

최소토피고 미확보 구간에 시공한 파형강판 암거의 변형 특성

Deformation of Corrugated Steel Plate Culverts in the Areas with Minimum Depth

김 명 일¹⁾ · 박 두 희[†]

Myoungil Kim · Duhee Park

Received: April 11th, 2014; Revised: May 2nd, 2014; Accepted: June 5th, 2014

ABSTRACT : This paper deals with the characteristics of deformation of the underground corrugated steel plate culverts constructed in the areas where the minimum depth of within 1.5 m soil cover is not secured in the bottom of highways. The underground corrugated steel plate culverts at shallow depth are often designed and constructed with the consideration of the minimum depth of soil cover according to the design standards, which was made in order to minimize any deformation. Additionally, if under unfavorable conditions, slabs are set up for stress relaxation to disperse and minimize the weight of loads transferred to the corrugated steel plate culverts. Nevertheless, if the underground corrugated steel plate culverts are built in areas where the minimum depth of soil cover inevitably cannot be secured, there may occur some deformation. In this paper, a research was carried out to identify the characteristics of deformation in areas where the minimum depth of soil cover is not secured. The result shows that there existed the deterioration of pavement and in its smoothness around the corners of slabs for stress relaxation. To this end, this paper studied the structural stability of the underground corrugated steel plate culverts established in the areas with no minimum depth of soil cover secured, with the consideration of causes and solutions of pavement deterioration.

Keywords : Corrugated steel plate culverts, Relieving slab, Minimum depth, Deformation

요 지 : 본 논문에서는 고속도로 하부의 최소토피고 1.5 m 미확보구간에 시공한 파형강판 암거의 변형 특성에 관한 내용을 다루고 있다. 대부분 저토피구간에서의 파형강판 암거는 변형을 최소화하기 위하여 설계기준에서 제시된 최소토피고에 준하여 설계 및 시공하게 되어있다. 또한 시공 여건이 여유치 못할 경우 응력이완슬라브를 설치하여 파형강판으로 전달되는 하중을 분산 및 최소화 시키고 있다. 그러나 부득이 최소토피고를 확보하지 못한 구간에서 파형강판 암거 시공을 할 경우 일부 변형이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 최소토피고 미확보 구간에서의 변형 특성에 대해 조사를 실시하였고 조사 결과 실제 응력이완슬라브 모서리 부분의 포장 및 평탄성 불량 문제 등이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 이에 최소토피고 미확보 구간에 설치된 파형강판 암거의 구조적 안정성에 대한 검토와 포장파손의 원인 및 대책방안을 연구하였다.

주요어 : 파형강판 암거, 응력이완슬라브, 최소토피고, 변형

1. 서 론

1990년대 후반에 파형강판을 토목분야에 처음 도입하여 시공한 이후 고속도로에 약 758개의 파형강판 암거가 시공되어 운용 중에 있다. 고속도로 하부에 시공된 파형강판 암거는 도로 암거에 국한되어 시공되는 것이 아니라 수로, 생태 등 다양한 목적으로 시공되어 있다. 또한 그 이용범위를 확대해보면 도로분야를 포함한 철도분야, 수자원분야 등에서 생태터널, 피암터널, 암거, 수로시설, 소규모 교량 등으로 확대되어 적용되고 있다.

파형강판은 파형의 구조적 특성으로 인하여 동일한 두께

의 다른 강판에 비하여 10~30배 정도의 단면계수가 큰 것으로 알려져 있다. 또한 파형강판의 연성에 의해 뒤채움 흙과 파형강판이 동시에 저항하는 구조물로서의 특성을 지니고 있다. 파형강판 암거의 시공은 강판의 경량성으로 인해 운반 및 시공이 간편하며 공용 중인 도로현장에서도 시공이 가능하여 도입 후 짧은 경과시간에 비해 급속히 성장할 수 있었다(Kim, 2008; Roh et al., 2007).

그러나 이러한 파형강판 암거의 장점에도 불구하고 국내에 도입되기 전 도로 및 철도분야의 최소토피고에 대한 기준 산정 및 적용성에 대한 문제들이 제기되었다. 2000년대 초반 파형강판의 국내 도입 이후 최소토피고에 관한 연구들

1) Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University

† Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University (Corresponding Author : dpark@hanyang.ac.kr)

이 활발하게 진행되었고 특히 적용성에 있어서 고속도로 상에서의 장지간에 적용된 파형강판 암거의 최소토피고 평가 및 보강에 대한 연구가 진행되었다(Lee et al., 2004). 또한 파형강판 도입 초기 설계 및 시공을 위한 구체적인 기준의 필요성이 절실히 되고 있음을 인식하고 지중강판구조물의 설계 및 시공기준에 대한 연구를 진행한 바 있다(Cho et al., 2002).

