

4章：曲げモーメントを受ける部材

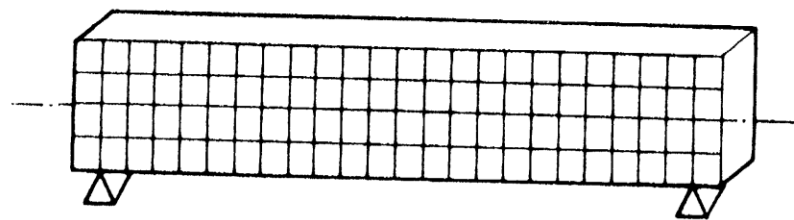
キーワード：非線形挙動、断面解析、終局耐力、
等価応力ブロックによる塑性解析、
限界状態/終局限界(3-2-2参照)

4-1 曲げ部材の変形挙動

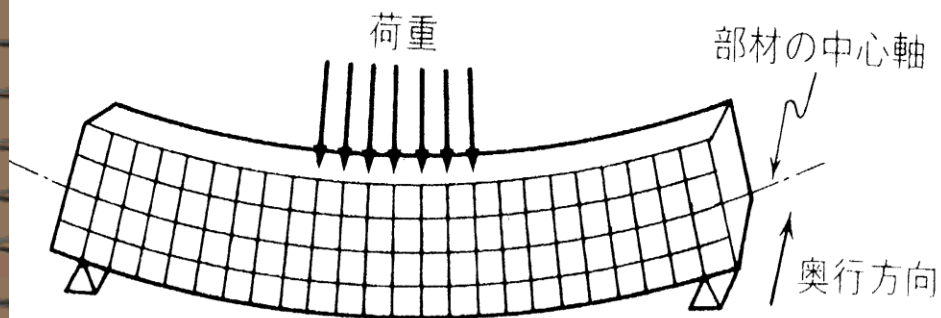
4-1-1 曲げ部材の変形と応力

⇒ **図4-1**を理解する

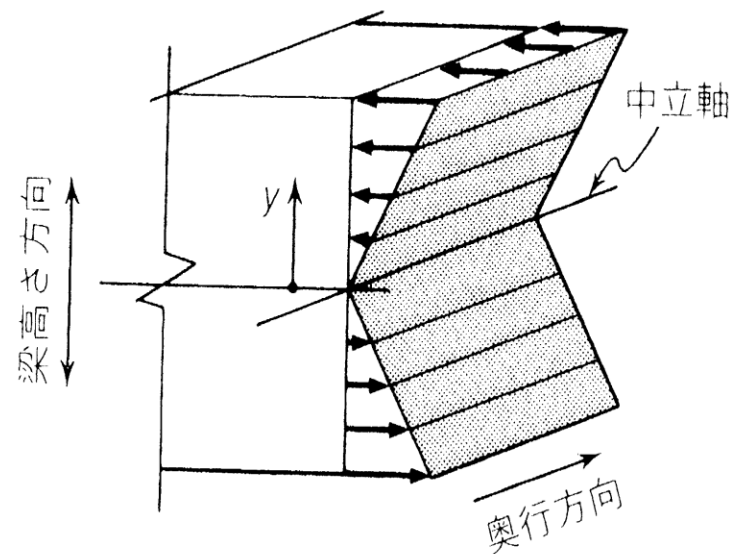
圧縮縁、引張縁、中立軸、平面保持



(a) 変形前



(b) 曲げ変形後



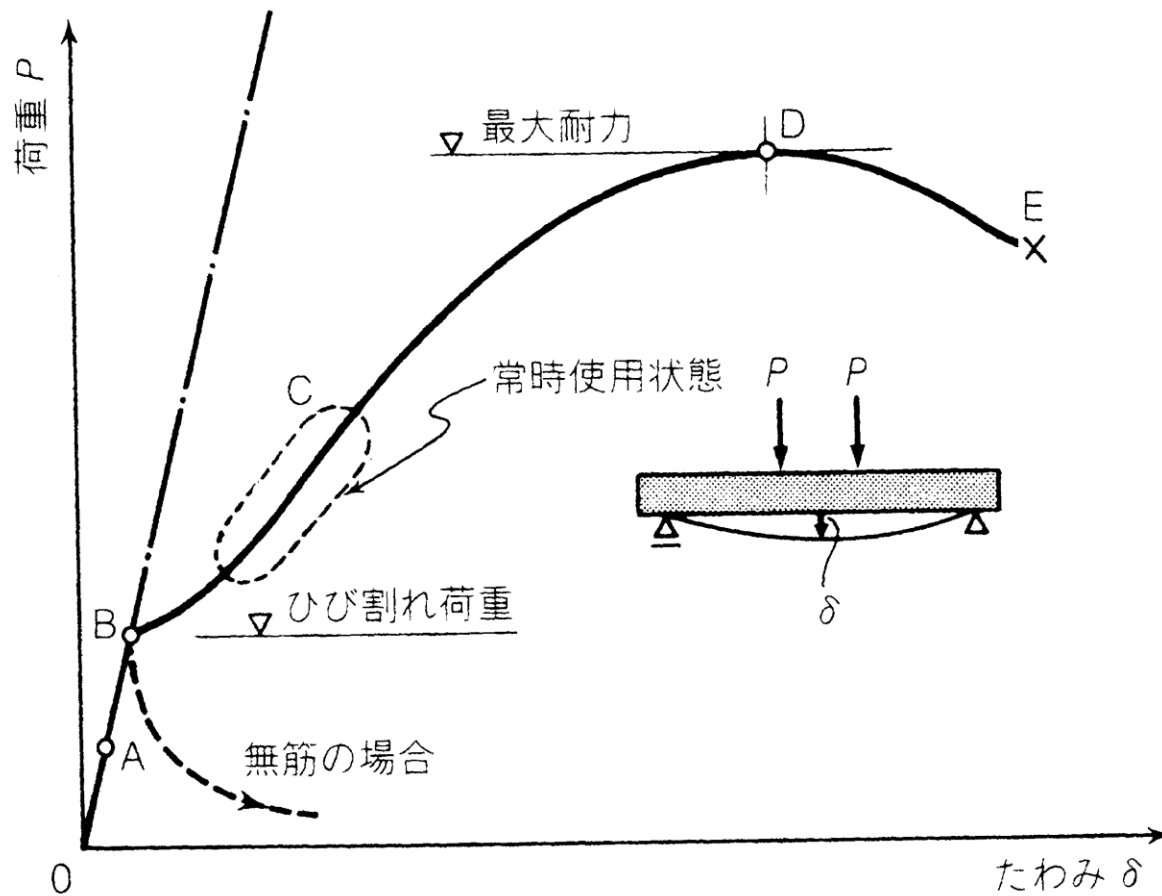
(c) 断面のひずみ(応力)分布

図 4-1 梁部材の曲げ変形とひずみ(応力)分布

4-1-2 鉄筋コンクリートの非線形挙動

⇒ **スケッチせよ** ⇒ **図4-2**(a)

