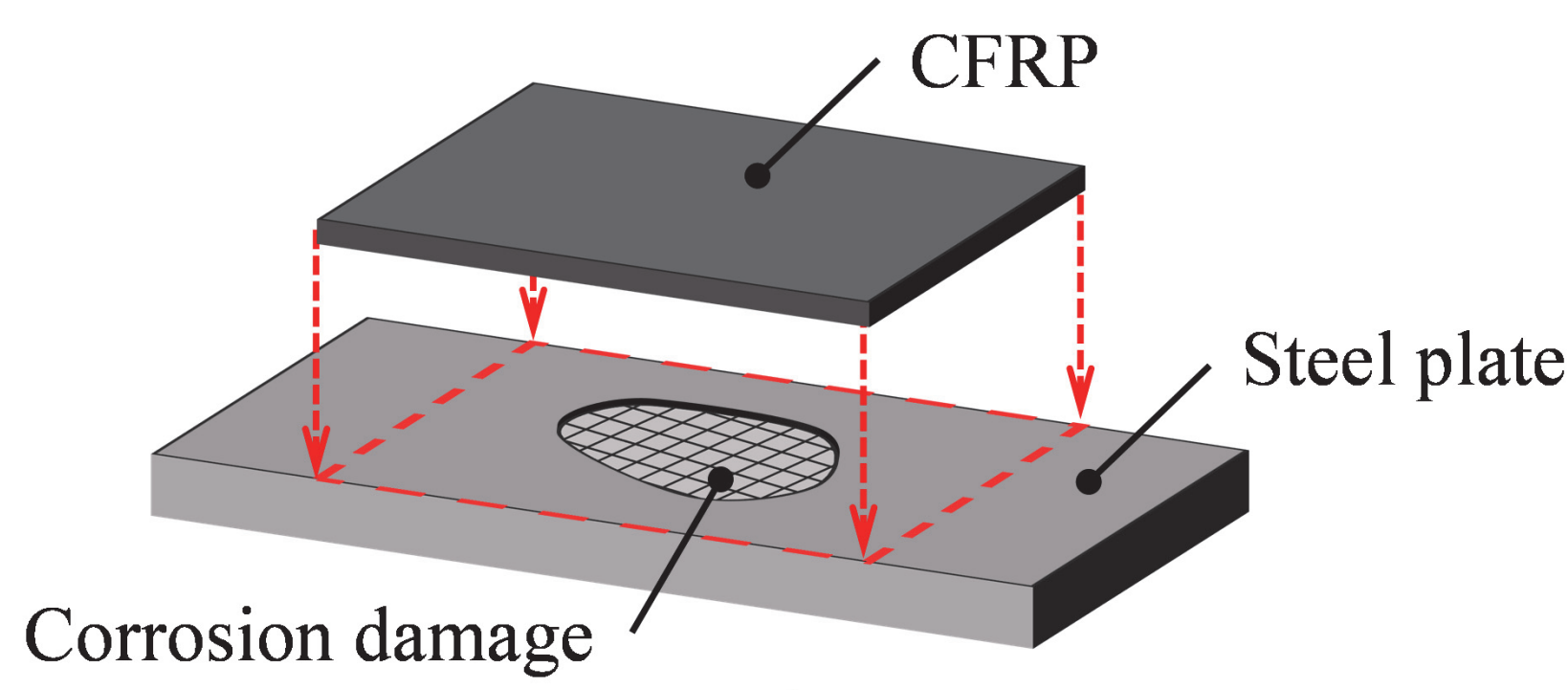


等曲げモーメントを受けるCFRP接着補修鋼板の力学特性

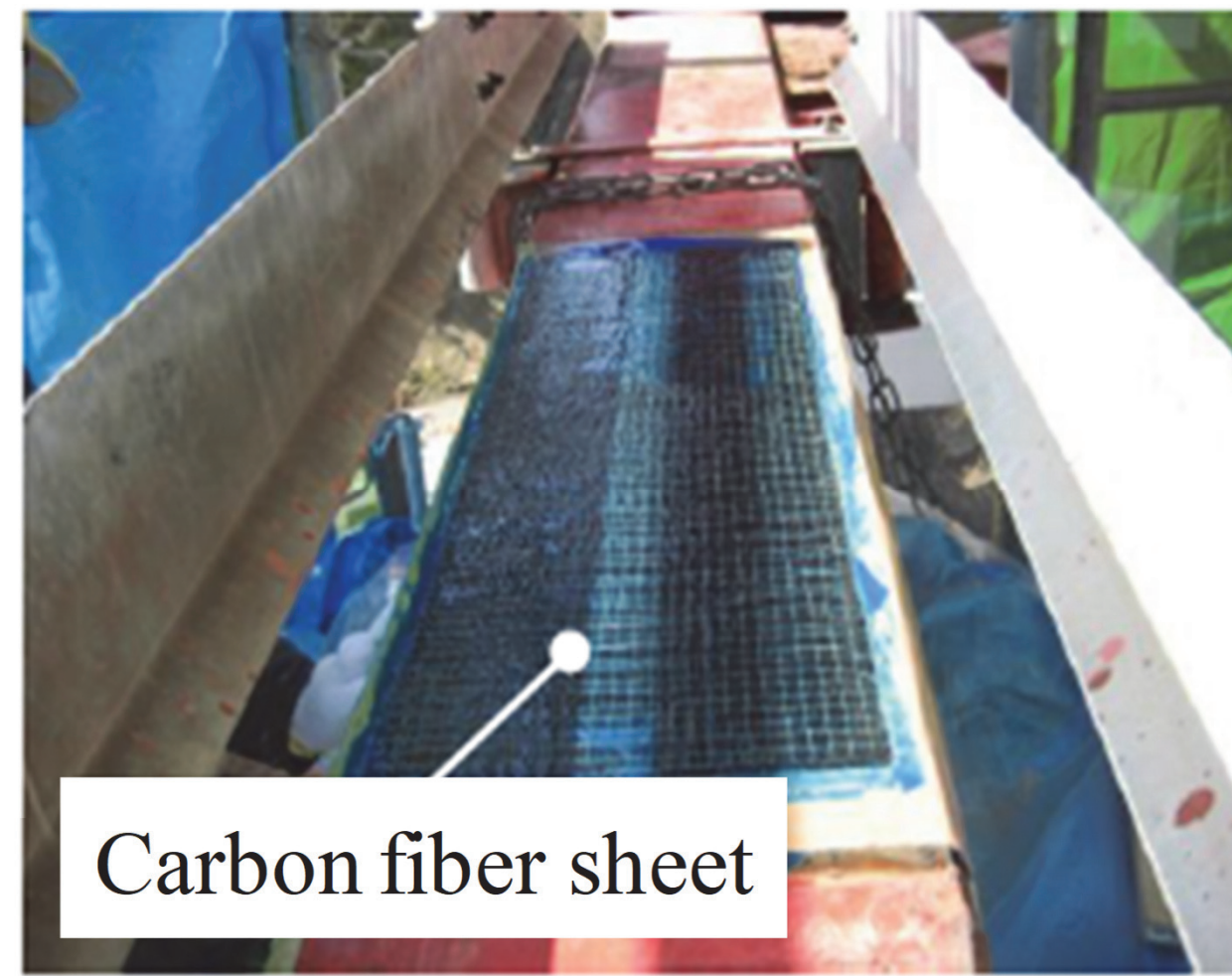
Mechanical behavior of CFRP bonded repair of thickness-reduced steel plate under pure bending