그러나 Cho et al.(2002)과 한국도로공사(2003) 등 지중강판구조물의 설계기준 및 표준도 등이 2000년대 초반에 정립되면서 2000년대 이전 및 2000년대 중반에 설계 및 시공된 파형강판 암거의 경우 설계기준에 만족하지 못하는 사례가 있고 이들 중에서 일부 변상이 발생하여 안정상에 문제를 야기시키고 있다

최근 한국도로공사에서 운용 중인 고속도로 파형강판 암거의 변상을 점검한 결과에 의하면 누수, 균열, 처짐, 부식 등 여러 형태의 변상이 발생하고 있는 것으로 보고되고 있다(Yeou et al., 2010).

따라서 본 논문에서는 도입 초기 설계기준 부재로 인해 최소토피고를 확보하지 못한 구간에 대한 파형강판 암거의 변형 특성에 대한 내용을 분석하였다.

2. 이론적 배경

2.1 설계 및 시방기준

파형강판 암거의 설계기준은 대한토목학회(2007)에 상세히 명시되어 있다. 설계기준에 명시된 파형강판 암거의 파형강판의 규격은 파형의 피치, 깊이에 따라서 TYPE-1과 TYPE-2로 구분하며 파형강판의 상세는 Fig. 1에 나타낸 바와 같고 파형강판의 규격은 Table 1에 나타내었다.

파형강판 지중구조물의 토피는 측면 뒤채움부와 함께 구조물의 연성거동을 보장하는 중요한 역할을 하므로 재료와

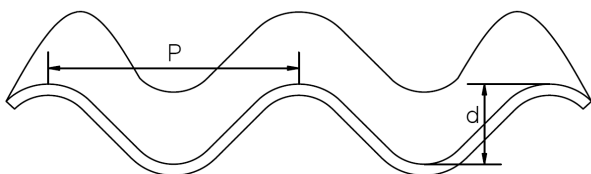


Fig. 1. Section of corrugated steel plates (대한토목학회, 2007)

Table 1. Standards of corrugation (대한토목학회, 2007)

Category	Pitch (p)	Depth (d)
TYPE-1	150~230 mm	50~65 mm
TYPE-2	380~600 mm	140~250 mm

두께 결정에 주의하여야 한다. 또한 토피는 다음 세 가지 중 가장 큰 값으로 결정되는 최소토피두께(d_c) 이상을 유지하여야 한다. 강성포장(콘크리트 포장) 및 도상자갈 두께는 토피에 포함되며, 연성포장(아스팔트 포장)은 토피두께 산정시 제외한다.

$$(1) 0.6 \text{ m}$$

$$(2) \frac{D_h}{6} \left(\frac{D_h}{D_v} \right)^{0.5} \text{ m}$$

$$(3) 0.4 \left(\frac{D_h}{D_v} \right)^2 \text{ m}$$

여기서 D_h 는 단면의 수평방향거리 중 최대 수평거리이며, D_v 는 단면의 수직방향거리 중 최대 수직거리를 의미한다. TYPE-2 파형강판의 경우 최소토피고는 1.5 m를 적용하며 최소토피두께가 확보되지 않는 경우에는 지중응력 저감과 압축 및 전단저항 증대를 위하여 콘크리트, 강재를 이용한 보강 슬라브나 토목섬유 보강재를 설치하는 등 적절한 보강대책을 수립하여 적용하도록 명시하고 있다(대한토목학회, 2007).

파형강판 암거의 구조적 뒤채움부의 시공은 1층 다짐 완료 후 두께가 200 mm 이하이어야 하며, 그 밀도는 600 mm 마다 KS F 2312의 C, D, 또는 E 다짐방법으로 구한 최대건조밀도의 95 % 이상이 되어야 한다. 또한 강판 벽체로부터 0.6 m 이내에는 소형 다짐장비를 사용하여야 하며, 9.8 kN 로울러 다짐을 실시할 경우 다짐횟수는 최소 16회 이상으로

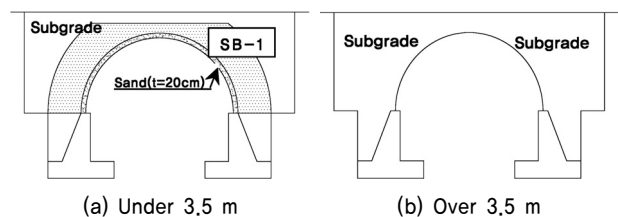


Fig. 2. Backfill material

Table 2. Backfill material

Standard criteria	Selected base material (Soil cover < 3.5 m)	Good quality earth (Soil cover ≥ 3.5 m)
Maximum size (mm)	≤ 75	≤ 100
Passing rate through 5 mm sieve (%)	30~65	25~100
Passing rate through 0.08 mm sieve (%)	0~10	≤ 15
Plasticity Index (PI)	≤ 6	≤ 10
Modified CBR (%)	≥ 30	≥ 10

규정하고 있다. Fig. 2와 Table 2에 나타내었듯이 뒤채움부는 토피고가 3.5 m 이하인 경우에는 SB-1을 사용하고, 토피고가 3.5 m 이상인 경우에는 노상토를 사용할 수 있도록 규정하고 있다(한국도로공사, 2012).