- A:純弾性状態(ひび割れ発生前)
- B:初期ひび割れ発生
- C:ひび割れ進展段階
- D:最大荷重近傍
- E:終局状態



- A: 純弾性状態
(ひび割れ発生前)
- B: 初期ひび割れ発生
- C: ひび割れ進展段階
- D: 最大荷重
- E: 終局状態

(a) 荷重とたわみの関係

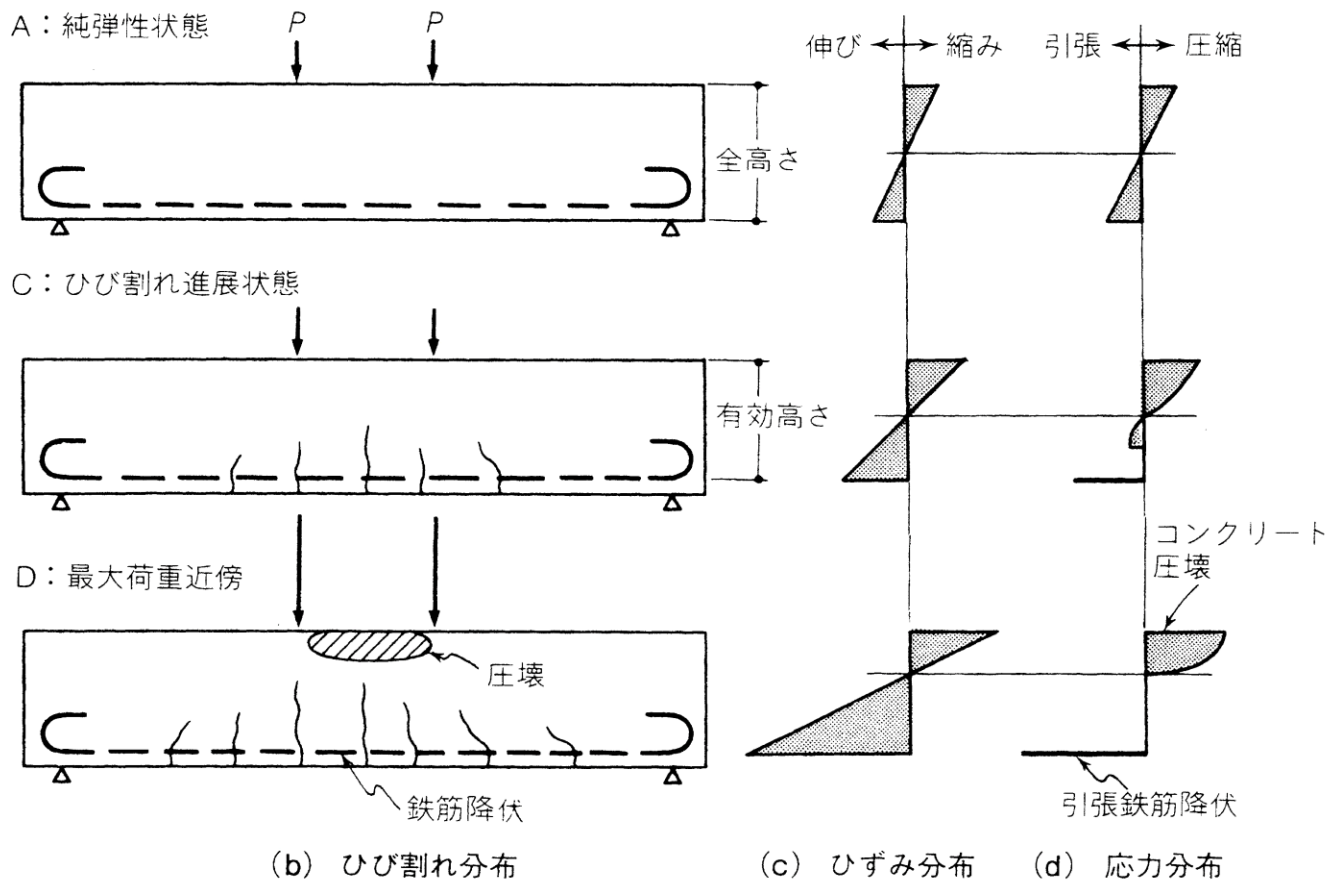


図 4-2 鉄筋コンクリート梁の荷重とたわみの関係、ひび割れ分布および中央断面のひずみ分布、応力分布

表4-1 鉄筋コンクリート断面の解析法

表 4-1 曲げ荷重を受ける鉄筋コンクリート断面の解析法

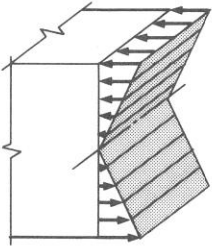
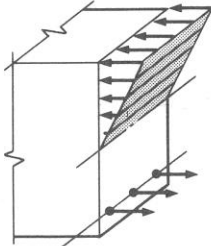
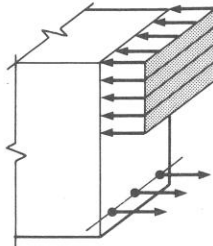
