

都市工学実験演習(1)

コンクリート実験演習ノート

班名: 班一

学籍番号: 氏名:

共同実験者氏名: , ,
 , ,
 , ,

コンクリート実験演習 日程表

週	時限		実験演習内容	場所
	班-A	班-B		
第1週 月 日	1時限		コンクリートの配合計算	1BH教室
	2時限		鉄筋の加工、組み立て	実験室
第2週 月 日	1時限	2時限	鉄筋コンクリート(RC)梁の作製(鉄筋のセット、打設)	実験室
	2時限	1時限	コンクリート部材の非破壊実験	
翌金曜日 17:00 集合			供試体脱型、清掃	実験室
第3週 月 日	1時限	2時限	RC梁の載荷実験	実験室
	2時限	1時限	強度試験	
第4週 月 日	1時限		演習: RC梁の耐力算定、各種強度の算出	1BH教室
	2時限		まとめ: レポート説明	
毎回持参するもの			実験演習指導書、実験演習ノート、電卓、筆記用具	
参照Web			『もっと知りたいコンクリート講座』: http://c-pc8.civil.tcu.ac.jp/RC/index.htm Project: Seeing Is Believing(工学系動画/静止画Web) : http://www.evo.co.jp/musashi/	
その他			毎回出欠確認あり	

回数	時限	1班	2班	3班	場所
1	1	10月31日	10月3日	10月17日	1BH教室
	2				コンクリート実験室(10号館・1階)
2	1	11月7日	10月10日	10月24日	コンクリート実験室(10号館・1階)
	2				
3	1	12月19日	11月21日	12月5日	コンクリート実験室(10号館・1階)
	2				
4	1	1月9日	11月28日	12月12日	1BH教室
	2				
ノート提出日		1月16日	12月5日	12月19日	10号館・中2階・コンクリート実験室 栗原室前のレポート提出箱の中 10:00～17:30

状況	時間	減点
欠席	1回、または90分以上の遅刻	-25点
遅刻	60分以上90分未満	-20点
遅刻	30分以上60分未満	-15点
遅刻	15分以上30分未満	-10点
遅刻	5分以上15分未満	-5点
遅刻	5分未満	-2点

状況	減点
指導書忘れ	-10点
無記入	-10点／箇所
間違い	-5点／箇所
図のミス	-10点／箇所

コンクリートの配合計算（第 1 週）

1. コンクリートの配合条件

コンクリートの配合条件は以下の通りとする。

項目				値
使用材料	セメント	早強セメント	密度 (g/cm^3)	3.14
	細骨材	川砂	密度 (g/cm^3)	2.46
			粗粒率	2.18
	粗骨材	碎石	密度 (g/cm^3)	2.65
			最大寸法 (mm)	15
	混和材料	AE減水剤	ポゾリスNo.70の25%水溶液を セメント1kg に対して 10cc 使用する	
		補助AE剤	303Aの1%水溶液を セメント1kg に対して 10cc使用する	
目標スランプ (cm)				10
目標空気量 (%)				5

2. 水セメント比の指定

A	50%
B	60%

3. AE 減水剤を用いる場合の細骨材率 (s/a), 単位水量 (w), 空気量の抽出

（指導書 表 1.9.1 参照）

細骨材率: $s/a =$ _____ %

単位水量: $w =$ _____ kg/m^3

空気量: $Air =$ _____ %

4. 単位水量と細骨材率の補正計算（コンクリート標準示方書による）

	指導書 表1.9.1から 抽出した値	本実験の条件	差
細骨材の粗粒率 $F.M.$	2.80		
	粗粒率が0.1大きいごとに → s/a を0.5%大きくする W は補正しない		
スランプ (cm)	8 cm		
	スランプが1 cm 大きいごとに → s/a は補正しない W は1.2%大きくする		
空気量 (%)	7.0 %		
	空気量が1%大きいごとに → s/a を0.75%小さくする W は3%小さくする		
水セメント比 W/C (%)	55 %		
	水セメント比が0.05(5%) 大きいごとに → s/a を1%大きくする W は補正しない		

4.1 細骨材の粗粒率による補正

計算式: $\Delta s/a =$ _____ %
 計算式: $\Delta W =$ _____ %

4.2 スランプによる補正

計算式: $\Delta s/a =$ _____ %
 計算式: $\Delta W =$ _____ %

4.3 空気量による補正

計算式: $\Delta s/a =$ _____ %
 計算式: $\Delta W =$ _____ %

4.4 水セメント比による補正

計算式: $\Delta s/a =$ _____ %
 計算式: $\Delta W =$ _____ %

4.5 s/a , W の増減の合計

	$\Delta s/a$	ΔW
細骨材の粗粒率 ($F.M.$)	(%)	(%)
スランプ	(%)	(%)
空気量	(%)	(%)
水セメント比 (W/C)	(%)	(%)
増減量の合計 $\Sigma \Delta s/a, \Sigma \Delta W$	(%)	(%)
補正後の値	(%)	(kg)

5. 各材料の使用量の算出

5.1 単位セメント量 C の算定

$$C = \frac{W}{W/C}$$

$$=$$

$$C = \text{_____} \text{ kg/m}^3$$

5.2 骨材の絶対容積 a の算定

$$a = 1000 - \left(\frac{C}{\text{セメントの密度}} + \frac{\text{単位水量}}{\text{水の密度}} + \text{空気の容積} \right)$$

$$=$$

$$a = \text{_____} \text{ l}$$

5.3 単位細骨材量 S の算定

$$S = a \times (s/a) \times \text{細骨材の密度}$$

$$=$$

$$S = \text{_____} \text{ kg/m}^3$$

5.4 単位粗骨材量 G の算定

$$G = a \times \{1 - (s/a)\} \times \text{粗骨材の密度}$$

$$=$$

$$G = \text{_____} \text{ kg/m}^3$$

5.5 混和剤量の算定

計算式：

ポゾリス No.70 (25%水溶液)の使用量 =

303A (1%水溶液)の使用量 =

	1m ³ 当たり
ポゾリスNo.70 25%水溶液量	cc / m ³
303A 1%水溶液量	cc / m ³

6. 示方配合 [下記の表に準じて記入すること]

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W / C (%)	s / a (%)	水* ¹ (kg / m ³)	セメント (kg / m ³)	細骨材 (kg / m ³)	粗骨材 (kg / m ³)	AE減水剤 (cc / m ³)	補助AE剤 (cc / m ³)

※各値の有効数字は配合計算例を参照のこと

*1: 混和剤量を含む

<示方配合 記入例>

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W / C (%)	s / a (%)	水 (kg / m ³)	セメント (kg / m ³)	細骨材 (kg / m ³)	粗骨材 (kg / m ³)	AE減水剤 (cc / m ³)	補助AE剤 (cc / m ³)
20	10	5	45	42.75	174	386	731	991	3860	3860

鉄筋の加工、組立て（第 1 週）

7. 鉄筋コンクリート梁の配筋

(1) 試験体0

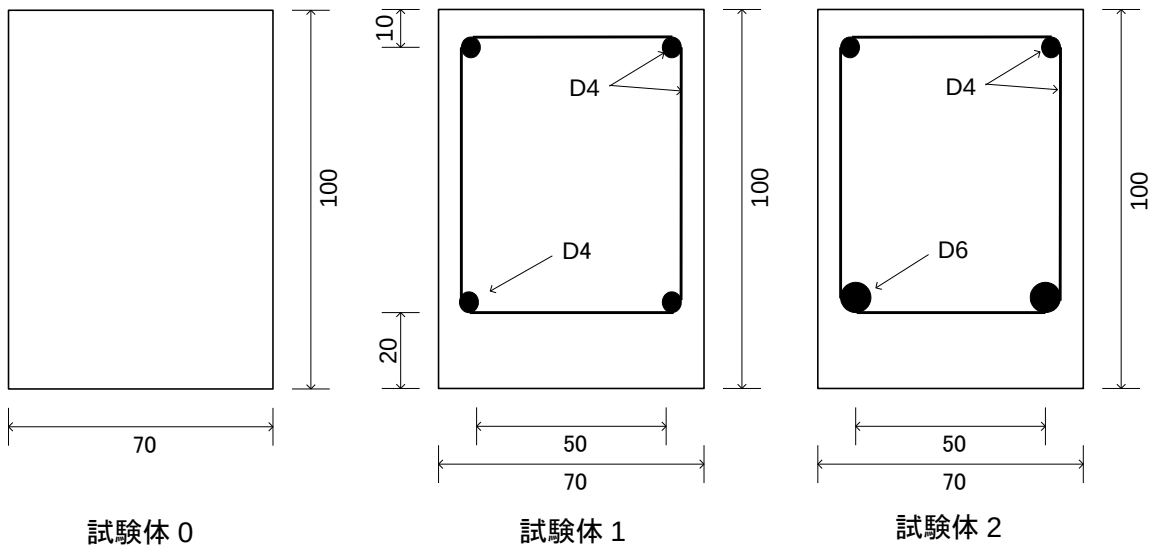
無筋コンクリート梁

(2) 試験体1

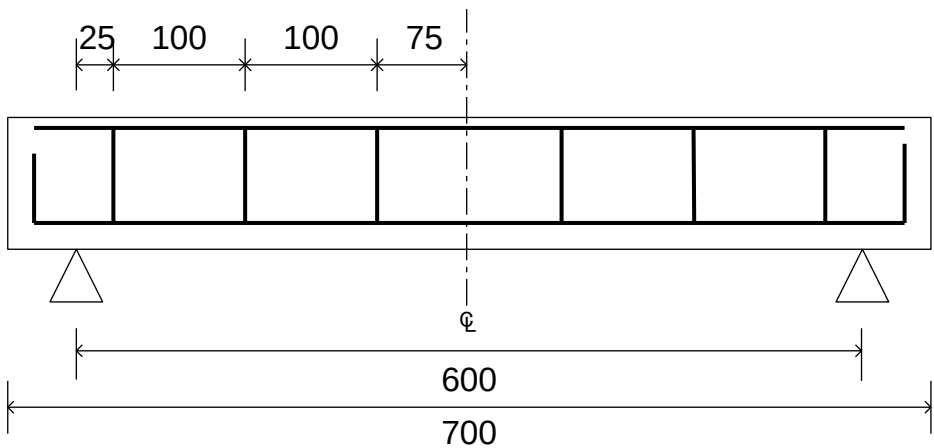
引張鉄筋 : D4×2
圧縮鉄筋 : D4×2
スターラップ : D4、ピッチ100mm