2.2 주요파괴형상

강판 항복(Yielding, Crushing)은 강판의 순수 압축파괴이며 작은 단면에서 큰 하중에 작용할 경우 주로 발생하는 파괴 형상이며 측면 또는 현치부분에서 많이 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 3(a)).

강판 좌굴(Buckling)은 단면이 큰 경우 발생하며 강판 내 축력에 비해 강판좌굴강도가 작은 경우 발생한다. 강판의 상부에서 주로 발생하며 뒤채움 강성에 영향을 받는다(Fig. 3(b)).

휨변형(Moment)의 경우 작은 휨강성(EI)으로 발생하는 데 축력과 모멘트 합성력의 합이 항복강도를 초과함으로써 발생한다. 강판 전체에 발생할 가능성이 높으며 뒤채움 강성에 따라 크게 영향을 받는다. 변형 특성으로 볼트부 찢어짐, 이음부 벌어짐이 발생하는 것으로 나타났다(Fig. 3(c)).

토피파괴(Cover failure)는 얇은 토피에 기인된 파괴로서 대부분 최소토피고를 확보하지 못한 구간에서 발생한다. 장비의 무리한 다짐에 의해 강판의 상부에서 변형이 발생하며 강판의 과도한 변형을 수반하게 된다(Fig. 3(d)). Fig. 3에 파형강판 암거의 파괴형상을 종류별로 나타내었다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 약 440개의 고속도로 파형강판 암거 중 세밀한 관찰이 요구되는 구조물(24개)을 선정하여 손상상태를 점검한 논문에서는 파형강판의 누수 문제를 지적하였으며 바닥부 중방향 균열, 이음부 들뜸, 상부 처짐

등의 변상이 발생하는 것으로 조사되었다. 또한 일부 구조물에서의 최대 처짐은 약 10.8 % 정도로 확인되고 있는 것으로 나타났다(Yeau et al., 2010).

이러한 파형강판 암거의 상부 처짐은 토피고 및 상재하중과 무관하지 않을 것으로 판단되며 최소토피고가 미확보된 구간을 선택하여 분석을 실시하였다.

2.3 파형강판 암거 현황

고속도로 파형강판 암거의 현황을 파악하기 위하여 한국도로공사의 파형강판 암거 758개를 연도별, 연장별, 토피고별 및 종류별로 구분하여 분석하였다. 준공 연도별 파형강판 암거의 개수를 파악해 본 결과 2007년~2012년에 집중적으로 시공되었으며 전체의 약 84 %에 해당된다(Fig. 5(a)). 연장별 파형강판의 개수를 분석해 본 결과 연장 40 m~80

