

鉄筋コンクリート梁の載荷実験

1. 目的

主筋、あばら筋の異なる 3 種類の鉄筋コンクリート梁の載荷実験において

- ◆ RC 梁の基本原理（コンクリート・主筋・あばら筋の効果）を理解する
- ◆ RC 梁の亀裂発生耐力、降伏耐力、終局耐力の関係及び計算値との関係を理解する
- ◆ 各種耐力発生時のコンクリート表面の亀裂発生状況を理解する
- ◆ RC 梁の破壊性状と変形性能の関係を理解する

2. 実験概要

実験方法は 4 点曲げ載荷とし、3 体の RC 梁の曲げ・せん断実験を行う。

載荷方法および応力図を図 1 に示す。

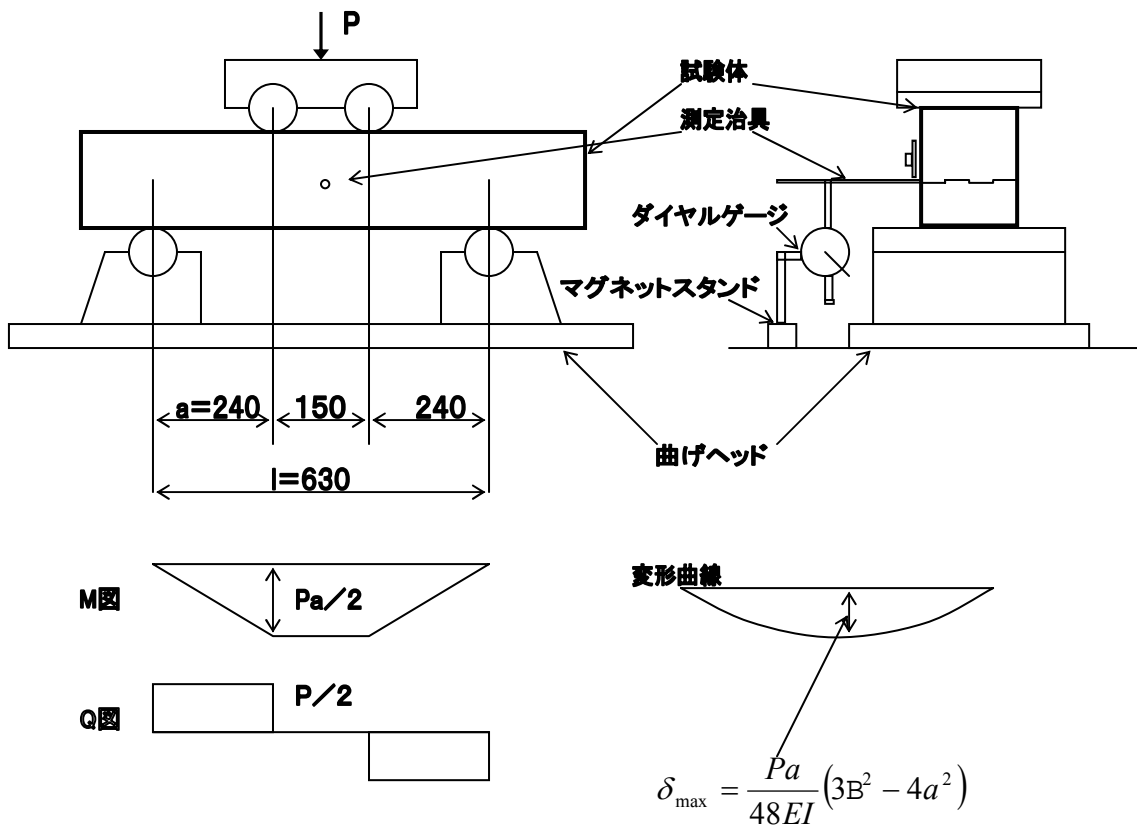


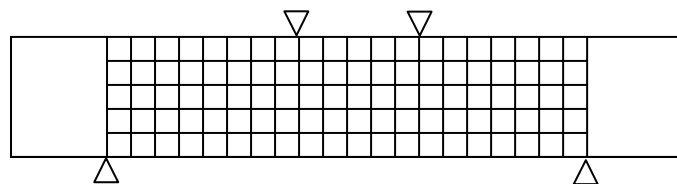
図-1 実験方法及び弾性時応力

3.実験の準備

- a) 試験体の準備 下記の順序に従って準備を行う。
- 1) 試験体の上下面に不整がある時は支点や荷重点に千荷重を均等にかけることができないためディスクグラインダー、コンクリート用砥石等で整形する。
 - 2) 試験体に乾燥収縮によるひび割れが見られるときは、前もって記録しておく。
 - 3) 試験体の長さ、幅、高さなどの寸法を測定する。
 - 4) 試験体の支点、荷重点、中央部に寸法線を引く。更に、試験体の両側面に縦、横ともに一定間隔で基盤目状に線を引く。
 - 5) 試験体中央部のインサートに変位測定用治具を取り付ける。

b) 荷重装置の準備

- 1) アムスラー型万能試験機のベッドに曲げ試験用のベッドを固定する。
- 2) 曲げ試験用ベッドの支点間距離を試験体の支点間距離 (63 c m) に合わせ正しく固定する。
- 3) 試験体スパンの 1/30 まで変位を計測できるように、変位計を取り付ける。



線引 3 c mピッチ

4.荷重実験

荷重の方法は単調変位漸増荷重とし、下記の項目について、測定と観察を続け記録する。

a) たわみの測定

スパン中央部の変位をダイヤルゲージで測定する。

- 1) 曲げひび割れ発生までは、スパンの 1/4000 程度 (0.15mm) 毎に変位と荷重を記録する。
- 2) せん断ひび割れ発生までは、スパンの 1/2000 程度 (0.3mm) 毎に変位と荷重を記録する。
- 3) 降伏までは、スパンの 1/1000 程度 (0.6mm) 毎に変位と荷重の記録を行う。
- 4) 降伏以降は、スパンの 1/500 程度 (1.2mm) 毎の計測を行う。

