

## 최적 환경제어를 위한 한국형 돈사 모델 개발†

— 일관경영 —

유재일 · 주정유 · 김성철 · 박종수\* · 장동일\*\* · 장홍희\*\* · 임영일\*\*

축협중앙회

## Development of Korean Pig-housing Models for the Optimum Control of Environmental Systems

— Farrow to Finish Operation —

Yoo Jae-II, Joo Jung-Yoo, Kim Seong-Chul, Park Chong-Soo\*, Chang Dongil\*\*,

Chang Hong-Hee\*\* and Lim Young-II\*\*

National Livestock Cooperatives Federation, Seoul, Korea 134-763

### Summary

This study was conducted to develop pig-housings based on the forecasting models of swine production, the weather conditions, and so on in Korea.

The Korean pig-housings were developed according to the following basis :

1. They should be suitable to domestic weather conditions.
2. They should be designed based on the forecasting models of swine production of farrow to finish operation among the forecasting models of swine production in Korea.
3. Proper environments should be offered to pigs according to the growth.
4. The environmental control, the treatment of swine wastewater, and so on should be interrelated.
5. Manual energy should be saved by effective arrangements of pig-housings.

In the future, performance test of the Korean pig-housings and development of facility automation systems which are suitable to these should be accomplished.

(Key words : Pig-housing, Design, Environmental control)

---

† 이 논문은 1997년도 농림부의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\* 충남대학교 농과대학 동물자원학부(Division of Animal Science & Resources, Chungnam National University, Taejeon, Korea 305-764).

\*\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과(Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, Taejeon, Korea 305-764).

## 서 론

분만돈과 자돈, 그리고 교배돈은 환경변화에 매우 민감하게 영향을 받기 때문에 분만돈사와 자돈사, 그리고 교배돈사는 환경제어를 통하여 적정환경을 제공할 수 있는 무창돈사를 사용하여 사육할 필요가 있으며, 점차 무창돈사의 필요성이 증대될 것으로 예상된다. 그러나 우리나라에서는 무창돈사에 대한 연구가 거의 수행되지 않았기 때문에 이에 대한 기술 수준이 낮으며, 기후와 여러 가지 여건이 우리나라와 전혀 다른 선진 양돈국의 기술이 그대로 적용되어 많은 문제점이 발생되고 있는 실정이다.

박 등<sup>2)</sup>은 우리나라 양돈산업의 성장 예측 모델을 크게 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델과 가족적 번식전문 농가와 가족적 비육전문 농가의 성장 예측 모델로 제시하였다. 이와 같이 제시된 성장 예측 모델에 적합한 규모와 형태로 한국형 돈사는 개발되어야 한다.

따라서, 본 연구는 우리나라 양돈산업의 성장 예측 모델 중에서 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델을 기준으로 하여 사육 단계별로 적합한 환경을 별도로 제공하고, 환경제어 및 분뇨처리 등이 종합적으로 연계되며, 효율적인 배치를 통하여 노동력을 절감할 수 있는 한국형 돈사 모델을 개발하기 위하여 수행되었다.

## 설계 기준

### 1. 설계규모

박 등<sup>2)</sup>은 양돈농가의 기계화 및 자동화의 현황과 생산성을 조사한 후 기계화 및 자동화 시설을 이미 도입하고 있는 양돈가와 도입하고 있지 않은 양돈가의 생산성 지표를 종합적으로 비교·분석함으로써 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델을 표 1과 같이 상시모돈이 150~170두인 규모(모델 I)와 상시모돈이

Table 1. Forecasting models of farrow to finish operation based on 1.5 worker

Item	No. of sow	Facilities according to housing					Management
		Housing	Feeder	Drinker	Waste treatment	Ventilation • temperature • humidity	
Model I	150~170	Gestating	Automatic	Nipple	Slurry or scraper	Windowless-automatic system	Weekly work, seven to eight litters weekly, all in all out system
		Farrowing	Semi-automatic	Wet feed	Slurry	"	
		Weaning	"	Nipple	"	"	
		Growing-finishing	Automatic	"	Slurry or scraper	"	
Model II	103~150	Gestating	"	"	"	"	Weekly work, six litters weekly, all in all out system
		Farrowing	Semi-automatic	Wet feed	Slurry	"	
		Weaning	"	Nipple	"	"	
		Growing-finishing	Automatic	"	Slurry, scraper, or sawdust	Mechanical opening and closing system	

130~150두인 규모(모델 II)로 제시하였다. 따라서, 상시모돈이 150~170두인 규모와 상시모돈이 130~150두인 규모를 설계기준으로 하였다.

## 2. 사 양

사양기술지표, 시설사용지표, 사양관리기준 등 시설별 사양지표는 축사 표준설계도의 적용 기준을 기준으로 하였는데, 그 내용은 표 2~3과 같다.<sup>1)</sup>

## 3. 환경설계

### 가. 단열수준

표 4는 1월 평균기온을 기준으로 한 벽과 천정의 추천 단열 수준이며<sup>1)3),6)</sup>, 표 5는 지역별 설계외기조건이다.<sup>1)</sup> 추천 단열 수준과 지역별 설계외기조건, 그리고 식(1)을 이용하여 단열재의 종류와 두께를 결정하였다.

Table 2. Management criteria for swine production

Item	Criteria
Litters/female/year (times)	Model I : 2.4 Model II : 2.2
Live pigs born/litter (pigs)	10
Pigs weaned/litter (pigs)	9.6
Hogs sold/female/year (pigs)	21
Market weight (kg)	110
Age at market (days)	180
Sow replacement rate per year (%)	30
Replacement sow selection rate (%)	80
Number of boars	1 boar/17 sows
Pregnancy rate (%)	80

Table 3. Use days of facilities

Housing type	Use days	Remark	
Boar pen	365		
Gestating stall	107	From mating to seven days before each sow is expected to farrow	
Pre-breeding pen	Weaned sows	10	Average mating day
	Replacement gilts	90	
Farrowing pen	Waiting term	7	Seven days before each sow is expected to farrow
	Lactating term	21	
Weaning pen	46		
Growing pen	53		
Finishing pen	60		

Table 4. Recommended insulation "R" values

Average temperature of January	Walls	Ceilings
More than 0℃	9	12
0 ~ -10℃	9 ~ 14	16
Less than -10℃	14	23

