구역의 규모를 파악한다.

이 연구에서는 소양3교 가설위치에 영향을 미칠 수 있는 경계까지를 그 분석구간으로 한다.

②분야별 분석데이터 생성

분석구역에 대하여 ARC/INFO의 GRID모듈을 이용하여 구축된 자료를 레스터 데이터로 변환하는 작업을 시행하여 CELL단위로 분석을 수행한다.

③경중을 부여

분석에 사용되는 모든 분석 항목들간의 상대적인 중요도를 적용하여 지역 특성을 반영시키고 선정된 도하지점의 객관성을 유지시키기 위하여 저항치, 가중치 개념을 적용하여 해당 CELL에 값으로 부여한다

④중첩

각각의 레이어마다 입력된 CELL값을 이용하여 GIS의 OVERLAY기능을 이용하여 부울린 조합에 따라 해당지역을 중첩한다. 이러한 실행을 통해 새로운 중첩된 그리드를 생성하게 된다.

⑤경중을 합계산출

OVERLAY기능에 의해 각각의 레이어별 CELL값을 누계한 값을 산출한다.

⑥최적도하구역 선정

경중을에 따른 생성된 값중에 최소의 값을 가진 CELL들에 대한 경계를 지정하여 최소 저항치

값을 가진 구역을 추출하여 그곳을 최적 도하구역으로 선정한다.

2.2. NETWORK분석

가) NETWORK분석기능

사람의 이동, 교통과 상품과 서비스의 분배, 자원의 전달, 그리고 정보의 상호교환이 모두가 정의된 network system을 통해 발생한다. network을 가지고서 효율적 path와 travel의 연속적인 결과를 결정지을 수 있다. network기능에는 allocation기능으로 network과 network의 구간에 재원공급위치를 할당하는 것과 tracing기능으로 network의 한 위치가 다른 곳에 연결되었는지를 결정하기 위한 수단제공과 spatial interaction기능으로서 인구와 집중되는 center 사이에 상호작용에 대한 잠재성 평가제공과 network을 통해 가장 짧고 최소인 임피던시를 찾는 pathfinding기능과 수많은 재물이 분산배치되어 있는 곳에 대한 최소경비의 루트를 찾아내는 tour 기능이 있다. 이 연구에 적용한 기능은 NETWORK을 통해 가장 짧고 최소인 임피던시를 찾기 위한 분석기능으로서 최적경로분석에 이용되었다.

나) NETWORK분석방법

①분석경로 선정

연구지역에 대해서 기존 노선및 다방향 경로를 통하여 통과노선및 우회노선 등에 대한 고려와 함께 분석대상경로를 선정한다.

②경로별 분석데이터 생성

기존 도로망및 도시계획도로망에 대하여 다방향 경로에 따른 지역적 접근도를 고려한 NETWORK구성시에 요구되는 SECTION을 가로별마다 생성한다.

③지체율 부여

구성된 SECTION에 대하여 순행시간 및 가로별 교차로별 지체율을 부여한다.

④중첩

GIS기능에 있어서 다이내믹 세그멘테이션을 통하여 ARC별 중첩을 통하여 도로적, 교통적, 기상적 영향을 고려한 임피던시를 알아내고 PATHFINDING기능을 통하여 존별 최적경로선정을 통한 교통량의 효율적인 배분을 통한 노선에 대한 NETWORK을 구성한다.

⑤임피던시 합계산출

PATHFINDING기능을 통하여 각 지정된 기점-종점간에 교통의 흐름에 영향을 끼치게 되는 임피던시의 합계를 산출한다.

⑥존별 최적경로 선정

존별 존간에 발생하게 되는 통행량을 최소의 임피던시가 산출되어진 경로에 배분하여 최적의 경로에 대한 여부검토와 더불어 최적경로에 대한 위치선정을 한다.

⑦후보경과지 선정

GRID분석과 NETWORK분석을 통해 파악된 구간과 경로에 대하여 경중율과 지체율에 대한 영향요소를 고려하여 최소의 값을 가지게 되는 후보경과지를 2~3개정도 선정한다.