b) 曲げひび割れ及びせん断ひび割れの発生、伸展状況の観察と記録

c) 破壊状況及び破壊形式の観察と記録

d) 曲げ終局強度またはせん断終局耐力の記録

5.報告事項

- 1) 試験年月日 2002年6月3日
- 2) 試験体の種類と配筋

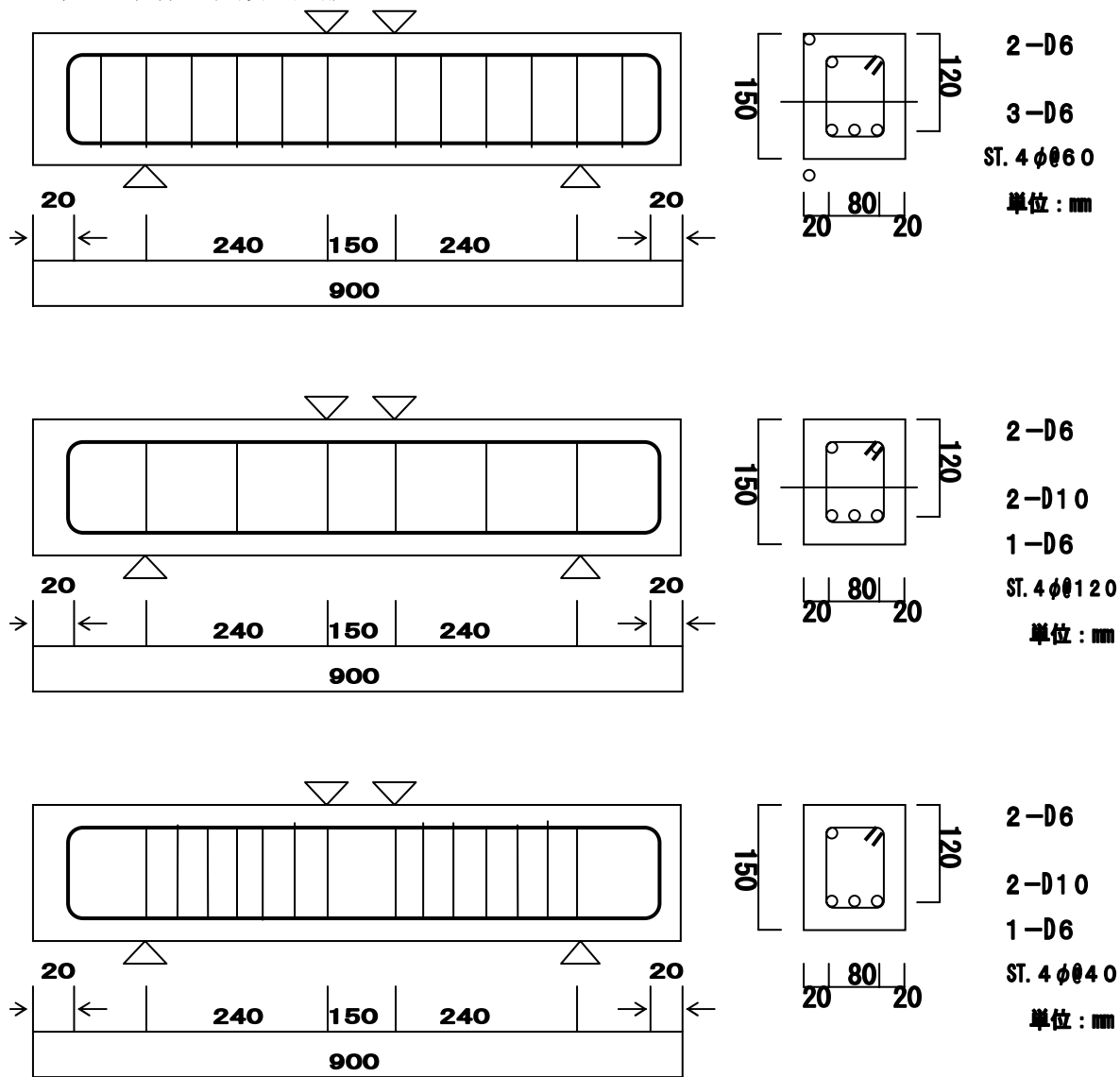


図-2 試験体の配

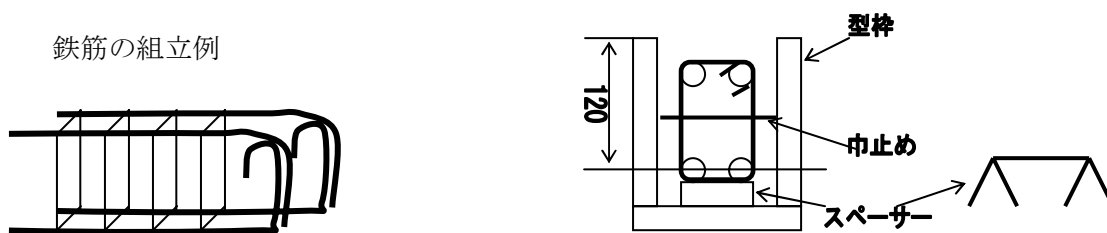


図-3 組立詳細図

スペースの作製と取り付け

3) 試験体材令及び養生方法 材令 161 日 水中養生

4) コンクリート配合表

表1 コンクリート配合表

W/C (%)	セメント (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	水 (kg)	フローリック S (g)	フローリック AE-7 (g)
45	16.32	29.68	37.16	7.32	163.2	81.6

W/C	C・T	スランプ	空気量	材料分離
45	26°C	12cm	3.7%	なし

6.実験結果

a) 使用材料の力学的試験結果

表2 使用鉄筋引張試験結果 (kg/cm²)

種 類	D10				D6			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
降伏強度	3480	3460	3500	3480	4263	4010	4042	4105
引張強度	4879	4851	4907	4879	5683	5399	5463	5515
伸び率	21.25	27.50	26.25	25.0	12.50	10.42	10.42	11.11

種 類	4φ			
試 験 片	I	II	III	平均
降伏強度	4097	4035	4019	4050
引張強度	5096	4797	4697	4863
伸び率	6.25	6.25	6.25	6.25