水谷 壮志（関西大院・理工），石川 敏之（関西大・環境都市工）

背景

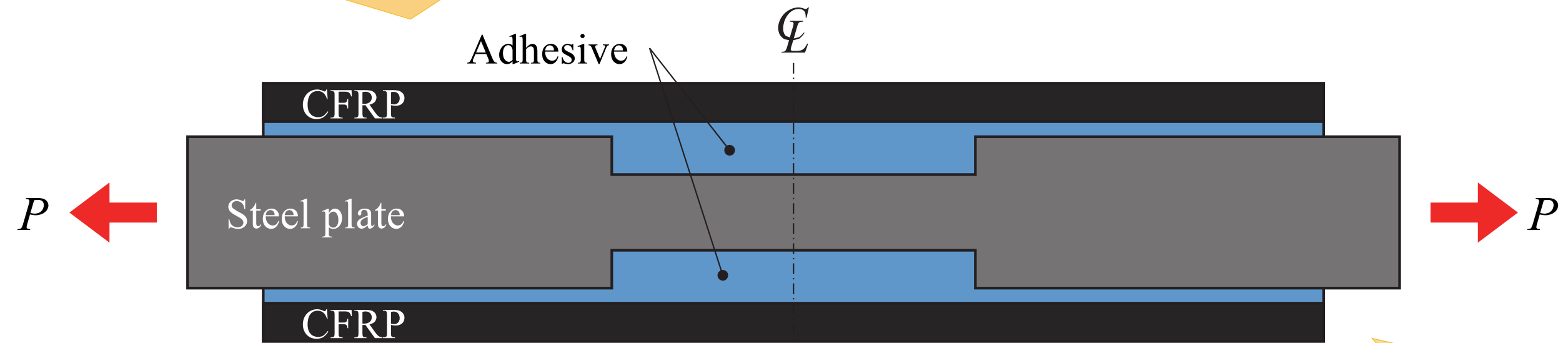


CFRP接着接合では断面欠損以外に一般部もCFRPで覆う必要がある。



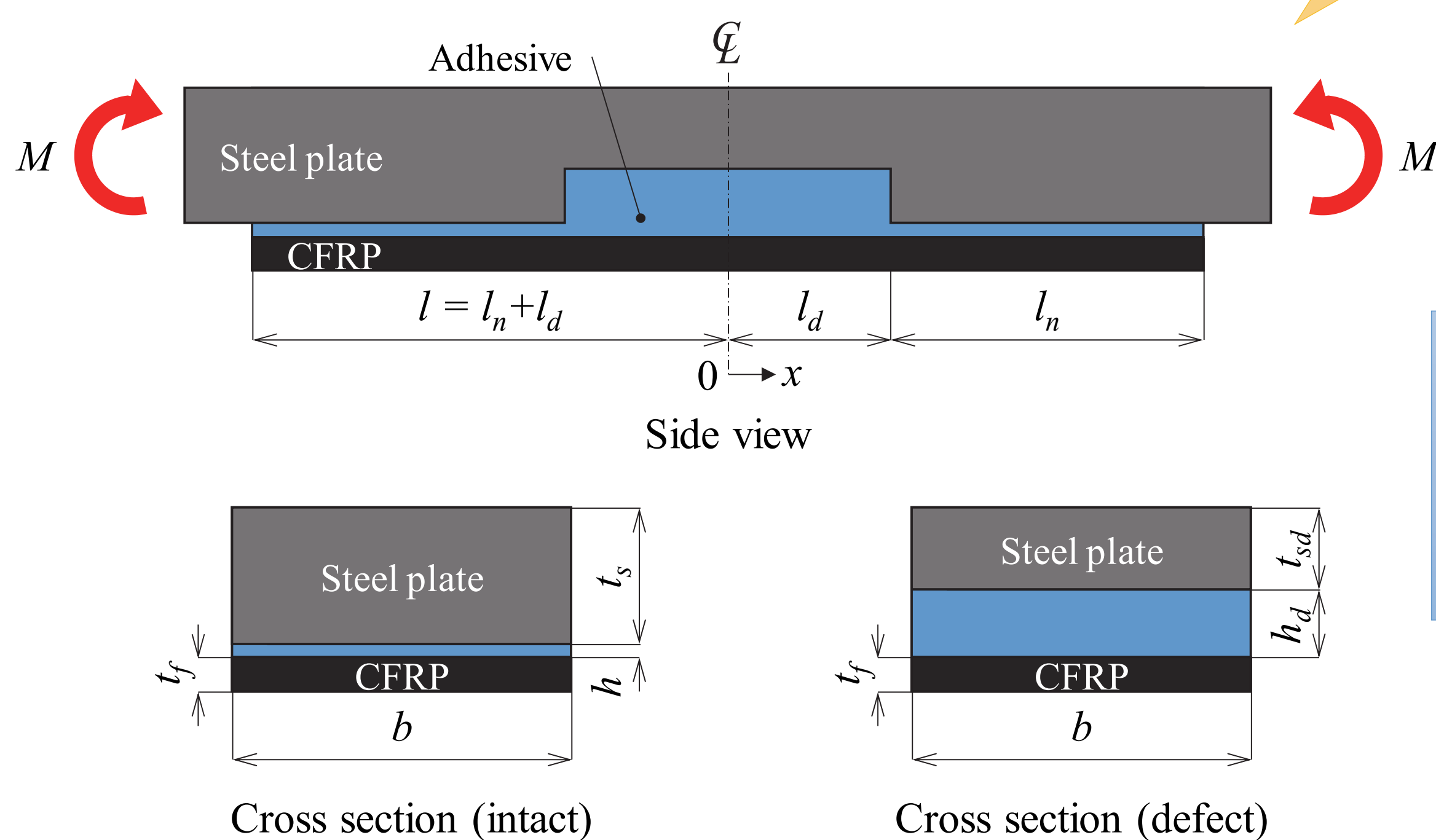
等曲げモーメントを受ける部材では，理論解析が行われていない。

軸力を受けるモデルでは理論的に力学特性が明らかにされている。

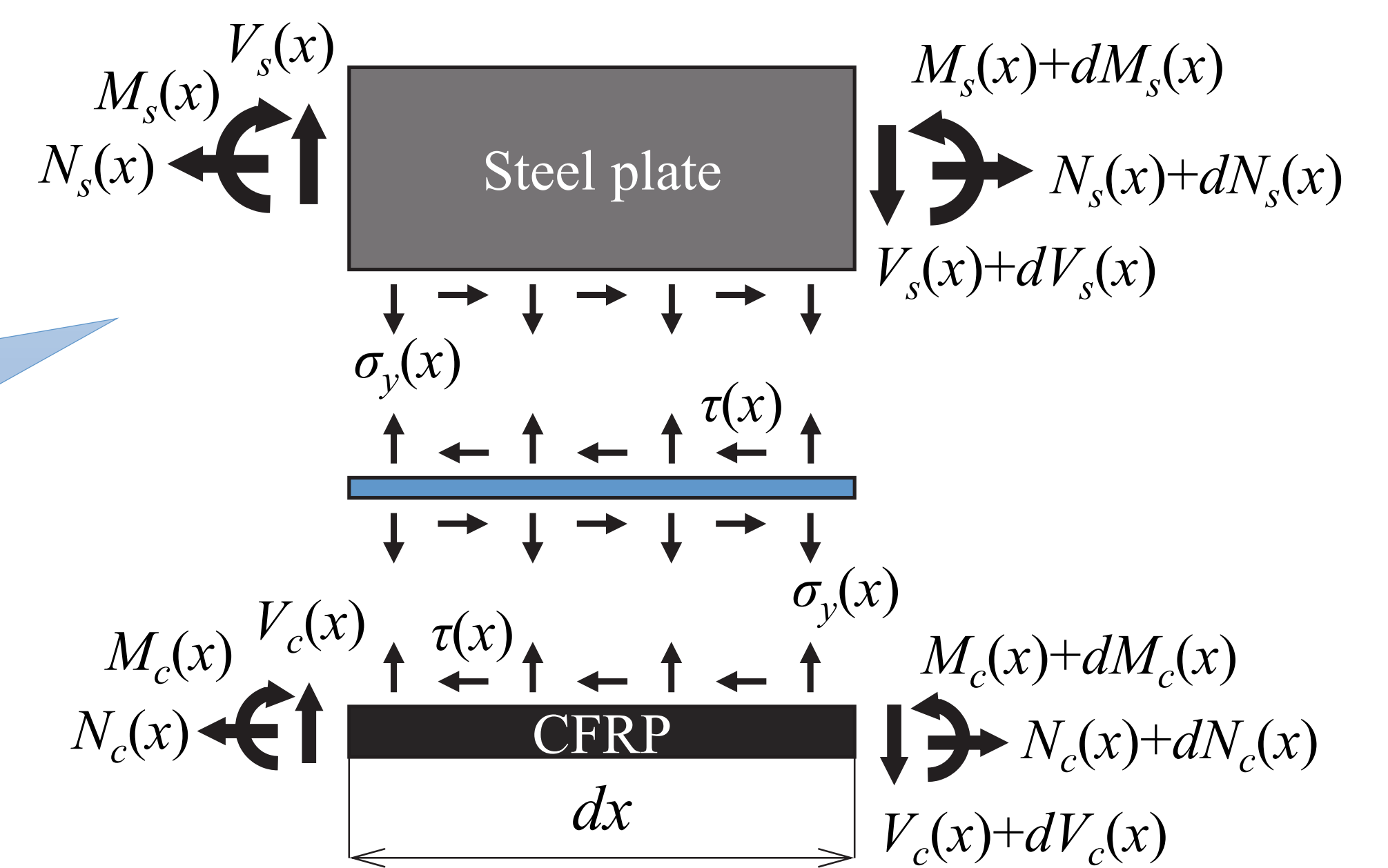


断面力や一般部に接着する必要のある長さが算出可能。

目的・手法



鋼板とCFRP間の断面力は接着剤のせん断応力と垂直応力で伝達される。



目的：微小区間のつり合いから理論解析を行い，鋼板やCFRPに生じる断面力の算出式を導出する。

断面力の算出式（鋼板の場合）

$$\text{軸力: } N_s(x) = \begin{cases} A_1 \sinh(c_d x) + A_2 \cosh(c_d x) - (K_d/a_d) M & (0 \leq x \leq l_d) \\ A_3 \sinh\{c_n(x-l_d)\} + A_4 \cosh\{c_n(x-l_d)\} - (K_n/a_n) M & (l_d \leq x \leq l) \end{cases}$$