Table 5. Design weather conditions

Region	Average lowest outdoor temperature (℃)	Outdoor temperature (℃)	Relative humidity (%)	Wind velocity (m/sec)
Chuncheon	-17.9	-13.3	69.7	1.7
Kangreung	-10.8	-7.2	56.4	3.7
Seoul	-14.0	-10.0	65.2	2.8
Suwon	-16.5	-12.1	70.4	1.7
Seosan	-12.9	-9.0	74.0	2.6
Cheongju	-16.9	-12.4	72.0	1.9
Taejeon	-13.9	-9.9	71.7	1.7
Chupungryung	-13.3	-9.3	65.8	4.1
Taegu	-10.9	-7.2	60.2	3.1
Cheonju	-11.8	-8.0	73.3	1.1
Wolsan	-9.2	-5.8	63.2	3.1
Kwangju	-10.0	-6.5	71.7	2.6
Pusan	-7.9	-4.6	55.3	4.8
Mokpo	-6.5	-3.4	74.5	5.1
Cheju	-1.7	-0.8	73.2	5.2

$$t = \frac{x}{\alpha} \left| \frac{t_d - t_o}{t_d - t_i} \right| \times 1.2 \dots\dots\dots (1)$$

- 여기서, t = 단열재의 두께 (m)
- x = 단열재의 열전도율(kcal/m·h·℃)
- α = 표면열전달율(kcal/m<sup>2</sup>·h·℃ = 5.0, 4-6)
- t<sub>i</sub> = 실내 온도(℃)
- t<sub>o</sub> = 실외 온도(℃)
- t<sub>d</sub> = 실내 노점온도(℃)

나. 환기설계

MWPS<sup>®</sup>는 분만돈을 제외한 체중 34kg 이상의 돼지에게는 자연환기방식이 가장 좋은 방식이라고 하였다. 따라서, 육성돈, 비육돈, 임신돈 및 후보돈, 웅돈 등이 사육되는 돈사는 자연환기방식으로 설계하였으며, 분만돈과 이유자돈이 사육되는 돈사는 기계환기방식으로 설계하였다.

사육단계별 두당 필요 환기율은 표 6을 기준으로 하였다.<sup>1)</sup>

Table 6. Ventilation rates for swine

Animal type	Weight (kg)	Ventilation rate (cmm/hd)		
		Cold weather	Mild weather	Hot weather
Sow and litter	182.0	0.566	2.264	14.150
Prenursery pig	5.4~ 13.6	0.057	0.283	0.708
Nursery pig	13.6~ 34.0	0.085	0.425	0.991
Growing pig	34.0~ 68.0	0.198	0.679	2.123
Finishing pigs	68.0~100.0	0.283	0.991	3.596
Gestating sow	147.0	0.340	1.132	4.245
Boar	182.0	0.396	1.415	8.490

Reference : (Ministry of Agriculture and Forestry & National Livestock Cooperatives Federation, 1996)

다. 바닥난방 설계

내용은 표 7과 같다.<sup>9)</sup> 우리 나라 기후에서는 웅돈방, 분만돈방의 모돈구역, 임신돈방은 바닥난방이 필요하지 않기 때문에 이들 지역은 바닥난방을 설계하지 않았다.

돈사의 사육단계별 유지온도와 이에 따른 돈사 바닥표면 유지온도 목표와 가온면적 등을 고려하여 바닥난방을 설계하였는데, 이에 대한

Table 7. Heated floor design criteria

Pig weight (kg)	Heated floor space (m <sup>2</sup> )	Floor surface temperature (°C)	Hot water pipe spacing (cm)	Electric heat (W/m <sup>2</sup> )
Birth~13.6	0.60~1.40/litter	29.4~35.0	--	323~430
13.6~34.0	0.10~0.20/pig	21.1~29.4	38	269~323
34.0~68.0	0.20~0.28/pig	12.9~21.1	38	269~323
68.0~100	0.28~0.32/pig	10.0~12.9	46	215~269

Reference : (Yoo and Lee, 1995).

4. 돈방 설계

였다.<sup>9)</sup>

가. 돈방 면적

나. 돈방바닥 형태

두당 돈방 면적은 미국(MWPS)의 기준, 우리나라의 축산기술연구소와 축협중앙회의 기준이 모두 다른데, 본 연구에서는 표 8~9와 같이 축협중앙회의 기준에 따라 돈방 면적을 설계하

돈방바닥의 형태에는 배변장과 휴식장이 동일 바닥에 있는 형태, 휴식장보다 10cm 정도 낮추어 배변장을 설치하는 형태, 돈방 전체를 슬랫(slat, 틈바닥)으로 하는 형태(완전슬랫), 그

Table 8. Rooms designed of MODEL- I

Animal type	No. of pigs	Space requirements		Accommodated pigs	Rooms required	Surplus rate (%)	Rooms designed	Remark		
		Size	Area (m <sup>2</sup> )							
Boar	2		9.72/pig	1	2	10	2			
Breed- ing pig	Stall	Gestating	126	2.2m × 0.65m	1.43	1	126	"	140	Stall
	Pen	Waiting for copulation	12	"	3.1	4	3	—	3	
Replacement gilt			16		3.1	4	4	10	5	
Farrowing sow	Waiting		40	2.4m × 1.7m	4.08	1	40	—	40	
	Lactating									
Weaning pig			538		0.3/pig	20	27	—	28	2 litters
Growing pig			606		0.6/pig	20	31	10	36	"
Finishing pig			692		0.9/pig	20	35	"	40	"

Table 9. Rooms designed of MODEL- II

Animal type	No. of pigs	Space requirements		Accommodated pigs	Rooms required	Surplus rate (%)	Rooms designed	Remark		
		Size	Area (m <sup>2</sup> )							
Boar	2		9.72/pig	1	2	10	2			
Breed- ing pig	Stall	Gestating	95	2.2m × 0.65m	1.43	1	95	"	105	Stall
	Pen	Waiting for copulation	9	"	"	1	9	—	9	Stall
Replacement gilt			14		3.1	4	3.5	—	4	
Farrowing sow	Waiting		30	2.4m × 1.7m	4.08	1	30	—	30	
	Lactating									
Weaning pig			403		0.3/pig	15	27	—	28	15 pigs
Growing pig			454		0.6/pig	20	23	10	26	2 litters
Finishing pig			518		0.9/pig	20	26	"	30	"

리고 돈방 일부를 슬랏으로 하는 형태(부분슬랏)가 있다. 이 네가지 형태중 양돈산업의 고도 성장, 사회적 여건 변화, 인건비 상승, 분뇨처리의 기계화 등 양돈환경변화로 인하여 사용도가 급속히 높아지고 있는 완전슬랏 형태와 부분슬랏 형태를 기준으로 돈방바닥을 설계하였다. 부분슬랏 형태에서 슬랏을 설치하지 않은 부분과 슬랏 부분의 면적비를 2:1로 하였다.<sup>9)</sup>

#### 다. 분만돈방의 설계

모돈과 자돈이 요구하는 에너지환경이 다르기 때문에 자돈의 전용 생활공간(보온 구역)을 구분하여 설치할 수 있도록 하였다. 분만돈방의 폭은 5주 이유시를 기준으로 하여 240cm로 하였다.<sup>9)</sup> 바닥은 전체 슬랏을 수평으로 설치하는 것을 기준으로 설계하였다.

