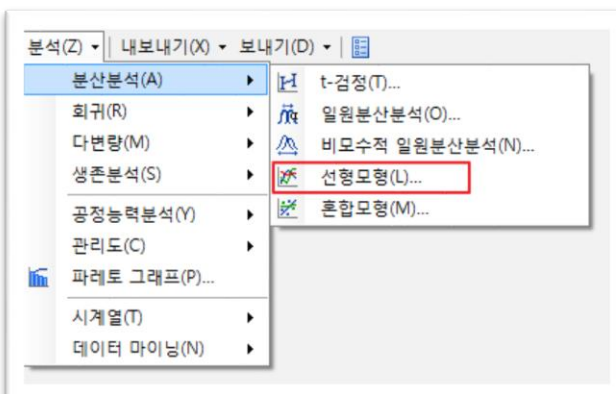


Chapter4 Experiments with Blocking Factors

```
proc anova data=/* dataset */;  
  class treat/* 효과 */ block /* 블록 */;  
  model y=treat block;  
  means treat/tukey; /* tukey 사후검정 */  
run;
```



```
proc anova data=pg145;  
  class PSI block;  
  model y=PSI block;  
  means PSI/lcd clldiff clm;  
  /* lcd 사후 검정 clldiff 차이값 비교 clm 신뢰구간 */  
run;
```

The Randomized Complete Block Design

- 랜덤화 블록 설계를 해야 하는 이유?

- 예를 들어, 4개의 다른 타이어 브랜드(A,B,C,D)의 마모도를 연구하는 실험을 고려한다. 30,000km 달린 후에 브랜드에 따라 마모도에 차이가 있는가를 알아보고자 한다. 브랜드당 4개의 타이어(총 16개)를 준비하고 4대의 차를 준비 하였다.

- 차: 1, 2, 3, 4

- 타이어: A(4개), B(4개), C(4개), D(4개)

The Randomized Complete Block Design

- 기획

브랜드	자동차			
	1	2	3	4

- 자신이 생각하는 대로 구성하기
- 빈칸에 총 16개 타이어 작성(A 4개, B 4개, C 4개, D 4개)

The Randomized Complete Block Design

- 기획(1)

브랜드	자동차			
	1	2	3	4
	A	B	C	D
	A	B	C	D
	A	B	C	D
	A	B	C	D

- 문제점?

브랜드 효과를 자세히 알 수 가 없음(차의 효과가 있기에)

The Randomized Complete Block Design

- 기획(2)

브랜드	자동차			
	1	2	3	4
	C	A	D	A
	A	A	C	D
	D	B	B	B
	D	C	B	C

- 문제점?

예를 들어 A의 경우 자동차 3에 사용 되지 않았다. 이는 브랜드 A 내의 변동은 차 1, 2, 4 간의 변동을 반영할 수 있다. 그러므로 실험오차에는 랜덤오차 뿐만 아니라 차의 변동도 포함할 수 있다.

The Randomized Complete Block Design

- 기획(3)

블록	자동차			
	1	2	3	4
	B	D	A	C
	C	C	B	D
	A	B	D	B
	D	A	C	A

- 동일한 환경에서 실험할 수 있게 됨!!

The Randomized Complete Block Design

- 기획(2): Data

브랜드	자동차			
	1	2	3	4
	C(12)	A(14)	D(10)	A(13)
	A(17)	A(13)	C(11)	D(9)
	D(13)	B(14)	B(14)	B(8)
	D(11)	C(12)	B(13)	C(9)

- 위 Data에 따른 모형을 적고,
브랜드에 따라서 마모도가 차이가 있는 지 분석해보세요.

The Randomized Complete Block Design

- 기획(3): Data

블록	자동차			
	1	2	3	4
	B(14)	D(11)	A(13)	C(9)
	C(12)	C(12)	B(13)	D(9)
	A(17)	B(14)	D(11)	B(8)
	D(13)	A(14)	C(10)	A(13)

- 위 Data에 따른 모형에 대해서 생각해보세요

The Randomized Complete Block Design

- 기획(3): 랜덤화완비블록설계(randomized complete block desing, RCBD)

- 모형: $y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$

- τ_i : 처리 i 에 대한 효과. ($i = 1, 2, 3, 4$)

- β_j : 블록 j 에 대한 효과. ($j = 1, 2, 3, 4$)

- $\sum_{i=1}^4 \tau_i = 0$ & $\sum_{j=1}^4 \beta_j = 0$.

여기서는 차(블록)에 기인한 변동이 분리하여, 블록효과에 대한 검정이 가능하지만, 주 목적은 브랜드 차이의 검정에 있다.

