한국항해항만학회지 제28권 제3호, pp. 269~276, 2004 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

부산 신항만지역 환경친화적 에너지 수급을 위한 동적 열부하계산

이정재* · 이선애** · 조용수*** · 도근영****

*,동아대학교 건축학부 부교수, **동아대학교 건축학부 대학원
***동아대학교 건축학부 교수, ****한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수

Dynamic Peak Load Calculation for Friendly Environment Energy Supply and Demand Plan at the Newport Area in Busan

Jurng-Jae Yee · Sun-Ae Lee** · Yong-Soo Cho*** · Geun-Young Doe****

*Associate Professor, Faculty of Architectural Engineering & Design, Dong-A University, Busan 604-714, Korea
**Graduate School, Faculty of Architectural Engineering & Design, Dong-A University, Busan 604-714, Korea
***Professor, Faculty of Architectural Engineering & Design, Dong-A University, Busan 604-714, Korea
****Assistant Professor, Division of Architecture and Ocean Space, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

요 약 : 매립지는 도심부 혹은 내륙지역과는 달리 독특한 지형적 자연환경 특성을 가지고 있으며 내륙지역에 비해 낮은 기온, 강한 바람, 과다한 일사조건, 해염을 포함한 습기라는 기후적 악조건을 가지고 있다. 따라서 워터프런트를 개발할 경우는 매립에 따른 기후환경 특성을 상세하게 파악하여 적합한 개발 및 체계적인 유지관리가 필요하다. 워터프런트의 지형적, 기후적 특성을 충분히 검토하지 않고 개발을 추진할 경우 기후환경의 악화와 더불어 시설의 하자발생 및 부정확한 설비용량 산정에 따른 에너지비용 및 유지관리비용의 상승이 초래될 수 있다. 본 연구에서는 현재 매립·개발이 진행되고 있는 부산 신항만지역의 환경친화적 에너지 수급계획을 위하여 신항만지역의 표준기상데이터를 작성하고, 이를 바탕으로 현재 계획되어 있는 상업·업무시설과 주거시설을 대상으로 동적 최대 열부하계산을 실시하여 신항만지역 배후도시의 설비용량 산정을 위한 기초자료를 제시하였다.

핵심용어 : 기후특성, 에너지 절약 시스템, 환경친화적 시스템, 동적 열부하계산

Abstract : *The reclaimed land has peculiar characteristic of nature environment unlike midtown or inland and also, in comparison with inland, has bad weather condition, such as low temperature, strong wind, excessive sunshine, and moisture involved in a salt. Therefore the case of developing water front needs understanding characteristic of weather environment caused by reclamation in detail and proper development and organized maintenance. If development which doesn't investigate topographic and climate characteristic sufficiently is drove ahead, a rise of expense for energy and maintenance is going to be caused by deteriorating weather environmental, occurring a flaw of facility and calculating inaccurate capacity of facility. We looked into the weather state and drew up the standard weather data of the newport area in Busan which is reclaiming and developing now. In this research at the base of the standard weather data, we calculate the dynamic peak loads for commerce, business and residence and then we utilize the results of the load calculation as basic information to determine facility capacity in the rear city of the newport area.*

Key Words : *climate characteristic, efficient energy system, sustainable environmental system, dynamic peak load calculation*

1. 서 론

최근, 도시생활에서 손쉽게 자연과 접할 수 있는 워터프런트 개발에 대한 관심이 높아지고 있으며 워터프런트 개발이 대체로 매립을 통하여 이루어지므로 비교적 자유로운 개발이 가능하고, 대규모의 토지를 얻기 쉬운 면이 장점으로 부각되어 이에 대한 개발은 가속화될 전망이다.

그러나 매립지는 도심부 혹은 내륙지역과는 달리 독특한 지형적 자연환경 특성을 가지고 있으며 내륙지역에 비해 낮은 기온, 강한 바람, 과다한 일사조건, 해염을 포함한 습기라는 기후적 악조건을 가지고 있다.

따라서 매립지를 개발할 경우에는 매립에 따른 기후환경 특성을 고려한 적합한 개발 및 체계적인 유지관리가 필요하다. 매립지의 지형적, 기후적 특성을 충분히 검토하지 않고 개발을 추진할 경우 기후환경의 악화와 더불어 시설의 하자발생 및 부정확한 설비용량 산정에 따른 에너지비용 및 유지관리비용의 상승이 초래될 수 있다.

본 연구에서는 현재 매립·개발이 진행되고 있는 부산 신

* 대표저자 : 이정재(정회원) jjyee@daunet.donga.ac.kr 051)200 7609
** ssun1822@hanmail.net 051)200-5728
*** 정회원, yscho@daunet.donga.ac.kr 051)200-7614
**** 정회원, gydoe@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4583

항만지역의 환경친화적 에너지 수급계획을 위하여 신항만지역의 표준기상데이터를 작성하고, 이를 바탕으로 현재 계획되어 있는 상업·업무시설과 주거시설을 대상으로 동적 최대열부하계산을 실시하여 신항만지역 배후도시의 설비용량 산정을 위한 EDB(Engineering Data Base)를 제시하고자 한다.

2. 신항만 표준기상데이터 작성

2.1 신항만지역 기상측정시스템 구축

Fig. 1은 신항만지역 주변의 기상측정 현황을 나타낸 것으로, A지점에는 1990년 1월부터 측정을 시작한 부산지방기상청이 위치하고 있으며, B지점은 1993년 2월부터 기상관측을 시작한 가덕도 AWS(Automatic Weather Station)가 설치되어 있다. 한편, C지점은 본 연구에서 신항만지역의 기상측정을 위하여 설치한 AWS 기상측정장치가 위치하고 있다.