(3) 試験体2

引張鉄筋 : D6×2
圧縮鉄筋 : D4×2
スターラップ : D4、ピッチ100mm



鉄筋コンクリート梁の断面図（単位：mm）



鉄筋コンクリート梁の配筋図（試験体 1&2）（単位：

鉄筋コンクリート(RC)梁の作製(打設)（第2週）

8. 細骨材の表面水率

JIS A 1111 に準拠し、実験を行う。

①試料の質量 m_1	g
②(ビーカー+水)の質量 m_2	g
③(ビーカー+水+試料)の質量 m_3	g
④ $m = m_1 + m_2 - m_3$	g
⑤細骨材の密度 ρ_s	g/cm^3
⑥ $m_s = \frac{m_1}{\rho_s}$	g
⑦表面水率 $H = \frac{m - m_s}{m_1 - m} \times 100$	%

9. コンクリート梁打設のための現場配合

9.1 細骨材の表面水率による補正計算 ($p =$ %)

ここで、粗骨材の表面水率は表面乾燥飽水状態 ($p = 0.0\%$) とする。

$$S =$$

$$W =$$

$$G =$$

9.2 現場配合 (1000 ℓ 当たり, 表面水率による補正後)

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	水*1 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	AE減水剤 (cc/m ³)	補助AE剤 (cc/m ³)

*1: 混和剤量を含む

9.3 現場配合 (35 ℓ 当たり, 表面水率による補正後)

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	水*1 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	AE減水剤 (cc/m ³)	補助AE剤 (cc/m ³)

*1: 混和剤量を含む

9.4 35 ℓ 当たりの最終練混ぜ水量の算定

計算式：

最終練混ぜ水量＝_____ kg

10.コンクリートの実測スランプと空気量

班	W/C (%)	スランプ (cm)		空気量 (%)	
		目標値	実測値	目標値	実測値
A		10		5	
B					

<参考>

荷卸し地点でのスランプの許容値

スランプ(cm)	スランプ許容値(cm)
2.5	±1
5および6.5	±1.5
8以上18以下	±2.5
21	±1.5 ^{*2}

*2 呼び強度27以上で、高性能AE減水剤を使用する場合は、±2とする。

コンクリート部材の非破壊実験 (第 2 週)

11. テストハンマー試験(昭和時代)

上段:測定番号、下段:測定反発度: R

測定場所

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

傾斜角 : $\alpha =$ _____ $\rightarrow \Delta R =$ _____

全測定反発度の平均値 : $\bar{R} =$ _____

基準反発度 : $R_0 = \bar{R} + \Delta R =$ _____

テストハンマー強度 : $F = -18.0 + 1.27R_0 =$ _____ N/mm^2

テストハンマー強度は有効数字 3 桁とすること。

12. テストハンマー試験(平成時代)

上段: 測定番号、下段: 測定反発度: R

測定場所

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

傾斜角 : $\alpha =$ _____ $\rightarrow \Delta R =$ _____

全測定反発度の平均値 : $\bar{R} =$ _____

基準反発度 : $R_0 = \bar{R} + \Delta R =$ _____

テストハンマー強度 : $F = -18.0 + 1.27R_0 =$ _____ N/mm^2

昭和					平成
		>			
		<			
		=			

テストハンマー強度は有効数字 3 桁とすること。
(>、<、=) のうち、該当する関係に○をつけること。

コンクリートの材料試験および RC 梁の載荷実験 (第 3 週)

13. コンクリートの材料試験(圧縮／引張／曲げ強度)

コンクリートの材料強度試験結果

班	供試体No.	圧縮強度試験			
		平均直径 (mm)	荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	平均圧縮強度 (N/mm ²)
A	No.1				
	No.2				
B	No.1				
	No.2				

班	供試体No.	割裂引張強度試験				
		平均直径 (mm)	長さ (mm)	荷重 (kN)	引張強度 (N/mm ²)	平均引張強度 (N/mm ²)
A	No.1					
	No.2					
B	No.1					
	No.2					

班	供試体No.	曲げ強度試験					
		幅 (mm)	高さ (mm)	スパン (mm)	荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)	平均曲げ強度 (N/mm ²)
A	No.1						
	No.2						
B	No.1						
	No.2						

〈注意事項〉 ・直径, 長さ, 幅, 高さは 0.1mm までノギスを用いて測定する. スパンは 1mm まで定規で測定する.
・各強度は, 有効数字 3 桁に丸める.

各班の圧縮強度に対する強度比

班	W/C(%)	引張強度／ 圧縮強度	曲げ強度／ 圧縮強度
A	50	1/	1/
B	60	1/	1/

※分母は整数で表記する.

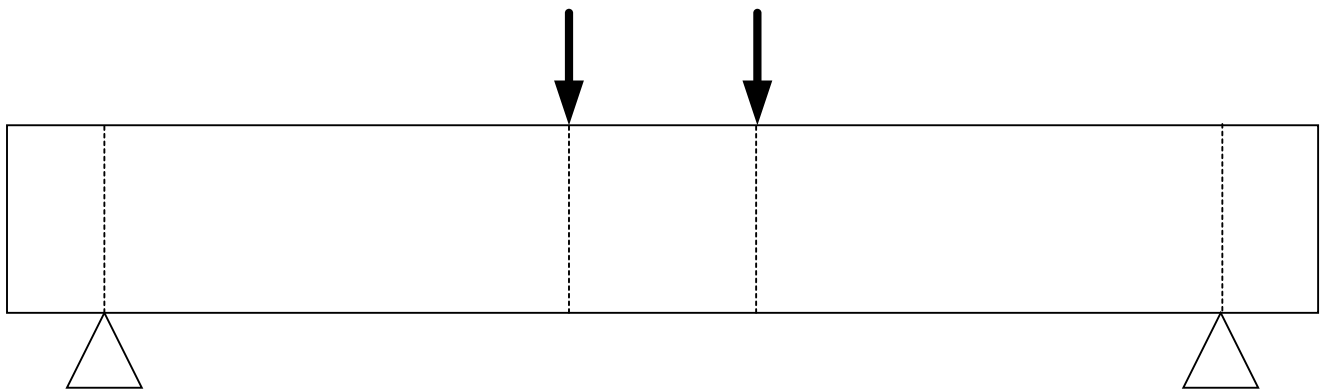
14. RC 梁の載荷実験結果

都市工学実験演習：コンクリート工学（平成30年度前期） RC梁の載荷試験：曲げ終局荷重 P_u 一覧表									
単位：		圧縮強度 N/mm^2		荷重（耐力）：kN					
実施日		7月25日		6月27日		7月11日			
試験班	圧縮強度 f_c	試験体0（無筋） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体1（D4） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体2（D6） $a=250mm$ $b=70mm$	圧縮強度 f_c	試験体0（無筋） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体1（D4） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体2（D6） $a=250mm$ $b=70mm$	
A班：	N/mm^2	36.9	8.89	17.2	N/mm^2	4.28	8.56	17.2	N/mm^2
W/C=50%			F	F		F	F	F	
B班：	N/mm^2	24.2	9.38	15.3	N/mm^2	3.61	8.31	16.0	N/mm^2
W/C=60%			F	F		F	F	F	
備 考									
破壊モードの記号		F: 曲げ破壊: flexural failure							
破 壊		S: セン断破壊: shear failure							
破 壊		YS: 曲げ降伏後せん断破壊: yield&shear failure							

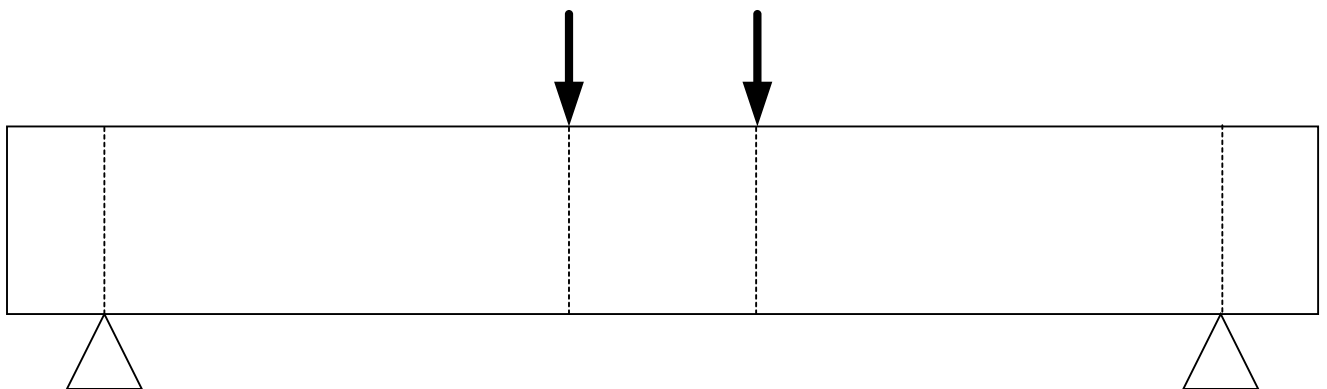
都市工学実験演習：コンクリート工学（平成30年度後期） RC梁の載荷試験：曲げ終局荷重 P_u 一覧表									
単位：		圧縮強度 N/mm^2		荷重（耐力）：kN					
実施日		12月19日		11月21日		12月5日			
試験班	圧縮強度 f_c	試験体0（無筋） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体1（D4） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体2（D6） $a=250mm$ $b=70mm$	圧縮強度 f_c	試験体0（無筋） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体1（D4） $a=250mm$ $b=70mm$	試験体2（D6） $a=250mm$ $b=70mm$	
A班：	N/mm^2				N/mm^2				N/mm^2
W/C=50%									
B班：	N/mm^2				N/mm^2				N/mm^2
W/C=60%									
備 考									
破壊モードの記号		F: 曲げ破壊: flexural failure							
破 壊		S: セン断破壊: shear failure							
破 壊		YS: 曲げ降伏後せん断破壊: yield&shear failure							

