

폐비닐 골재가 혼합된 시멘트 콘크리트의 열 특성

Thermal Characteristics of Cement Concrete Mixed with Wasted Vinyl Aggregates

염우성	Yeom, Woo Seong	정회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : reikoku@nate.com)
안기홍	An, Gi Hong	정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · 한국건설기술연구원 전임연구원 (E-mail : agh0530@kict.re.kr)
유주호	Liu, Ju Ho	정회원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 (E-mail : juminok3@empal.com)
정진훈	Jeong, Jin Hoon	정회원 · 인하대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : In this study, wasted vinyl aggregate, which possesses better thermal properties than natural aggregate, was used in cement concrete mixture to develop more economical concrete with thermal insulation and freeze prevention effects.

METHODS : Slump and air content of the fresh concrete, which substituted its 0%, 5%, and 10% of coarse aggregate with wasted vinyl aggregate, were measured. Compressive strength, Poisson's ratio, elastic modulus, and splitting tensile strength of hardened concrete were measured by laboratory tests. Thermal properties of concrete such as coefficient of thermal expansion, thermal conductivity, and specific heat were also measured according to replacement ratio of wasted vinyl aggregate. Finally, the thermal insulation and freeze prevention effectiveness of the concrete mixed with wasted vinyl aggregate was confirmed through finite element analysis of road pavement crossing above concrete box culvert made from wasted vinyl aggregate.

RESULTS : Even though the physical properties of wasted-vinyl-aggregate concrete such as compressive strength, Poisson's ratio, elastic modulus, and splitting tensile strength were inferior to those of ordinary concrete, they met requirements for structural concrete. The thermal properties of concrete were improved by wasted vinyl aggregate because it decreased thermal conductivity and increased specific heat of the concrete. According to the result of finite element analysis, temperature variation in pavement subgrade was mitigated by box culvert made from wasted-vinyl-aggregate concrete.

CONCLUSIONS : Through the laboratory test and finite element analysis of this study, it was concluded that the concrete structures made from wasted vinyl aggregate showed thermal insulation and freeze prevention effects.

Keywords

wasted vinyl aggregate, thermal characteristics, concrete pavement, finite element analysis, box culvert

Corresponding Author : Jeong, Jin Hoon, Associate Professor
Department of Civil Engineering, Inha University
100 Inha-ro, Nam-gu, Incheon 402-751, Korea
Tel : +82.32.860.7574 Fax : +82.32.873.7560
E-mail : jhj@inha.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Nov. 4, 2014 Revised Nov. 4, 2014 Accepted Nov. 21, 2014

1. 서론

국내 농촌에서 발생하는 폐비닐의 양은 Fig. 1과 같이 2009년 이후 꾸준히 증가하여 2012년에는 그 양이 33.7만 톤에 달하고 있다. 하지만 폐비닐이 재활용되는 양은 매년 감소하여 2012년에는 18만 톤 정도만이 재활용되

었을 뿐이다(ME, 2013). 이에 따라 매년 15만 톤 이상의 농업 폐비닐이 농촌의 밭이나 산에서 수거되지 못하고 방치되어 있어 환경오염과 생태계 파괴를 야기하고 있다. 또한 산업화가 진행되면서 각종 산업폐기물이 발생될 뿐만 아니라 이산화탄소 등의 유해가스로 인한 기상이변 때문에 겨울철 기습폭설과 한파가 빈번하게 발생하

고 있다. 이러한 이상기후에 대한 겨울철 건물의 단열, 도로 융설 등에 대한 중요성이 점차 대두되고 있다.

더욱이 건설현장에서 쓰이는 골재는 국가경제 성장과 국민복지 향상에 기반이 되는 건설산업의 기초재로서 안정적인 공급이 필요하다. 제 5차 골재수급 기본계획 수립 연구(MLTM, 2014)에 의하면 천연자원인 골재는 개발가능량이 지속적으로 감소하여 2014년 현재 146억 m³ 정도가 남아있다. 따라서, 매년 2억m³ 정도가 공급된다고 가정할 때 약 70년 후에는 고갈될 것으로 전망되고 있다. 또한 다양한 환경규제 및 주민반대 등으로 인해 채취조건이 악화되고 있다. 따라서 부족한 공급량을 채우기 위해 전체 골재공급량의 약 37% 정도를 순환골재 등으로 대체하여 사용하고 있다.