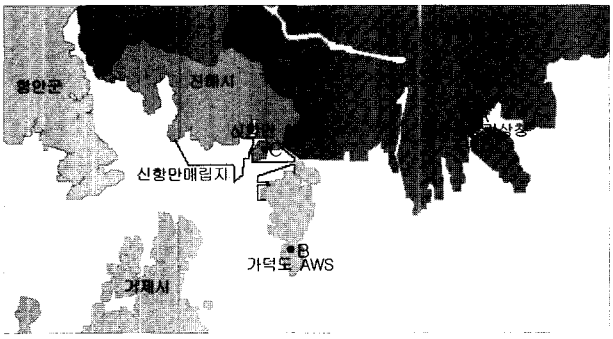


Fig. 1 Position of reclaiming and developing the newport area in Busan

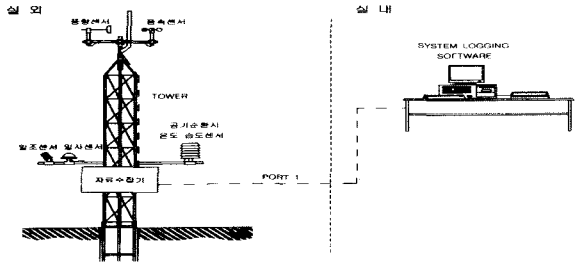


Fig. 2 Organization of the device which collects AWS measurement data

기후는 지형적 위치, 측정장소, 해발고도 등에 따라 변화가 나타나므로 신항만지역의 기후는 부산지역 및 가덕도지역과는 다른 특성이 나타날 것으로 예상된다. 따라서, C지점의 신항만 AWS는 신항만지역의 정확한 기후특성을 파악하고 매립에 의한 기후변화를 상세하게 검토하기 위한 것으로, 2002년 1월에 Fig 2에 나타낸 AWS 기상측정시스템을 설치하여 Table 1과 같은 기상항목을 측정하고 있다.

Fig. 3~Fig. 5는 부산지방기상청, 가덕도 AWS, 신항만 AWS의 2002년도 측정결과를 비교하여 나타낸다.

Table 1 Items to measure weather data

부산지방기상청 (A)		가덕도 AWS (B)		신항만 AWS (C)	
측정항목	측정간격	측정항목	측정간격	측정항목	측정간격
기 온	3시간	기 온	1시간	기 온	10분
상대습도		풍 향		풍 향	
운 량				풍 속	
강수량	1시간	풍 속		상대습도	
풍 향				일 사	
풍 속		강수량		일 조	
일사량					

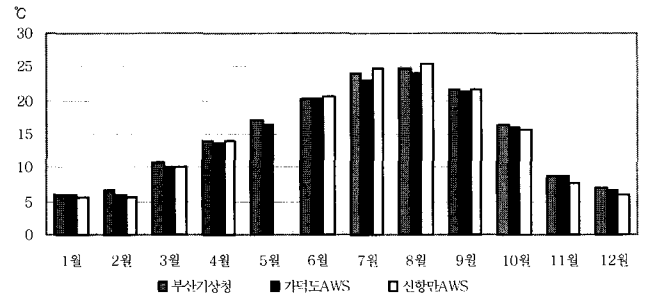


Fig. 3 Comparison of monthly average temperature

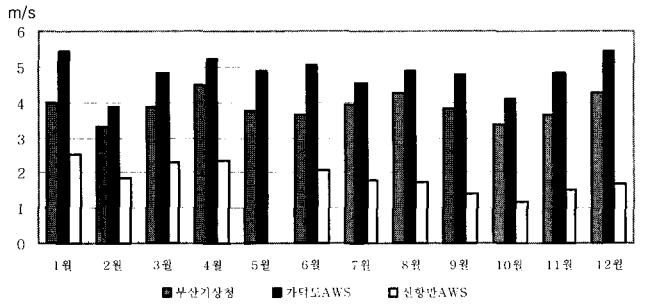


Fig. 4 Comparison of monthly average wind speed

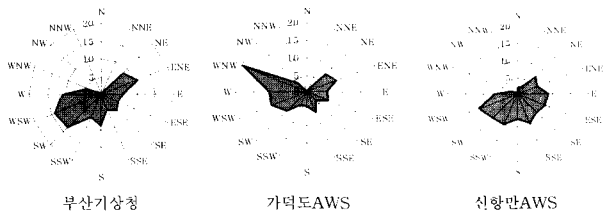


Fig. 5 Comparison frequency of annual wind direction

Fig. 3은 부산지방기상청과 신항만 AWS의 월평균 기온을 비교한 것으로 6월~9월에는 0.1℃~0.9℃ 신항만이 높게 나타나며, 그 외의 달은 부산지방기상청이 0.2℃~1.0℃ 높게 나타났다. 신항만 AWS와 가덕도 AWS를 비교할 경우 4월~9월에는 0.1℃~1.8℃ 신항만이 높게 나타나며, 그 외의 달은 가덕도가 0.1℃~0.9℃ 높게 나타났다.

Fig. 4는 부산지방기상청과 신항만 AWS의 월평균 풍속을 비교한 것으로 부산지방기상청이 1.5m/s~2.6m/s 높게 나타나며, 가덕도 AWS와 신항만 AWS를 비교할 경우 가덕도가

2.1m/s~3.7m/s 높게 나타났다.

한편, Fig. 5는 연간의 풍향 빈도수를 나타낸 것으로서 부산지방기상청의 주풍향은 동~서, 가덕도 AWS는 남~서, 신항만 AWS는 동~서향으로 약간의 차이를 보이고 있다.

상기 결과를 종합할 때, 각 지역은 해안성 기후라는 비슷한 지형적 조건을 가지고 있지만 기후측정 위치와 해발고도 등의 측정지점에 따라 다소 상이한 기후특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, 신항만지역은 인근의 부산지역 및 가덕도 지역과는 다른 기후특성을 가지고 있으며, 이 지역의 기후특성을 고려한 환경친화적 설비시스템을 구축하기 위해서는 이 지역의 표준기상데이터 작성은 필수적이라 할 수 있다.

2.2 표준기상데이터 작성법

표준기상데이터는 외기건구온도, 절대습도, 직달일사량, 천공일사량, 운량, 풍향, 풍속의 7개 기상항목을 1시간 간격으로 나타낸 것으로 10여년간의 데이터의 각월에서 가장 평균적인 달을 선택하고 선형적으로 연결한 가상의 1년간 데이터이다. 일반적으로 설비시스템의 장치용량산정 및 합리적인 에너지 수급계획을 위한 동적 열부하계산의 외기 기상조건으로 사용된다.

신항만지역에 설치한 AWS는 2002년 1월에 설치되어 표준기상데이터를 작성하기에는 데이터의 양이 매우 부족하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 2002년도 신항만지역 AWS 측정데이터와 부산지방기상청의 기상데이터를 비교하여 회귀식을 산출하고, 기 작성한 부산 표준기상데이터를 수정·보완함으로써 신항만 표준기상데이터를 작성하고자 하였다.