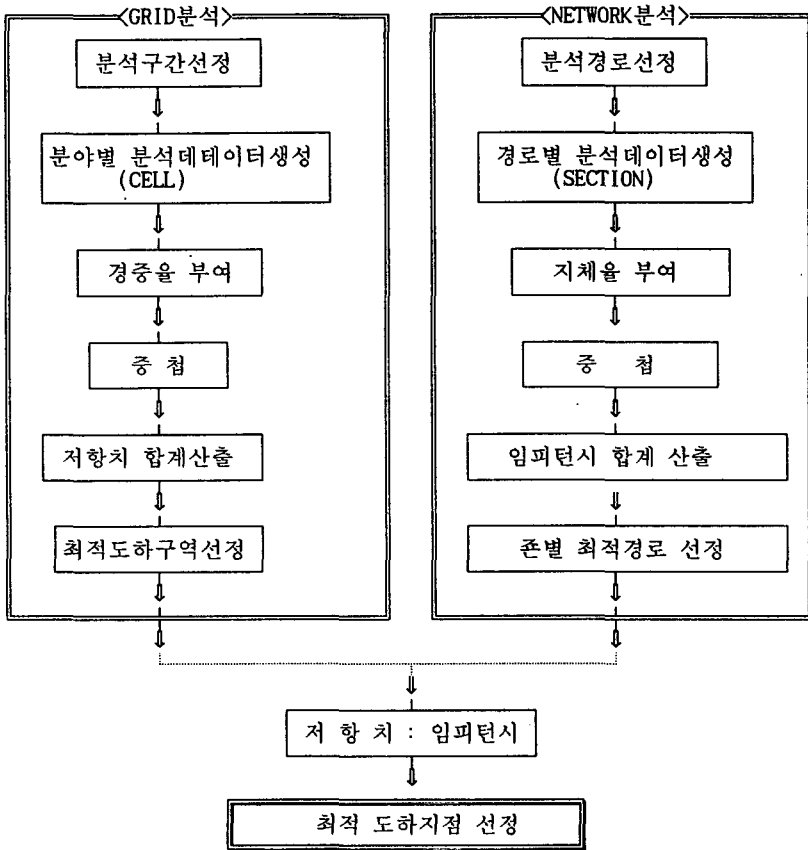
⑧후보경과지 답사

분석결과에 대한 검증을 위해 후보경과지에 대한 현장답사를 실시하여 자료의 잘못된 입력으로 인한 도저히 가설될수 없는 곳에 후보경과지에 대하여 파악한다.

⑨ 최적경과지 심의 및 최적경과지 구역을 결정

2.3. 도하구간 분석모델

최종적으로 그리드와 네트워크의 분석을 통하여 나온 결과치인 저항치와 임피던시를 통하여 소양3 교예정안에 따른 최적지를 선정하였다.



<그림 2> 도하구간 분석모델

3. 대안선정

3.1 선정기준

3.1.1 저항치 선정

저항치란 교량가설의 난이도로 표현될 수 있는데 교량건설이 절대 불가능한 지역은 통과불가로 하고 교량건설이 가장 어려운 지점과 아무런 영향을 주지 못하는 곳을 네 등분하여 각각을 5, 3, 1 및 0으로 하였다.

<표 1> 저항치 평가기준표

저항치	평가기준
통과불가	교량이 절대 건설될 수 없음
5	교량건설이 가장 어려움
3	교량건설이 어느 정도 허용되며 중간정도의 어려움을 줌
1	교량건설에 약간의 영향을 줌
0	교량건설에 아무런 영향을 미치지 못함

3.1.2 가중치 부여

교량건설시 통과되는 경과지 분석을 실시할 때 요소간의 상관관계를 나타내는 가중치 부여는 대상지역의 특수성과 지방자치단체의 계획관의 판단에 따라 매우 중요한 변수로 작용한다. 따라서 소양3교 교량의 도하지점에 따른 최적지역 경과지 분석시엔 현지답사를 통해 지역적 특수성을 파악하고 전문가의 의견을 수렴하여 경과지 산정 분석의 가중치를 산정하여 적용한다. 가중치 산정 방법은 다음과 같다.

① 모든 항목에 대해 세로축으로는 평가항목을 가로축으로는 비교항목을 나열하여 아래와 같이 항목별 가중치산정 분석표를 작성한다.

② 분석표에서 평가항목별로 비교항목과 1:1 대응하여 중요도를 비교한다. 이때 평가항목이 비교항목보다 상대적 중요도가 높을 경우 1점, 낮을 경우 0점, 그리고 우열을 가리지 못할 경우 0.5점을 부여한다.

