

せん断力を受ける 鉄筋コンクリート部材



芸予地震被災速報

新幹線高架橋に多数のせん断破壊

3月24日午後3時28分、マグニチュード6.4の大地震が、瀬戸内海沿岸を中心に西日本一帯を襲った。広島県と愛媛県に挟まれた安芸灘の海底に潜むプレート内部から伝わった地震動は、地表の地盤によって局地的に増幅され、土木構造物や建築物に被害をもたらした。

山陽新幹線の高架橋では、せん断破壊によって197本の梁が損傷。広島県や山口県などの山間部では土砂崩れや落石が起きた。瀬戸内海沿岸の港湾施設には亀裂が入り、埋め立て地では液状化現象が発生。死者2人、負傷者約260人の人的被害も出た。

土木構造物を中心に、現地の被災状況をレポートする。

併せて、1月に相次いで起きた中米・エルサルバドル地震、インド西部地震の被災状況も紹介する。

(中野目 純一、佐々木 大輔)

- 29 鉄道
- 30 道路
- 32 港湾その他
- 34 地震の特徴
- 36 海外レポート

エルサルバドル地震 インド西部地震

28 NIKKEI CONSTRUCTION 2001.4.27

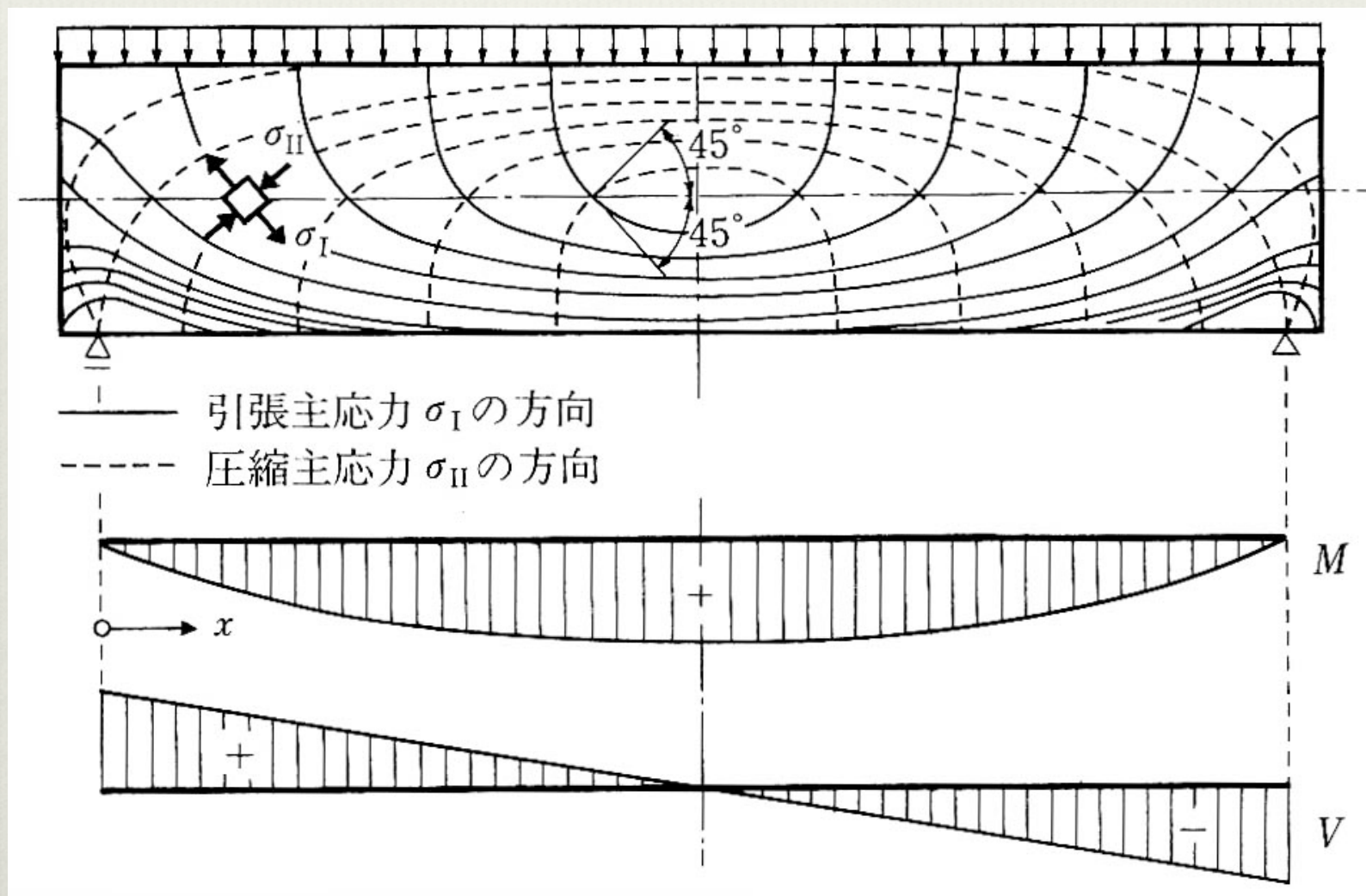
(デザイン:橋嶋信之)