15. 鉄筋コンクリート(RC)梁のひび割れ性状

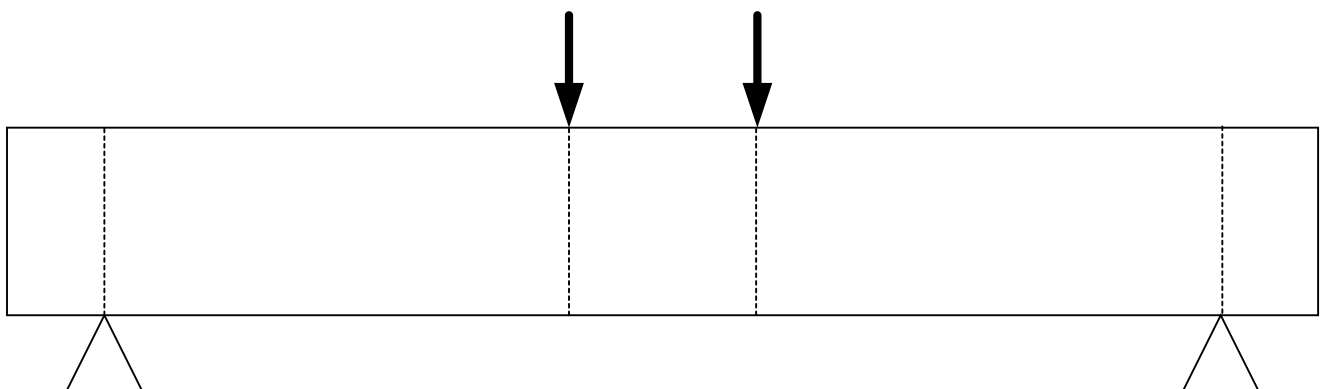
試験体に生じたすべてのひび割れをスケッチすること。



(a) 試験体 0



(a) 試験体 1



(b) 試験体 2

鉄筋コンクリート(RC)梁に生じたひび割れ

演習：各種強度の算定とそれらの相互関係および

鉄筋コンクリート(RC)梁の耐力算定 (第4週)

16. 圧縮強度とセメント水比との関係およびコンクリートの諸強度の相互関係

16.1 強度試験データ

W/C (%)	供試体No.	圧縮試験		引張試験			曲げ試験			
		直径 (mm)	最大荷重 (kN)	直径 (mm)	長さ (mm)	最大荷重 (kN)	幅 (mm)	高さ (mm)	スパン (mm)	最大荷重 (kN)
30	No.1	100.00	573	99.95	199.70	162	99.80	100.80	300.00	33.2
	No.2	100.00	566	99.70	199.00	187	99.25	100.90	300.00	27.9
	No.3	100.30	602	100.10	199.80	140	99.75	100.80	300.00	32.9
35	No.1	99.90	529	100.70	198.70	111	100.70	98.85	300.00	27.6
	No.2	100.00	489	99.95	199.40	148	102.00	100.80	300.00	33.2
	No.3	99.70	508	100.20	201.60	96.0	100.80	100.70	300.00	31.8
40	No.1	100.50	363	100.30	199.70	58.4	103.30	101.10	300.00	22.3
	No.2	100.30	371	100.20	199.50	93.7	103.60	102.50	300.00	21.5
	No.3	100.00	339	100.20	199.80	81.9	103.90	102.20	300.00	21.8
45	No.1	99.50	328	99.55	201.70	64.7	101.10	101.00	300.00	18.0
	No.2	99.55	337	99.50	202.70	76.4	100.10	100.90	300.00	13.7
	No.3	99.65	308	99.60	201.15	70.6	100.90	102.00	300.00	10.1
50	No.1	99.35	307	99.60	200.80	78.4	103.90	100.30	300.00	16.4
	No.2	99.45	273	99.50	202.20	78.4	103.40	101.30	300.00	11.5
	No.3	100.30	254	100.30	199.65	81.3	100.50	101.60	300.00	11.8
55	No.1	99.65	259	99.95	201.00	71.1	99.30	100.30	300.00	15.2
	No.2	99.55	267	100.50	202.90	56.2	103.50	100.10	300.00	11.9
	No.3	99.70	224	99.75	201.50	58.8	99.40	100.10	300.00	11.7
60	No.1	99.50	222	100.00	201.50	74.0	99.00	101.00	300.00	13.8
	No.2	99.40	214	99.85	204.70	77.5	101.10	102.40	300.00	14.1
	No.3	99.60	240	99.90	200.40	63.5	101.60	100.60	300.00	11.4
65	No.1	100.20	212	100.10	198.70	61.3	100.90	99.93	300.00	14.4
	No.2	99.950	178	100.30	204.10	61.3	101.60	100.60	300.00	14.3
	No.3	100.20	218	99.80	199.60	57.5	101.60	99.58	300.00	15.0
70	No.1	99.73	107	100.30	199.80	44.1	100.90	99.83	300.00	13.3
	No.2	99.93	160	99.99	198.40	65.4	102.70	100.20	300.00	14.4
	No.3	100.000	130	99.90	199.80	59.3	100.00	100.10	300.00	14.0

16.2 圧縮強度・引張強度・曲げ強度の算出結果

W/C (%)	C/W	平均圧縮強度 (N/mm ²)	平均引張強度 (N/mm ²)	平均曲げ強度 (N/mm ²)	W/C (%)	C/W	平均圧縮強度 (N/mm ²)	平均引張強度 (N/mm ²)	平均曲げ強度 (N/mm ²)
30					55				
35					60				
40					65				
45					70				
50									

圧縮強度

W/C (%)	C/W	No.	直径d(mm)	断面積A(mm ²)	最大荷重Pmax(kN)	最大荷重Pmax(N)	圧縮強度fc(N/mm ²)	平均圧縮強度fc(N/mm ²)
		1						
		2						
		3						
		1						
		2						
		3						

引張強度

W/C (%)	C/W	No.	直径d(mm)	長さℓ[mm]	最大荷重Pmax(kN)	最大荷重Pmax(N)	引張強度ft(N/mm ²)	平均引張強度ft(N/mm ²)
		1						
		2						
		3						
		1						
		2						
		3						

曲げ強度

W/C (%)	C/W	No.	幅b(mm)	高さd[mm]	最大荷重Pmax(kN)	最大荷重Pmax(N)	曲げ強度fb(N/mm ²)	平均曲げ強度fb(N/mm ²)
		1						
		2						
		3						
		1						
		2						
		3						

スパンは300mm

16.3 圧縮強度（自班のデータ）とセメント水比との関係

(1) 強度データ一覧

* W/C=50、60%以外

実験ノート（第 16 章、16.2）の算出結果を以下に転記する。

* W/C=50、60%

実験ノート（第 13 章）の A、B 班の強度結果を以下に転記する。

W/C (%)	C/W	平均圧縮強度 (N/mm ²)	平均引張強度 (N/mm ²)	平均曲げ強度 (N/mm ²)
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				

←A班の強度試験結果

←B班の強度試験結果

(2) 圧縮強度とセメント水比との関係

係数a、bの算出						
W/C (%)	X=C/W	Y=f _c	x=X- $\bar{X}$	y=Y- $\bar{Y}$	xy	x ²
30						
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						
70						
合計			—	—		