#### 라. 성돈(중부돈·임신돈·웅돈) 방의 설계

임신돈은 분만예정일 일주일 전까지 임신스틀에서 관리하는 방식을 채택하였으며, 또한 스틸은 통풍이 잘되면서 옆의 돼지와 접촉되지 않도록 하였다. 웅돈방은 대부분 중부 장소로 이용하기 때문에 약간 넓은 면적으로 설계하였으며, 웅돈방과 웅돈방간의 벽은 140cm 높이의 막힘벽으로 설계하였다.<sup>9)</sup>

#### 마. 육성·비육돈방의 설계

육성돈방과 비육돈방을 구분하여 설계하였다. 전체슬랏바닥 돈방의 경우 가로대 세로의 비율을 1:2.5~1:3으로 설계하였다. 부분슬랏바닥 돈방의 경우 콘크리트바닥 대 슬랏의 비율을 2.4~2.6:1로 하였고, 콘크리트의 경사도를 1/24~1/16로 하였으며, 슬랏바닥을 콘크리트 바닥보다 2.5~3.0cm 낮게 설계하였다. 1돈방당 수용단위는 1복단위를 기준으로 하였으며, 돈사 내 통로는 사료이동 수레(폭 70cm)를 기준으로

하여 1m로 설계하였다.

#### 바. 돈방의 운영 체계

모델 I과 모델 II의 사양방식은 주간 단위의 작업으로 ALL-IN, ALL-OUT 생산시스템을 기준으로 하였다.

### 5. 돈방수 산출

모델 I의 경우 주간 8복과 모돈 회전율 2.4회<sup>2)</sup>를 기준으로 상시 모돈수를 계산한 결과 174두이었으며, 모델 II의 경우 주간 6복과 모돈 회전율 2.2회<sup>2)</sup>를 기준으로 상시 모돈수를 계산한 결과 142두이었다. 이 상시 모돈수를 근거로 하여 상재두수를 계산한 후 돈방수를 산출한 결과는 표 8~9와 같다.

### 6. 배치 및 평면계획

모델 I의 경우 임신, 분만, 자돈, 육성 및 비육, 출하의 순으로 배치하였으며, 동일 건물내에 전 유형의 돈사를 집약하기 위하여 각 돈사를 관리통로로 연결하였다.

모델 II의 경우 번식, 육성 및 비육의 순으로 구분하여 배치하였다.

## 모델 돈사 설계

### 1. 모델 I의 돈사설계

#### 가. 돈사 배치

돈사의 배치도는 그림 1과 같다. 임신·후보돈사와 분만·자돈사, 그리고 분만·자돈사와 육성돈사의 동간 간격은 10m로 설계되었으며, 육성돈사와 비육돈사의 동간 간격은 15m로 설계되었다. 사료빈은 입구 동선 및 방역 체계 때문에 입구와 가까운 위치에 설치되도록 설계되었으며, 방역상 사료반입구와 외부차량의 주차

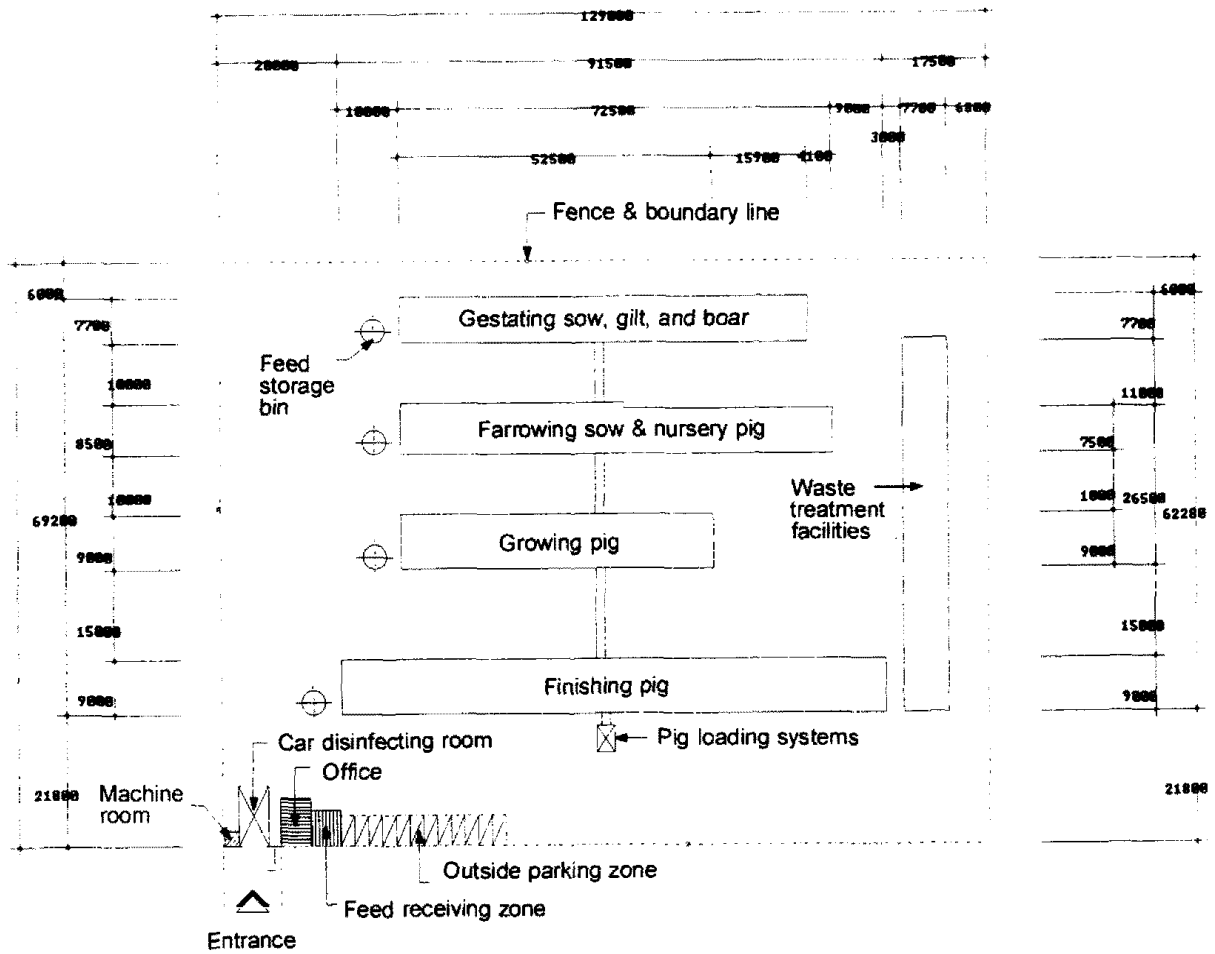


Fig. 1. Block plan of MODEL- I .

공간은 단지외부에 설치되도록 설계되었다.