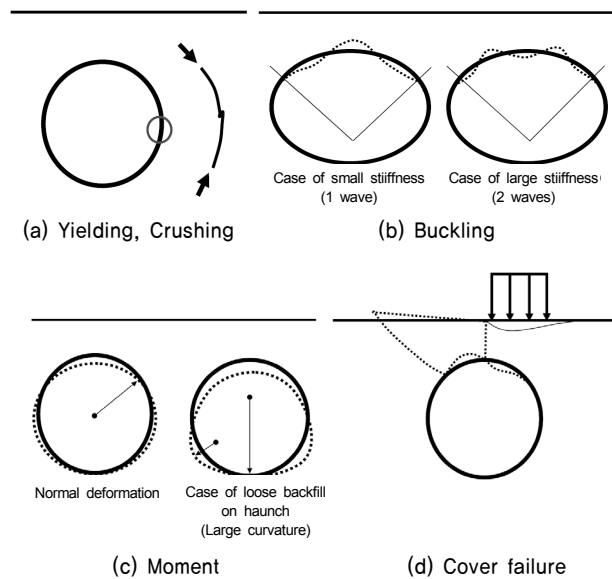


Fig. 3. Failure sharp

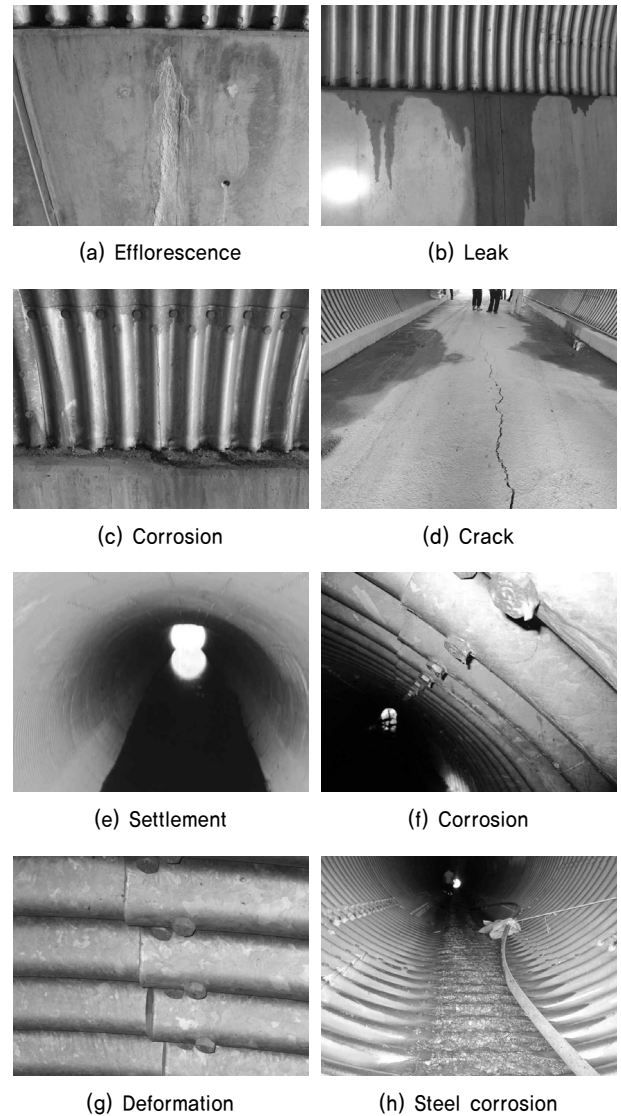


Fig. 4. Deformation of corrugated steel plate culverts (Yeau et al, 2010)

m에서 480개로 가장 많았으며 연장 120 m 이상도 42개에 이르는 것으로 나타났다(Fig. 5(b)). 토피고별 파형강판 암거를 분석해본 결과 설계기준 및 시방에서 제시하는 최소 토피고 1.5 m를 만족하지 못하는 수가 무려 165개에 이르러

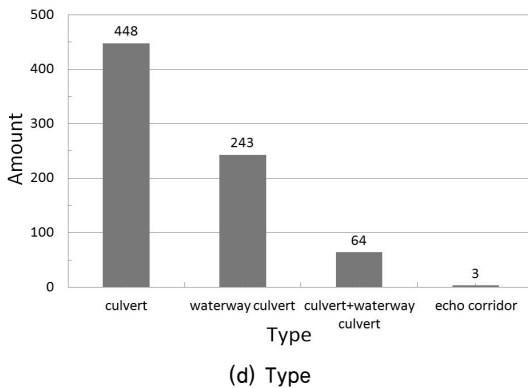
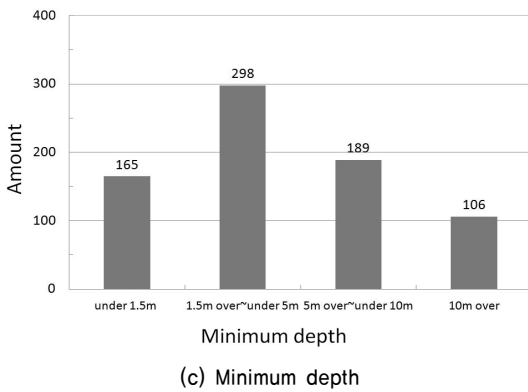
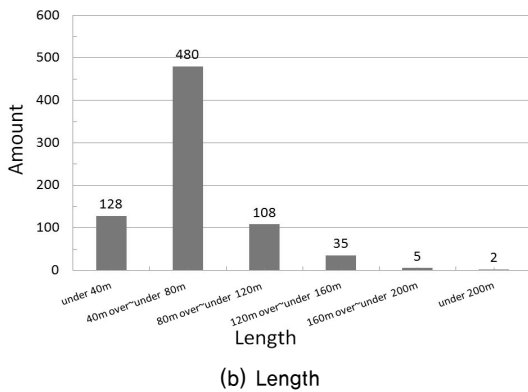
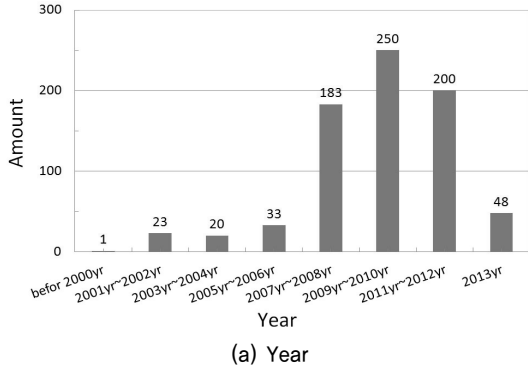


Fig. 5. Analysis of corrugated steel plate culverts

변상이 발생할 수 있으며 변상에 대한 대책도 예상할 필요가 있다(Fig. 5(c)). 암거의 종류는 대부분 통로에 해당되었으며 수로가 그 뒤를 잇는 것으로 나타났다(Fig. 5(d)).