$\bar{X}$ (X の平均値) =

$\bar{Y}$ (Y の平均値) =

$$\text{係数 } b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} =$$

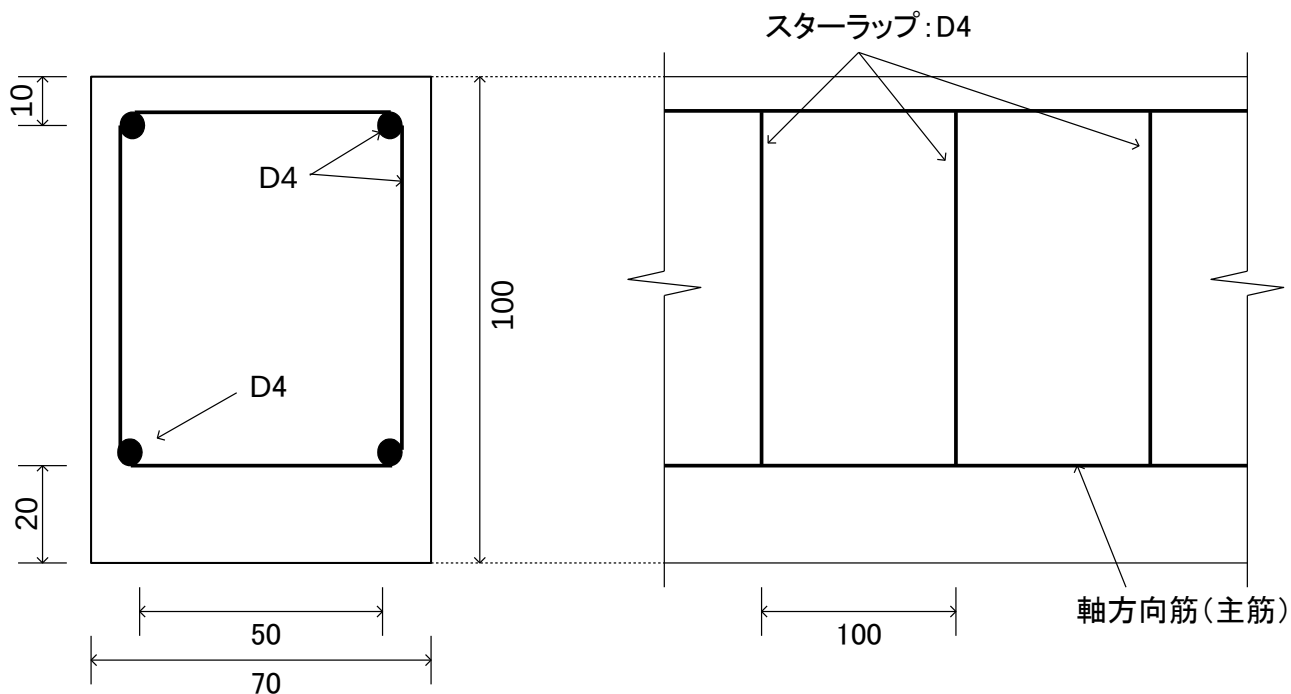
$$\text{係数 } a = \bar{Y} - b\bar{X} =$$

$$f_c = a + b\left(\frac{C}{W}\right)$$

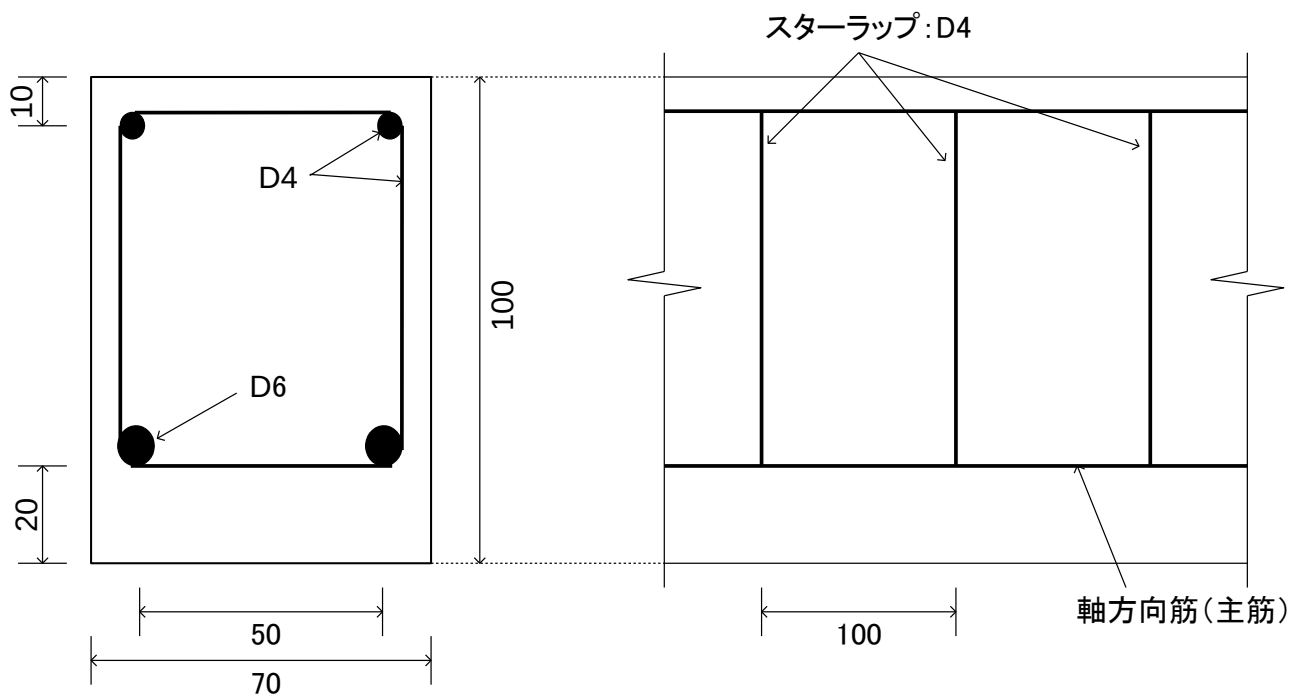
圧縮強度 f_c とセメント水比 $\frac{C}{W}$ との関係: $f_c =$ _____

17. 鉄筋コンクリート(RC)梁の耐力算定

17.1 断面諸元と配筋(主鉄筋とスターラップ)



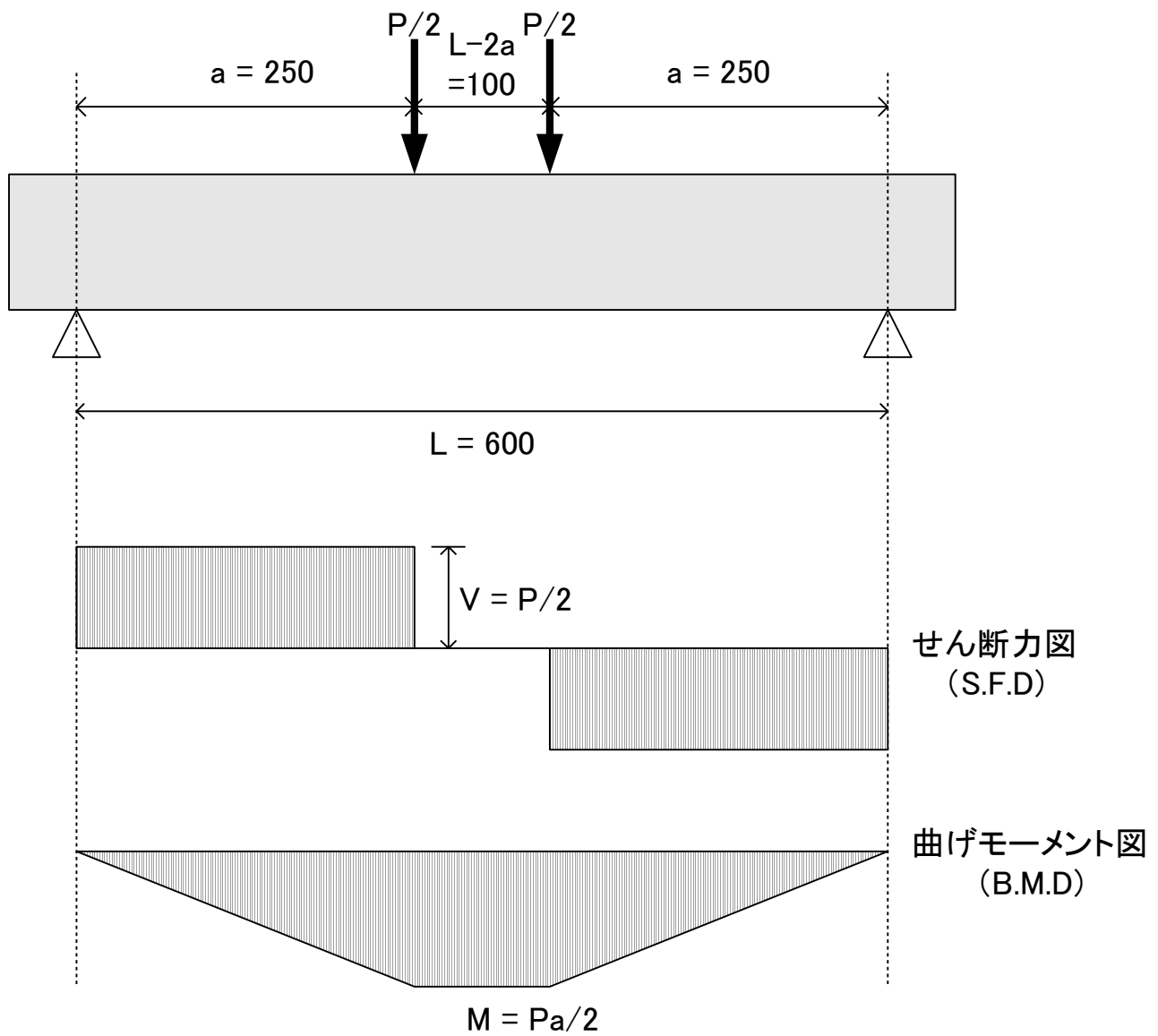
(a) 試験体 1



(b) 試験体 2

鉄筋コンクリート(RC)梁の断面諸元と配筋

17.2 载荷条件



17.3 試験体の構造諸元

試験体名			試験体 1		試験体 2	
破壊モード			曲げ破壊型		曲げ破壊型	
試験体寸法	断面幅	b (mm)	70			
	断面高さ	h (mm)	100			
	有効高さ	d (mm)	77			
	スパン長	L (mm)	600			
載荷条件	せん断スパン	a (mm)	250		250	
	純曲げスパン	L-2a (mm)	100		100	
コンクリート	圧縮強度	f_c (N/mm ²)	30			
	弾性係数	E_c (kN/mm ²)	28			
主鉄筋	呼び径×本数(総断面積)	D (mm ²)	圧縮鉄筋:D4×2 (25.12)		圧縮鉄筋:D4×2 (25.12)	
			引張鉄筋:D4×2 (25.12)		引張鉄筋:D6×2 (63.3)	
	降伏強度	f_y (N/mm ²)	圧縮鉄筋:	480	圧縮鉄筋:	480
			引張鉄筋:	480	引張鉄筋:	383
	弾性係数	E_s (kN/mm ²)	200			
せん断補強筋	呼び径×本数	D (mm ²)	D4×6組	25.12	D4×6組	25.12
	降伏強度	f_{wy} (N/mm ²)	480		480	
	間隔	s (mm)	100		100	
鉄筋比	主鉄筋比(単鉄筋断面)	p	0.00466		0.0117	
	主鉄筋比の力学的鉄筋比	ϕ	0.0746		0.1499	
	せん断補強筋比	p_w	0.00359		0.00359	
	せん断補強筋比の力学鉄筋比	ϕ_w	0.0574		0.0574	
弾性係数比		n	n=Es/Ec(n=6～10程度)			

・主鉄筋比： $p = \frac{A_s}{bd}$ (A_s ：主鉄筋（引張鉄筋）の総断面積）

・せん断補強筋比： $p_w = \frac{A_w}{bs}$ (A_w ：1組のせん断補強筋の断面積)