#### 나. 환기체계

분만사와 자돈사의 환기체계는 그림 2와 같이 설계되었으며, 동절기에는 최소로 개방된 배플(baffle) 입기구를 통하여 복도로 유입된 외부공기가 방열기(radiator)에 의해 가열된 후 돈사 내부로 유입되어 피트배기되며, 하절기에는 외부공기가 최대로 개방된 배플 입기구를 통하여 돈사내로 유입된 후 배기팬과 피트 배기팬에 의해 배기된다. 그리고 정전 등의 비상시에는 비상용 환기창을 최대로 열어 자연환기를 시킬 수 있도록 설계하였다.

임신·후보돈사, 육성돈사, 그리고 비육돈사

의 환기체계는 그림 3과 같이 설계되었으며, 동절기에는 외부공기가 지붕 상부를 통하여 최소로 돈사내로 인입된 후 피트배기되며, 하절기에는 외부공기가 외벽의 윈치커텐 또는 단열환기창의 개구부를 통하여 돈사내로 인입된 후 피트배기된다.

#### 다. 평면 및 단면 설계

설계기준과 각종 장치의 성능을 고려하여 평면 및 단면을 그림 4~9와 같이 설계하였으며, 본 연구에서는 환기체계에 중점을 두고 연구를 진행한 관계로 분뇨 처리시설은 고려하지 않았다.



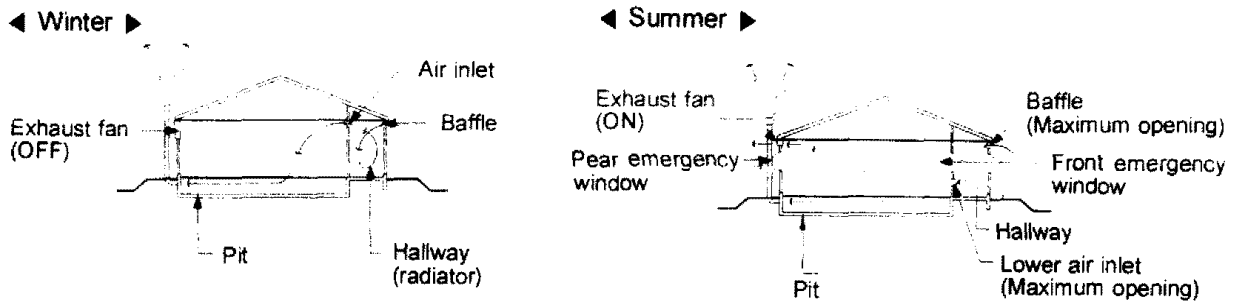


Fig. 2. Ventilation system for farrowing and weaning buildings of MODEL- I .

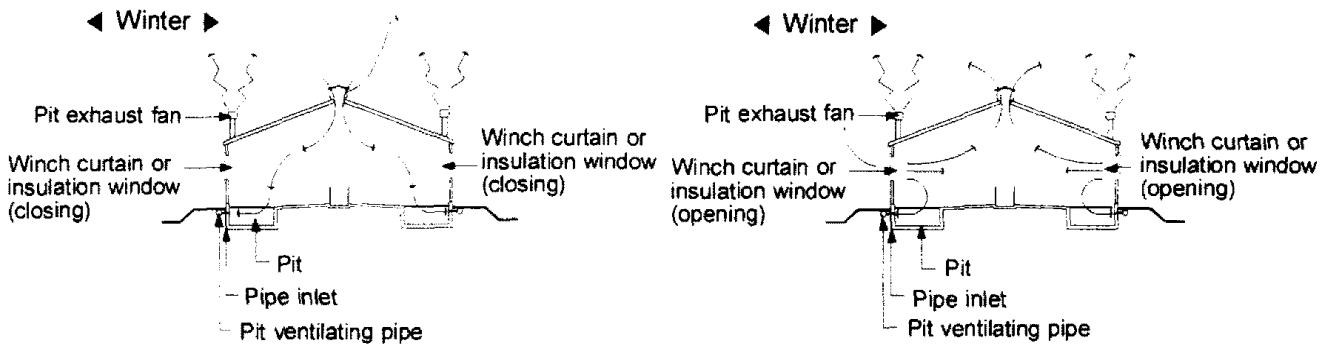


Fig. 3. Ventilation system for gestating, growing, and finishing buildings of MODEL- I .

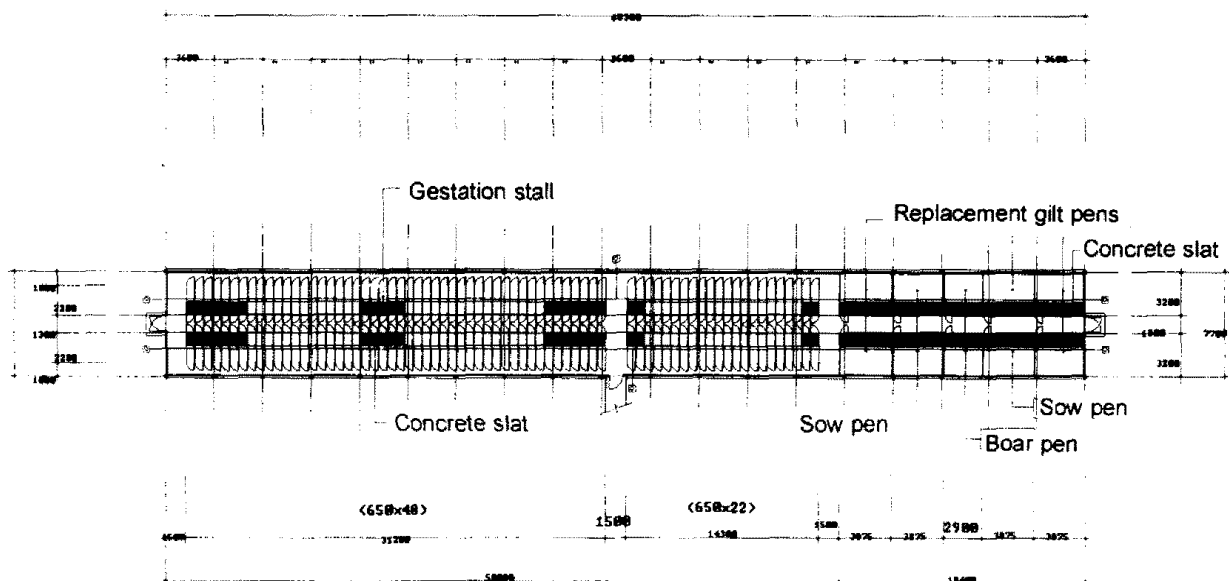


Fig. 4. Top view of a gestating building of MODEL- I .