따라서 농촌 등에 방치되는 폐비닐로 골재를 만들어 콘크리트 구조물의 골재로 사용한다면 경제적 측면은 물론이고 비닐 특유의 열 특성에 의해 단열능력이 뛰어나며, 부족한 골재를 대체하여 골재수급 안정에 기여하고 폐기물을 재활용한다는 1석 4조의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 일반적으로 사용되는 화강암, 석회암, 사암 등의 천연골재보다 열 특성이 뛰어난 폐비닐 골재를 혼합하여 경재성이 뛰어나고 단열 및 동상방지 효과 등의 열 특성이 우수한 고기능 시멘트 콘크리트를 개발하기 위한 기초시험을 수행하였다. 그리고 시험결과를 기반으로 하여 폐비닐 골재 콘크리트로 제작된 박스암거가 동절기에 콘크리트 도로포장에서 사용될 때의 단열효과를 유한요소방법으로 확인하였다.

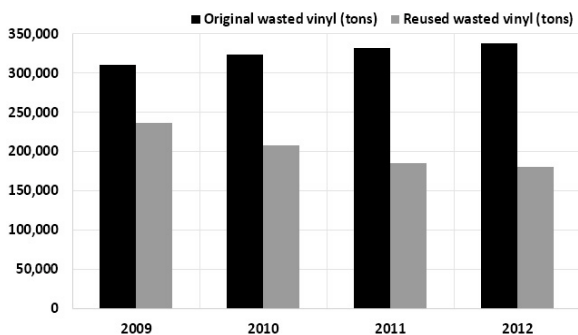


Fig. 1 Quantities of Original and Reused Wasted Vinyl

2. 폐비닐 골재의 제작과 특성

본 연구에서 사용된 폐비닐 골재는 농업 폐비닐을 사용하여 인공으로 제작되었으며, LDPE(Low Density Polyethylene)를 주성분으로 하고 있다. Fig. 2와 같

이 농촌에서 수거된 폐비닐을 별도의 선별과정 없이 180~200℃의 고온에서 용융, 압출하고 냉각 및 절단 과정을 거쳐 제작한다. 이 과정에서 용융된 폐비닐에 다수의 공극이 생성되어 폐비닐 골재의 열전도율과 비중을 감소시킨다. 본 연구에서는 폐비닐 골재를 굵은골재로 사용하기 위해 Fig. 3과 같이 콘크리트 공시체의 공칭최대치수인 19mm의 크기로 절단하였다. 폐비닐 골재의 물리적 성질을 시험한 결과는 Table 1과 같다. 폐비닐 골재는 비중이 1.08로 매우 작았고 열전도율도 일반 쇄석골재의 약 5% 정도로 매우 작은 값을 나타냈다. 내부마찰각은 일반 쇄석골재와 비교하였을 때 큰 차이가 없었으며, LA 마모율 시험을 실시한 결과 일반 쇄석골재의 기준을 크게 만족하였다. 환경유해성 검사에서는 중금속이 검출되지 않았고, 기름성분이 0.92% 검출되었지만 허용기준인 5% 미만이므로 환경오염에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다(ME, 2014).

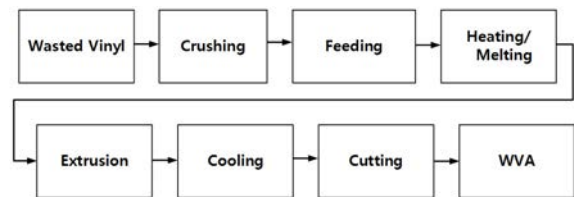


Fig. 2 Manufacture Process of Wasted Vinyl Aggregate (Kim, 2014)



Fig. 3 Wasted Vinyl Aggregate

Table 1. Properties of Wasted Vinyl Aggregate and Crushed Aggregate (Kim, 2014)

Property	Wasted vinyl aggregate	Crushed aggregate
Specific gravity	1.08	Coarse 2.5~2.7
Thermal conductivity (kcal/hr.m.°C)	0.092	Coarse 1.92 Fine 1.7
Internal friction angle	43.6°	41.5°
Abrasion rate	2.36%	Below 40%
Environmental harmfulness	Heavy metal undetected, Oil ingredient 0.92% (5% Limit)	-

3. 폐비닐 골재 콘크리트의 성질

3.1. 배합설계 및 공시체 제작

폐비닐 골재는 열과 관련된 성질에서는 장점이 있지만, 일반 골재에 비하여 비중이 작고 강도가 약해 굵은 골재를 폐비닐 골재로 치환할 경우 강도 등의 콘크리트의 물리적 성질이 저하될 수 있다고 판단하였다. 따라서 대조군인 0%를 포함하여 굵은골재의 체적대비 5%와 10%를 각각 폐비닐 골재로 치환한 세 가지 경우에 대해 공시체를 제작하였다. 표면건조포화상태로 만들기 위해 폐비닐 골재를 24시간 침수시킨 뒤 표면을 얇은 형깊으로 문질러 표면수를 흡수시키고 Table 2의 배합설계에 따라 공시체를 제작하였다. 목표 슬럼프를 80mm로 설정하였고 공기량을 $3.5 \pm 1.5\%$ 로 맞추기 위해 1회의 시험배합을 통해 시멘트 중량의 0.5%의 PC용 감수제를 사용하기로 하였다.