3. 현장 조사

3.1 연구대상 구조물 현황

암거는 파형강판 통로암거로서 Fig. 6과 같이 얇은 토피고(약 1.0 m)를 보완하기 위하여 파형강판 구조물이 시공되어진 상부에는 응력이완슬라브가 포장하부에 설치되어 있다. 연구대상 구간의 위치와 파형강판 지중암거의 현황은 Fig. 7 및 Table 3에 나타내었다.

3.2 구조물 변형 계측

파형강판 암거는 단면의 변형형태나 기초응벽은 외관상 이상이 없는 것으로 확인되었으나 도로포장 위에서는 중차

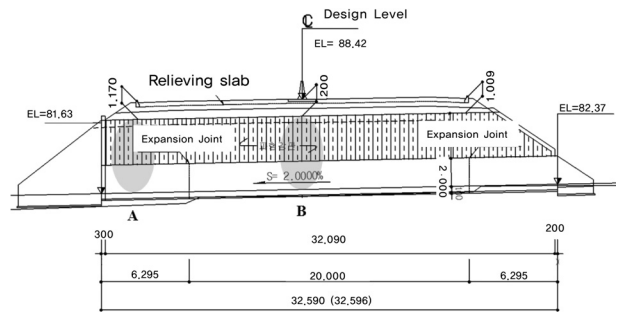


Fig. 6. Cross section

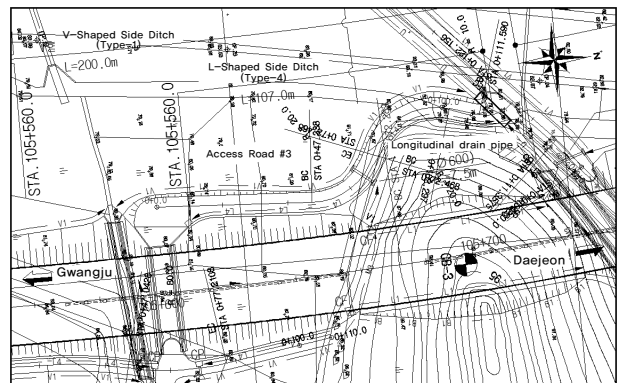


Fig. 7. Plan view

Table 3. Status of the structure

Width	4.5 m	Height	4.5 m
Thickness	3.2 mm	Length	32.39 m
Slope	2.0 %	Minimum depth	1.1 m

량이 통과할 때 응력이완슬라브 설치구간에서는 진동이 크게 느껴지며, 충격이 지속적으로 가해지는 것으로 조사되었다. 파형강판 지중압거에 대해 차량통과 시의 안정성을 검토하기 위해 육안조사를 통해 외관상 변형이상구간여부를 확인하고, Fig. 8과 같이 레이저 거리측정기를 이용하여 단면의 변형형상을 측정하여 설계 단면과 비교하고자 하였다.

Fig. 6에 나타낸 바와 같이 입구측(A 단면)과 구조물 중앙부(B 단면) 등 2개소에 대하여 단면변형을 측정하였으며, 측정된 상태를 토대로 판단해볼 때 Fig. 9에 나타낸 바와 같이 파형강판의 초기 단면형상과 측정된 형상을 비교하여 연직높이(rise) 변화를 살펴보면, 변형 크기는 각각 136 mm, 128 mm로 나타났고 이를 변형률로 환산하면 4.2 %, 3.9 %로 나타난다. 이러한 변형은 시공단계에서 발생한 것으로 볼 수 있으며, 한국도로공사(2012)의 단면변형기준 5 % 이