表3 コンクリート強度試験結果

試験体		1	2
最大荷重	kg	29900	35400
コンクリート強度	kg/cm ²	380.7	450.7
		415.7127113	
ヤング係数	kg/cm ²	1586244	1959682
		1772963	

b) RC梁の曲げせん断実験結果

表4 実験結果一覧表

試験体名 No		有効背 d cm	引張鉄筋 比 P_t %	あばら筋 比 P_w %	コンクリー トの圧壊 kg	曲げ初亀裂		
						荷重 kg	M_{cr} kg·cm	
I	exp	12.0	0.667	0.3491	5600	1800	21600	
	cal	12.0	0.667			1402.2	16827.2	
exp/cal		1.000	1.000			1.28		
II	exp	12.0	1.215	0.1745	7360	1800	21600	
	cal	12.0	1.215			1532.0	18384.6	
exp/cal		1.000	1.000			1.17		
III	exp	12.0	1.215	0.5236	7680	1800	21600	
	cal	12.0	1.215			1532.0	18384.6	
exp/cal		1.000	1.000			1.17		
試験体名 No		せん断初亀裂		曲げ降伏時		終局耐力		破壊形式
		荷重 kg	Q_{cr} kg	荷重 kg	M_y kg·cm	荷重 kg	Q_u kg	
I	exp	4320	2160	5600	67200	4800	2400	せん断 圧縮破 壊
	cal	2677.3	1338.7	3546.7	42560.6	5598.8	2799.4	
exp/cal		1.61		1.58		0.86		
II	exp	5200	2600			5480	2740	斜張力 破壊
	cal	2677.3	1338.7	5786.8	69441.9	5299.5	2649.7	
exp/cal		1.94				1.03		
III	exp	5520	2760	7440	89280	7680	3840	付着定 着破壊
	cal	2677.3	1338.7	5786.8	69441.9	6623.9	3312.0	
exp/cal		2.06		1.28		1.15		

[日本土木学会コンクリート標準示方書]

1) 曲げひび割れモーメント — (14)

2) 土木学会標準示方書では、せん断補強鉄筋を用いない棒部材の設計せん断耐力 V_{cd} として次式を与えている。

$$Q_{cr} = V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_B \quad - (15)$$
$$\beta_n = \gamma_B = 1$$

ここに

$$f_{vcd} = 0.2 \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d : \text{m}) \text{ 但し、} \beta_d > 1.5 \text{ の場合は} \beta_d = 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100pw} \quad \text{但し、} \beta_p > 1.5 \text{ の場合は} \beta_p = 1.5 \text{ とする。}$$

3) 終局状態における曲げ耐力 (M_u)

$$M_y = M_u = p \cdot f_{yd} \left(1 - \frac{0.59p \cdot f_{yd}}{f'_{cd}}\right) b d^2 \quad - (16)$$

4) せん断補強鉄筋を有する RC 棒部材の設計せん断耐力 (V_{yd})

$$Q_u = V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$$

ここに、 V_{cd} : 式 (15) を参照のこと。

V_{sd} : せん断補強鉄筋により受け持たれる設計せん断耐力であり以下の式よりもとめる

$$V_{sd} = [A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) z / s] \gamma_b \quad - (17)$$