17.4 鉄筋コンクリート梁の曲げ終局耐力算定

☆ 曲げ終局耐力 M_u の算定式：
算定式 1： $M_u = bd^2 \cdot pf_y (1 - \frac{pf_y}{1.7f'_c})$ 算定式 2： $\frac{M_u}{bd^2 f'_c} = \phi (1 - \frac{\phi}{1.7})$
☆ 曲げ終局荷重 P_u の算定式： $P_u = \frac{2M_u}{a}$

(1) 試験体 1 の計算書

1) 材料強度と断面諸元

・材料強度：単位 N/mm^2

鉄筋降伏強度： $f_y =$ N/mm^2 ，コンクリートの圧縮強度： $f'_c =$ N/mm^2

・断面積：単位 mm^2

鉄筋の総断面積 = $A_s =$ ，梁の断面積 = 幅 $b \times$ 有効高さ $d =$

2) 予備計算：鉄筋比

鉄筋比： $p = \frac{A_s}{bd} =$ $=$ ($\quad \quad \quad$ %)

$bd^2 =$ 幅 $b \cdot$ (有効高さ d) $^2 =$ $\times 10^6 mm^3$

$pf_y =$ 鉄筋比 $p \times$ 鉄筋降伏強度 $f_y =$ N/mm^2

3) 算定式 1 を用いて断面耐力（曲げ終局耐力） M_u を算定せよ。

算定式 1：予備計算： $bd^2 =$ $\times 10^6 mm^3$ 、 $pf_y =$ N/mm^2

$M_u = bd^2 \cdot pf_y (1 - \frac{pf_y}{1.7f'_c})$
 $=$ $=$ $\times 10^6 N \cdot mm =$ $kN \cdot m$

4) 算定式 2 を用いて断面耐力 (曲げ終局耐力) M_u を算定せよ.

算定式 2 : 予備計算 : 力学的鉄筋比 (無次元) : $\phi \equiv \frac{pf_y}{f'_c} = \text{————} =$

$$bd^2 f'_c = \text{————} \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = \text{————} \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_u}{bd^2 f'_c} = \phi \left(1 - \frac{\phi}{1.7}\right) = \text{————} \times \left(1 - \frac{\text{————}}{1.7}\right) =$$

$$M_u = bd^2 f'_c \times \phi \left(1 - \frac{\phi}{1.7}\right) = \text{————} \text{ kN} \cdot \text{m} \times \text{————} = \text{————} \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5) 断面耐力から荷重への変換

上記に算定した断面耐力 (曲げ終局耐力) M_u を曲げ終局荷重 P_u に変換する

単位の確認 : 荷重 P : ———— , 曲げモーメント M : ————

$$\text{一般式 : } M = \frac{Pa}{2} \rightarrow P = \frac{2M}{a}$$

$$\text{曲げ終局耐力 : } P_u = \frac{2M_u}{a} = \text{————} \quad (a: \text{せん断スパン})$$

(2) 試験体 2 の計算書

1) 材料強度と断面諸元

・材料強度 : 単位 N / mm^2

$$\text{鉄筋降伏強度 : } f_y = \text{————} \text{ N} / \text{mm}^2, \text{ コンクリートの圧縮強度 : } f'_c = \text{————} \text{ N} / \text{mm}^2$$

・断面積 : 単位 mm^2

$$\text{鉄筋の総断面積} = A_s = \text{————}, \text{ 梁の断面積} = \text{幅} b \times \text{有効高さ} d = \text{————}$$

2) 予備計算 : 鉄筋比

$$\text{鉄筋比 : } p = \frac{A_s}{bd} = \text{————} = \text{————} (\text{————} \%)$$

$$bd^2 = \text{幅} b \cdot (\text{有効高さ} d)^2 = \text{————} \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$pf_y = \text{鉄筋比 } p \times \text{鉄筋降伏強度 } f_y = \text{————} \text{ N} / \text{mm}^2$$

3) 算定式 1 を用いて断面耐力 (曲げ終局耐力) M_u を算定せよ.

算定式 1 : 予備計算 : $bd^2 = \quad \times 10^6 \text{ mm}^3$ 、 $pf_y = \quad \text{ N/mm}^2$

$$M_u = bd^2 \cdot pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c}\right)$$

$$= \quad = \quad \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = \quad \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4) 算定式 2 を用いて断面耐力 (曲げ終局耐力) M_u を算定せよ.

算定式 2 : 予備計算 : 力学的鉄筋比 (無次元) : $\phi \equiv \frac{pf_y}{f'_c} = \frac{\quad}{\quad} = \quad$

$$bd^2 f'_c = \quad \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = \quad \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_u}{bd^2 f'_c} = \phi \left(1 - \frac{\phi}{1.7}\right) = \quad \times \left(1 - \frac{\quad}{1.7}\right) = \quad$$

$$M_u = bd^2 f'_c \times \phi \left(1 - \frac{\phi}{1.7}\right) = \quad \text{ kN} \cdot \text{m} \times \quad = \quad \text{ kN} \cdot \text{m}$$

5) 断面耐力から荷重への変換

上記に算定した断面耐力 (曲げ終局耐力) M_u を曲げ終局荷重 P_u に変換する

単位の確認 : 荷重 P : $\quad$, 曲げモーメント M :

$$\text{一般式 : } M = \frac{Pa}{2} \rightarrow P = \frac{2M}{a}$$

$$\text{曲げ終局耐力 : } P_u = \frac{2M_u}{a} = \quad \quad (\text{a: せん断スパン})$$

備考 : 単位換算と接頭辞

SI 接頭語 : キロ k = $\quad$, メガ M = $\quad$ ギガ G = $\quad$

$$1.0 \times 10^3 \text{ mm} = 1.0 \text{ m} , \quad 1.0 \times 10^3 \text{ N} = 1.0 \text{ kN} , \quad 1.0 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

17.5 鉄筋コンクリート(RC)梁の耐力算定のまとめ

—実験結果を用いる場合—

<参考>

曲げ終局耐力 M_u および曲げ終局荷重 P_u

$$M = \frac{P \cdot a}{2}$$

		試験体0		試験体1		試験体2	
		実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値
曲げひび割れ発生時 cr	曲げひび割れモーメント M_{cr}	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m
	曲げひび割れ発生荷重 P_{cr}	kN	kN	kN	kN	kN	kN
主鉄筋降伏時 y	降伏曲げモーメント M_y	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m
	主鉄筋降伏荷重 P_y	kN	kN	kN	kN	kN	kN
曲げ耐力 u	曲げ終局耐力 M_u	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m	kN・m
	曲げ終局荷重 P_u	kN	kN	kN	kN	kN	kN
破壊形式		破壊		破壊		破壊	

各荷重の比較

		配筋	P_{cr} (kN)	P_y (kN)	P_u (kN)	P_u (kN) 解析値	P_u 比 実／解
A班	試験体0	無筋					
	試験体1	D4 × 2					
	試験体2	D6 × 2					
B班	試験体0	無筋					
	試験体1	D4 × 2					
	試験体2	D6 × 2					

レポート用追加作図

18. Excel シートによる示方配合計算結果

Excel シートによる示方配合計算結果を挿入すること。
(このページを、Excel シートをプリントアウトしたものと
入れ替える)

＊ 示方配合を計算する Excel シートは、第 4 週に
説明する。

配合条件

セメントの比重 ρ_c	3.14
細骨材の表乾比重 ρ_{s_s}	2.61
粗骨材の表乾比重 ρ_{s_g}	2.63
細骨材の粗粒率 FM	2.85
粗骨材の最大寸法 G_{max}	15.00 mm
スランブ	10.00 cm
空気量	5.00 %

水セメント比 W/C	60.00 %
------------	---------

	AE剤を用いる	AE減水剤を用いる
細骨材率 s/a	47 %	48 %
単位水量 W	180 kg	170 kg

	G_{max} (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	セメント量 (kg)	水量 (kg)	細骨材量 (kg)	粗骨材量(kg)			- (kg)
									大	中	小	
AE剤を用いる	15.00	10.00	5.00	60.00	49.75	325.2 11.38	195.12 6.83	845.71 29.60	0 19.75	564.18 10.38	296.58 0.00	0 0.00
AE減水剤を用いる	15.00	10.00	5.00	60.00	50.75	307.13 10.75	184.3 8.45	884.7 30.98	0.00 0.00	567.04 19.85	298.09 10.43	0 0.00

上段 1 m3 当たり 865.13

下段 35 ℓ 当たり

AE剤を用いる

AE剤 ポゾリスNo.70の25%水溶液の30ℓ当たりの量= 114 cc

補助AE剤 303A(5A)の1%水溶液の30ℓ当たりの量= 114 cc

35 ℓ当たりの最終練混ぜ水量= 6602 cc

AE減水剤を用いる

減水剤 ポゾリスNo.70の25%水溶液の30ℓ当たりの量= 107 cc

補助AE剤 303A(5A)の1%水溶液の30ℓ当たりの量= 107 cc

35 ℓ当たりの最終練混ぜ水量= 6236 cc

8.24 kg

表面水率試験

①容器+水

②砂=200

③容器+水+砂

④①+②-③

⑤200/(使用する砂の比重)

表面水率(%)