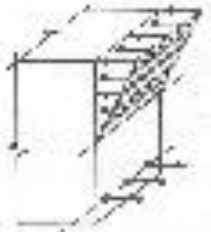
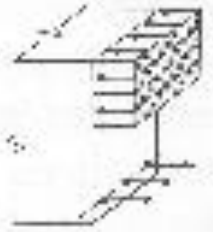
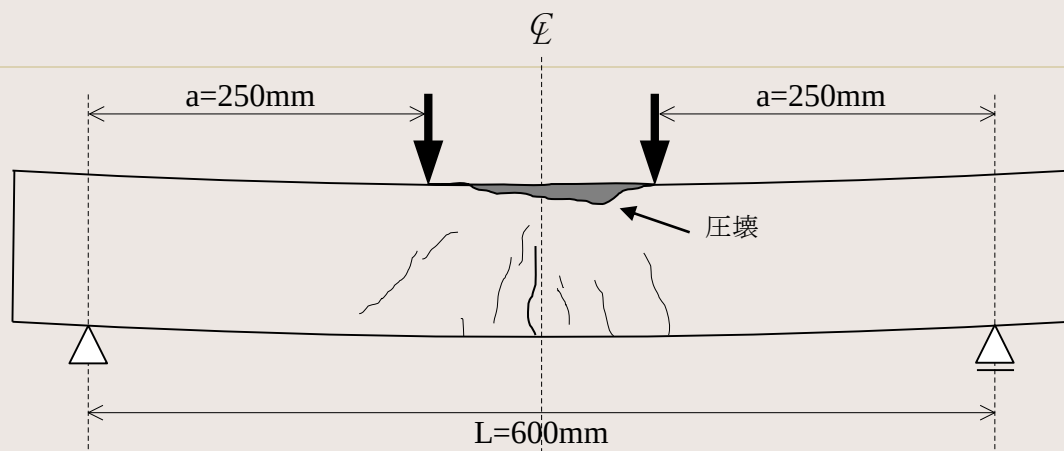
	I：弾性解析(全断面有効)	II：弾性解析(RC 断面)	III：塑性解析
断面の 応力分布			
コンク リート	圧縮域・引張域とも線形弾性	圧縮域：線形弾性 引張域：考えない	圧縮域：塑性状態 (等価矩形応力ブロックを用いると解析しやすい) 引張域：考えない
鉄 筋	線形弾性(無視してもよい)	線形弾性	降伏状態
解析目的	純弾性解析 ひび割れ荷重の算定	使用状態における材料の応答 応力の算出	最大耐荷力の算定
対応する 設計法	断面力, 不静定力の計算	許容応力度設計法 限界状態設計法 (使用限界状態) (疲労限界状態)	限界状態設計法 (終局限界状態)