但し、 s : せん断補強鉄筋の配置間隔

A_w : 区間 s におけるせん断補強鉄筋の総断面積

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の設計降伏強度

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

z : コンクリート圧縮応力の合力作用位置から引張鋼材図心までの距離で、一般に $z = d/1.5$ としてよい。

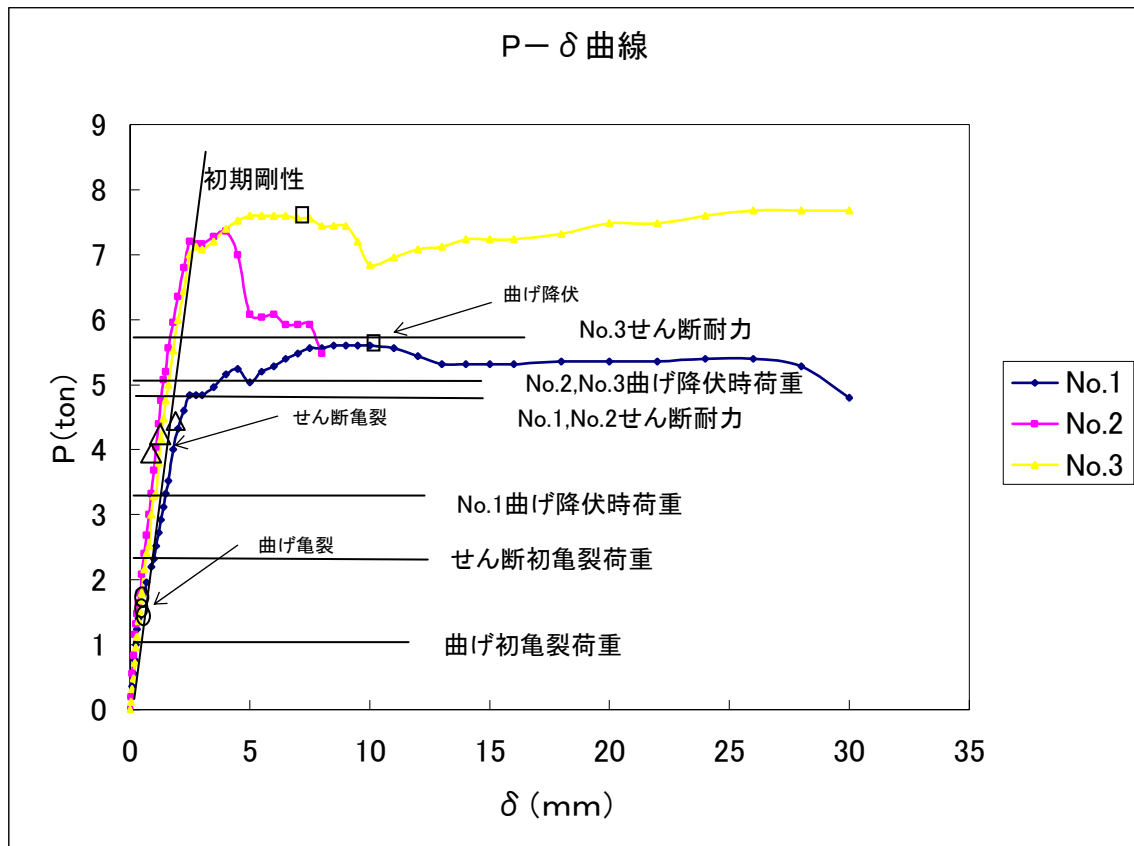
注) 実験解析では安全率は考えないから $\gamma_b = 1$ としてよい。