$P = ((④ - ⑤) / (② - ④)) =$

$P = \pm 0.5$ 以内なら補正の必要なし

水量補正

$S' = S + S \times P / 100$

$w' = w - S \times P / 100$

19. 圧縮強度との関連図

以下の4図を作成し、このページを Excel で作成したグラフと入れ替えよ。

①圧縮強度とセメント水比との関係

Y 軸を圧縮強度、X 軸をセメント水比にした図
近似直線のグラフおよびその式も明記

②圧縮強度と引張強度との関係

Y 軸を引張強度、X 軸を圧縮強度にした図
土木学会式もグラフ化する

③圧縮強度と曲げ強度との関係

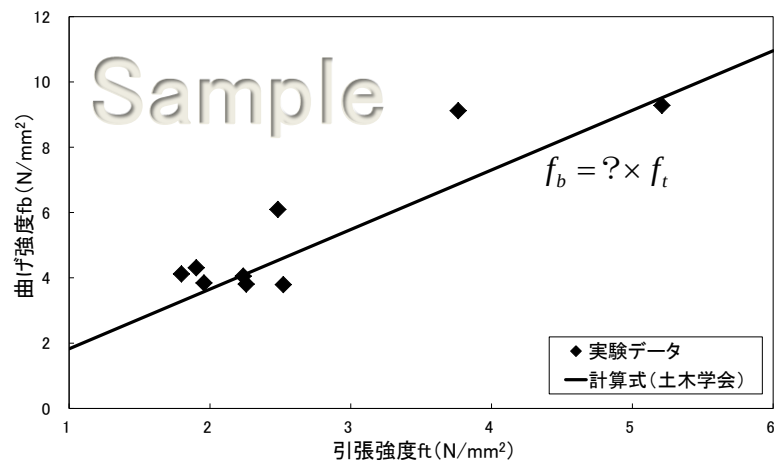
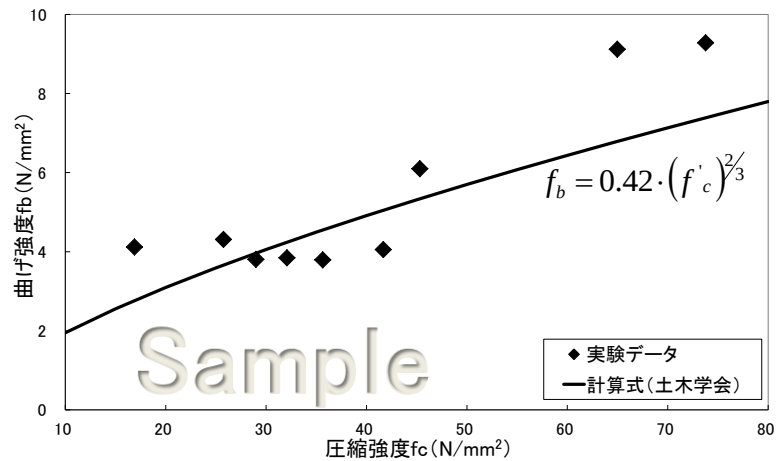
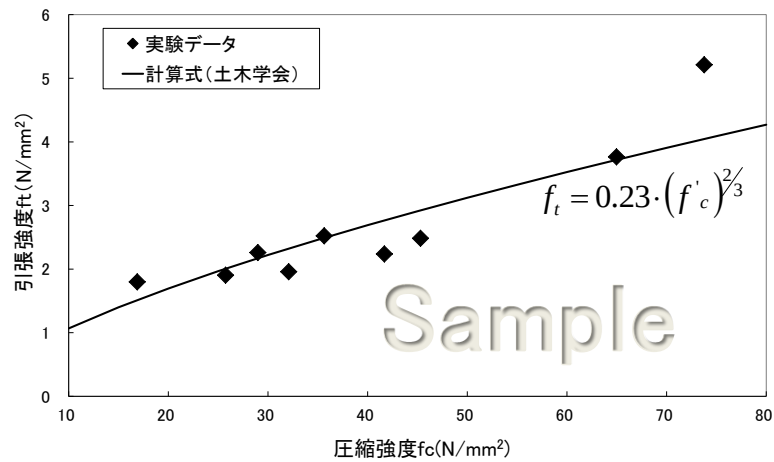
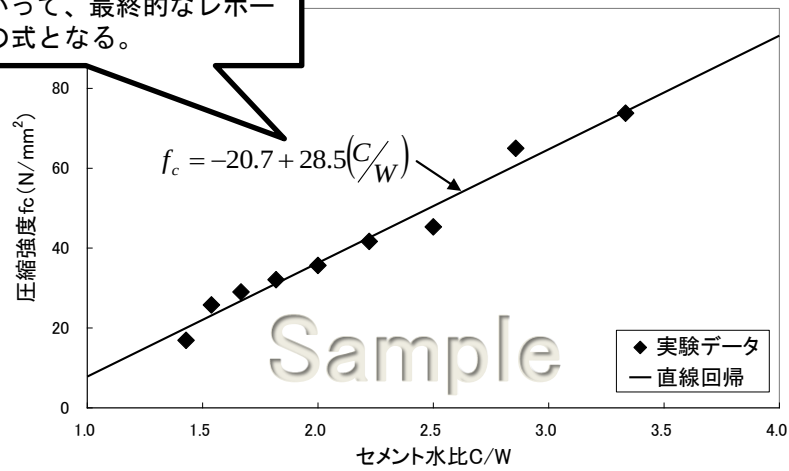
Y 軸を曲げ強度、X 軸を圧縮強度にした図
土木学会式もグラフ化する

④曲げ強度と引張強度との関係

Y 軸を曲げ強度、X 軸を引張強度にした図
土木学会式もグラフ化する

注意 18 ページのデータを使用する

この式は、第4週の演習時に計算した結果である。したがって、最終的なレポート提出時では別の式となる。



20. RC 梁の荷重－変位曲線

HP「もっと知りたいコンクリート講座」からダウンロードした Excel ファイルから荷重－変位曲線（試験体 0、1、2）をプリントアウトし、ここに挿入すること。

- ・曲げ破壊した RC はりの荷重－変位曲線

注意：

各試験体の荷重－変位曲線には、荷重を読み取った作業あとを残しておくこと。

21. RC 梁の曲げ終局荷重との関連図

以下の図を作成し、このページを Excel で作成したグラフと入れ替えよ。

①鉄筋比と曲げ終局荷重の関係

Y 軸を曲げ終局荷重 P_u 、X 軸を鉄筋比

試験体 0 の鉄筋比はゼロとする。

昨年度の前期のデータを○、今期のデータを●で表示。

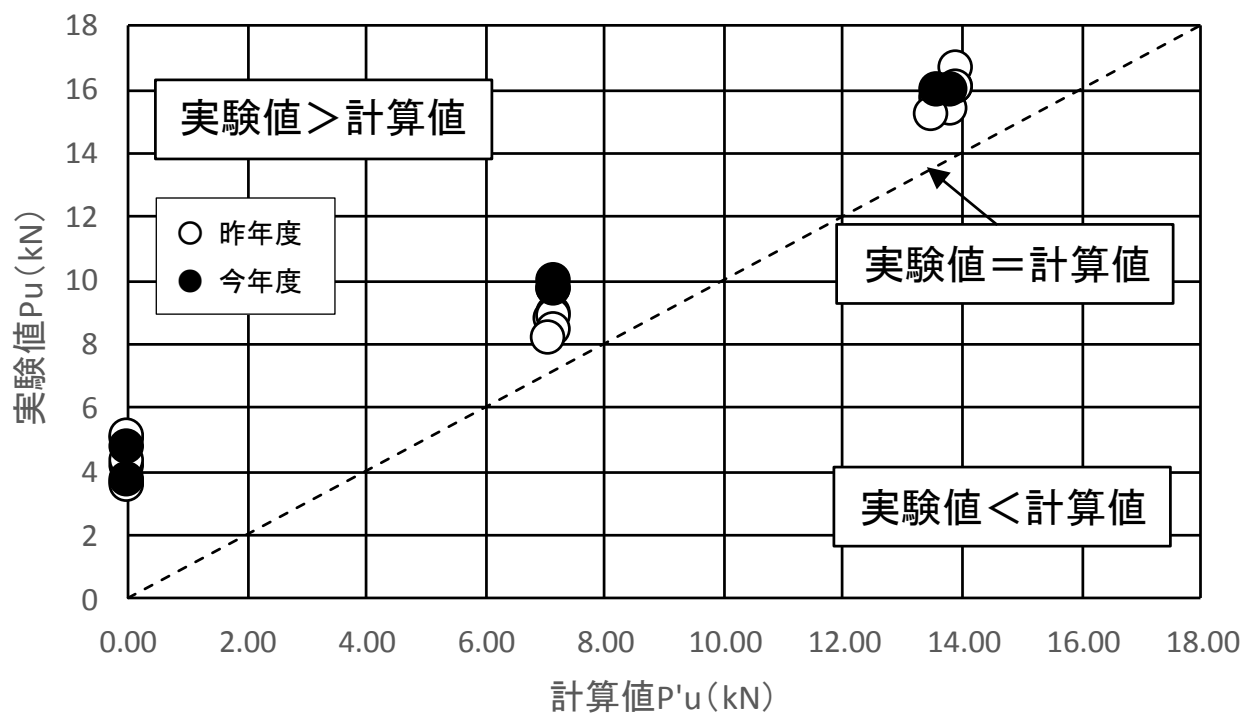
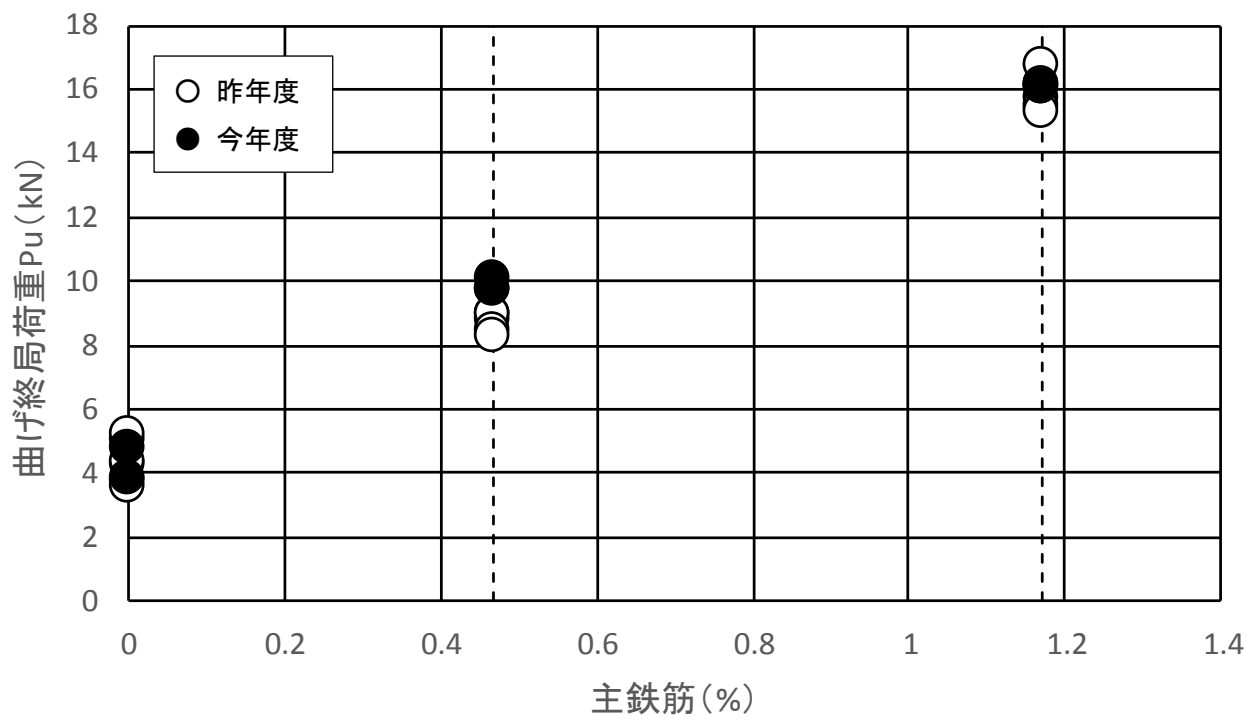
②曲げ終局荷重の実験値と計算値との関係（オプション）