第5章

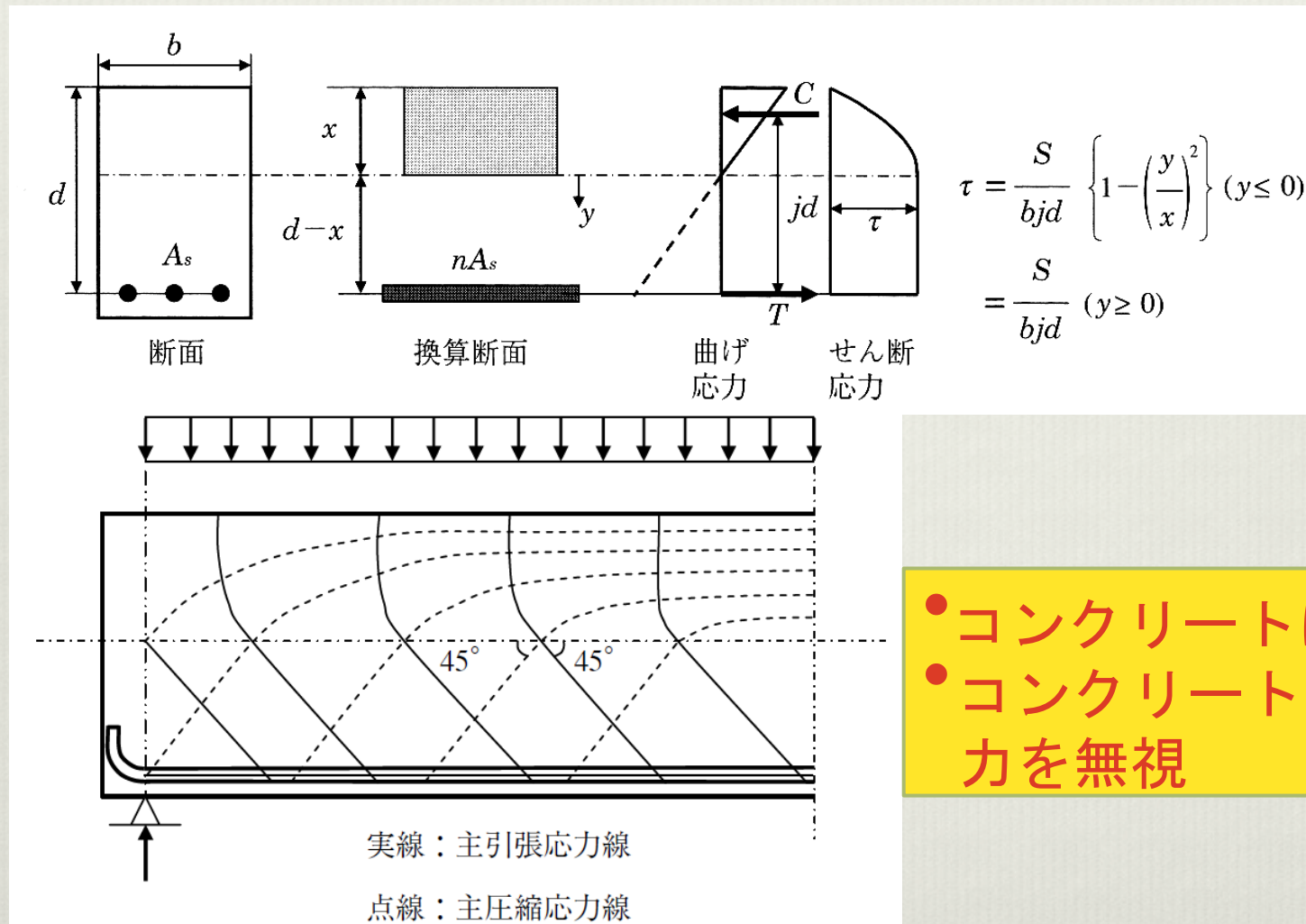
5.2鉄筋コンクリートはりにおけるせん断応力

鋼のような材料の場合



5.2鉄筋コンクリートはりにおけるせん断応力

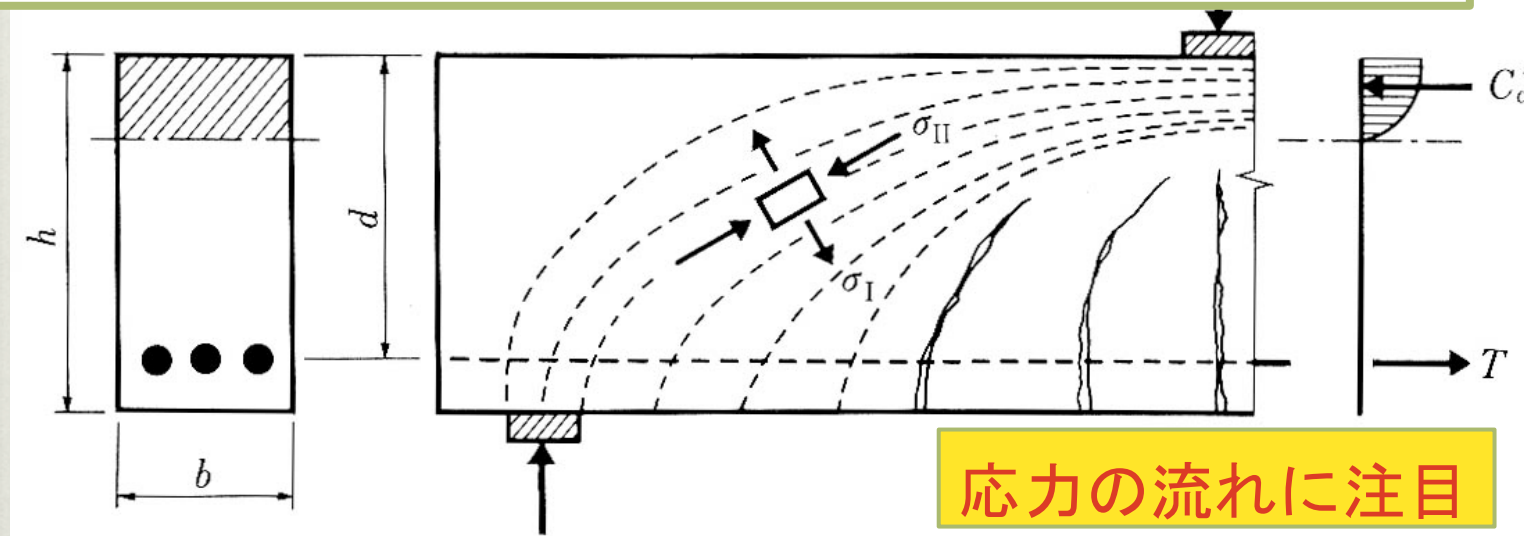
鉄筋コンクリートはりのせん断応力分布



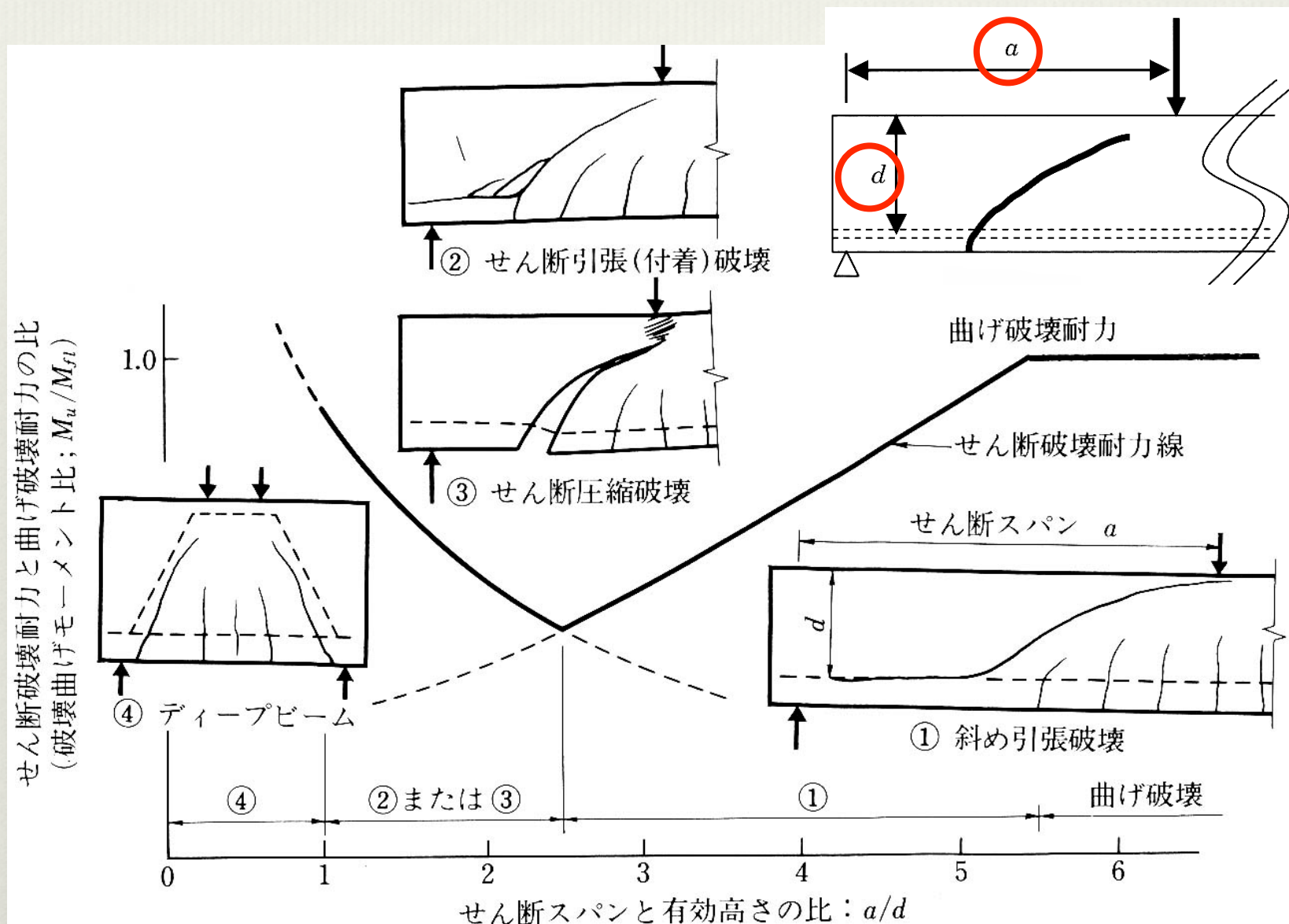
5.2鉄筋コンクリートはりにおけるせん断応力

斜めひび割れの入った鉄筋コンクリートはり