Table 2. Concrete Mixture Design by Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

Replacement ratio (%)	G _{max} (mm)	w/c (%)	S/a (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	Wasted vinyl ag. (kg/m ³)	Plasticizer (kg/m ³)
0	20	43.6	42.2	169.5	389.06	754.15	1072.85	-	1.95
5	20	43.6	42.2	169.5	389.06	754.15	1019.21	53.64	1.95
10	20	43.6	42.2	169.5	389.06	754.15	965.57	107.28	1.95

3.2. 굳지 않은 콘크리트의 성질

굳지 않은 폐비닐 골재 콘크리트에 대해 슬럼프 시험(KS F 2402)과 공기량 시험(KS F 2421)을 실시하였다. Table 3과 같이 폐비닐 골재의 치환율을 변화시키며 시험한 결과, 모든 치환율에서 목표로 하는 범위의 슬럼프와 공기량을 얻을 수 있었다.

Table 3. Results of Air Void and Slump Tests by Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

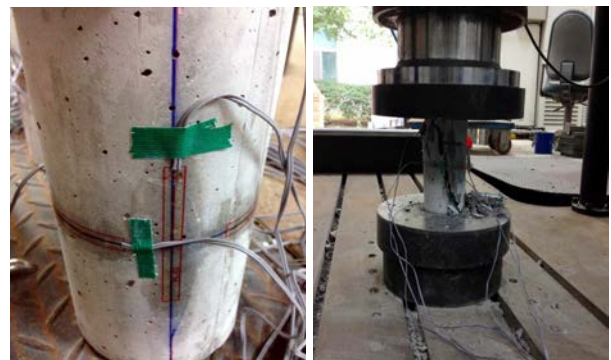
Replacement ratio (%)	0	5	10
Air void (%)	4	3.5	3.8
Slump (mm)	89	88	75

3.3. 굳은 콘크리트의 성질

굳은 폐비닐 콘크리트의 성질을 알아보기 위해 KS 규정에 따라 압축강도(KS F 2405), 탄성계수 및 포아송 비(KS F 2438), 쪼갬 인장강도(KS F 2423) 시험을 Fig. 4와 같이 실시하였다. 시험에 사용한 공시체는 20℃ 항온실에서 28일간 수중양생 시켰다. 폐비닐 골재

치환율에 따라 5개의 공시체를 사용하여 시험을 실시하였으며, 결과의 신뢰성을 높이기 위해 최대·최소값을 제외한 3개 값의 평균을 구하였다. 일반 콘크리트는 압축에 강한 성질을 보이지만 인장에는 약한 단점이 있다. 따라서 Fig. 4(c)와 같이 폐비닐 골재 치환율에 따라 콘크리트 공시체에 대한 쪼갬 인장강도(KS F 2423) 시험을 실시하였다.

시험결과 Fig. 5와 같이 폐비닐 골재의 치환율이 증가함에 따라 압축강도와 탄성계수는 감소하는 경향을 보였고 푸아송 비는 증가하는 경향을 나타냈다. 하지만 치환율에 따른 강도의 차이가 크지 않았으며 토목구조물인 압거를 기준으로 설계압축강도 24MPa, 탄성계수 27,000MPa(MLTM, 2008)를 만족하여 폐비닐 콘크리트를 구조물에 적용하여도 지장이 없을 것이라고 판단되었다. 쪼갬 인장강도는 폐비닐 골재 치환율이 증가함에 따라 감소하였으며, 압축강도의 1/10~1/13 정도의 값을 나타냈다. 이는 일반 콘크리트에서 보이는 쪼갬 인장강도와 압축강도의 비와 동일하다(Shin et al., 2005). 또한 KS에서는 경량골재 콘크리트의 재령 28일 쪼갬 인장강도 기준을 2.0MPa 이상으로 규정하였는데 폐비닐 골재 치환율에 관계없이 규정을 만족하였다(KS F 2423).