구체적으로는 신항만지역의 표준기상데이터 작성을 위하여 신항만 AWS와 부산지방기상청의 데이터를 비교하여 상관관계를 도출하였다. 그리고 통계 프로그램인 dbSTAT[1]를 사용하여 회귀분석을 실시하였으며 Table 2는 시간별 회귀식 산출결과를 정리하여 나타낸 것이다.

부산 표준기상데이터를 각 항목별로 Table 2에 나타낸 회귀식을 이용하여 아래와 같은 방법으로 신항만 표준기상데이터를 작성하였다.[2),3)]

[1] 건구온도 : 부산지방기상청, 신항만 AWS 측정데이터를 분석한 Table 2의 건구온도 회귀식을 사용하여 산출하였다.

[2] 절대습도 : 상대습도로 측정된 부산지방기상청, 신항만 AWS 데이터를 절대습도로 변환하여 Table 2의 절대습도 회귀식을 사용하여 산출하였다.

[3] 직달일사량, 천공일사량 : 부산지방기상청과 신항만지역의 AWS에서 관측되는 일사량은 수평면 전천일사량으로 표준기상 데이터 작성을 위해 직산분리가 필요하다. 직산분리에 관해서는 여러 연구자가 방법을 제시하고 있으나, 본 연구에서는Kimura와 Utakawa가 제안한 수평면 전천일사량으로부터 법선면 직달일사량을 추정하는 실험식을[5)] 사용하였다.

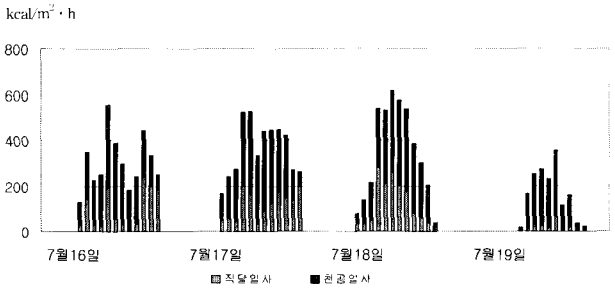
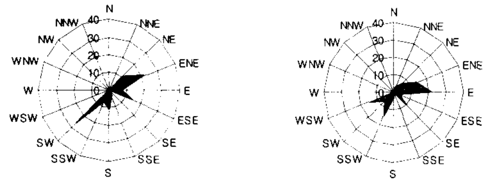


Fig. 6 Result of separation direct solar and sky solar

Table 2 Result of analysis to draw up standard weather data

Y: 신항만 표준기상데이터 X: 부산 표준기상데이터

시간	건구온도 회귀식	절대습도 회귀식	직달일사량 회귀식	천공일사량 회귀식	풍속 회귀식
1	Y=1.04767X-1.24321	Y=0.96328X+0.00003			Y=0.26578X+0.51808
2	Y=1.04892X-1.27158	Y=0.96438X+0.00002			Y=0.36393X+0.19460
3	Y=1.04302X-1.24724	Y=0.95298X+0.00006			Y=0.32640X+0.34420
4	Y=1.04649X-1.37162	Y=0.95716X+0.00008			Y=0.34098X+0.24756
5	Y=1.04699X-1.37310	Y=0.93776X+0.00039			Y=0.26585X+0.49521
6	Y=1.04602X-1.40532	Y=0.95826X+0.00008			Y=0.30478X+0.24817
7	Y=1.06937X-1.51216	Y=0.96427X+0.00011	Y=0.08285X+27.59534	Y=0.94284X+0.24379	Y=0.33035X+0.15415
8	Y=1.09699X-1.37164	Y=0.97631X+0.00010	Y=0.66450X+83.19891	Y=0.89956X+1.01768	Y=0.38526X+0.08031
9	Y=1.07401X-0.97383	Y=0.96683X+0.00013	Y=0.90528X+160.05893	Y=0.80660X+2.08090	Y=0.43032X+0.16105
10	Y=1.04550X-0.62062	Y=0.94495X+0.00018	Y=1.13166X+82.01190	Y=0.81064X+0.48608	Y=0.42908X+0.35829
11	Y=1.06505X-1.09325	Y=0.95541X+0.00006	Y=1.19755X+42.70764	Y=0.86819X-7.97119	Y=0.34549X+0.88130
12	Y=1.08493X-1.54716	Y=0.95357X+0.00005	Y=1.05066X+57.88890	Y=0.88873X-11.29497	Y=0.29614X+1.21612
13	Y=1.10134X-1.68968	Y=0.96730X-0.00010	Y=0.90935X+89.59384	Y=0.80417X+12.98646	Y=0.31067X+1.20523
14	Y=1.10736X-1.78091	Y=0.97020X-0.00012	Y=1.08106X+43.58707	Y=0.94305X-12.42611	Y=0.36246X+0.95624
15	Y=1.10965X-1.65546	Y=0.97059X-0.00009	Y=1.17437X+57.30317	Y=0.92239X-17.02072	Y=0.38508X+0.73672
16	Y=1.10323X-1.35536	Y=0.96819X-0.00001	Y=1.16484X+79.97024	Y=0.82186X+2.76090	Y=0.40463X+0.64445
17	Y=1.07166X-0.65936	Y=0.97053X-0.00002	Y=0.87596X+1.33084	Y=0.87596X+1.33084	Y=0.45426X+0.23190
18	Y=1.07657X-0.87190	Y=0.97094X-0.00007	Y=0.43428X+44.26708	Y=0.97703X+0.60888	Y=0.41439X+0.33476
19	Y=1.07210X-1.05083	Y=0.96556X-0.00005	Y=1.13589X+10.95095	Y=0.88177X-0.26159	Y=0.43467X+0.09678
20	Y=1.06703X-1.16643	Y=0.96717X-0.00001	Y=0.68496X+1.18263	Y=1.23699X+0.01316	Y=0.39625X+0.35435
21	Y=1.06061X-1.24703	Y=0.96584X-0.00000			Y=0.37613X+0.26469
22	Y=1.05596X-1.19492	Y=0.96255X-0.00001			Y=0.35458X+0.28428
23	Y=1.05298X-1.15358	Y=0.96244X+0.00003			Y=0.33830X+0.29355
24	Y=1.04856X-1.20688	Y=0.96469X-0.00000			Y=0.33810X+0.25598



부산기상청 8월　　　신항만AWS 8월

Fig. 7 Comparison frequency of wind direction on August

Fig. 6은 7월 16일~19일의 4일간 신항만 AWS에서 측정한 수평면 전천일사량을 직산분리한 결과를 나타낸다. 직산분리된 직달일사량과 천공일사량을 Table 2에 나타낸 일사회귀식에 대입하여 산출하였다.