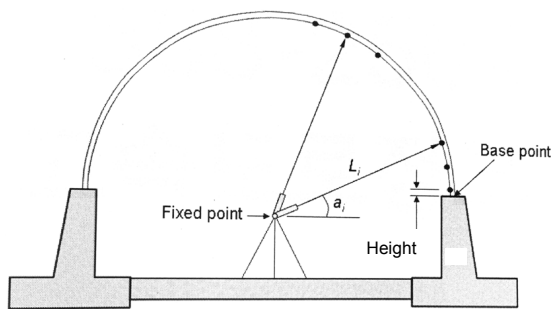


Fig. 8. Measurement method

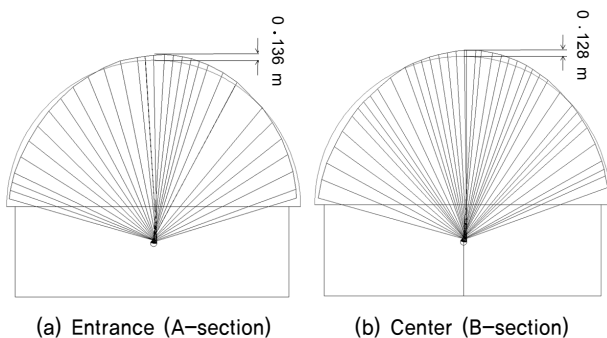


Fig. 9. Results of measurement



Fig. 10. Construction site

내에 있으므로 변형에 대해서는 구조적으로 안정한 상태를 유지하는 것으로 판단할 수 있다.

3.3 포장파손부 조사

포장파손부 조사는 포장 파손구간의 범위와 형태, 그리고 차량통과 시 구조물 위치에서의 변형이나 진동을 확인하고자 하였다.

포장파손부는 Fig. 10에 나타낸 바와 같이 절삭 후 덧씌우기를 실시한 상태이며, 응력이완슬라브가 설치된 좌우 측면의 경계부에서 포장파손이 발생하는 것으로 나타난다.

중차량 통과 시 응력이완슬라브 상부에서는 진동이 크게 느껴지며, 응력이완슬라브가 설치되지 않은 위치에서는 진동이 거의 느껴지지 않았다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 포장파손의 주원인은 차량 통과 시 구조물의 작은 변형(진동)에 기인하는 것으로 추정되며, 특히 응력이완슬라브를 설치한 구간과 설치하지 않은 구간의 변형차이에 의해 발생하는 것으로 판단된다.

4. 안정성 분석

4.1 수치해석 개요

차량 통과 시 구조물의 안정성과 포장부에서의 변형량을 확인하기 위해 수치해석을 실시하였고, 응력이완슬라브의 영향을 검토하기 위해 3가지 경우로 나누어서 해석을 실시하였으며, 하중의 영향을 검토하기 위해 하중이 없는 상태와 차량집중하중이 작용할 때로 나누어 해석을 수행하

Table 4. Analysis type

Type	Analysis Type	Load combination
1-1	No Relieving slab	-
1-2		Point load
2-1	Relieving slab	-
2-2		Point load
3-1	Expansion of Relieving slab	-
3-2		Point load

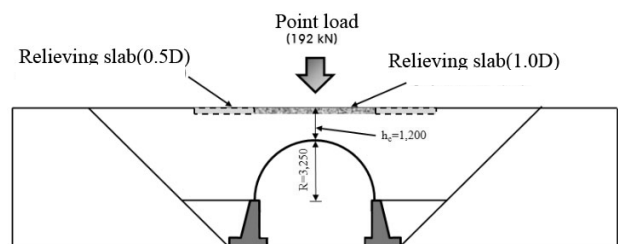


Fig. 11. Analysis type

였다(Table 4, Fig. 11). 수치해석은 범용해석 프로그램인 MIDAS사의 MIDAS GTS를 이용하였다.

4.2 수치해석 적용물성치

수치해석 단면은 Fig. 12와 같고 구조물 단면 및 강판에 대한 제원은 Table 5에 나타내었으며 각각에 적용된 수치해석 물성치는 Table 6과 같다.

4.3 수치해석 해석결과

해석 결과 응력이완슬라브가 없는 경우에는 차량집중하중 시 약 5.16 mm의 천단부 변위가 발생할 것으로 예상되나 응력이완슬라브가 있는 경우(1D, 현재 상태)에는 천단부 변위가 2.72 mm로서 응력이완슬라브의 효과가 변위 억제에 효과가 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 응력이완슬라브

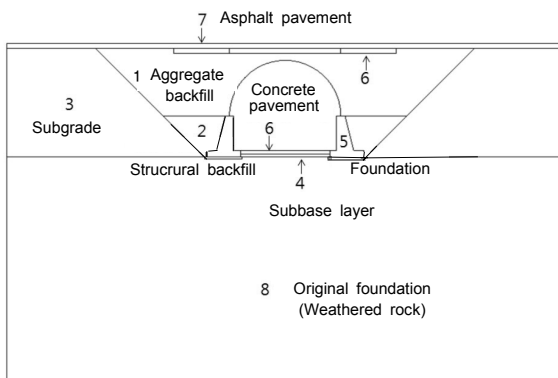


Fig. 12. Analysis section

Table 5. Dimension of structure and steel plate

Type	Width (m)	Minimum depth (m)	Corrugated Steel Culverts			
			Area (m ² /m)	Modulus of section (m ³ /m)	Moment of inertia (m ⁴ /m)	Yield stress (MPa)
Semicircle	6.5	1.1 m	0.003969	0.4357×10 ⁻⁴	1.159×10 ⁻⁶	245