따라서 가설의 경우는 $H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = 0$ vs $H_1: \text{not } H_0$

책 P144~P150

■ TABLE 4.3

Randomized Complete Block Design for the Vascular Graft Experiment

Extrusion Pressure (PSI)	Batch of Resin (Block)						Treatment Total
	1	2	3	4	5	6	
8500	90.3	89.2	98.2	93.9	87.4	97.9	556.9
8700	92.5	89.5	90.6	94.7	87.0	95.8	550.1
8900	85.5	90.8	89.6	86.2	88.0	93.4	533.5
9100	82.5	89.5	85.6	87.4	78.9	90.7	514.6
Block Totals	350.8	359.0	364.0	362.2	341.3	377.8	$y_{..} = 2155.1$

책 P144~P150

Response: Yield

ANOVA for Selected Factorial Model

Analysis of Variance Table [Partial Sum of Squares]

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Block	192.25	5	38.45		
Model	178.17	3	59.39	8.11	0.0019
A	178.17	3	59.39	8.11	0.0019
Residual	109.89	15	7.33		
Cor Total	480.31	23			
Std. Dev.	2.71		R-Squared	0.6185	
Mean	89.80		Adj R-Squared	0.5422	
C.V.	3.01		Pred R-Squared	0.0234	
PRESS	281.31		Adeq Precision	9.759	

Treatment Means (Adjusted, If Necessary)

	Estimated		Standard		
	Mean		Error		
1-8500	92.82		1.10		
2-8700	91.68		1.10		
3-8900	88.92		1.10		
4-9100	85.77		1.10		
	Mean		Standard	t for H ₀	
Treatment	Difference	DF	Error	Coeff=0	Prob > t
1 vs.2	1.13	1	1.56	0.73	0.4795
1 vs.3	3.90	1	1.56	2.50	0.0247
1 vs.4	7.05	1	1.56	4.51	0.0004
2 vs.3	2.77	1	1.56	1.77	0.0970
2 vs.4	5.92	1	1.56	3.79	0.0018
3 vs.4	3.15	1	1.56	2.02	0.0621

Diagnostics Case Statistics

Standard Order	Actual Value	Predicted Value	Residual	Leverage	Student Residual	Cook's Distance	Outlier t	Run Order
1	90.30	90.72	-0.42	0.375	-0.197	0.003	-0.190	1
2	89.20	92.77	-3.57	0.375	-1.669	0.186	-1.787	6
3	98.20	94.02	4.18	0.375	1.953	0.254	2.185	9
4	93.90	93.57	0.33	0.375	0.154	0.002	0.149	13
5	87.40	88.35	-0.95	0.375	-0.442	0.013	-0.430	19
6	97.90	97.47	0.43	0.375	0.201	0.003	0.194	23
7	92.50	89.59	2.91	0.375	1.361	0.124	1.405	4
8	89.50	91.64	-2.14	0.375	-0.999	0.067	-0.999	5
9	90.60	92.89	-2.29	0.375	-1.069	0.076	-1.075	10
10	94.70	92.44	2.26	0.375	1.057	0.075	1.062	16
11	87.00	87.21	-0.21	0.375	-0.099	0.001	-0.096	20
12	95.80	96.34	-0.54	0.375	-0.251	0.004	-0.243	21
13	85.50	86.82	-1.32	0.375	-0.617	0.025	-0.604	3
14	90.80	88.87	1.93	0.375	0.902	0.054	0.896	8
15	89.60	90.12	-0.52	0.375	-0.243	0.004	-0.236	12
16	86.20	89.67	-3.47	0.375	-1.622	0.175	-1.726	15
17	88.00	84.45	3.55	0.375	1.661	0.184	1.776	17
18	93.40	93.57	-0.17	0.375	-0.080	0.000	-0.077	22
19	82.50	83.67	-1.17	0.375	-0.547	0.020	-0.534	2
20	89.50	85.72	3.78	0.375	1.766	0.208	1.917	7
21	85.60	86.97	-1.37	0.375	-0.641	0.027	-0.628	11
22	87.40	86.52	0.88	0.375	0.411	0.011	0.399	14
23	78.90	81.30	-2.40	0.375	-1.120	0.084	-1.130	18
24	90.70	90.42	0.28	0.375	0.130	0.001	0.126	24

Oneway Analysis of Yield By Pressure

Block

Batch

Oneway Anova

Summary of Fit

Rsquare	0.771218
Adj Rsquare	0.649201
Root Mean Square Error	2.706612
Mean of Response	89.79583
Observations (or Sum Wgts)	24

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
Pressure	3	178.17125	59.3904	8.1071	0.0019
Batch	5	192.25208	38.4504	5.2487	0.0055
Error	15	109.88625	7.3257		
C.Total	23	480.30958			

Means for Oneway Anova

Level	Number	Mean	Std. Error	Lower 95%	Upper 95%
8500	6	92.8167	1.1050	90.461	95.172
8700	6	91.6833	1.1050	89.328	94.039
8900	6	88.9167	1.1050	86.561	91.272
9100	6	85.7667	1.1050	83.411	88.122

Std. Error uses a pooled estimate of error variance

Block Means

Batch	Mean	Number
1	87.7000	4
2	89.7500	4
3	91.0000	4
4	90.5500	4
5	85.3250	4
6	94.4500	4