[4] 운량 : 운량은 신항만 AWS에서는 측정되고 있지 않으므로 부산 표준기상데이터의 수치를 그대로 이용하였다.

[5] 풍향 : Fig. 7은 부산지방기상청과 신항만지역 AWS의 8월 풍향 빈도를 비교하여 나타낸다. 연간에 걸쳐 매우 유사한 빈도를 보이고 있어 풍향은 수정하지 않고 부산 표준기상데이터를 그대로 사용하였다.

[6] 풍속 : 신항만지역에 AWS 설치시 현장 여건으로 AWS의 풍속은 6m 높이에서 측정을 하였으며, 풍속의 오차를 Hellman 공식을 이용하여 보정한 후, Table 2의 풍속 회귀식을 사용하여 산출하였다.

2.3 신항만 표준기상데이터의 작성

부산 표준기상데이터를 2.2의 방법으로 각 항목을 수정하여 신항만 표준기상데이터를 작성하였다. Table 3은 1월 1일~8일까지의 신항만 표준기상데이터를 나타내며, Fig. 8~Fig. 12는 작성한 신항만지역 표준기상데이터와 부산 표준기상데이터를 비교하여 나타낸다.

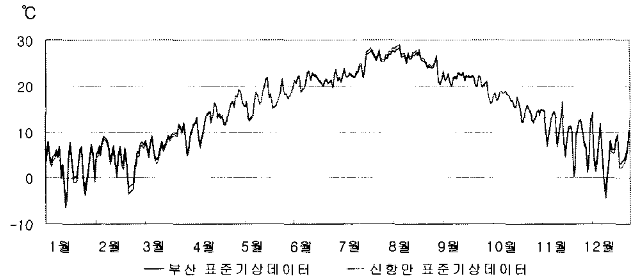


Fig. 8 Comparison of temperature between Busan and the newport area

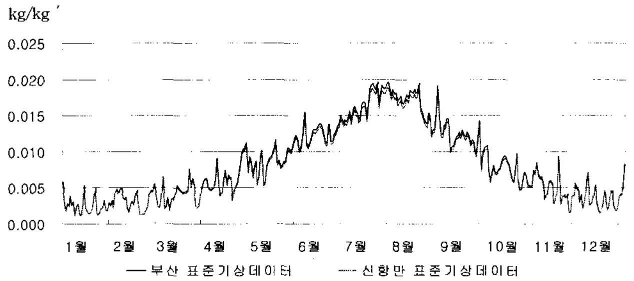


Fig. 9 Comparison of absolute humidity between Busan and the newport area

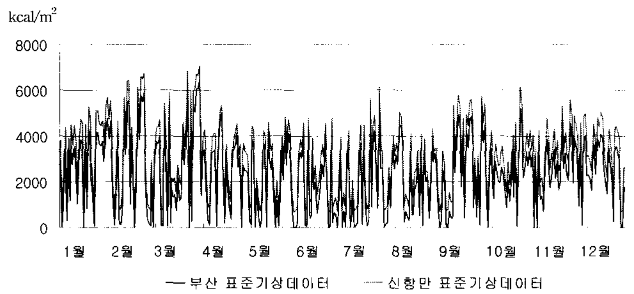


Fig. 10 Comparison of direct solar between Busan and the newport area

Table 3 The standard weather data of the newport area

513509505502492487481482492517543563582588589578568559556553550551554556 0 1 101	537539538541541539537538538540549547539534538546549544536531526523523523 0 1 551
14 13 11 10 14 11 12 11 12 13 16 21 26 27 29 28 28 27 28 29 31 33 36 37 0 1 112	28 27 28 30 35 31 31 30 30 28 29 30 27 26 29 30 30 29 26 22 21 20 21 20 0 1 552
0 0 0 0 0 0 21 545386746706265593981721001O4 33 9 1 0 0 0 0 0 1 113	0 0 0 0 0 0 21 54204188116 76 93 52116131104 33 9 1 0 0 0 0 0 1 553
0 0 0 0 0 0 0 1 48 70 90 99117119 87 39 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 114	0 0 0 0 0 0 0 1 48101114 84 73 63 70 47 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 554
0 0 0 0 0 0 1 1 2 2 2 2 4 7 9 8 7 6 7 7 8 8 9 9 0 1 115	10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 9 9 6 3 0 0 0 0 0 0 0 0 1 555
15 16 1 14 15 14 15 14 14 2 2 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 2 1 2 0 1 116	2 2 2 2 1 1 2 16 15 15 15 15 14 14 14 13 13 13 6 1 16 16 16 16 0 1 556
16 12 16 16 22 25 32 14 13 18 17 21 27 28 26 21 23 20 15 26 18 22 16 17 0 1 117	17 12 13 10 11 13 12 6 7 18 24 25 29 27 23 21 17 16 5 10 18 17 16 18 0 1 557
559562562562568573572575574575573572573575580586590589586578571560561552 0 1 201	515511507505497495496501506528552558564578599601593568555547541542538535 0 1 661
39 43 49 53 58 55 58 60 58 58 58 59 59 61 62 64 65 63 61 57 56 52 53 50 0 1 222	20 19 19 18 21 18 19 22 22 24 25 26 24 27 30 29 30 26 28 28 28 28 28 27 0 1 662
0 0 0 0 0 0 21 54160 82 43 58 90 44 57 80104 33 9 1 0 0 0 0 0 1 223	0 0 0 0 0 0 21 544236437056115124463261621O4 33 9 1 0 0 0 0 0 1 663
0 0 0 0 0 0 0 1 3 2 0 0 18 0 0 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 224	0 0 0 0 0 0 0 1 57 73 85104129124 96 55 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 664
9 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 8 6 4 0 1 225	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 665
2 2 2 2 4 4 4 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 15 15 15 15 15 0 1 226	15 2 16 1 16 1 15 13 11 12 11 13 16 12 10 10 11 11 13 13 12 12 14 16 0 1 666
16 15 20 19 21 18 15 16 15 18 24 26 28 23 28 27 25 25 10 8 25 30 12 19 0 1 227	18 10 16 9 10 13 12 11 5 9 19 19 27 18 18 19 19 17 13 14 17 14 10 9 0 1 667