Table 6. Input data

	Division	Unit weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Friction angle (°)	Elastic modulus (kPa)	Poisson's ratio (ν)
1	Aggregate	20.0	1	35	80×103	0.30
2	Backfill	19.0	1	30	60×103	0.35
3	Subgrade	19.0	1	30	60×103	0.35
4	Subbase	20.0	1	35	100×103	0.3
5	Foundation	25.0	-	-	20×106	0.3
6	Concrete	25.0	-	-	20×106	0.3
7	Asphalt	20.0	-	-	8.0×106	0.35
8	Weathered rock	20.0	1	40	200×103	0.3

를 2D로 확폭하는 경우에는 천단부 변위가 2.58 mm로서 슬라브를 1D만 시공하는 경우보다 약간 줄어들지만, 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

축력과 모멘트의 크기를 보면 응력이완슬라브를 시공하더라도 축력과 모멘트가 증가하는 것으로 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 응력이완슬라브가 구조적인 안정성 증대에는 큰 효과가 없고 변위 억제에 효과를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

4.4 구조검토 결과

수치해석결과를 이용하여 현재 단면 상태(응력이완슬라브 1D 설치)에서 차량통과 시의 안정성을 확인해 보고자 하였다.

단면 안정성은 발생한 축력과 모멘트의 합성력이 단면의 소성강도를 초과하는지 검토하게 되며 단면의 소성강도에 대해서는 강도저감계수(φ_h)를 고려하여 Eq. (1)을 이용하여 검토하게 된다. Eq. (1)에서 강판의 소성축력(T_{pf})과 소성 휨모멘트(M_{pf})는 Eq. (2) 및 Eq. (3)과 같이 산정할 수 있다.

$$\left(\frac{T_f}{T_{pf}} \right)^2 + \left| \frac{M_f}{M_{pf}} \right| \leq 1.0 \quad (1)$$

- 여기서 T_f : 수치해석으로 산정된 발생 축력(kN/m)
- M_f : 수치해석으로 산정된 발생 모멘트(kN·m/m)
- T_{pf} : 강판의 소성축력(kN/m)
- M_{pf} : 강판의 소성 휨모멘트(kN·m/m)

Table 7. Result of analysis

Case	Deformation	No load	Point load
No relieving slab	Settlement (mm)	0.0009	5.16
	Axis force (kN)	169.24	253.16
	Moment (kN·m)	0.26	0.77
Relieving slab	Settlement (mm)	0.015	2.72
	Axis force (kN)	181.34	263.93
	Moment (kN·m)	0.34	0.73
Expansion of relieving slab (2D)	Settlement (mm)	0.029	2.58
	Axis force (kN)	190.40	275.87
	Moment (kN·m)	0.37	0.78

Table 8. Section property

Type	Thickness (mm)	Yield stress (MPa)	Area (mm ² /m)	Modulus of section (mm ³ /m)	Moment of inertia (mm ⁴ /m)
SS400	3.2	≥ 245	3,969	43,570	1,159,000

Table 9. Result

Capacity		Analysis		Result (Plasticity)
Axial force (kN/m)	Moment (kN·mm)	Axial force (kN/m)	Moment (kN·mm)	
824.67	9.07	263.93	0.73	0.18 < 1.0

$$T_{pf} = \phi_h A_c f_y \quad (2)$$

$$M_{pf} = \phi_h Z_c f_y \quad (3)$$

여기서 ϕ_h : 완공단면의 소성인장 검토에 대한 강도감소계수

A_c : 강판의 단위 폭당 단면적(m^2/m)

Z_c : 강판의 단면계수(m^3/m)

f_y : 강판의 항복응력(kPa)

T_f : 수치해석으로 산정된 발생 축력(kN/m)

M_f : 수치해석으로 산정된 발생 모멘트(kN·m/m)

소성축력과 소성모멘트는 Table 8의 제원을 이용하여 있으며 계산결과는 다음과 같다.

(1) 소성축력 :

$$\begin{aligned} T_{pf} &= \phi_h \times A_c \times f_y \\ &= 0.85 \times 0.00396(m^2/m) \times 245000(kN/m^2) \\ &= 824.67kN/m \end{aligned}$$

(2) 소성모멘트 :

$$\begin{aligned} M_{pf} &= \phi_h \times Z_c \times f_y \\ &= 0.85 \times 0.00004357(m^3/m) \times 245000(kN/m^2) \\ &= 9.07kN\cdot m/m \end{aligned}$$

현재 암거에 대하여 DB-24 차량하중이 통과 시 강판 내에 발생하는 최대축력 및 모멘트는 수치해석 결과인 Table 7의 값을 적용하여 파형강판의 구조적 안정성을 검토하면 Table 9와 같이 안정성에 문제가 없는 것으로 나타났다.