c) 荷重変形関係

縦軸に荷重、横軸に変位の実測値をとり、各試験体について荷重－変形曲線を描く。

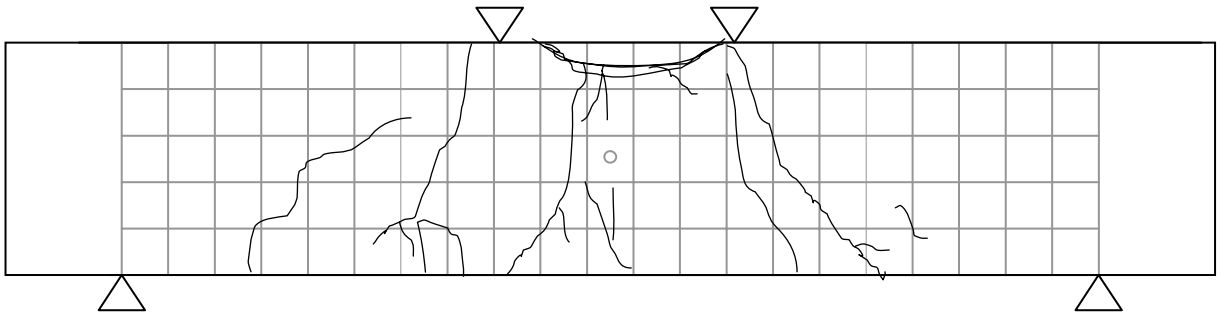
P－ δ 曲線上に、曲げ初亀裂・せん断初亀裂・最大荷重の位置を書き込む。

更に各試験体とも初期剛性、曲げ初亀裂、せん断初亀裂、曲げ降伏、最大せん断耐力の計算値を図示し、計算値と実験値の値の比較を示す。

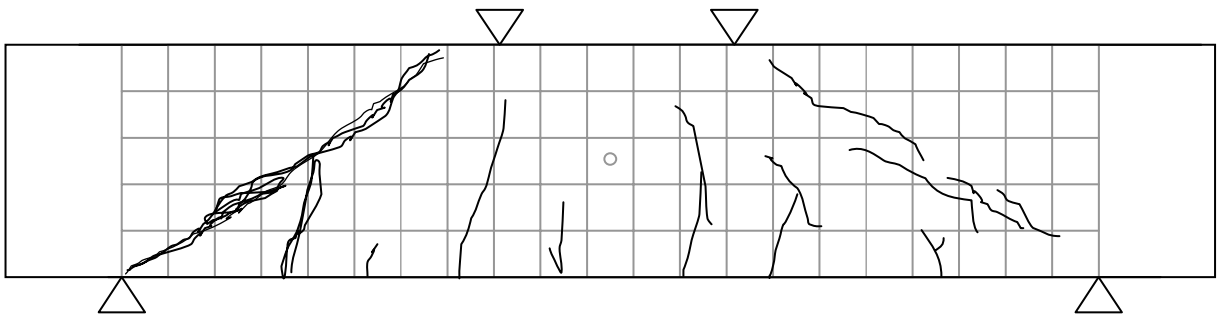


d) ひび割れ発生状況及び破壊状況

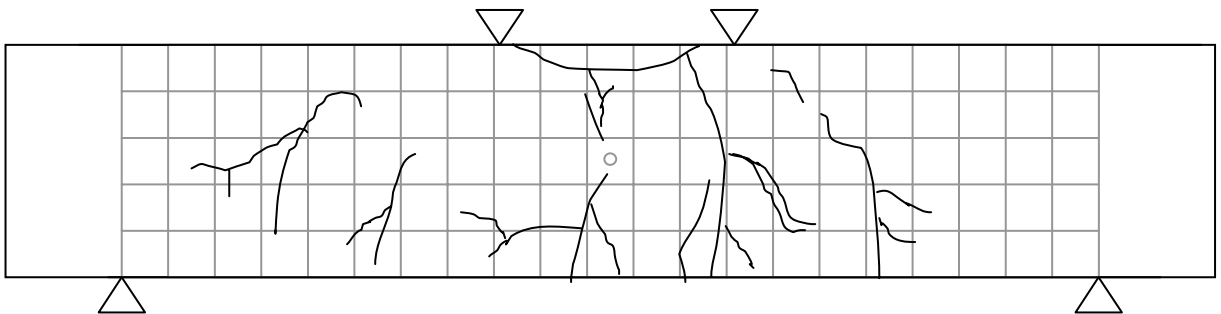
実験中に、亀裂の伸展状況をマジックインク等で梁側面にトレースしておき、実験終了後、最終ひび割れ状況をスケッチする。



No. 1



No. 2



No. 3

e) 考察

今回の実験は、主筋の鉄筋が細い試験体 No. 1、主筋の鉄筋がやや太い試験体、No. 2 と No. 2 と同じだがあばら筋が多い試験体 No. 3 を実験した。3つの供試体の比較をすると、供試体 No. 1 と No. 2 は引張鉄筋の違いから供試体 No. 2 の引張鉄筋を太くしたことにより引張り耐力が大きくなったため曲げ耐力が大きくなったと考えられる。そして、供試体 No. 2 と No. 3 を比較してみると、あばら筋の入っている間隔が違う。つまり、No. 2 はせん断補強鉄筋の本数が少ない。そのため、No. 2 はせん断耐力が小さくなったと考えられる。このことは、グラフを見ると一番解りやすく、供試体 No. 2 と No. 3 は 8ton 辺りまで耐力が上昇し、供試体 No. 2 はその後すぐにせん断し急激に耐力が落ちている。そして、供試体 No. 1 の耐力は供試体 No. 3 程ではないが同じような曲線を描いていた。

このことから、せん断補強筋を多くすることによってせん断力に対する抵抗力を大きくすることができることがわかった。そのため、せん断補強筋の本数は地震などの外力が加わって構造物が崩壊してしまう時にいきなり崩れてしまうのではなく、粘って人が逃げ出す時間を確保してくれる重要な役割をはたすと思われる。

理論値と実験値に差が出たのは、荷重計やダイヤルゲージを読む時の人為的誤差があると考えられるので、誤差が生じるのはしかたがないと感じました。そして、実験値と計算値の比較ではほぼ計算値よりも実験値は上回っている。これは亀裂の入る瞬間を見落としていた可能性がある。もっと早くから亀裂が生じていたのかもしれないが、今回の場合材令が 161 日と非常に長かったので強度が増していたからだと思う。

f) 感想

ダイヤルゲージを読むのは、難しく僕も読んだが数値が読み取れない所もあり実験結果に不安があったが得られた結果は定義に従ったものだった。実験する事は教科書で勉強するよりわかりやすかった。