546544543540536533528526532534535537546563570572573557541528518511505502 0 1 331	527521516509505504511521539545563592595588586587587577576570569566557548 0 1 771
49 48 46 44 43 40 38 33 30 27 28 28 26 26 25 25 24 22 19 19 18 18 19 17 0 1 332	27 28 28 29 32 30 31 31 33 33 34 40 40 44 45 45 45 56 53 54 48 36 31 27 0 1 772
0 0 0 0 0 0 21 543402031593054613912361201O4 33 9 1 0 0 0 0 0 1 333	0 0 0 0 0 0 21 545076263521141O3 51 60 80104 33 9 1 0 0 0 0 0 1 773
0 0 0 0 0 0 0 7 61102127131138129 95 44 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 334	0 0 0 0 0 0 0 7 50 77121122105 65 15 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 774
5 6 7 5 4 2 3 3 4 6 7 9 6 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 335	0 0 0 0 0 0 1 2 3 5 7 9 9 10 10 10 10 10 8 5 3 2 1 0 0 1 775
13 16 16 15 13 7 7 4 15 13 15 8 13 12 13 12 11 13 13 15 16 15 15 15 0 1 336	15 0 9 0 0 12 12 11 11 11 11 10 10 11 11 11 11 11 12 12 12 12 12 12 0 1 776
15 15 12 18 10 9 9 11 13 14 19 19 23 22 22 22 15 8 6 9 13 13 17 15 0 1 337	10 3 5 2 5 11 12 20 28 30 26 21 23 27 27 21 21 28 23 27 20 26 21 34 0 1 777
495490488480479476475476483494520539566578589590575553541535535534533535 0 1 441	543535526518511505501498508536554563571583600582574554552548543539537533 0 1 811
17 15 15 13 15 11 11 10 11 12 13 14 14 14 18 22 24 24 23 22 22 23 26 27 0 1 442	25 24 24 24 25 23 23 23 25 25 24 23 21 28 33 30 28 26 28 29 29 27 28 28 0 1 812
0 0 0 0 0 0 21 545387727626655434523691991O4 33 9 1 0 0 0 0 0 1 443	0 0 0 0 0 0 21 547258528507045163922561281O4 33 9 1 0 0 0 0 0 1 813
0 0 0 0 0 0 0 1 46 56 75 91121122 94 55 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 444	0 0 0 0 0 0 0 7 37 50 60 83129134 98 48 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 814
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 2 4 7 9 9 10 10 0 1 445	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 815
11 11 9 12 11 14 15 15 15 15 14 15 4 5 5 4 2 2 1 1 1 1 2 2 0 1 446	13 13 12 10 11 11 11 12 11 10 10 11 11 10 10 12 11 11 11 11 11 11 11 11 0 1 816
10 7 12 13 11 12 12 41 32 13 15 16 18 15 17 23 20 15 18 18 22 19 18 17 0 1 447	26 29 11 14 13 12 8 4 5 13 18 26 27 29 26 30 33 24 30 32 26 22 20 21 0 1 817

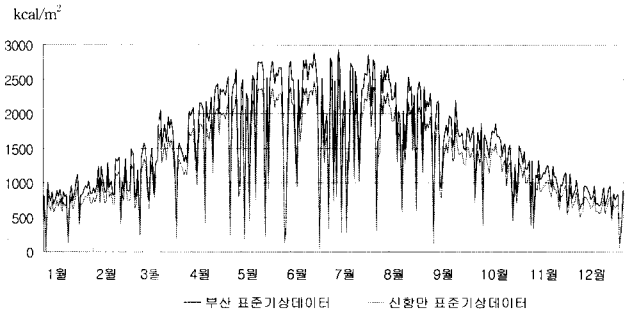


Fig. 11 Comparison of sky solar between Busan and the newport area

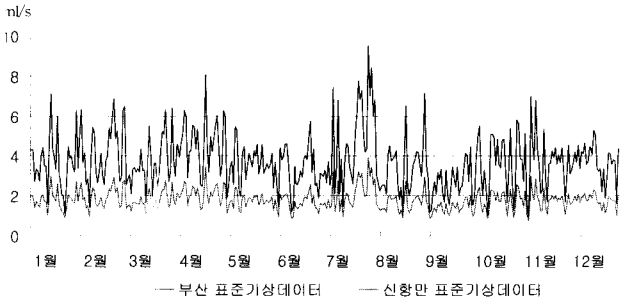


Fig. 12 Comparison of wind speed between Busan and the newport area

Fig. 8에 나타낸 일평균 기온에 주목하면, 여름철인 6월~9월은 신항만 표준기상데이터가 0.02~0.7℃ 높고 그 외의 달은 부산 표준기상데이터가 0.16~1.5℃ 높게 나타났다. 반면, 일평균 절대습도(Fig. 9)는 년간 신항만지역이 0.0001~0.0006kg/kg′ 높게 나타났다. 한편, 1일 누적 직달일사량(Fig. 10)은 신항만지역이 690~905kcal/m^2 · day 높게 나타났으며, 1일 누적 천공일사량은(Fig. 11)은 부산지역이 130~255kcal/m^2 · day 높게 나타났다. 또한, Fig. 12에서 일평균 풍속은 부산이 1.5~3.0m/s 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

2.4 신항만 설계용 기상데이터의 작성

공조설비의 장치부하를 산출하기 위해 필요한 외기조건을 설계용 외기조건이라 한다. 설계용 외기조건의 산정방법으로는 일정기간 기상관측 기록치를 초과확률에 의해 통계적으로 산출하는 ASHRAE의 TAC수법이 대체적으로 사용되고 있으며, 이 수법을 적용하여 산출한 설계용 온 · 습도 데이터 등을 이용하여 최대부하를 계산하고 있다. 그러나, 동적 부하계산법을 이용한 최대열부하의 계산을 위해서는 냉 · 난방 설계용 건구온도, 절대습도, 법선면 직달일사량, 수평면 천공일사량, 수평면 야간방사량(또는 운량), 풍향, 풍속의 7개 기상요소의 시각별 데이터가 필요하다.