Y 軸を曲げ終局荷重 P_u の実験値

X 軸を曲げ終局荷重 P_u の計算値

昨年度の前期のデータを○、今期のデータを●で表示。

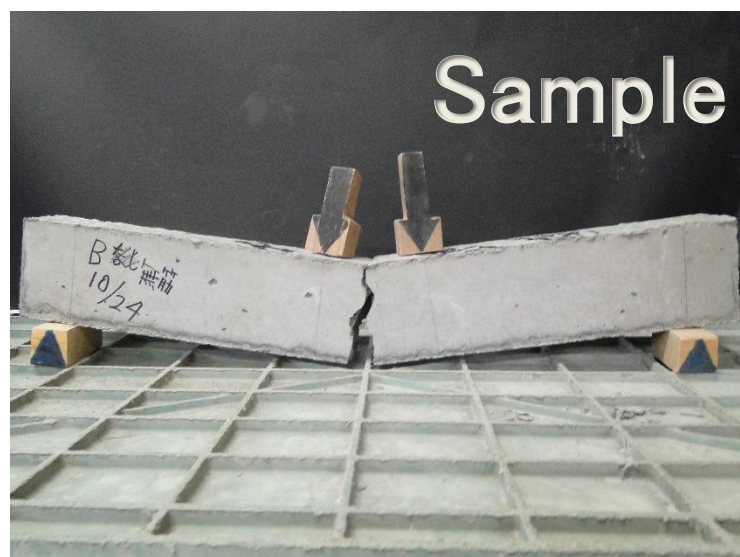
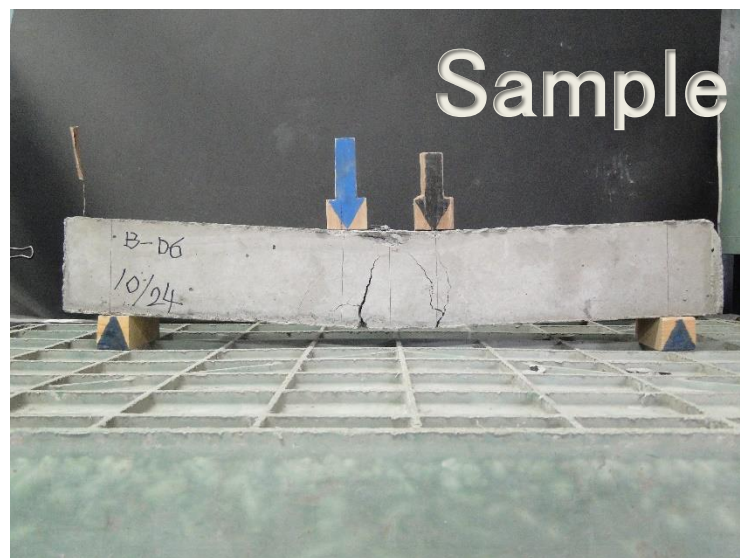
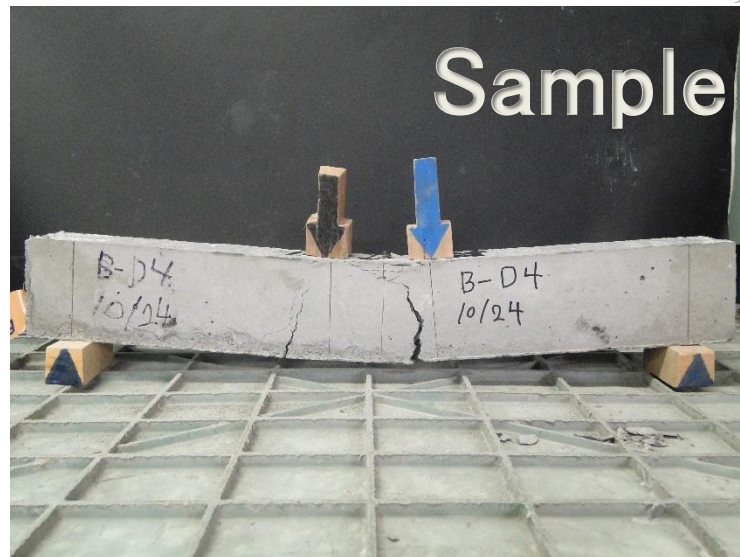
注意 P_u の実験値には、14 ページの
データを使用する



22. RC 梁の載荷後の写真

HP「もっと知りたいコンクリート講座」からダウンロードした載荷後の RC はりの写真(3 種)をプリントアウトし、ここに挿入すること。

- ・曲げ破壊した RC はり(試験体 0、1、2)



付録1. 鉄筋コンクリート(RC)梁の耐力算定例

(1) 試験体 1 の場合

コンクリートの圧縮強度を $f'_c = 30 \text{ N/mm}^2$ と仮定して算定している

1) 曲げひび割れ発生強度 ←ひび割れ発生モーメントに対する検討(8章《例題 8.1》参照)

・断面係数: $W = \frac{bh^2}{6} = \frac{70\text{mm} \times (100\text{mm})^2}{6} = 0.117 \times 10^6 \text{ mm}^3$

・曲げ強度: $f_b = 0.42 f'_c{}^{2/3} = 4.06 \text{ N/mm}^2$ ←引張強度 f_t ではなく、曲げ強度 f_b を用いることとした。

・曲げひび割れモーメント: $M_{cr} = W f_b = 0.473 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 0.473 \text{ kN} \cdot \text{m}$

・曲げひび割れ発生荷重: $P_{cr} = \frac{2M_{cr}}{a} = \frac{2 \times 0.473 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 3.78 \text{ kN}$

2) 斜めひび割れ発生荷重 ←せん断力に対する検討(6章参照)

・3係数の算定:

$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} = 1.90$ (上限値は $\beta_d = 1.5$ であるが、ここでは左記の計算値をそのまま用いる)

$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_w} = 0.775$ ($p_w = \frac{A_s}{bd}$: 主鉄筋量 A_s を用いる)

$\beta_n = 1$ (軸力を考慮しない場合 1)

・せん断強度の算定:

$f_{vc} = 0.20 f'_c{}^{1/3} = 0.621 \text{ N/mm}^2$ ($f_{vc} bd = 3.39 \text{ kN}$)

・斜めひび割れ発生せん断力: $V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 4.93 \text{ kN}$

3) 主鉄筋降伏強度 ←曲げモーメントに対する検討(4章参照)

・中立軸比: $k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.227$

$\left(np = \frac{E_s}{E_c} p = \frac{200 \text{ kN/mm}^2}{28 \text{ kN/mm}^2} \times 0.00466 = 0.0333 \right)$

・ 降伏曲げモーメント : $M_y = A_s f_y \left(d - \frac{x}{3}\right) = bd^2 pf_y \left(1 - \frac{k}{3}\right)$

$$= 70\text{mm} \times (77\text{mm})^2 \times 0.00466 \times 480\text{N/mm}^2 \times \left(1 - \frac{0.227}{3}\right) = 0.858\text{kN} \cdot \text{m}$$

・ 主鉄筋降伏荷重 : $P_y = \frac{2M_y}{a} = \frac{2 \times 0.858\text{kN} \cdot \text{m}}{0.25\text{m}} = 6.86\text{kN}$

4) 曲げ耐力(曲げ終局荷重の算定)

・ 予備計算 :

$$bd^2 = 70\text{mm} \times (77\text{mm})^2 = 0.415 \times 10^6 \text{mm}^3, \quad pf_y = 0.00466 \times 480\text{N/mm}^2 = 2.24\text{N/mm}^2$$

$$pf_y / 1.7 f'_c = 2.24\text{N/mm}^2 / (1.7 \times 30\text{N/mm}^2) = 0.0439$$

・ 曲げ終局耐力 (断面耐力) : $M_u = bd^2 pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c}\right)$

$$= (0.415 \times 10^6 \text{mm}^3) \times (2.24\text{N/mm}^2) \times (1 - 0.0439) = 0.889 \times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$$

$$= 0.889\text{kN} \cdot \text{m}$$

・ 曲げ終局荷重 : $P_u = \frac{2M_u}{a} = \frac{2 \times 0.889\text{kN} \cdot \text{m}}{0.25\text{m}} = 7.11\text{kN}$

5) せん断耐力(せん断破壊荷重の算定)

・ コンクリート負担分 :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 4.93\text{kN} \quad \leftarrow (2) \text{斜めひび割れ発生せん断力の算定値を用いる.}$$

・ せん断補強筋負担分 : 諸係数

$$A_w = 2 @ D4 = 2 \times 12.56\text{mm}^2 = 25.12\text{mm}^2, \quad z = jd = \frac{d}{1.15} = \frac{77\text{mm}}{1.15} = 67.0\text{mm}$$