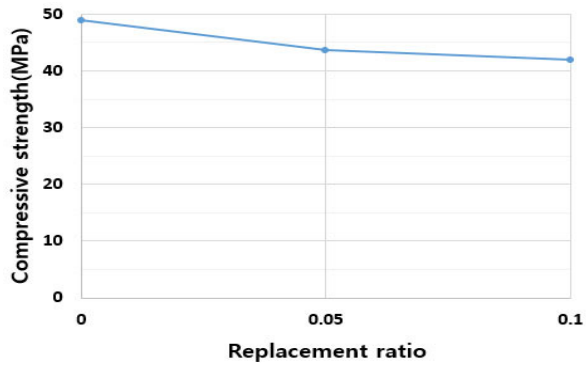


(a) Strain gauges on specimen (b) Compressive strength test

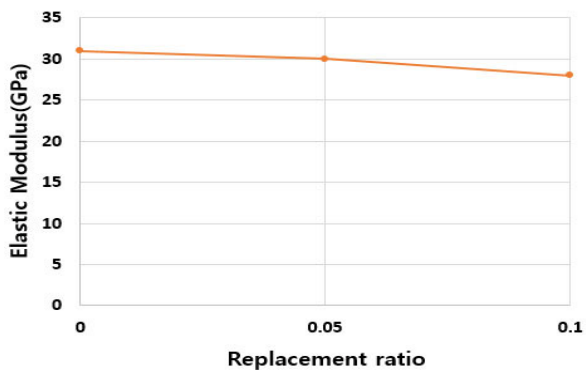


(c) Splitting tensile strength test

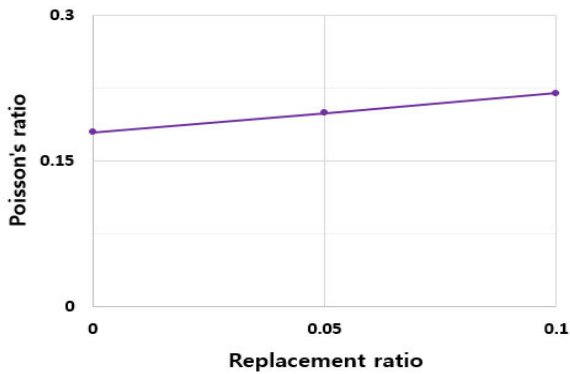
Fig. 4 Tests for Hardened Concrete



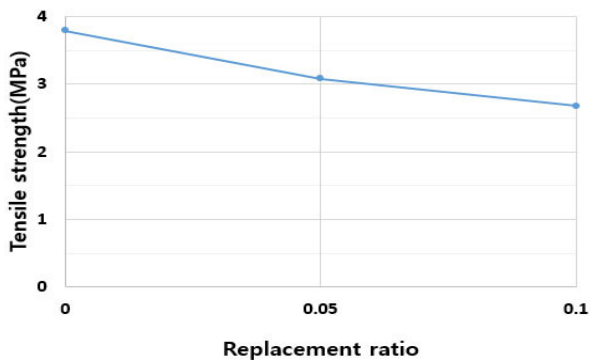
(a) Compressive strength



(b) Elastic modulus



(c) Poisson's ratio



(d) Splitting tensile strength

Fig. 5 Properties of Hardened Concrete according to Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

3.4. 페비닐 골재 콘크리트의 열 특성

콘크리트의 열전도율을 측정하기 위해 KS F 2463을 참고하여 Fig. 6과 같이 쾌속 열전도율 측정기인 QTM-500을 사용하여 페비닐 골재 치환율에 따른 열전도율 시험을 실시하였다. 치환율 별로 5개씩의 공시체에 대해 열전도율을 측정하였고, 그중 최대·최소값을 제외한 3개 공시체의 평균값을 사용하여 열전도율을 정하였다. 시험결과, Fig. 7과 같이 페비닐 골재 치환율이 증가함에 따라 열전도율이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통하여 페비닐 콘크리트를 구조물에 적용 시 단열 효과가 있을 것으로 판단하였다.



Fig. 6 Thermal Conductivity Test

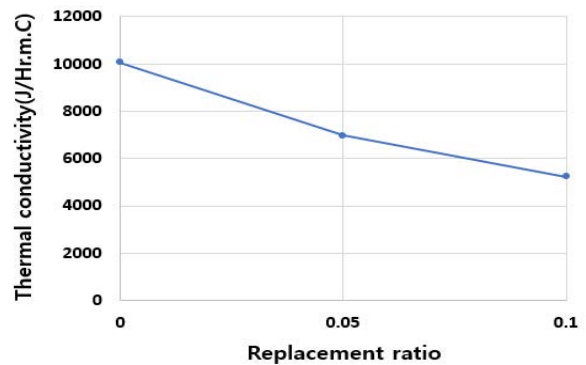


Fig. 7 Thermal Conductivity

페비닐 골재 치환율에 따른 열팽창계수 시험을 실시하였다. Fig. 8과 같이 콘크리트 공시체의 내부 온도를 5°C에서 60°C까지 변화시키면서 LVDT를 사용하여 수직변위를 측정하였다. 콘크리트의 온도는 공시체 제작 시 미리 매립한 I-button을 사용하여 측정하였다. Fig. 9와 같이 콘크리트 공시체의 온도와 수직변위 간의 선형관계에 대한 기울기로서 열팽창계수를 구하였다. 그 결과, Table 4와 같이 열팽창계수는 페비닐 골재 치환율이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 그 이유는 페비닐 골재가 일반 골재에 비해 열팽창계수가 높기 때문으로 판단되었다. 하지만 일반적으로 사용

되는 콘크리트의 열팽창계수 범위 안에 들어가는 것으로 나타났다(Kim et al., 2003).