설계용 기상데이터의 작성법에 대해서도 많은 연구자에 의해 여러 가지 수법이 제안되고[6] 있으나, 아직 확정적인 작성법은 정립되어 있지 않다. 그러나 본 연구에서는 Micro-Peak/1987에서 채용하고 있는 통계처리방법에[4),7),8)] 의해 설계용 기상데이터를 작성하였다. Table 4, 5는 전술한 통계처리 방법에 의해 작성된 신항만지역의 TAC 2.5%에 해당하는 시각별, 설계용 기상데이터를 나타낸다.

3. 부산 신항만지역 최대 냉 · 난방부하 계산

신항만지역 배후부지의 면적은 3,083,454m^{2}이며, 항만기능 40%, 배후지원기능 60%로 나누어 개발될 예정이다. 배후지원기능은 오피스, 쇼핑센터의 상업 · 업무시설, 아파트 등의

Table 4 Weather data for design in summer time (TAC 2.5%)

	Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	DBT	26.4	26.1	25.9	26.2	25.9	25.7	26.1	27.8	29.4	30.3	31.5	32.1	32.7	33.1	33.5	33.7	33.3	32	30.4	28.7	27.7	27.2	26.9	26.5
	AH	18.6	18.7	18.5	18.6	18.6	18.7	18.9	19.1	19.3	19.4	19.8	19.4	19.9	19.7	19.7	19.3	19.2	19.1	18.5	18.6	18.9	18.7	18.4	18.5
TAC 2.5%	DSRN	0	0	0	0	0	0	38	379	631	670	610	516	467	501	547	582	452	113	10	1	0	0	0	0
	SSRH	0	0	0	0	0	0	87	148	188	233	285	313	303	301	247	193	145	92	6	0	0	0	0	0
	NEH	19	20	20	20	19	19	20	19	18	19	20	20	20	20	20	19	19	19	20	20	21	21	19	19
	WD	8	8	7	8	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	WV	15	15	15	14	15	14	13	15	18	22	24	26	27	28	27	26	24	22	18	18	17	17	17	17

Table 5 Weather data for design in winter time (TAC 2.5%)

	Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	DBT	-6.1	-6.5	-7	-7.6	-8	-8	-8.2	-8	-6.9	-5.4	-5.6	-3.5	-2.1	-1.1	0.2	0	-0.6	2	3.2	3.6	4.1	4.7	5.1	5.6
	AH	1	1	1	1	1.4	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.3	1.2	1.1	1.3	1.2	1.1	1	1	1.1	1	1	1	1.1
TAC 2.5%	DSRN	0	0	0	0	0	0	19	52	160	84	84	73	86	44	55	79	95	30	8	1	0	0	0	0
	SSRH	0	0	0	0	0	0	0	1	11	20	38	46	67	35	9	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	NEH	105	106	105	104	101	105	100	100	102	105	108	109	111	114	115	115	114	115	110	107	106	108	107	106
	WD	10	9	9	9	8	10	9	9	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	9	10	9	9	10	10
	WV	16	15	15	13	13	13	14	15	17	21	24	25	26	25	25	25	22	21	18	18	17	19	18	18

DBT:건구온도 (℃) AH:절대습도 (g/kg) DSRN:법선면 직달일사량 (kcal/m^2 · h) SSRH:수평면 천공일사량 (kcal/m^2 · h)
NEH:수평면 야간방사량 (kcal/m^2 · h) WD:풍향 (1~16) WV:풍속 (m/s)

주거시설, 변전소, 배수지, 주차장의 공급처리시설, 공원, 녹지, 도로의 공공시설로 구성되며, Table 6에 그 구성비를 나타낸다.

이와 같이 구성될 신항만지역 배후도시 건축물의 정확한 설비용량 산정 및 환경친화적 에너지 수급계획을 위해, 본 연구에서는 상업·업무시설과 주거시설을 중심으로 최대 냉난방 부하계산을 실시하였다.

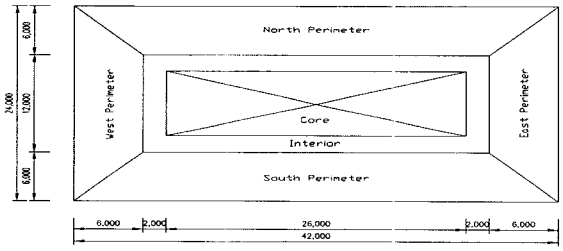
Table 6 Plan to utilize a place at the newport area

구분	면적(m^2)	구성비(%)
항만기능	1,233,852	40.0
상업·업무시설	410,412	13.3
주거시설	336,356	10.9
공급처리시설	32,513	1.1
공공시설	1,070,321	34.7
합계	3,083,454	100.0

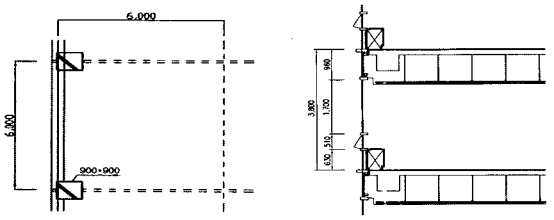
3.1 계산의 개요

3.1.1 상업·업무시설

상업·업무시설의 설비용량 산정을 위하여 해석 대상 모델 공간을 신항만지역에 위치한 사무소 건물로 가정하였다. 장방향(42m×24m)의 15층 건물로 높이는 57.7m이며, 건물의 전면은 정남향으로 설정하였다



a) plan of objective office building



b) plan of perimeter zone c) section of perimeter zone

Fig. 13 Calculation model (office building)

부하계산은 사무소건물의 최하층, 중간층, 최상층으로 구분하여 실시하였으며, 층고는 3.8m, 천장고는 2.7m로 가정하였다. Fig. 13에 상업·업무시설 부하계산에 사용된 사무소 건물의 개요를 나타낸다.