③ 이러한 과정을 모든 평가항목에 대하여 반복하여 분석표를 완성한 다음 평가항목별로 가로축의 수치를 더하여 평가항목합계를 구하며 이것이 항목별 가중치가 된다.

<표 2> 항목별 가중치 산정 분석표 예

비교항목 평가항목	가중치 (평가항목합계)	항목-1	항목-2	항목-3	-----	항목-n
항목-1	Sum-1	/	1	0	0.5
.	Sum-2	.	/	.	/	.
.	.	.	.	/	.	.
항목-n	Sum-n	0.5	1	0		/

④ 이를 최적경과지 선정기준에 적용할 때는 이해의 편의상 이들 가중치의 합이 100이 되도록 평가항목에 비례계수를 곱하여 최종가중치로 확정한다.

⑤ 저항치 와 가중치가 곱해져서 최종적인 저항치가 되며 항목별 저항치에 의해 경과지 선정 기준표를 작성한 후 이 기준표에 의해 GRID를 이용하여 적합성 분석도가 만들어진다. 각 항목별 적합성 분석도가 중첩되어 최종경과지가 선정된다.

<표 3>이 가중치 평가표이고, <표 4>가 저항치 산정표이다.

<표 3> 가중치 평가표

비교항목 평가항목	가중치 (평가항목 합계)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1 분기점	4.5	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0	0.5	1	0.5	0.5	
2 합류점	6.5	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	
3 굴곡부	6.5	1	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	
4 하천횡단거리	9	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0.5	1	1	0.5	
5 표고	7	0.5	0.5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.5	1	1	0.5	
6 지형경사	3.5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.5	0	0	0	
7 용지이용	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	
8 시공, 유지보수	8.5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0.5	0	1	
9 지질	8.5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0.5	1	1	1	
10 토지이용계획	10	0	0	0	0	0	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	0.5	1	
11 도시기본계획	8	0	0	0	0	0	0.5	1	1	0.5	0.5	0	1	0	1	1	0.5	1	1	
12 관광유원지계획	9.5	0.5	0.5	0	1	0	0.5	1	1	0.5	0.5	0	1	0	0.5	1	0.5	1	1	
13 용지접근	6.5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0.5	1	1	1	1	
14 공시지가	12	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
15 도로접근성	5	0	0	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0	0	0	0.5	0	1	1	1	
16 호수환경	11.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0	0.5	1	1	1	
17 하천부지이용	12.5	1	1	0	1	1	0	0.5	0	0.5	1	1	1	1	0	1	1	1	0.5	
18 개발가능지	11.5	0.5	0.5	0	1	1	0	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0	1	1	1	0.5	
19 수변유형	11.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0.5	0.5	

* 평가항목이 비교항목보다 상대적중요도가 높은 경우 1점, 낮은 경우 0점, 그리고 우열을 가
지지 못할 경우 0.5점

<표 4> 항목별 평가기준표

기준구분	기준항목	평가기준	저 항 치	가 중 치	적 용 여 부	비 례 계 수	비 례 가 중 치	최 종 저 항 치	참고자료	
기술 적 요 소	하천도하지점	분기점	1	4.5	○	0.775	3.49	3.49	(대)하천개황도	
		합류부	3	6.5	○			5.04		15.12
		굴곡부	5	6.5	○			5.04		25.2
	하천횡단개소	2.5km이상	5	9	○	0.775	6.98	34.9	X	
		1.5~2km이상	3		○			20.94		
		1~1.5km이상	1		○			6.98		
		1km이내	0		○			0		
	표고	100m이하	1	7	○	0.775	5.43	5.43	(대)표고분석도	
		100~200m이하	3		○			16.29		
		200m이상	5		○			27.15		
	지형경사도	10%이상	0	3.5	○	0.775	2.72	0	(소)지형경사도	
		10~20%	1		○			2.72		
		20~30%	3		○			8.16		
		30%이상	5		○			13.6		
	용지이용현황	특수작물지	5	6.5	○	0.775	5.04	25.2	(대)토지현황도	
		논·밭구역	3		○			19.5		
		삼림(임야)구역	1		○			5.04		
		잡목(잡종지)구역	0		○			0		
	시공 및 유지보수	산악지(표고30m이상)	3	8.5	○	0.775	6.59	19.77	(소)표고분석도	
		산악지(표고30m이하)	1		○			6.59		
평지		0	○		0					
야산		5	○		32.95					
지질	연약지반	5	8.5	×	X	X	X	X		
	점성토	3		×						
	점성토~사질토	1		×						
	사질토	1		×						
사회적 · 경제적 요 소	토지이용계획	자연공원	3	10	○	0.775	7.75	23.25	(대)토지이용계획도	
		신산업단지	0		○			0		
		유원지	1		○			7.75		
	도시기본계획	주거지	1	8	○	0.775	6.2	6.2	(대)도시계획기본도	
		공업지	3		○			18.6		
		상업지	0		○			0		
		공원지	3		○			18.6		
		개발제한지	5		○			31		
	공시지가	주거지	5	12	○	0.775	9.3	46.5		
논·밭		1	○		9.3					
산악지		1	○		9.3					

기준구분	기준항목	평가기준	저 항 치	가 중 치	적 용 여 부	비 례 계 수	비 례 가 중 치	최 종 가 중 치	참고자료
교통 적 요소	도로접근성	독립적 평가요소로 처리함							
	교통체중	독립적 평가요소로 처리함							
환경 적 요소	호수환경	평탄지	0	11.5	○	0.775	8.91	0	(대)자연환경분석도
		절개지	1		○			8.91	
		공원	3		○			26.73	
	하천부지현황	평탄지	0	12.5	○	0.775	9.69	0	(소)하천부지현황도
		절개지	1		○			9.69	
		공원	3		○			29.07	
		유원지	5		○			48.45	
	개발가용지	개발가용지	0	11.5	○	0.775	8.91	0	(대)개발가용지분석도
		기계획지	0		○			0	
		개발제한구역	3		○			26.73	
		상수도보호구역	5		○			44.55	
		C.B.D	5		○			44.55	
		주거지	3		○			26.73	
		농경지	1		○			8.91	
		급경사지	3		○			26.73	
	수변유형	갈대포락지	1	11.5	○	0.775	8.91	8.91	(대)수변유형별분석도
		모래/자갈포락지	1		○			8.91	
		수림포락지	1		○			8.91	
		호안블럭형	1		○			8.91	
		석축형	1		○			8.91	
		절개지형	1		○			8.91	
교량형		3	○		26.73				
철로형		5	○		44.55				
누 계			129			100			

3.2 기준별 대안 선정

3.2.1 개별분석

개별적 분석은 앞서서도 서술했듯이 기술적 측면, 사회-경제적 측면, 환경적 측면의 세 가지 측면에서 분석하였다.

(가) 기술적 측면

기술적 측면에서 도입한 요소는 <표 4>에서와 같이 7개의 기준항목을 선정하였으며, 그 각각에 저항치를 부여하여 중첩시켜서 도로망과 함께 표현한 것이 <그림 3>이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 어떤 도로이건, 또는 어떤 위치이건 저항치가 0인 완전무결한 경우는 발생할 수 없다. 따라서 저항치가 작은 경우부터 삭제하여 나가면 저항치를 39까지 제거했을 때 제3안에서 제일 먼저 대안이 도출됨을 알 수 있다.

(나) 사회, 경제적 측면

사회-경제적 측면에서는 토지이용계획, 도시기본계획 및 공시지가의 세 가지를 기준항목으로 택하였다. 이 경우도 앞의 기술적 측면과 같은 방법으로 저항치의 합을 중첩시켜 나타낸 것이 <그림 4>이다. 사회-경제적 측면의 경우는 기술적 측면의 경우에 비하여 저항치가 비교적 크고 대부분의 위치에 대하여 균등하다. 따라서 저항치가 50인 지역을 제외하더라도 최적대안이 도출되지 않고 있으며 저항치를 약간 높일 경우에는 모든 안이 최적이 되어 도출된다. 따라서 사회-경제적 인자만을 고려할 경우는 최적이 안을 도출할 수 없다.

(다) 환경적 측면

환경적 측면은 호수환경, 하천부지현황, 개별가용지 및 수변환경의 네 가지 항목을 기준으로 하였는데 저항치가 비교적 낮게 나타나고 있다. 즉 교량의 위치선정시에는 환경적 측면이 크게 좌우하지는 않음을 알 수 있다. 이 경우도 환경인자의 저항치를 중첩한 것이 <그림 5>인데 여기서 저항치가 20이상인 지역을 나타내었을 때 제5안을 제외한 제1안부터 제4안까지 모든 안이 환경적 제한을 받지 않는 것으로 분석되었다.

3.2.2 복합분석

복합분석은 개별적 분석에서 기술적, 사회-경제적 및 환경적인 측면의 세 가지 경우를 경우의 수 만큼 각각 대응시켜 나타낸 것으로 이 중에서 저항치 85이상 만을 도출한 것으로 기술적 측면의 영향으로 제 3안이 최적이 안으로 도출되었다.

사회·경제적인 측면과 환경적인 측면을 함께 고려한 경우는 환경적인 경향을 받아 제1, 제2, 제3, 제4, 제5안 모두가 타당한 안으로 도출되었다.

환경적인 면과 기술적인 면을 함께 고려한 경우는 기술적인 측면의 영향으로 제3안이 최적이 안으로 도출되었다.

마지막으로 세 가지 측면에서 모두를 고려한 경우 저항치가 105인 지역만을 추출했을 때 제3안과 제4안이 최적이 안으로 도출되었다.

3.3 종합적 대안산정

이상에서 살펴본 바와 같이 교통적인 측면, 기술적인 측면, 사회경제적인 측면 및 환경적인 측면을 분석한 결과 교통적인 측면에서는 제1안은 고려를 안했으며 제2안과 제3안중에서는 제3안이 우세한 것으로 분석되었으며, 기술적인 측면에서는 제3안이 우세하며 사회적인 측면에서는 어느 안도 최적이 없었으며, 환경적인 측면에서는 제1안, 제2안, 제3안 및 제4안이 모두 타당하다고 판정되었다. 따라서 최종적으로는 제3안과 제4안이 타당하며 이중 제3안이 최적으로 도출되었다.

<표 5> 최종예정안

예정안 구분	1안	2안	3안	4안	5안
기술적	열세	열세	우세	열세	열세
사회적	열세	열세	열세	열세	
환경적	우세	우세	우세	우세	고려안함
교통적	고려안함	열세	우세	고려안함	고려안함
계	불가	불가	최적안	최적안	불가
종합평가	不	不	可	可	不

4. 결 론

본 연구에 있어서 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

첫째, 교량가설이나 이와 연관된 접속도로의 건설에 있어서 GIS을 이용한 위치선정시 다양하고 복잡한 관련인자들을 종합분석 할 수 있었다.

둘째, 지방자치화에 따른 지역 현안 결정에 있어서 과학적이고 객관적이며 타당한 최적의 위치선정을 통해 지방행정 정책결정에 커다란 도움을 줄 수가 있었다.

셋째, 도시계획상의 지속적인 도로계획에 있어서 변화하는 인자들을 지속적으로 고려 및 분석함에 따라 단속적이며 일률적인 도로망 계획을 체계적으로 수립할 수 가 있을 것이다.

넷째, GIS에 의한 면대 선의 중첩기능이 추가된다면 교통적 요소에 있어서 더욱 설득력 있는 최적위치를 분석할 수 있을 것이라 기대된다.

5. 참고문헌

1. ESRI-INC, "NETWORK ANALYSIS-MODELING NETWORK SYSTEMS", ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE.INC, PP3.1-3.23.
2. ESRI, "CELL-based Modeling with GRID"
3. 양인태, 최영재, "교통량추정모델과 GIS의 결합기법에 관한 연구", 대한 토목학회 학술발표회, 1993.
4. 양인태, 백종원, " GIS를 이용한 교통계획과 교통량 분석에 관한 연구", 강원대학교 대학원 1993.
5. 양인태, 김용남, " 도시계획을 위한 GIS의 응용에 관한 연구", 대한토목학회, 1993.
6. 양인태, 박형근, " GIS를 이용한 도로교통용량에 따른 최적경로", 대한토목학회 학술발표회,1996
7. 지구공간정보공학연구실, "지구공간정보공학", 강원대학교 토목공학과 지구공간정보연구실, 1993.
8. 유복모, "시형공간정보론", 동명사, 1994.
9. 춘천시, "춘천시 교통정비기본계획", 1994.12.
10. 춘천시, "춘천도시기본계획변경", 1993.7.
11. 춘천시, "춘천호반관광유원지조성기본계획", 1995.