せん断力を受けるRCはりには斜めひび割れが発生する.



せん断スパン比 a/d と破壊モードの関係



せん断力を受けるRC部材（一般）

RC部材がせん断力の作用を受けると、**斜めひび割れ**が発生する。その結果、圧縮力をコンクリートで、引張力を鉄筋で受け持たせるという**RCの基本的な機構が損なわれ**、破壊に至る場合がある。

このような破壊を一般に**せん断破壊**と呼んでおり、**斜めひび割れの発生がせん断破壊の特徴**である。

せん断破壊のおそれがあるRC部材には、次のようなものがある。

- ①はり・柱のような細長い部材(棒部材)
- ②スラブや壁などのような面状の部材(面部材)
- ③特殊な考慮が必要な箇所や部材(打継面，ディープビームなど)

せん断力を受けるRC部材(一般)

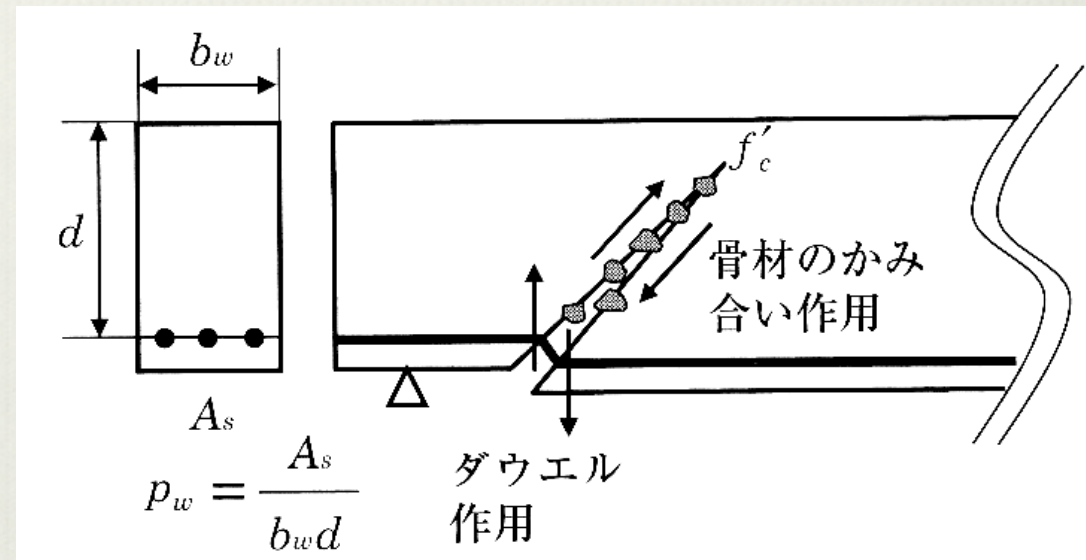
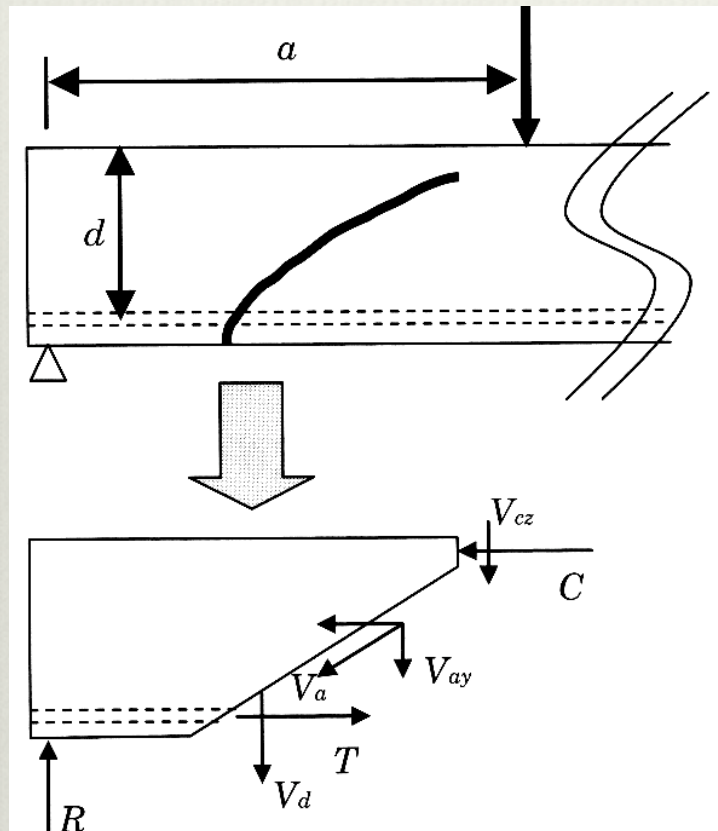
せん断破壊は、曲げ破壊と異なり、部材が破壊するまであまり変形しないで、**急激に耐力**を失う。