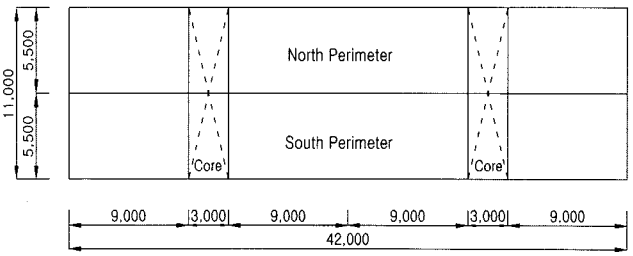
계산에 사용된 실내 온·습도 조건은, 하기 건구온도 26℃, 상대습도 55%, 동기 건구온도 22℃, 상대습도 35%로 설정하였다. 또한, 신선외기 도입량은 30 [m^3/h·인]으로 설정하였으며, 장치운전시간은 평일 08:00~18:00시, 토요일은 08:00~13:00시로 하였다. 단위면적당 조명부하는 25[W/m^2], 단위면적당 실사용자 수는 0.2[인/m^2]로 설정하였다.

동적 열부하계산은 일본 건축설비사협회에서 개발한 HASP/ ACLD/8502[7] 프로그램을 pre-heating & cooling 개념을 도입하여 개선한 HASP/AEBL/2001-P 프로그램을 사용하였다.

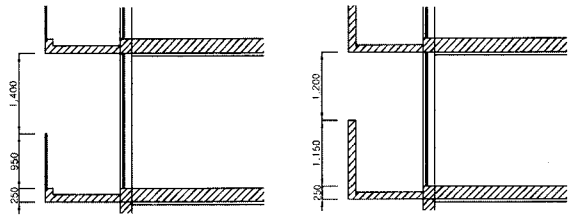
3.1.2 주거시설

주거시설 설비용량 산정을 위한 해석대상 공간은 신항만지역에 위치한 25평형 아파트 건물로 가정하였다. 장방향(42m× 11m)의 20층 건물로 높이는 52.6m이며, 건물의 전면은 정남향으로 설정하였다. 부하계산은 최상층, 중간층, 최하층의 좌측세대, 중간세대, 우측세대를 구분하여 실시하였다. 층고는 2.6m, 천장고는 2.3m이며, Fig. 14는 주거시설 부하계산에 사용된 모델공간의 개요를 나타낸다.

계산에 사용된 실내 온도조건은, 하기 26℃, 동기 22℃로 설정하였으며, 습도는 고려하지 않았다. 장치운전시간은 평일과 토요일 모두 24시간 운전으로 하였으며 단위면적당 조명부하는 20[W/m^2], 단위면적당 실사용자는 1가구당 4인을 기준으로 하여 0.04[인/m^2]로 하였다.



a) plan of objective apartment



b) section of south perimeter

Fig. 14 Calculation model (apartment)

3.2 동적 최대 냉·난방 부하 계산결과 및 고찰

3.2.1 상업·업무시설

Fig. 15~Fig. 18에 신항만지역 상업·업무시설의 냉·난방 부하 계산결과를 나타낸다. 그림에서 Fig. 15 및 Fig. 17은 현열부하 계산결과이며, Fig. 16 및 Fig. 18은 전열(현열+잠열)부하 계산결과를 나타낸다.

현열 냉방부하는 공조 개시와 더불어 오전 8시에 95.0~102.9 kcal/m^2 · h의 최대부하가 발생하며 일사의 영향으로 오후 3~5시경에 높은 부하가 발생한다. 전열 냉방부하는 장치 예열시간인 오전 8~9시에는 외기를 도입하지 않기 때문에, 외기가 도입되기 시작하는 오전 9시에 112.0~116.6 kcal/m^2 · h의 최대부하가 발생한다.

난방부하는 현열의 경우, 195.4 ~214.0 kcal/m^2 · h, 전열의 경우는 235.4~254.1 kcal/m^2 · h의 최대부하가 공조개시와 더불어 오전 8시에 공히 발생하며, 이후 서서히 감소하고 있다. 한편, 최대 냉 · 난방부하는 외기에 많이 접하고 있는 최상층에서 가장 크게 나타났다.

3.2.2 주거시설의 부하

Fig. 19~Fig. 20에 신항만지역 주거시설의 냉 · 난방부하 계산결과를 나타낸다.

24시간 연속운전하는 아파트의 경우, 냉방부하는 온도와 일사가 가장 높은 오후 4시에 34.7~37.3 kcal/m^2 · h의 최대부하가 발생한다. 한편, 난방부하는 오전 6시에 37.8~44.1 kcal/m^2 · h의 최대부하가 발생하여 서서히 감소하다 오후 8시에 다시 증가하기 시작한다.