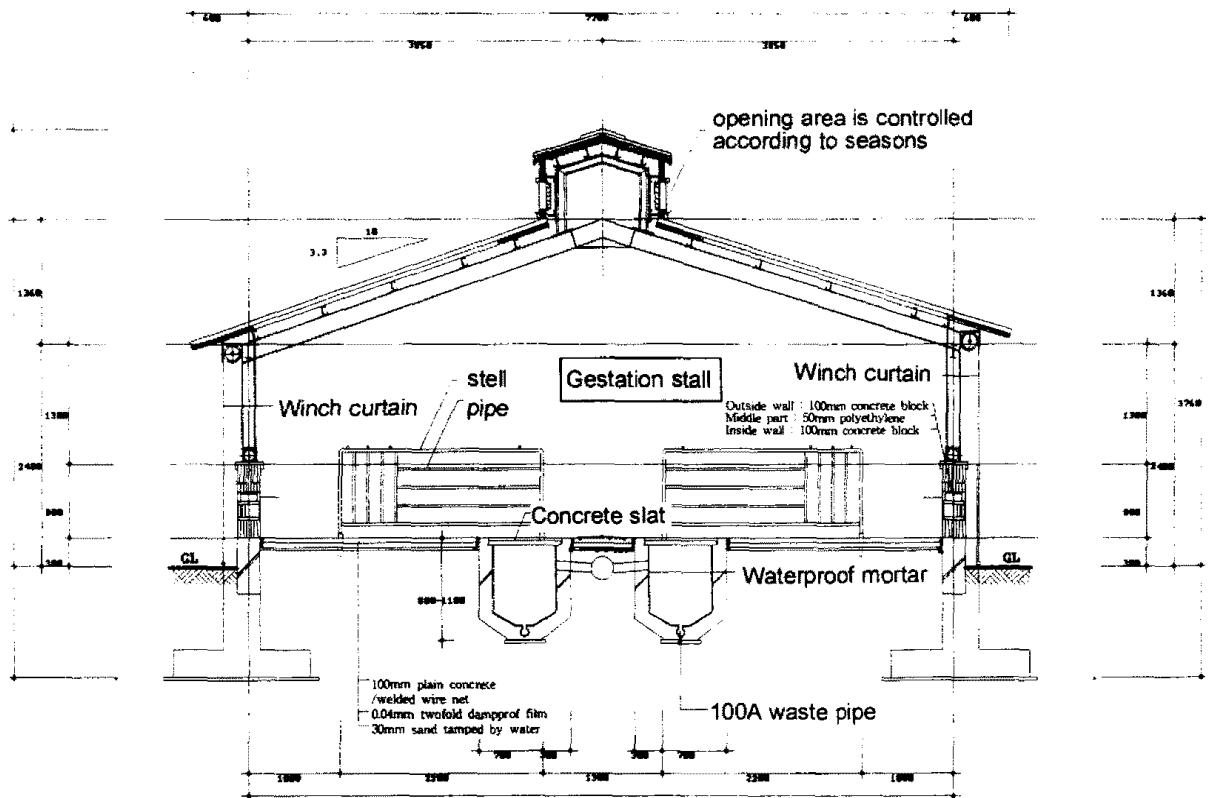


Fig. 5. Cross-sectional view of a gestating building of MODEL- I .

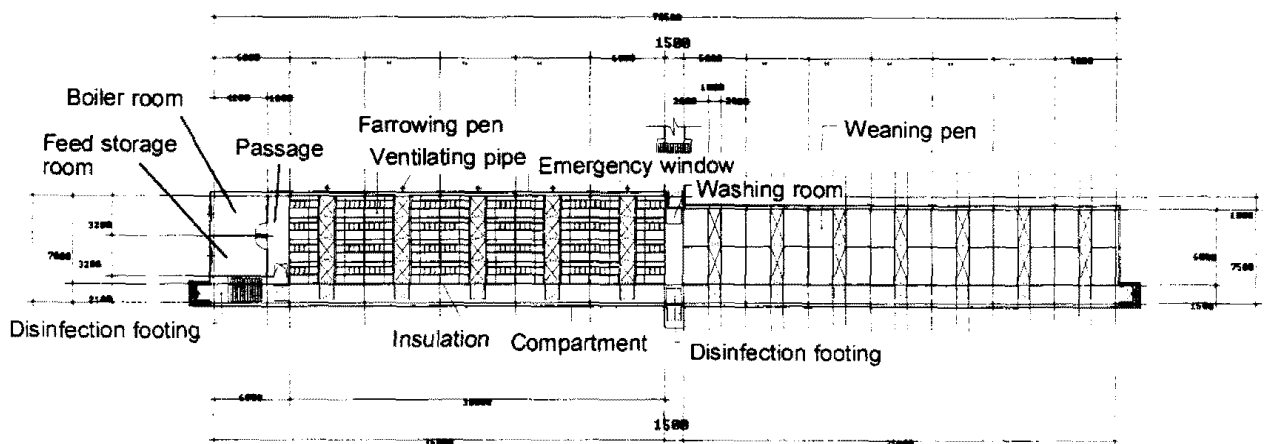


Fig. 6. Top view of a farrowing and weaning building of MODEL-I.

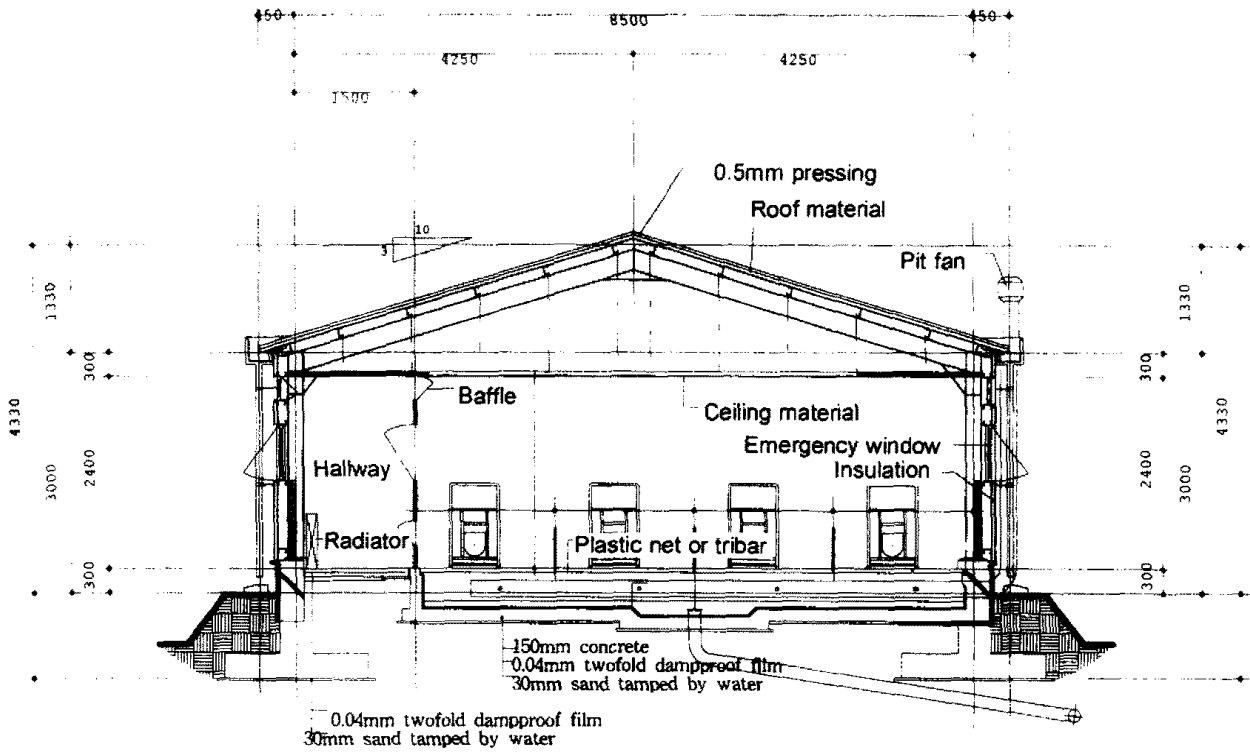


Fig. 7. Cross-sectional view of a farrowing building of MODEL- I

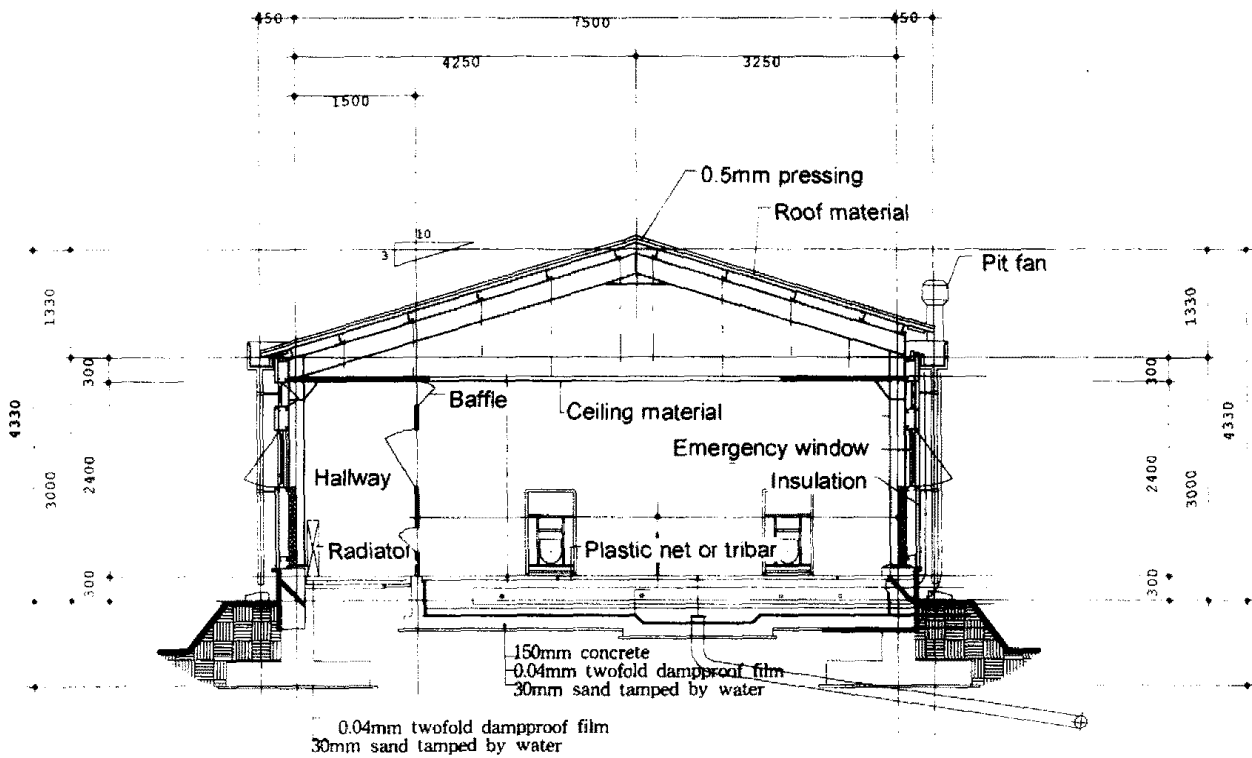


Fig. 8. Cross-sectional view of a weaning building of MODEL- I

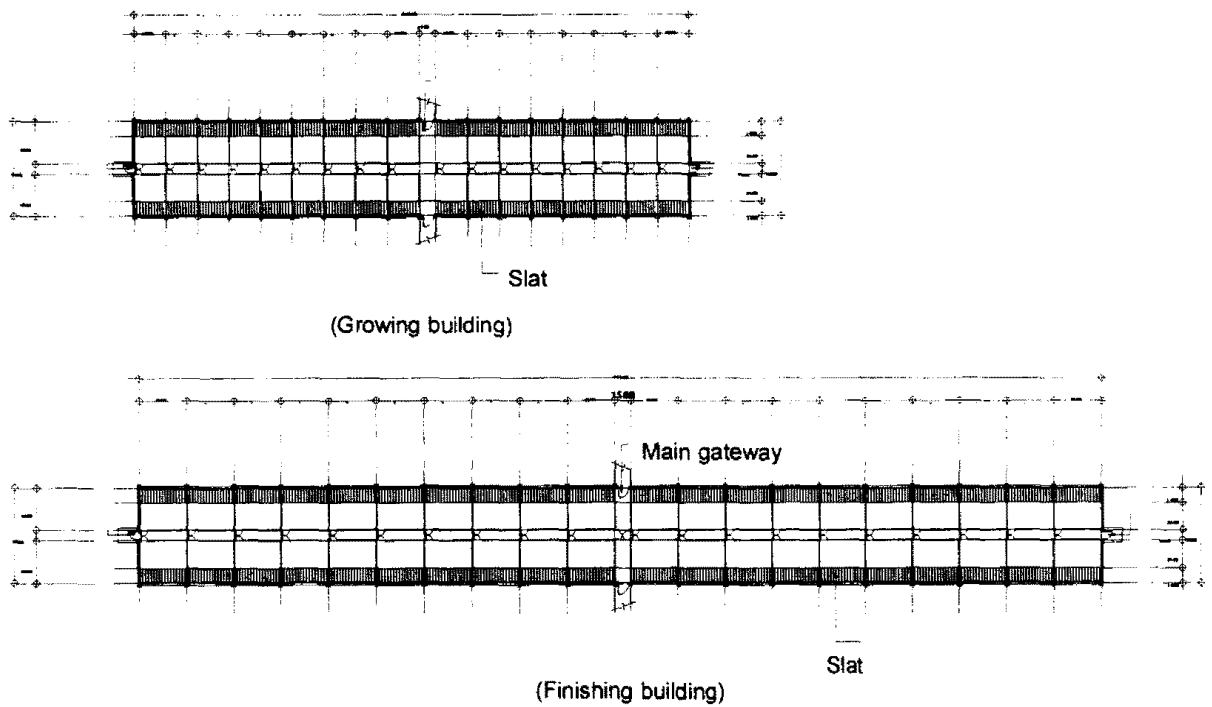


Fig. 9. Top views of growing and finishing buildings of MODEL- I

2. 모델 II의 돈사설계

가. 돈사 배치

돈사 배치도는 그림 10과 같으며, 번식돈사

와 육성·비육돈사의 동간 간격은 10m로 설계되었다. 사료빈은 입구 동선 및 방역 체계 때문에 입구와 가까운 위치에 설치되도록 설계되었으며, 방역상 사료반입구와 외부차량의 주차공간은 단지외부에 설치되도록 설계되었다.