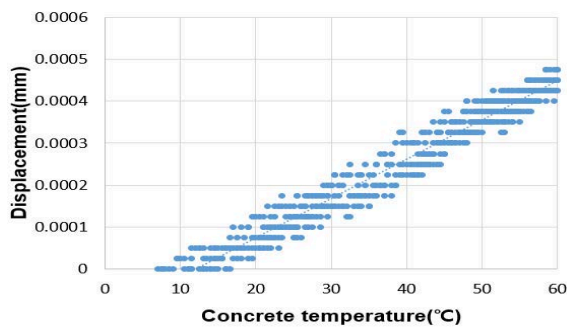


(a) Instrumentation

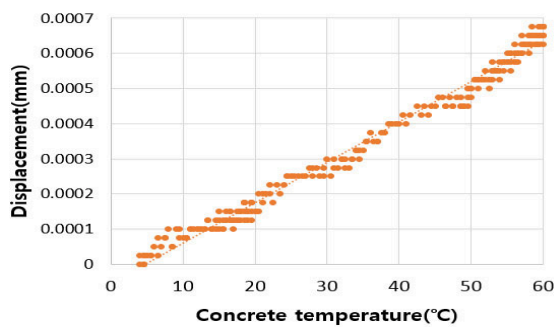


(b) Logging equipment

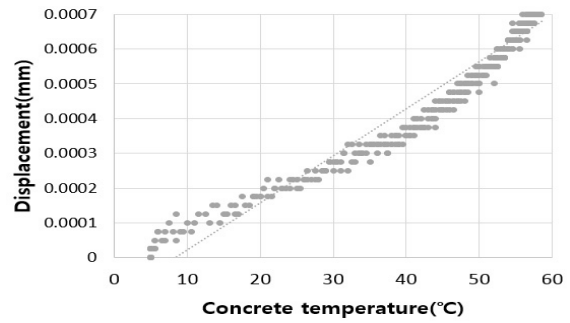
Fig. 8 Thermal Expansion Test



(a) 0%



(b) 5%



(c) 10%

Fig. 9 Thermal Expansion of Concrete at 28Days According to Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

Table 4. Coefficient of Thermal Expansion of Concrete According to Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

Replacement ratio (%)	0	5	10
Coefficient of thermal expansion (1/°C)	9.4×10^{-6}	10.8×10^{-6}	11.3×10^{-6}

비열은 어떤 물질 1g의 온도를 1°C만큼 올리기 위해 요구되는 열량이다. 비열을 측정하는 기준이 따로 존재하지 않아 Lee(2006)의 논문을 참고하여 Eq. (1)과 같이 페비닐 콘크리트의 비열을 예측하였으며, Eq. (1)에 사용된 각 재료의 비열은 Table 5와 같다. 측정 결과 Fig. 10과 같이 페비닐 골재 치환율이 증가함에 따라 콘크리트의 비열이 크게 나타났다.

$$c_{CO} = \frac{c_C C + c_W W + c_S S + c_G G + c_P P}{C + W + S + G + P} \quad (1)$$

여기서, c_{CO} , c_C , c_W , c_S , c_G , c_P : 콘크리트, 시멘트, 배합수, 세골재, 조골재, 페비닐골재 비열
 C , W , S , G , P : 시멘트, 배합수, 세골재, 조골재, 페비닐 골재 중량

Table 5. Specific Heat for Different Types of Material

Property	Cement (J/kg.°C)	Water (J/kg.°C)	Fine aggregate (J/kg.°C)	Course aggregate (J/kg.°C)	Wasted vinyl aggregate (J/kg.°C) (Hernandez-ortiz, 2006)
Specific heat	837.36	4186.8	795.5	753.6	2,300