安全で合理的なRC部材の設計という観点からは、**望ましくない破壊**である。

そのため、じん性(ねばり)が期待できる**曲げ破壊を先行**させるように、断面寸法やせん断補強筋を設計する。

せん断補強筋を
有しないRCはり

せん断補強鉄筋を持たないはりの せん断力の分担とその機構



$$V_c = 0.20 f'_c{}^{1/3} (100 p_w)^{1/3} d^{-1/4} \left(0.75 + \frac{1.4}{a/d} \right) b_w d$$

(二羽式)

設計せん断耐力 (土木学会)

$$V_{cd} = \frac{\beta_d \beta_p \beta_n f_{vcd} b_w d}{\gamma_b} \quad \text{せん断補強筋のない場合}$$

$$f_{vcd} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{cd}} \left(N / mm^2 \right), \text{--- but, } f_{vcd} \leq 0.72 \left(N / mm^2 \right)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1 / d} (d; m), \text{--- } \beta_d > 1.5 \rightarrow \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_w}, \text{--- } \beta_p > 1.5 \rightarrow \beta_p = 1.5$$

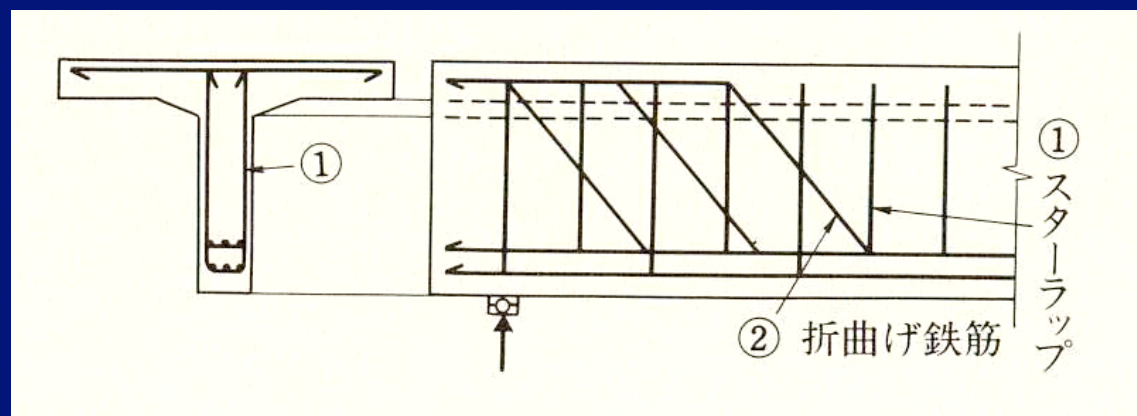
$$\beta_n = 1 + \frac{2M_0}{M_d}, \text{--- } (N'_d \geq 0)$$

$$\text{but, } \beta_n > 2 \rightarrow \beta_n = 2$$

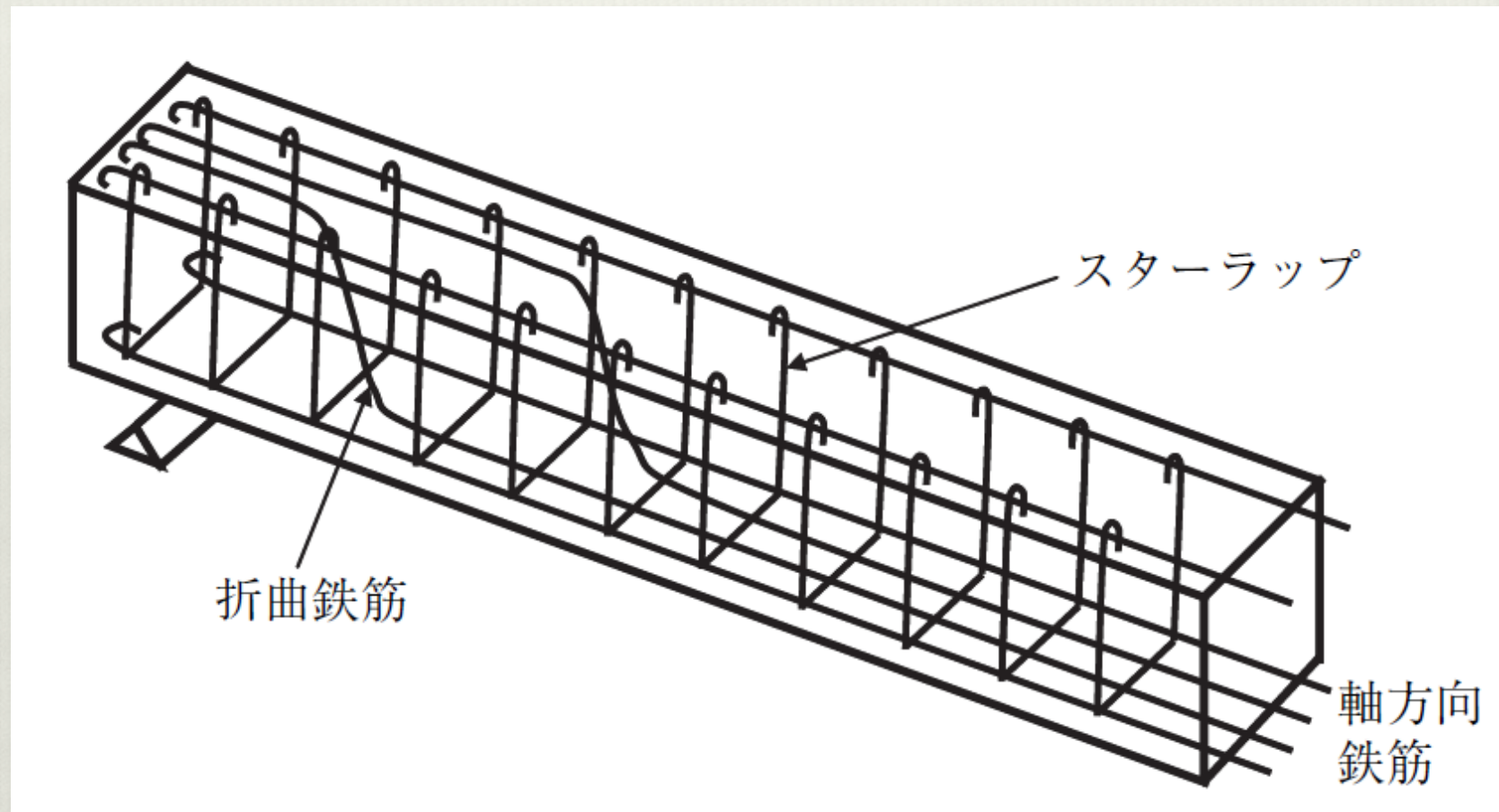
せん断補強筋を
有するRCはり

せん断補強筋を有する棒部材のせん断耐力

せん断力が作用する鉄筋コンクリート部材では、斜めひび割れの発生が原因となって起こる脆性的なせん断破壊を防止するための補強が必要である。この目的で用いられるのがせん断補強鉄筋 (shear reinforcement) で、腹鉄筋あるいは斜め引張鉄筋とも呼ばれている。せん断補強鉄筋には、図-6.16 および図-6.17(b), (c) に示すように、①のように鉛直に配置するスターラップ (stirrup), ②のように主鉄筋を途中から曲げ上げた折曲鉄筋 (bent bar, 一般には 45° で曲げ上げる), 柱部材の帯鉄筋 (tie bar), および鉛直あるいは傾斜して配置する PC 鋼材などが用いられている。

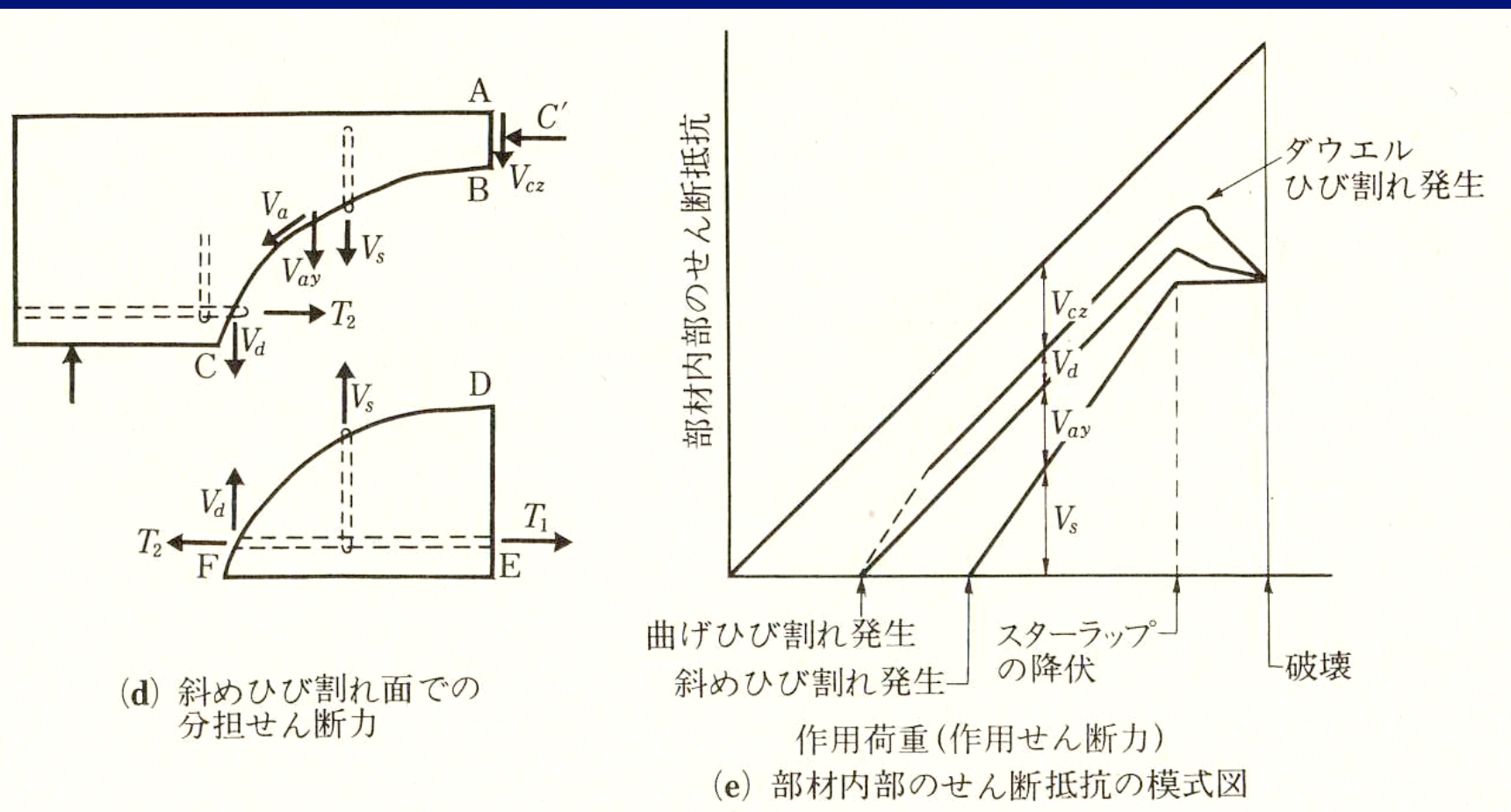


教科書p.110 図-5.8



せん断補強筋を有する棒部材のせん断耐力

せん断力の分担



せん断補強筋を有する 棒部材のせん断耐力

せん断耐力：



$$V = V_{cz} + V_{ay} + V_d + V_s$$

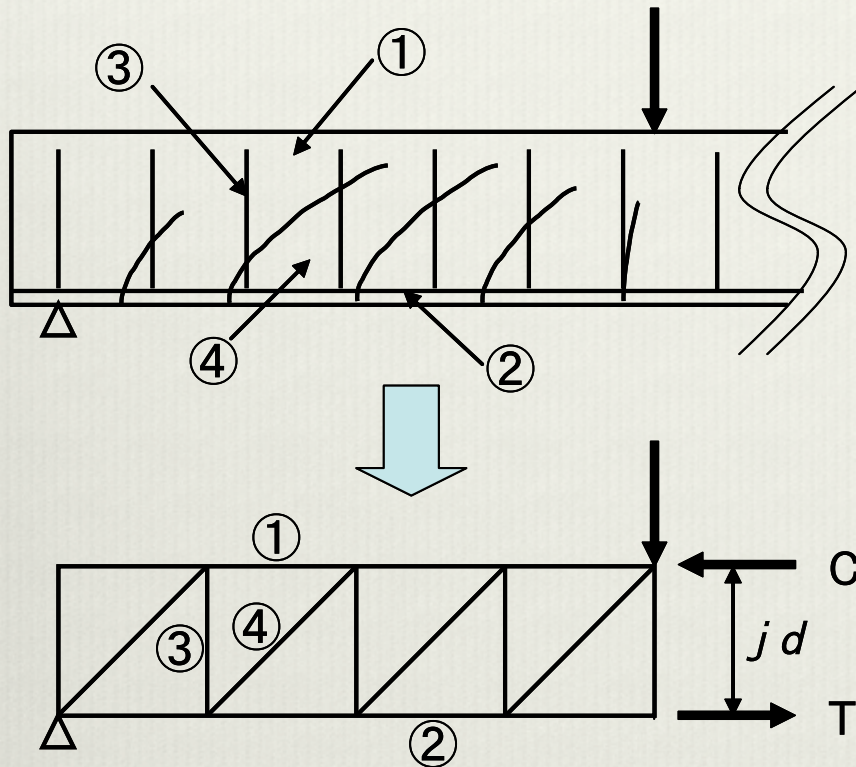
設計せん断耐力：

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + (V_{ped})$$

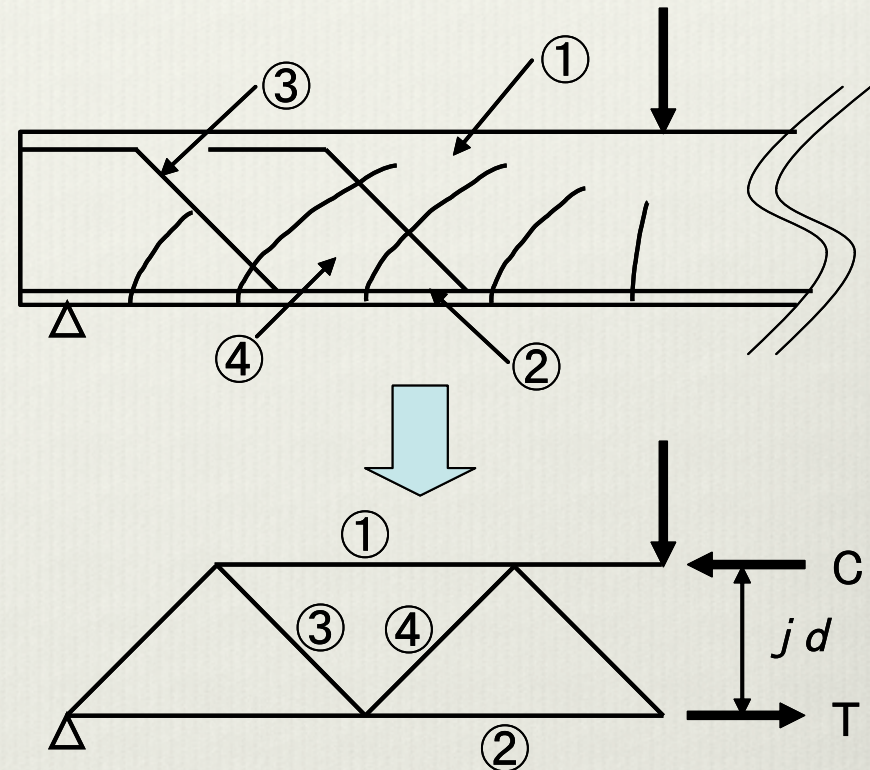
Shear Strength of RC Beam with Shear Reinforcement

- ❖ 設計せん断耐力 : $V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + (V_{ped})$
- ❖ V_{cd} : せん断補強筋のない場合の式
- ❖ V_{sd} : せん断補強筋の分担するせん断力
- ❖ V_{ped} : PC鋼材の分担するせん断力

トラス理論



スターラップを用いた場合

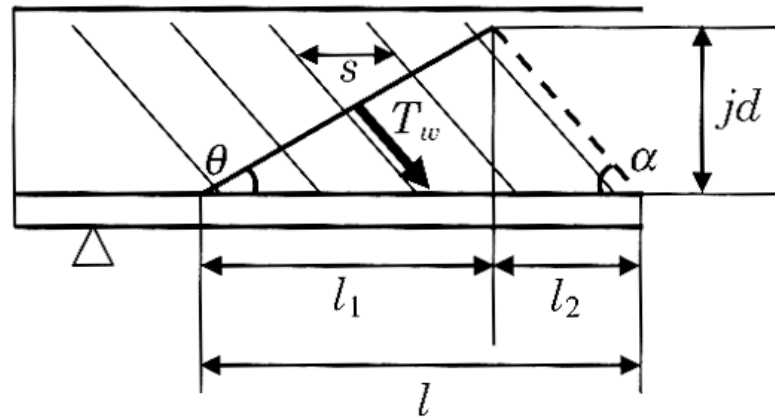


折曲鉄筋を用いた場合

トラス理論：斜めひび割れが発生したはり静定トラスでモデル化する考え方

①コンクリート圧縮部（圧縮材），②引張鉄筋（引張材），③せん断補強鉄筋（引張材），④斜めひび割れ間のコンクリート（圧縮材）

トラス理論によるせん断補強筋が受け持つ せん断耐力



$$\tan \theta = \frac{jd}{l_1} \quad \tan \alpha = \frac{jd}{l_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} l_1 = jd \cot \theta \\ l_2 = jd \cot \alpha \end{array} \right\} l = jd(\cot \theta + \cot \alpha)$$

ひび割れを横切るせん断補強鉄筋の本数 $n = \frac{l}{s} = \frac{jd(\cot \theta + \cot \alpha)}{s}$

せん断補強鉄筋の全引張力 $T_w = nA_w\sigma_w = A_w\sigma_w jd(\cot \theta + \cot \alpha)/s$

せん断補強鉄筋により
受けもたれるせん断力 $V = T_w \sin \alpha = A_w\sigma_w jd \sin \alpha (\cot \theta + \cot \alpha)/s$

せん断補強鉄筋により
受けもたれるせん断耐力 $V_s = A_w f_{wy} jd \sin \alpha (\cot \theta + \cot \alpha)/s$

ここで、 f_{wy} はせん断補強鉄筋の降伏応力 (N/mm²)