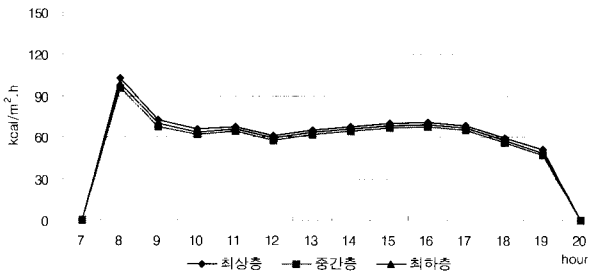


Fig. 15 Peak sensible cooling loads at office

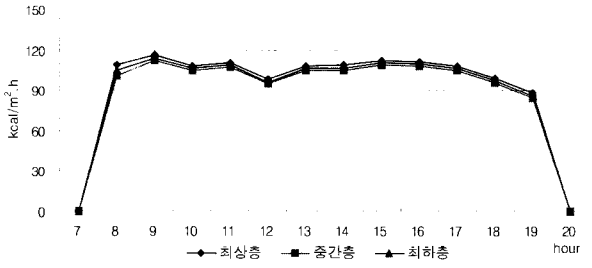


Fig. 16 Peak cooling loads at office

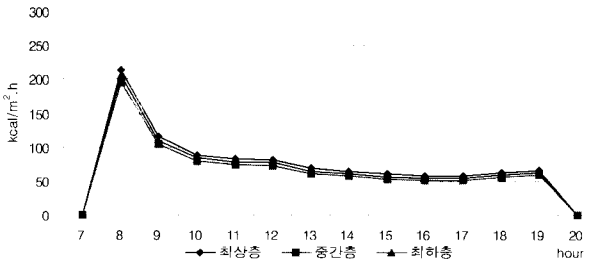


Fig. 17 Peak sensible heating loads at office

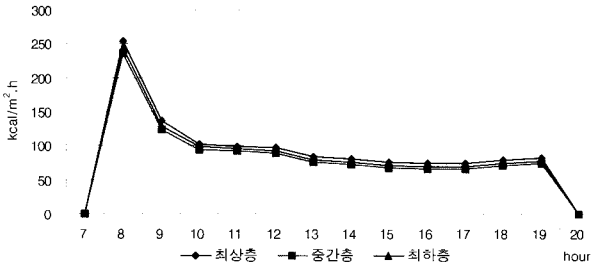


Fig. 18 Peak heating loads at office

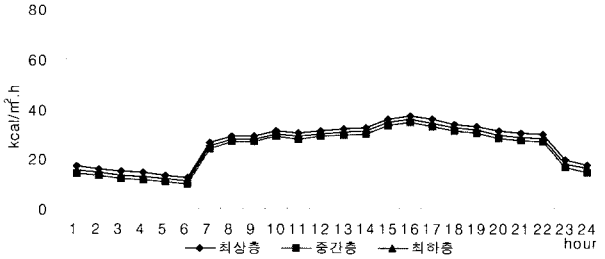


Fig. 19 Peak sensible cooling loads at apartment

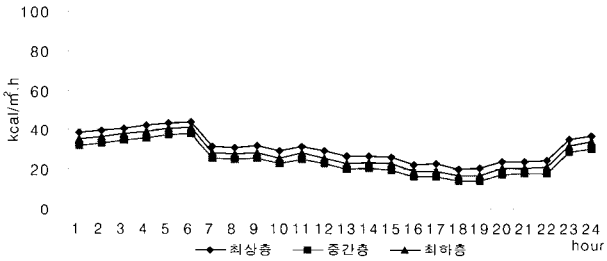


Fig. 20 Peak sensible heating loads at apartment

Table 7 Cooling & heating peak loads in newport area

		바닥면적당 최대부하	최대 장치부하
상업 · 업무시설	냉방	112.4 Kcal/m^2 · h	692.0 Gcal/h
	난방	237.3 Kcal/m^2 · h	1460.8 Gcal/h
주거시설	냉방	34.8 Kcal/m^2 · h	234.1 Gcal/h
	난방	38.3 Kcal/m^2 · h	257.6 Gcal/h

Table 7에서는 신항만지역의 설비용량 산정을 위해 상업 · 업무시설과 주거시설을 중심으로 실시한 부하계산 결과를 정리하여 나타낸다. 상업 · 업무시설은 오피스 15층, 주거시설은 아파트 20층 건물로 가정하였을 때, 상업 · 업무시설 최대부하는 냉방 112.4 kcal/m^2 · h, 난방 237.3 kcal/m^2 · h로 나타났으며, 주거지역 최대부하는 냉방 34.8 kcal/m^2 · h, 난방 38.3 kcal/m^2 · h로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서 현재 매립 · 개발이 진행되고 있는 신항만지역

의 환경친화적 에너지 수급계획을 위하여 AWS 기상측정 결과를 이용한 신항만지역의 표준기상데이터를 작성하고, 항만지역 배후도시의 설비용량 산정을 위하여 상업·업무시설과 주거시설을 대상으로 동적 최대열부하 계산을 실시하였다. 본 연구에서 도출된 결과는 다음과 같다.

[1] 신항만 지역과 부산 표준기상데이터를 비교하면, 일평균 온도는 여름철인 6월~9월은 신항만이 0.02℃~0.7℃ 높고, 그 외의 달은 부산지역이 0.16℃~1.5℃ 높게 나타났다. 일평균 절대습도는 신항만지역이 0.0001~0.0006kg/kg′높게 나타났으며, 1일 누적 직달일사는 신항만지역이 690~905kcal/m^2·day 높고, 천공일사는 부산지역이 130~255kcal/m^2·day 높게 나타났다. 한편, 일평균 풍속은 부산이 1.5~3.0m/s 높게 나타났다.

[2] 신항만 표준기상데이터를 이용하여, 신항만지역 TAC 2.5%의 동계 및 하계 설계용 기상데이터를 작성하였으며, 이를 이용하여 동적 최대 냉·난방부하 계산을 실시하였다.

부하계산 결과, 상업·업무시설의 경우 현열 냉방부하는 공조개시인 오전 8시에 peak가 발생하며, 냉방부하는 장치예열시간인 오전 8~9시에는 외기를 도입하지 않기 때문에, 외기가 도입되기 시작하는 오전 9시에 peak가 발생한다. 한편, 최대 난방부하는 공조개시와 더불어 오전 8시에 peak가 발생하여 서서히 감소한다.

[3] 주거시설의 경우, 최대 냉방부하는 온도 및 일사가 가장 높은 오후 4시에 peak가 발생하며, 최대 난방부하는 오전 6시에 peak가 발생한다.

[4] 신항만지역의 상업 및 업무시설 최대부하는 냉방시 112.4 kcal/m^2·h, 난방시 237.3 kcal/m^2·h로 나타났으며, 주거시설의 최대부하는 냉방시 34.8 kcal/m^2·h, 난방시 38.3 kcal/m^2·h로 나타났다.

후 기

본 연구는 한국과학재단지정 지능형통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

[1] 김수녕(2000), (1주완성)윈도우용 통계 소프트, 탐진

[2] 대한설비공학회(2002), 표준기상데이터

[3] 서찬석, 김두천(1992), 한국주요도시의 HASP용 표준기상데이터의 개발, 대한설비공학회, pp. 21-25

[4] 이범석, 정순성, 이정재(1999), HVAC System 설계용 동적 최대부하계산법에 관한 연구(제1보) -설계용 기상데이터 작성 및 Peak 부하의 시산, 대한건축학회 학술발표논문집, 제19권 제1호, pp. 753-758.

[5] 宇田川光弘(1993), PCによる空氣調和計算法

[6] 武田仁(1990), 空氣調和のための東京氣象データに關する研究(第1報-TAC法による設計用外界條件), 空氣調和·衛生工學會論文集, No.41, pp. 105-115.

[7] 日本建築設備社協會(1993), 空調設備の動的熱負荷計算入門.

[8] 日本コージェネレーション研究會·日本空調衛生設備士協會(1988), MICRO-PEAK/1987.

[9] ASHRAE(1997), ASHRAE HANDBOOK Fundamentals.

원고접수일 : 2003년 9월 30일
원고채택일 : 2004년 2월 16일