・ せん断補強筋負担分 : $V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s} = \frac{25.12\text{mm}^2 \times 480\text{N/mm}^2 \times 67.0\text{mm}}{100\text{mm}} = 8.08\text{kN}$

・ せん断耐力 (断面耐力) : $V_y = V_c + V_s = 13.0\text{kN}$

・ せん断破壊荷重 : $P_s = 2V_y = 2 \times 13.0 = 26.0\text{kN}$

(2) 試験体 2 の場合

コンクリートの圧縮強度を $f'_c = 30 \text{ N/mm}^2$ と仮定して算定している

1) 曲げひび割れ発生強度 ←ひび割れ発生モーメントに対する検討(8章《例題 8.1》参照)

断面形状とコンクリート強度のみにて決まるので、試験体 1 と同じ結果となる。

(鉄筋量/配筋を無視した弾性解析なので、試験体 1 と試験体 2 は同一となる)

2) 斜めひび割れ発生荷重 ←せん断力に対する検討(6章参照)

・ 3 係数の算定：

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} = 1.90 \quad (\text{上限値は } \beta_d = 1.5 \text{ であるが、ここでは左記の計算値をそのまま用いる})$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p_w} = 1.05 \quad (p_w = \frac{A_s}{bd} = 0.0117 : \text{主鉄筋量 } A_s \text{ を用いる})$$

$$\beta_n = 1 \quad (\text{軸力を考慮しない場合 1})$$

・ せん断強度の算定：

$$f_{vc} = 0.20 f'_c{}^{1/3} = 0.621 \text{ N/mm}^2 \quad (f_{vc} bd = 3.35 \text{ kN})$$

$$\cdot \text{斜めひび割れ発生せん断力} : V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 6.70 \text{ kN}$$

3) 主鉄筋降伏強度 ←曲げモーメントに対する検討(4章参照)

$$\cdot \text{中立軸比} : k = -np + \sqrt{(np)^2 + 2np} = 0.334$$

$$\left(np = \frac{E_s}{E_c} p = \frac{200 \text{ kN/mm}^2}{28 \text{ kN/mm}^2} \times 0.0117 = 0.0836 \right)$$

$$\cdot \text{降伏曲げモーメント} : M_y = A_s f_y \left(d - \frac{x}{3} \right) = bd^2 pf_y \left(1 - \frac{k}{3} \right)$$

$$= 70 \text{ mm} \times (77 \text{ mm})^2 \times 0.0117 \times 383 \text{ N/mm}^2 \times \left(1 - \frac{0.334}{3} \right) = 1.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\cdot \text{主鉄筋降伏荷重} : P_y = \frac{2M_y}{a} = \frac{2 \times 2.07 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 13.3 \text{ kN}$$

4) 曲げ耐力(曲げ終局荷重の算定)

$$\cdot \text{予備計算} : bd^2 = 70 \text{ mm} \times (77 \text{ mm})^2 = 0.415 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$pf_y = 0.0117 \times 383 \text{ N/mm}^2 = 4.48 \text{ N/mm}^2$$

$$pf_y / 1.7 f'_c = 4.48 \text{ N/mm}^2 / (1.7 \times 30 \text{ N/mm}^2) = 0.0878$$

・ 曲げ終局耐力 (断面耐力) : $M_u = bd^2 pf_y \left(1 - \frac{pf_y}{1.7 f'_c} \right)$

$$= (0.415 \times 10^6 \text{ mm}^3) \times (4.48 \text{ N/mm}^2) \times (1 - 0.0878) = 1.70 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$= 1.70 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

・ 曲げ終局荷重 : $P_u = \frac{2M_u}{a} = \frac{2 \times 1.70 \text{ kN} \cdot \text{m}}{0.25 \text{ m}} = 13.6 \text{ kN}$

5) セン断耐力 (せん断破壊荷重の算定)

・ コンクリート負担分 :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 6.65 \text{ kN} \quad \leftarrow (2) \text{ 斜めひび割れ発生せん断力の算定値を用いる.}$$

・ セン断補強筋負担分 : 諸係数

$$A_w = 2 @ D4 = 2 \times 12.56 \text{ mm}^2 = 25.12 \text{ mm}^2, \quad z = jd = \frac{d}{1.15} = \frac{77 \text{ mm}}{1.15} = 67.0 \text{ mm}$$

・ セン断補強筋負担分 : $V_s = \frac{A_w f_{wy} z}{s} = \frac{25.12 \text{ mm}^2 \times 480 \text{ N/mm}^2 \times 67.0 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 8.18 \text{ kN}$

・ セン断耐力 (断面耐力) : $V_y = V_c + V_s = 14.9 \text{ kN}$

・ セン断破壊荷重 : $P_s = 2V_y = 2 \times 14.7 = 29.8 \text{ kN}$

付録2. ☆one point advice:RC 梁の載荷実験

#1: 載荷装置のメカニズムを確認せよ！ (21 ページ参照)

- ・ 載荷システム：対称 2 点載荷単純梁：載荷点と支点を確認せよ
- ・ 加圧装置：電動式ジャッキ
- ・ 計測：ロードセル（荷重を計る: kN）、変位型（部材中央の垂直変位を計る: mm）
- ・ データ収録：各種センサー ⇒ データロガー ⇒ パソコン （⇒ 後日 Web に掲載）

#2: 3 試験体の最大耐力を比較せよ：

- ・ 試験体 0：無筋コンクリート(鉄筋なし：鉄筋比 $p=0\%$) 最大荷重 $P_u=3\sim4\text{kN}$
- ・ 試験体 1：鉄筋コンクリート(D4×2：鉄筋比 $p=0.466\%$) 最大荷重 $P_u=7\sim9\text{kN}$
- ・ 試験体 2：鉄筋コンクリート(D6×2：鉄筋比 $p=1.17\%$) 最大荷重 $P_u=14\sim15\text{kN}$

#3: コンクリート実験演習ノートに記入せよ

15 ページ：ひび割れ性状のスケッチ

26 ページ：最大荷重 P_u (kN)と曲げ終局耐力 M_u (kN・m) ($M=Pa/2$ を用いる)

#4: 最大荷重 P_u (単位: kN) vs. 曲げ終局耐力 M_u (単位: kN・m)

第 3 週*載荷実験：最大荷重 $P_u \Rightarrow$ 曲げ終局耐力 M_u

第 4 週*演習/耐力算定：曲げ終局耐力 $M_u \Rightarrow$ 最大荷重 P_u

(曲げモーメント M : 測定が困難、荷重 P : 測定できる！)

#4: 荷重-変位曲線上に、 c_r , Y , U 点を図化せよ

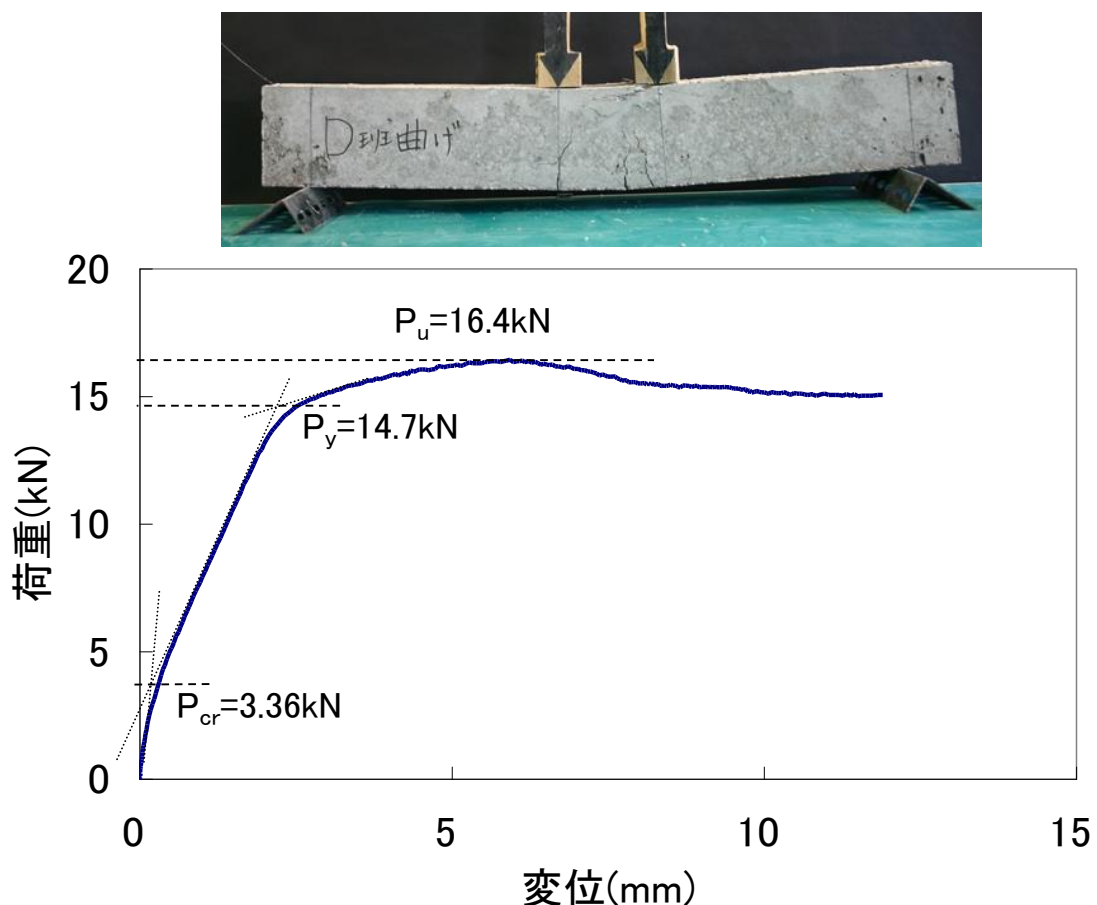


図-4 曲げ破壊した小型 RC はりの荷重－変位曲線と破壊