5. 보강방안

보강방안으로는 포장파손 발생 부위에 대하여 지속적으로 보완(절삭 후 덧씌우기, 패칭 등)하는 방법과 응력이완슬라브 확장(2D) 또는 포장파손부위 하부 지반 그라우팅과 함께 포장파손 부위를 지속적으로 보완(절삭 후 덧씌우기, 패칭 등)하는 방법이 적절할 것으로 사료된다.

포장파손 발생 부위에 대한 지속적 보완의 경우 차량통과 시 구조물 천단부의 변형으로 인한 포장파손을 억제하기 위한 뚜렷한 방법은 현재로서는 없으므로 포장파손 발생 시 주기적으로 절삭 후 덧씌우기 또는 패칭으로 보완하는 방법을 제안한다.

응력이완슬라브 확장(2D) 또는 포장파손부위 하부 지반 그라우팅과 함께 포장파손 부위 지속적 보완(절삭 후 덧씌우기, 패칭 등)의 경우 포장파손을 최소화하여 포장보수 주기를 늘리는 방법으로 제안한다. 이는 응력이완슬라브 확장(2D) 또는 지반 그라우팅을 통해 차량 통과 시 발생하는 천단부 변형을 약간 줄일 수 있고, 지반강성을 증가시켜 차량 통과 시 응력이완슬라브 설치구간과 그렇지 않은 구간 사이의 포장변형을 최소화시켜 포장파손 발생 빈도를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 논문에서는 파형강판 암거의 현황을 분석하였고 파형강판 암거 및 포장파손 부분에 대한 현장조사 및 수치해석을 통한 검토 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 고속도로 파형강판 암거의 현황을 파악하기 위하여 한국도로공사의 파형강판 암거 758개를 분석하였으며 분석결과 최소토피고를 확보 못 하는 파형강판 암거는 총 165개에 이르는 것으로 나타났다.
- (2) 최소토피고 미확보 구간의 파형강판 암거에 대한 계측 결과 처짐의 크기가 입구부에서 136 mm(변형률 4.2%), 중앙부에서 128 mm(변형률 3.9%)로 나타나 기준변형률(5%) 이내로서 안정하나 전반적으로 큰 변형이 발생한 것으로 나타났다.
- (3) 수치해석결과 차량통과 시 응력이완슬라브(1D)가 있는 경우 강판암거 천단부는 약 2.72 mm 내외의 변형이 발생하며 이는 응력이완슬라브 설치구간의 경계부에서 포장파손의 원인이 되는 것으로 추정된다.
- (4) 현재 설치된 응력이완슬라브(1D)는 구조물의 변형을 기준변형률 이내에서 제어하고 있으나, 유지관리 측면에서 응력이완슬라브의 확장(2D)은 포장변형을 최소화하여 포장파손 발생 빈도를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.
- (5) 본 연구는 최소토피고 미확보 구간에서 파형강판 암거의 변형에 대해 샘플 조사를 실시하고 분석한 내용을 담고 있으므로 추후 신뢰성을 높이고 대책공법에 대한 연구 내용이 필요할 것으로 사료된다.

References

1. 대한토목학회 (2007), 파형강판 지중구조물 설계기준안, pp. 7~43.
2. 한국도로공사 (2003), 고속도로 건설공사 지중강판 합성형 압거 표준도, pp. 1~5.
3. 한국도로공사 (2012), 고속도로공사 전문시방서, pp. 5-28~5-38.
4. Cho, S. M., Kim, H. J. and Jung, J. H. (2002), Specifications for the design and construction of the soil steel bridges, Korean Society of Civil Engineers Conference, pp. 2419~2422 (in Korean).
5. Kim, C. W. (2008), Problem mitigation for design and construction of buried corrugated steel plate structure, Master's thesis, Hongik University, pp. 21~27 (in Korean).
6. Lee, J. G., Cho, S. M., Jung, H. S. and Kim, M. M. (2004), Evaluation of minimum depth criterion and reinforcement effect of the soil cover in a long-span soil-steel bridge, Journal of the Korean Geotechnical Society, Vol. 20, No. 5, pp. 67~78 (in Korean).
7. Roh, B. K., Kim H. D. and Oh, K. J. (2007), An application study for corrugated structural plate under the railway, The Korean Society for Railway Conference, pp. 9~15 (in Korean).
8. Yeau, K. Y., Kim, K. S., Lee, S. R. and Park, Y. H. (2010), Inspection of in-service corrugated steel culverts, Korean Society of Civil Engineers Conference, pp. 449~452 (in Korean).