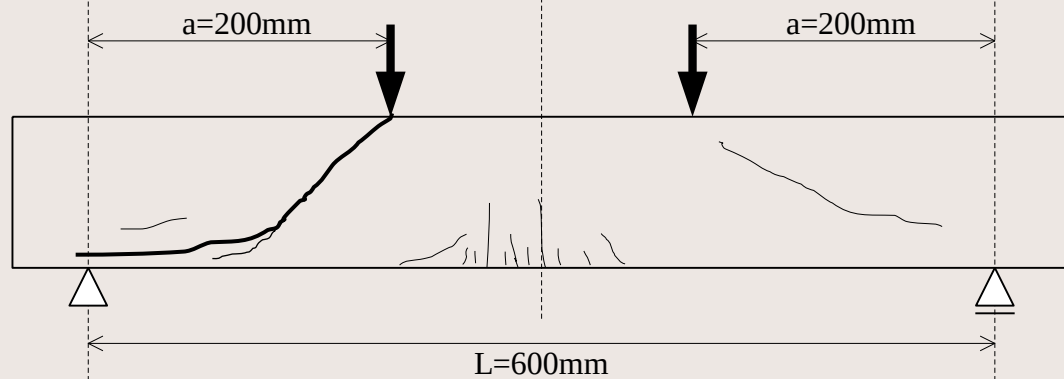
表4-1 鉄筋コンクリート断面の解析法

表4-1 せん断荷重を受けた鉄筋コンクリート断面の解析法

	I: せん断荷重 (全断面有効)	II: せん断荷重 (RC断面)	III: せん断荷重
断面の 形状			
せん断 力	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位、せん断変位、せん断変位、せん断変位
せん断 力	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位
せん断 力	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位
せん断 力	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位	せん断力、せん断応力、せん断変位



(a) 曲げ破壊型



(b) せん断破壊型

4-2 曲げ部材の弾性解析

4-1-2 弾性解析(RC断面)

(1) 複鉄筋⇒単鉄筋長方形断面に変更

図4-3をスケッチする(記号表を含む)

・単鉄筋長方形断面:

圧縮コンクリート: 必要

引張コンクリート: 元々考えない

圧縮鉄筋: 省略、引張鉄筋: 必要

4-1-2 弾性解析(RC断面) 単鉄筋長方形断面

- a. 各材料のひずみ $\Rightarrow$ 平面保持の仮定
 - ・ 引張鉄筋とコンクリート(圧縮側)に対して記述
 - b. 各材料の応力
 - ・ 引張鉄筋とコンクリート(圧縮側)に対して記述
 - c. 力の釣合い 水平力 $=0$ 、モーメント $=M$
- 最終的に、《例題4.1》の結果を導く**

4-1-2 弾性解析(RC断面) 単鉄筋長方形断面

未知量: $\sigma_s, \sigma_{cu}', \epsilon_s, \epsilon_c', \epsilon_{cu}', x$
 $\Rightarrow 6$ 個