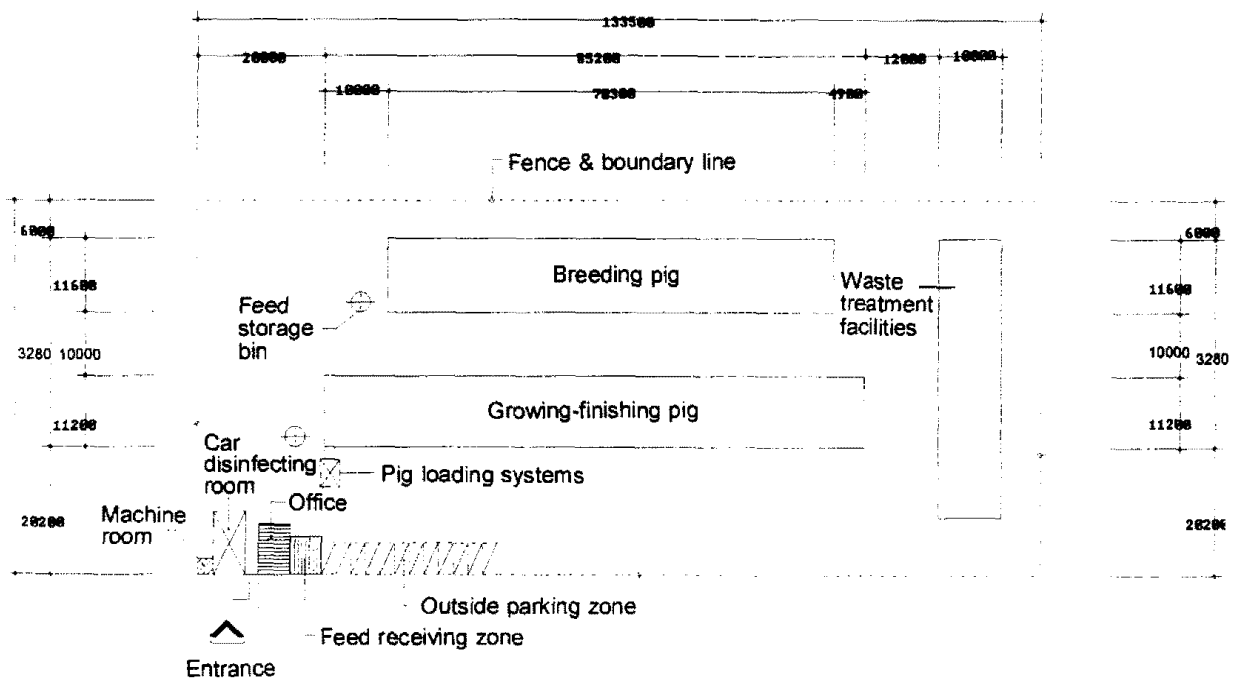


Fig. 10. Block plan of MODEL- II

나. 환기체계

분만사와 자돈사의 환기체계는 그림 11과 같이 설계되었으며, 동절기에는 외부공기가 지붕 상부를 통하여 돈사내로 유입된 후 피트배기되며, 하절기에는 외부공기가 지붕 상부를 통하여 돈사내로 인입된 후 외벽의 배기팬과 피트 배기팬에 의해 배기된다. 그리고 정전 등의 비상시에는 비상용 환기창을 최대로 열어 자연환

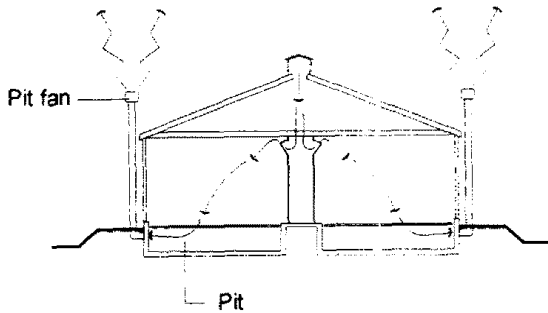
기를 시킨다.

육성돈사와 비육돈사의 환기체계는 모델 I의 육성돈사와 비육돈사의 환기체계와 동일하게 설계되었다.

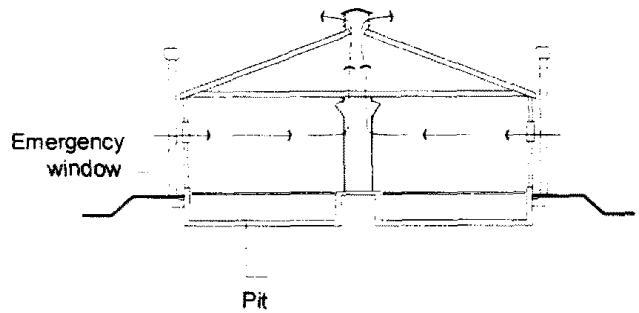
다. 평면 및 단면 설계

설계기준과 각종 장치의 성능을 고려하여 평면 및 단면을 설계하였는데, 평면도는 그림 12

◀ Winter ▶



◀ Emergency ▶



◀ Summer ▶

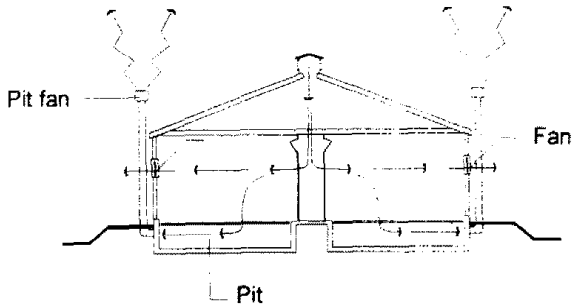


Fig. 11 Ventilation system of farrowing and weaning buildings of MODEL- II.

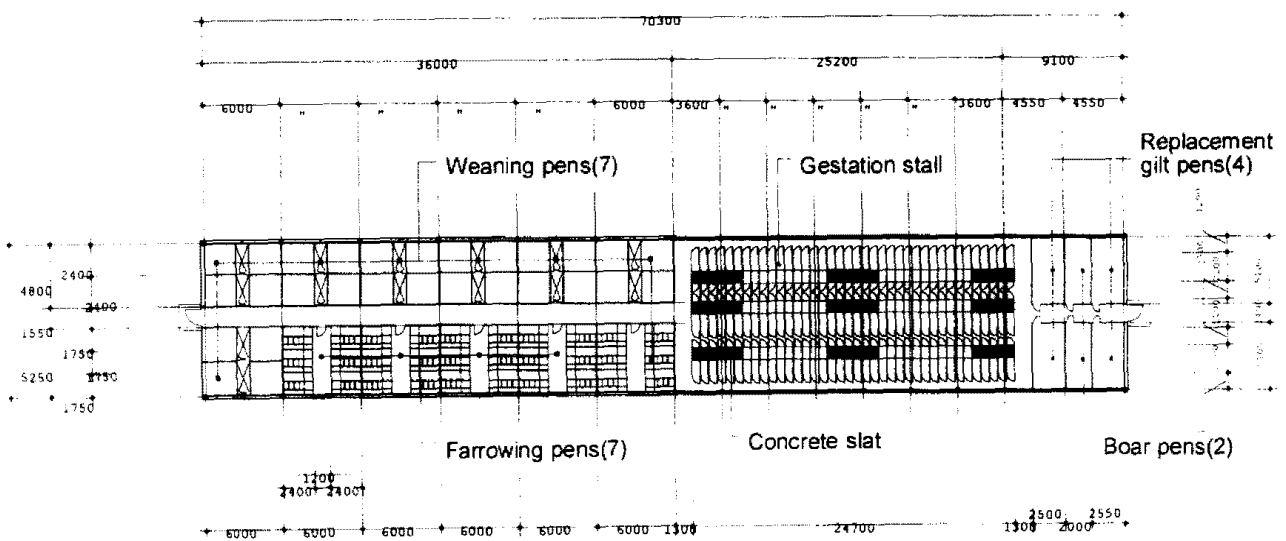


Fig. 12 Top view of a breeding building of MODEL- II.

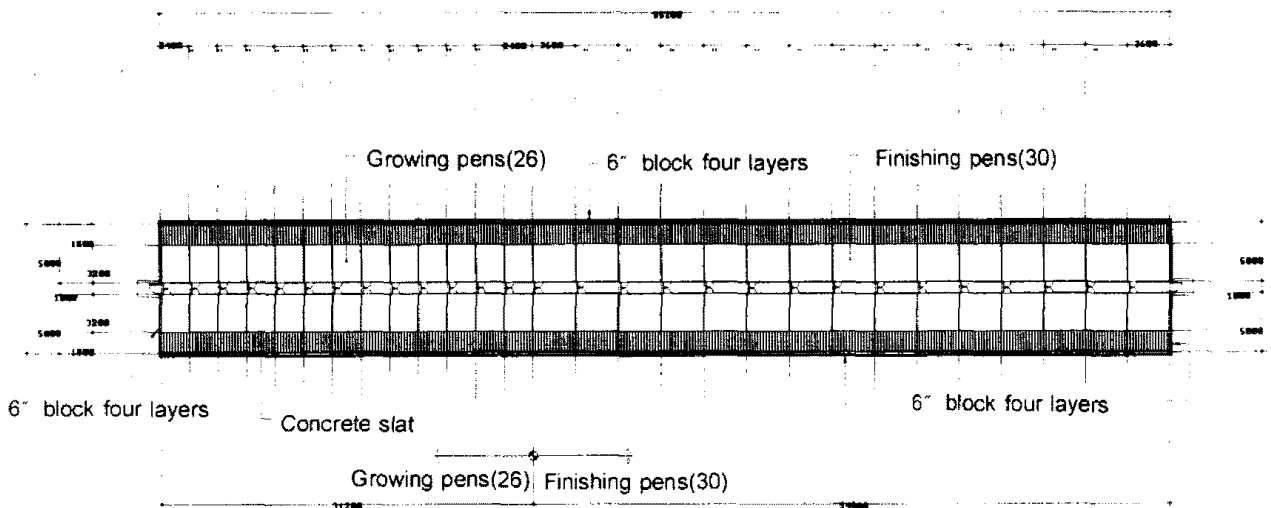


Fig. 13. Top view of a growing-finishing building of MODEL-II.

~13과 같으며, 단면도는 모델 I의 단면도와 동일하기 때문에 생략하였다. 그리고 본 연구에서는 환기체계에 중점을 두고 연구를 진행한 관계로 분뇨처리를 고려하지 않았다.

### 적 요

무창돈사에 대한 우리나라의 기술수준은 낮은 상태이며, 기후와 여러 가지 여건이 우리나라와 전혀 다른 선진 양돈국의 무창돈사 기술이 그대로 적용되고 있기 때문에 많은 문제점이 발생되고 있는 실정이다. 이에 따라 본 연구는 우리나라의 기후와 여러 가지 여건에 적합한 돈사를 성장 예측 모델을 기준으로 개발하기 위하여 수행되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 우리나라 양돈산업의 성장 예측 모델 중에서 가족적 전업형태의 일관경영의 성장 예측 모델에 근거하여 한국형 돈사 모델이 개발되었다.

2. 개발된 한국형 돈사 모델은 다음과 같은 효과가 기대된다. 첫째, 우리나라와 기후 조건이 유사한 미국 중서부 자료를 기초로 하여 설계되었으므로 우리나라의 기후에 적합할 것으로 기대된다. 둘째, 사육단계별로 적합한 환경이 별도로 제공된다. 셋째, 환경제어 및 분뇨처

리 등이 종합적으로 연계된다. 넷째, 효율적인 배치에 의하여 노동력이 절감될 것으로 기대된다.

3. 실질적인 사육실험을 통하여 개발된 한국형 돈사의 성능시험과 이에 적합한 시설 자동화 시스템의 개발에 관한 연구가 앞으로 병행되어야 할 것으로 사료된다.

### 인 용 문 헌

1. 농림부, 축협중앙회. 1996. 신고규모 축사 설계도 해설 및 시방서.
2. 박종수, 장동일, 이영규, 은정식, 최영희. 1996. 우리나라 양돈산업의 현황 분석 및 성장 예측 모델 개발. 한국축산경영학회지 12(1):51-76.
3. 우영제. 1995. 돈사시설핸드북. (주)양돈연구.
4. 유재일, 이영규. 1995. 핵심 돈사시설. 대한양돈연구회.
5. 축협중앙회. 1996. 돼지사육시설과 환경관리: 축협중앙회 기술환경 96-9.
6. MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. Publication MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.
7. 장동일. 1997. 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발. 연차보고서. 농림부.