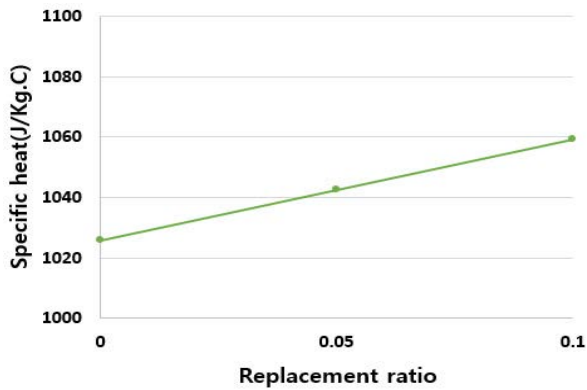


Fig. 10 Specific Heat

4. 유한요소해석

4.1. 유한요소모형

페비닐 콘크리트의 단열효과를 확인하기 위해서 상용 프로그램인 ABAQUS(2008)를 사용하여 열전달 해석을 실시하였다. 고속도로 건설공사 표준도(KEC, 2009)를 참고하여 중형의 박스암거가 매설된 도로포장을 Fig. 11과 같이 유한요소방법으로 모사하였다. 포장 표면 및 박스암거 외측면으로 부터의 열전달 효과를 극명히 검토하기 위해 박스암거의 상단이 린 콘크리트 하단에 맞닿아 토피가 없는 것으로 가정하였다. 유한요소모형은 Table 6과 같은 형상 및 요소를 사용하였다. 실내시험과 문헌조사를 근거로 Table 7과 같은 물성을 입력값으로 사용하였다. 열전달에 의한 포장 온도의 변화를 확인하기 위해 슬래브 표면과 암거 내면에 접하는 대기온도는 -20°C , 포장체의 온도는 5°C 로 초기조건을 설정하였다. 페비닐 골재 치환율에 따른 단열효과를 확인하기 위해 박스암거 콘크리트의 골재 중 0%, 5%, 10%를 페비닐 골재로 치환하여 30일의 기간에 대해 시간이력해석을 실시하였다.

Fig. 11에서 보듯이 노상의 깊이 방향으로 3개의 지

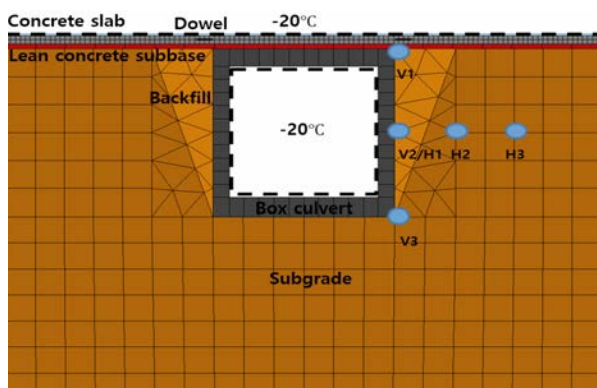


Fig. 11 Finite Element Model and Temperature Monitoring Points

점(V)과 수평방향으로 3개의 지점(H)에서 시간에 따른 온도변화를 조사하였다. 암거가 통과하는 도로포장의 경우, 겨울철 동상에 취약한 단점이 있기 때문에 동상이 발생하는 노상의 온도변화를 조사한 것으로, 특히 포장 표면과 암거 내면으로부터의 거리에 따른 온도의 차이를 확인하려고 하였다.

Table 6. Size and Element Type of Finite Element Model

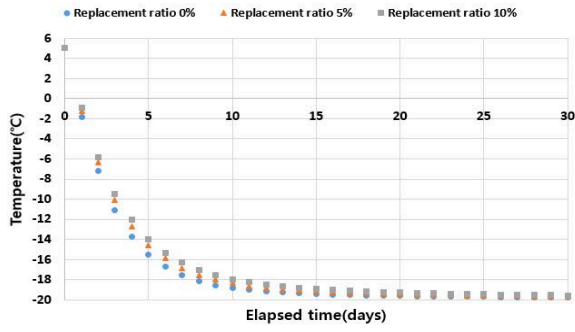
Model component	Size	Element type
Concrete slab	6m×0.3m	DC2D4
Lean concrete subbase	30m×0.15m	DC2D4
Dowel	D32×L500mm	DC1D2
Subgrade	18m×12m	DC2D3
		DC2D4
Box culvert	4.5m×4.5m(0.5m thk.)	DC2D4
Backfill	-	DC2D3

Table 7. Material Properties of Finite Element Model (California DOT, 2008; WSDOT, 2012; Park et al., 2010)

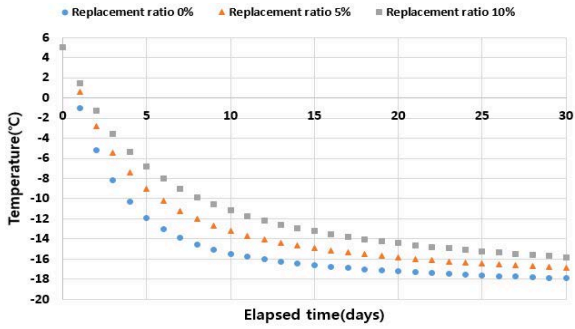
	Concrete slab	Lean concrete subbase	Sub-grade	Dowel	Backfill	Wasted vinyl aggregate (0%)	Wasted vinyl aggregate (5%)	Wasted vinyl aggregate (10%)
Elastic modulus (MPa)	28,000	13,800	70	200,000	110	31,000	30,200	27,900
Poisson's ratio	0.18	0.2	0.3	0.3	0.25	0.18	0.2	0.22
Density (kg/m ³)	2,500	2,400	1,900	2,000	2,000	2,356	2,326	2,292
Thermal conductivity (J/hr.m.°C)	8,373	7,776	3,499	900	4,608	10,053	6,960	5,235
Specific heat (J/hr.m.°C)	800	948	930	450	930	1,026	1,043	1,059

4.2. 해석결과

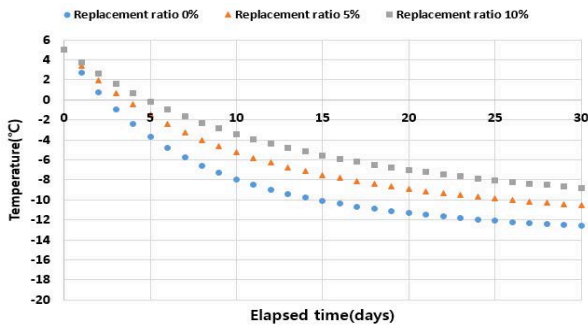
Fig. 12는 해석기간 30일 동안의 포장 깊이 V1, V2 및 V3에서 노상의 온도변화를 도시한 것이다. 해석결과, 페비닐 골재 치환율이 커짐에 따라 박스암거 콘크리트의 열전도율은 작아지고 비열은 커져서 특정한 온도까지 내려가는데 걸리는 시간 또한 지연되었다. 또한 각 지점에서의 온도변화를 확인한 결과 포장 표층에 가장 가까운 V1에서 온도가 급격하게 내려갔고, V2와 V3 순서로 온도가 내려갔다. 이에 따라 30일이 경과한 후 V1에서의 온도는 -19.5°C 에서 -19.7°C 로 온도가 가장 낮게 내려갔고 V2는 -15.8°C 에서 -17.9°C , V3는 -8.7°C 에서 -12.6°C 까지 온도가 내려갔다. 이들 범위는 페비닐 골재 치환율이 클수록 노상의 온도가 늦게 내려갔기 때문에 생긴 것이다.



(a) V1



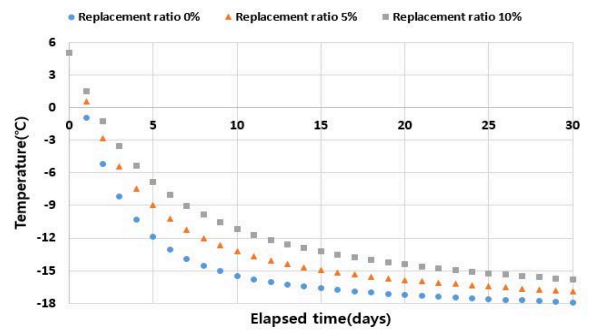
(b) V2



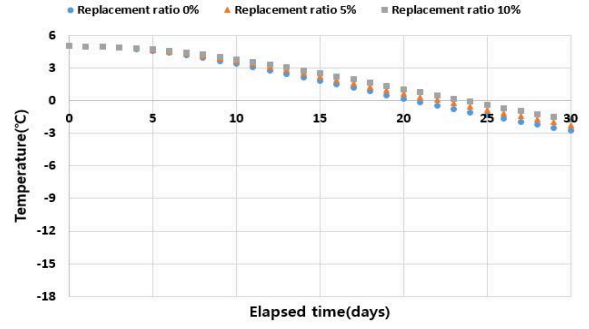
(c) V3

Fig. 12 Temperature History according to Pavement Depth, Elapsed Time, and Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

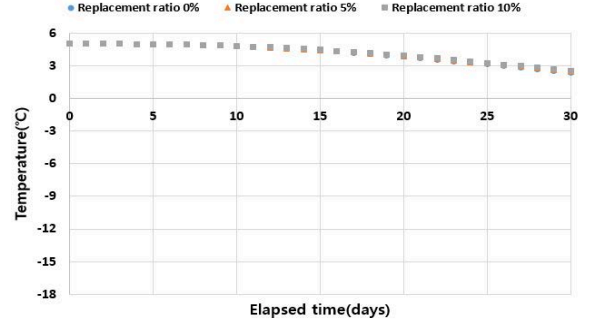
Fig. 13은 해석기간 30일 동안의 수평방향 거리 H1, H2 및 H3에서 노상의 온도변화를 도시한 것이다. 포장 깊이에 따른 결과와 마찬가지로 폐비닐 골재 치환율이 높을수록 온도 변화가 작아지는 것을 확인할 수 있었다. 각 지점에서의 온도 변화를 확인한 결과 암거에 가장 가까운 H1의 온도가 가장 빨리 내려갔으며, H2와 H3의 순서로 온도가 내려갔다. 30일이 경과 한 후 H1에서의 온도는 -15.8°C 에서 -17.9°C 로 온도가 가장 낮게 내려갔고, H2는 -1.7°C 에서 -2.7°C , H3는 2.3°C ~ 2.5°C 까지 온도가 내려갔다. 이들 범위도 폐비닐 골재 치환율이 클수록 노상의 온도가 늦게 내려갔기 때문이다. 폐비닐



(a) H1



(b) H2



(c) H3

Fig. 13 Temperature History According to Distance from Culvert, Elapsed Time, and Replacement Ratio of Wasted Vinyl Aggregate

골재에 의한 단일효과는 박스암거에 연결한 위치(H1)에서 치환율이 높을수록 더욱 뚜렷하게 나타났다.

5. 결론

1. 폐비닐 골재의 치환율을 0%, 5%, 10%로 하여 균질 않은 시멘트 콘크리트의 성질을 측정된 결과, 모든 치환율에서 목표로 하는 범위의 슬럼프와 공기량을 얻을 수 있었다. 따라서 굵은골재를 폐비닐 골재로 치환하더라도 적정 공기량과 슬럼프를 확보할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 페비닐 골재의 치환율에 따른 물리적 특성을 측정하고 결과 페비닐 골재의 치환율이 증가함에 따라 압축강도 및 포아송비가 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 탄성계수는 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 쪼갬 인장강도 역시 페비닐 골재의 치환율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 하지만 모든 물성이 구조용 콘크리트의 기준을 만족하는 것으로 나타났다.
3. 페비닐 골재 콘크리트의 열 특성을 확인하기 위해 페비닐 골재의 치환율에 따른 비열, 열팽창계수, 열전도율 시험을 실시하였다. 페비닐 골재의 치환율이 증가함에 따라 콘크리트의 비열 및 열전도율이 감소하였고, 열팽창계수는 증가하는 것으로 나타났다.
4. 페비닐 골재 콘크리트로 제작된 박스암거가 통과하는 도로포장에 대한 유한요소해석을 실시하였다. 포장체의 온도 변화를 해석한 결과, 박스암거의 페비닐 골재 치환율이 높을수록 노상의 온도변화가 작아졌으며, 이를 통해 페비닐 골재를 적용한 콘크리트 구조물에 대하여 단열 및 동상방지효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 장비 지원으로 실내시험이 이루어졌으므로 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

ABAQUS (2008) Theory Manual Version 6.8. Hibbit, Karleson & Sorensen, Inc., Pawtucket, RI, USA.

California DOT (2008) Highway Design Manual. California Department of Transportation, CA, USA.

Hernandez-ortiz, J. P. (2006) Polymer Processing: Modeling and Simulation. Hanser Gardner Publications, Cincinnati, OH, USA.

KEC (2009) Standard Drawings for Expressway Construction. Korea Expressway Corporation, Korea.

Kim, B. J. (2014) Laboratory Test of Material Properties and Field Test of Snow-melting Effect for Asphalt Concrete Mixed with Waste Vinyl Aggregates. Master Thesis, Inha University, Korea.

Kim, J. C., Yang, S. C., and Kim, N. H. (2003) "Influencing Factor on Thermal Coefficient of Concrete Due to Aggregate Types", Proceedings of the KCI 2003 Spring Conference, Korea Concrete Institute, Vol. 15, No. 1, pp. 249-254.

Lee, T. G. (2006) "Development of a Program for Analysis of Heat of Mass Concrete", Journal of Woosong University, Vol. 11, pp. 127-141.

ME (2013) Agricultural Waste Vinyl Generation Amount, Ministry of Environment, Korea.

ME (2014) Wastes Control Act, Ministry of Environment, Korea.

MLTM (2008) Standard Drawings of Culvert. Revision, Special Specifications, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea.

MLTM (2014) A Research to Establish the 5th (2014-2018) Basic Planning for Aggregate Demand and Supply. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Korea.

Park, J. B., Ju, J. W., Kim, H. D., Na, H. H., and Han, S. H. (2010) "Strength Characteristics of Soils Mixed with Crushed Stone as a Backfill of Reinforced Earth Wall", Journal of Korean Geosynthetics Society, Vol. 9, No. 4, pp. 67-73.

Shin, B. W., Kim, H. R., and Choi, G. B. (2005) Construction Materials. Goomi Book, Korea.

WSDOT, (2012) Glass Fiber Reinforced Ploymer Dowel Bar Evaluation. Washington State Department of Transportation, WS, USA.