方程式: 材料ひずみ、材料応力、釣合い条件
 $\Rightarrow 6$ 個

この方程式は解ける！

$\Rightarrow$ 《例題4.1》の結果を導く

4-1-2 弾性解析(RC断面) 単鉄筋長方形断面

最終的に、《例題4.1》の結果を導く

中立軸比: $k =$

コンクリート応力: $\sigma_{cu}' =$

鉄筋応力: $\sigma_s =$

4-1-2 弾性解析(RC断面) 単鉄筋長方形断面

- 中立軸比 k : ヤング係数比 n 、鉄筋比 p にて算定される。

ヤング係数比 $n=***$

鉄筋比 $p=***$

- コンクリート応力 σ_{cu}' : 曲げモーメント M に比例
- 鉄筋応力 σ_s : σ_{cu}' に比例

《例題4.2》単鉄筋断面として解答 本日提出

《例題4.2》: 単鉄筋断面として解答せよ

Step1: 付表-4.2から、各自の解析条件を決定
(材料強度も決定せよ)

Step2: 中立軸比、コンクリート応力、鉄筋応力

算出式は2つ用いて、同じ結果となることを確認せよ

Step3: 材料強度との比を求めよ

コンクリート : $\text{コンクリート応力} / \text{圧縮強度} = ? < 1$

引張鉄筋 : $\text{鉄筋応力} / \text{降伏強度} = ? < 1$

(いずれも、1以下となることを確認せよ)

4-3 曲げ部材の終局耐力

4-3-1 単鉄筋長方形断面

(1) 等価矩形応力ブロック

図4-4をスケッチ(記号を含む)

図4-5右をスケッチ

単鉄筋断面(圧縮鉄筋を省略)とする

4-3 曲げ部材の終局耐力

4-3-1 単鉄筋長方形断面

(2) 釣合い鉄筋比 p_b (b:balance 釣合い)

∈ 釣合い破壊:

終局時にコンクリートの圧縮破壊と鉄筋の降伏が、同時に発生すること。

∈ 釣合い鉄筋比:

このときの鉄筋比 式(4.35)

One Point アドバイス

材料の限界ひずみ

応力-ひずみ曲線（ $\sigma - \epsilon$ 曲線）上にて確認せよ

- コンクリート： $\epsilon'_{cu} =$

- 鉄 筋： $\epsilon_y =$

ϵ'_{cu} 、 ϵ_y ：図4-6(b)にて確認せよ

破壊モードの分類と定義:

・破壊モードの判定: 式(4.36) p.62

- ① $p < p_b$ (under-reinforcement):
⇒鉄筋降伏先行型(設計上好ましい)
- ② $p = p_b$ (balanced reinforcement):
⇒釣合い破壊
- ③ $p > p_b$ (over-reinforcement/過鉄筋):
⇒コンクリート圧縮破壊先行型(脆性破壊)

p : 実際に 配筋される鉄筋比

p_b : 釣合い鉄筋比(仮想上の鉄筋比)

(3) 曲げ終局耐力(under-reinforcementの場合)

鉄筋降伏先行型(under-reinforcement)を前提
式(4.37) ~ 式(4.44)まで誘導せよ

- ・ 式(4.44a): 算定式1と呼ぶ(実単位: $\text{kN}\cdot\text{m}$)
- ・ 式(4.44b): 算定式2と呼ぶ(無次元表示)

《例題4.3》曲げ終局耐力

単鉄筋断面として解答

《例題4.2》で設定した断面を用いる

Step1: 断面諸元の確認

Step2: 釣合い鉄筋比、破壊モード

Step3: 曲げ終局耐力の算定

まず、予備計算を行う

算出式は2つ用いて、同じ結果となることを確認せよ

4-3 曲げ部材の終局耐力：まとめ

- under-reinforcement:
⇒鉄筋降伏先行型（設計上好ましい）
- over-reinforcement/過鉄筋：
⇒コンクリート圧縮破壊先行型（脆性破壊）

図4.7(a)をノートに転記して特徴を列記せよ

1 :

2 :

3 :

耐震One point アドバイス：ーコンクリート系実験式の単位変換に要注意!!ー

- 従来単位系(重力単位系)から, 国際SI単位系への移行がほぼ完了しているが, このとき, コンクリート材料、部材耐力などの各種実験式の係数が変更されていることに気が付く. 例えば, 棒部材のせん断耐力の算定に用いるせん断強度の場合, 次のように変換されている.
- 従来単位: $\Rightarrow$ SI単位: