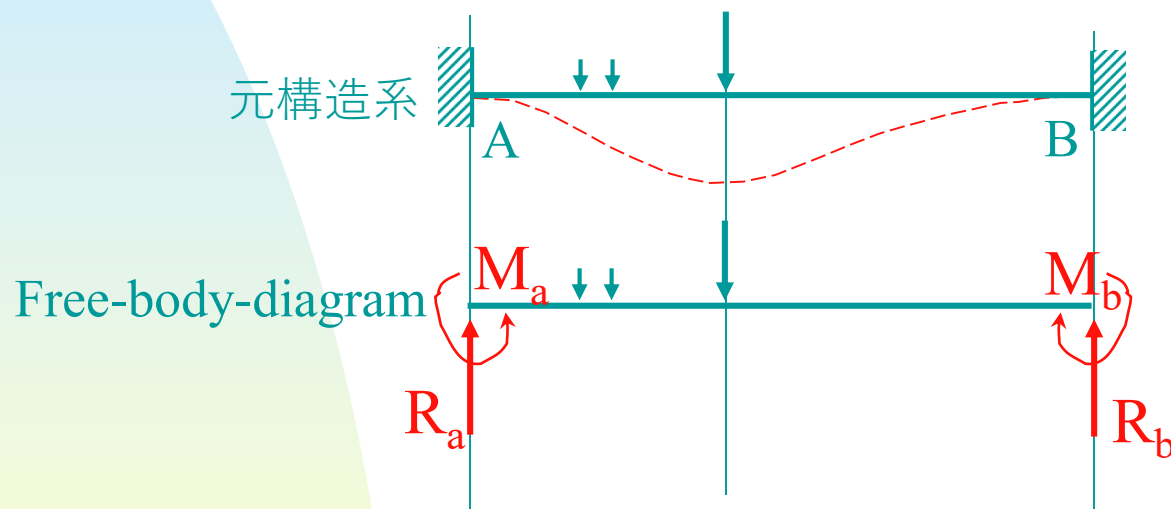


3. 3 高次不静定構造

3.3 (1) 2次不静定系

2つの余拘束がある構造力学系。

$$(\text{未知数の数: 拘束力の数}) - (\text{力の釣合方程式の数}) = 2$$



力釣合い方程式: $\Sigma V=0, \Sigma M=0$ / / 拘束力 (反力) : R_a, M_a, R_b, M_b

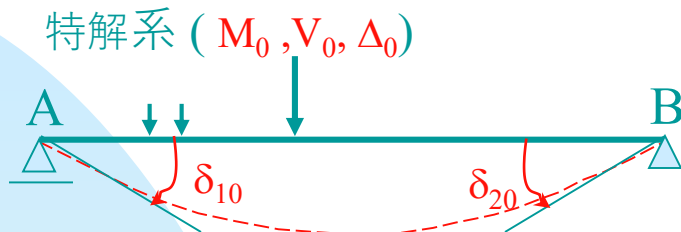
$4 - 2 = 2$ 個の余拘束 = 2次不静定系

従って、拘束を2つ解除すれば、静定系となる。

例えば、両支点で回転拘束を解除して基本静定系 (単純梁) とする。

手順1:

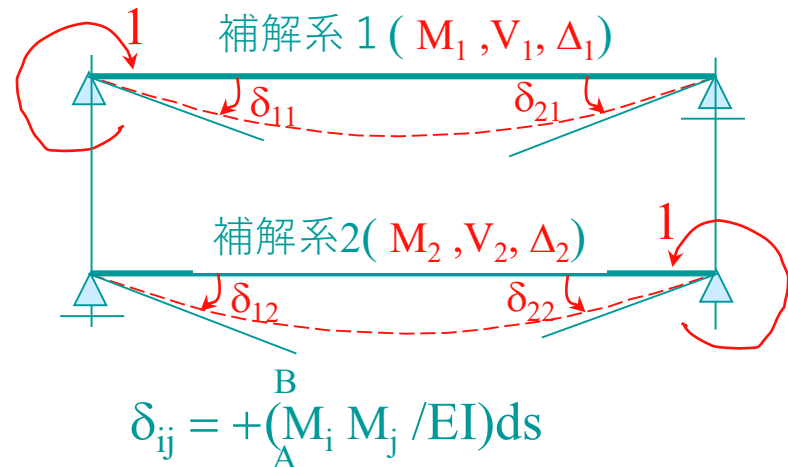
余拘束解除箇所が発生した Δ_0 を導出



$$\delta_{i0} = + \int_A^B (M_i M_0 / EI) ds$$

手順2:

変形適合の際に使用する δ_{ij} , ($i, j=1, 2$)を導出
補解系は余拘束の数だけ存在する。



$$\delta_{ij} = + \int_A^B (M_i M_j / EI) ds$$

手順3:

特解系の余拘束解除箇所に $\delta_i = 0$ ($i=1, 2$)となる X_i
($i=1, 2$)を載荷し、元構造に復元
(復元系確立: X_i = 余拘束力 = 不静定反力)

(2元連立方程式)

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \delta_{10} + X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} = 0 \\ \delta_2 &= \delta_{20} + X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} = 0 \end{aligned} \right\}$$

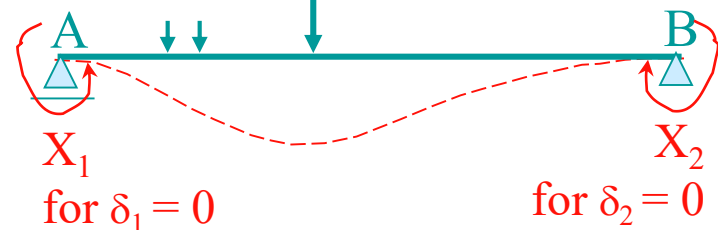
復元系と元構造系は力学的に全く等価!!

[復元系] = [基本静定系] + [余拘束]

[解] = [0系] + [1系] + [2系]

$$\therefore M = M_0 + X_1 M_1 + X_2 M_2, V = V_0 + X_1 V_1 + X_2 V_2, \Delta = \Delta_0 + X_1 \Delta_1 + X_2 \Delta_2$$

復元系 (M, V, Δ)



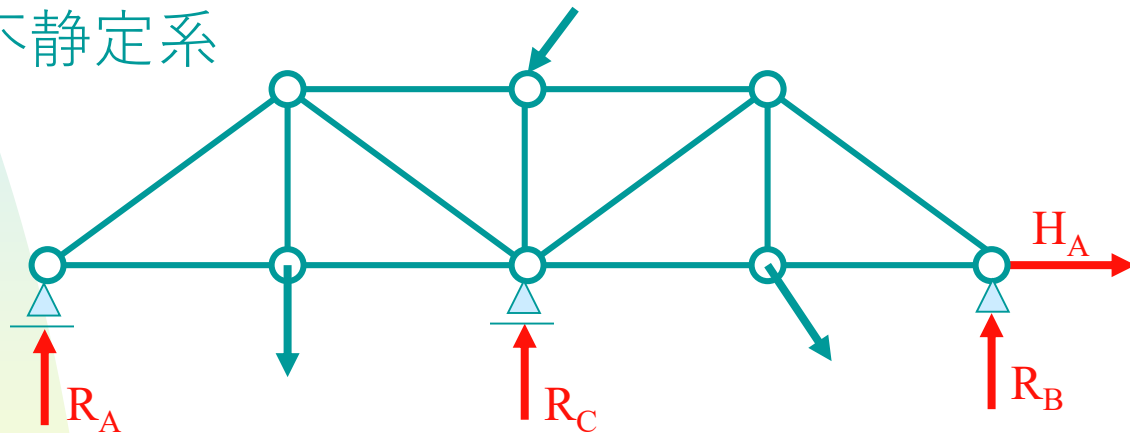
4. 不静定トラス構造

トラス構造系の場合、2種類の余拘束が有る。

構造系の外部から支承により余拘束する場合 → 外的不静定系

構造系の内部から余材により余拘束する場合 → 内的不静定系

4.1 (1) 外的不静定系

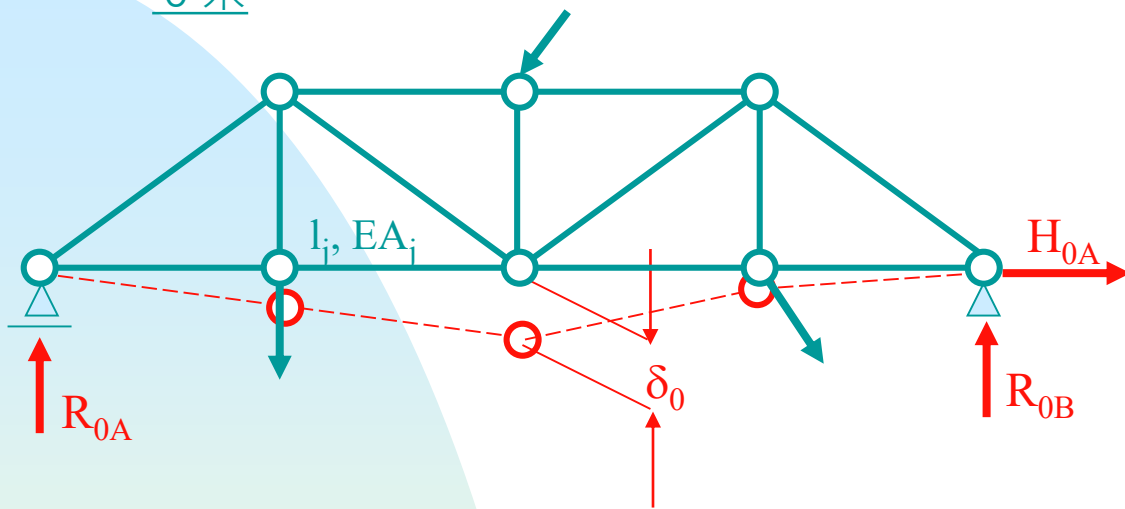


外的不静定系は一般の骨組構造系と同じ。

力釣合い方程式: $\Sigma H=0, \Sigma V=0, \Sigma M=0$ / / 拘束力 (反力) : H_A, R_A, R_B, R_C

$4 - 3 = 1$ 個の余拘束 = 1次不静定系

0系



余拘束解除箇所が発生した Δ_0 を導出

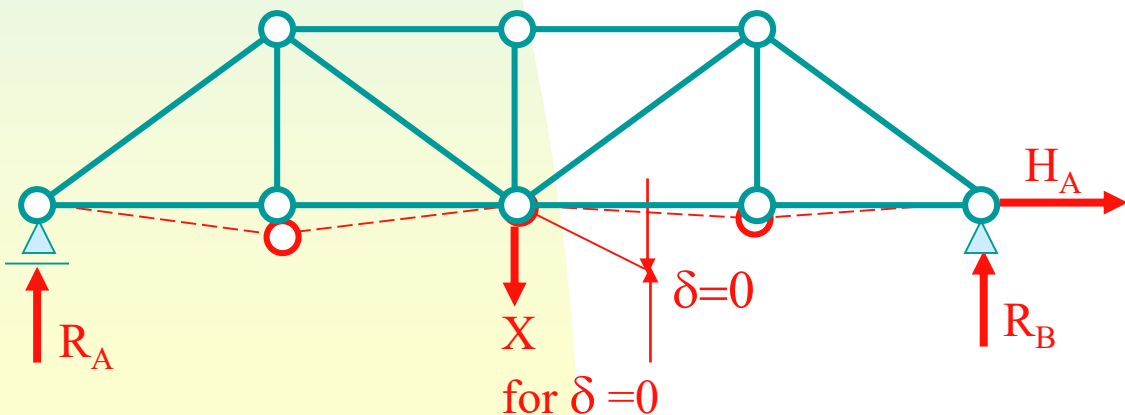
$$\delta_0 = \sum S_j S_{0j} \rho_j$$

S_{0j} : 実外力によるj部材力

S_j : 単位外力 $X=1$ によるj部材力

$$\rho_j = l_j / EA_j$$

復元系



0系の余拘束解除箇所に $\delta = 0$ となる X を載荷し、元構造に復元 (復元系確立: $X =$ 余拘束力 = 不静定反力)

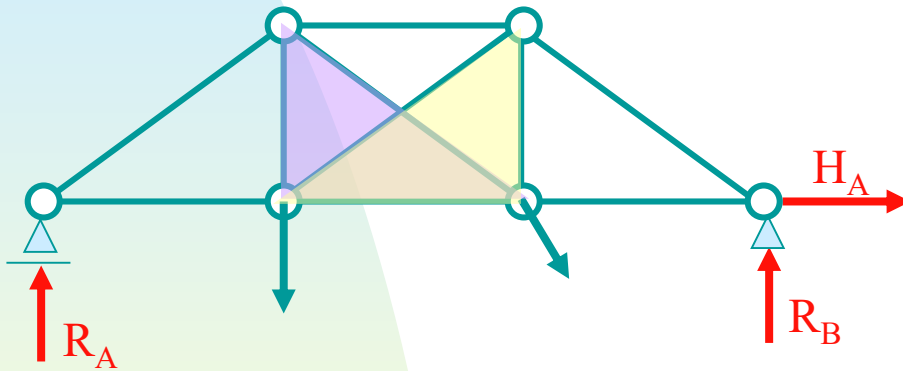
$$1系 : \delta_1 = \sum S_j S_j \rho_j$$

$$\delta = \delta_0 + X \delta_1 = 0$$

$$X = -\delta_0 / \delta_1 = R_C$$

4.1 (2) 内的不静定系

静的釣り合いを保持するために必要な部材以上の余材を有するトラス構造系。
余材によりトラス内で余分に拘束（内的余拘束＝内的不静定）。



余材数 = 内的不静定次数

$$n_i = m + R - 2j$$

m = 部材数、 j = 節点数

R = 反力数

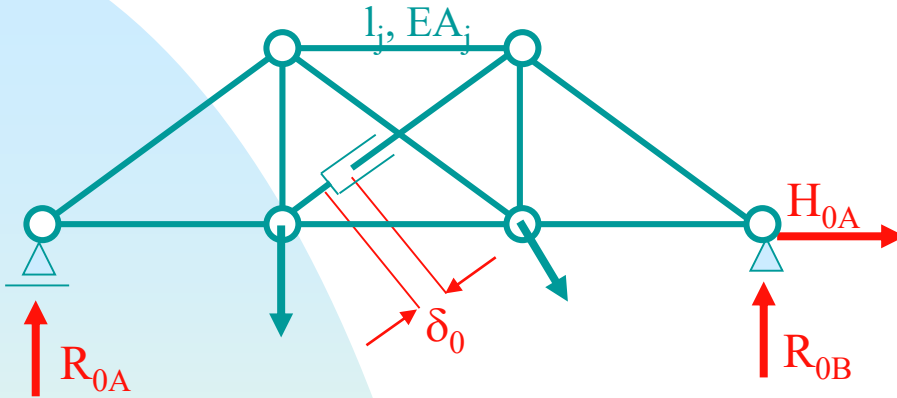
$$\text{例題： } n_i = 10 + 3 - 2 \times 6 = 1$$

1 次内的不静定系

『余材が在るために三角要素が重複』 → 『内的不静定の見分け方』

例題の場合、支点反力は外力との力釣合いのみで算定出来るにも拘らず、余材がトラス内で余分に拘束しているために、部材力は力釣合いのみでは算定できない。

0系



余材を切断して特解系を確立
余拘束解除箇所に発生した Δ_0 を導出

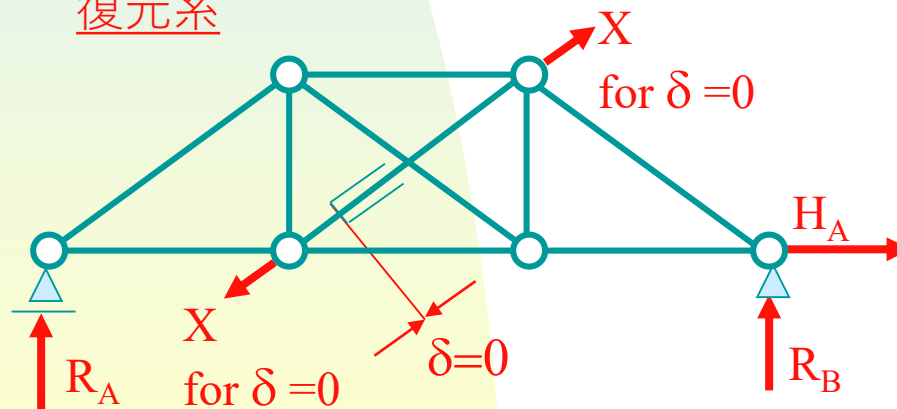
$$\delta_0 = \sum S_j S_{0j} \rho_j$$

S_{0j} : 実外力によるj部材力

S_j : 相対単位外力 $X=1$ によるj部材力

$$\rho_j = l_j / EA_j$$

復元系



0系の余拘束解除箇所に $\delta = 0$ となる X を載荷し、元構造に復元
(復元系確立: X =内的余拘束力=内的不静定力)

$$1系 : \delta_1 = \sum S_j S_j \rho_j$$

$$\delta = \delta_0 + X \delta_1 = 0$$

$$X = -\delta_0 / \delta_1 = R_C$$