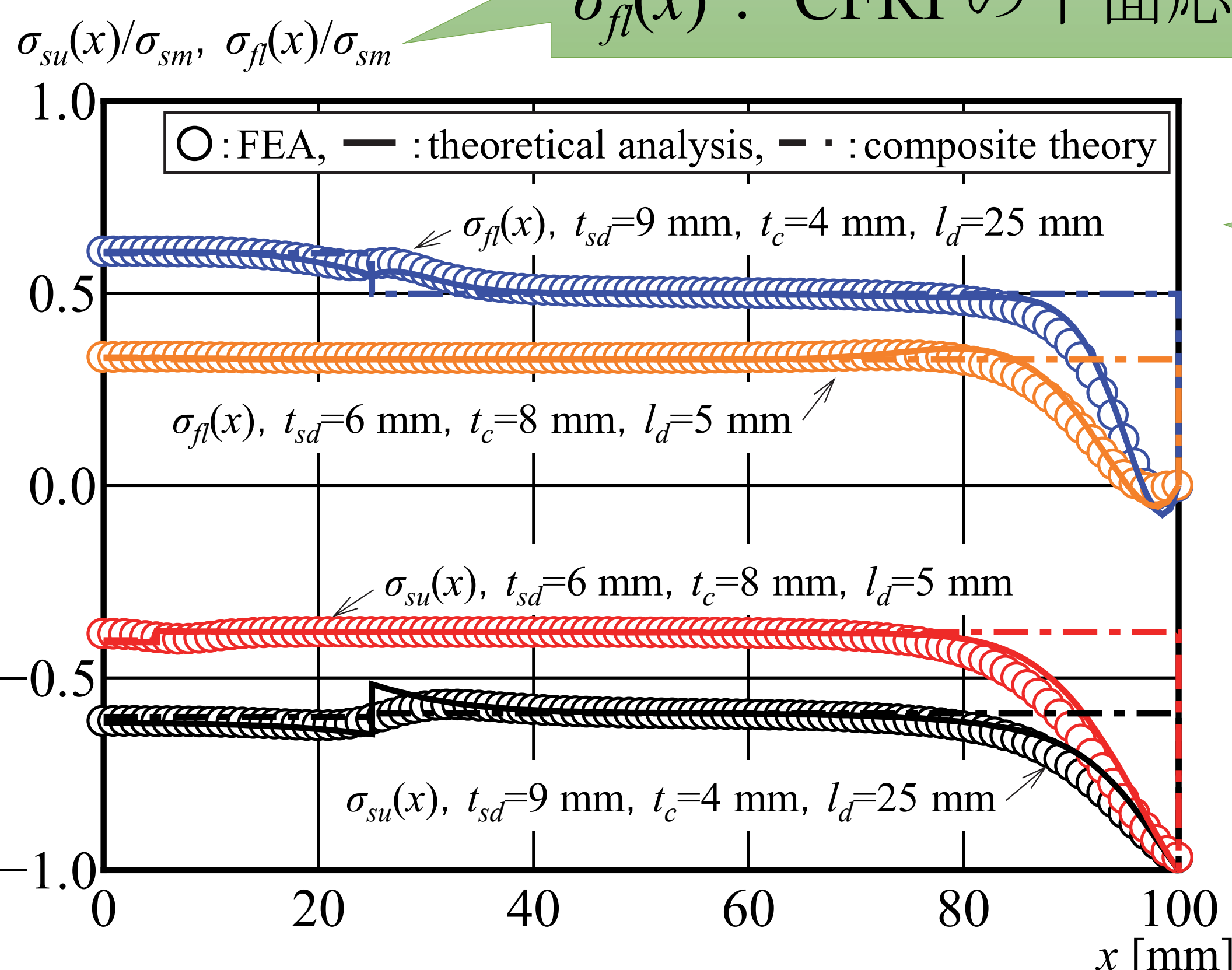
$$\text{せん断力: } V_s(x) = \begin{cases} \cosh(\omega_d x) \{B_1 \sin(\omega_d x) + B_2 \cos(\omega_d x)\} + \sinh(\omega_d x) \{B_3 \sin(\omega_d x) + B_4 \cos(\omega_d x)\} \\ + W_d \{A_1 \cosh(c_d x) + A_2 \sinh(c_d x)\} & (0 \leq x \leq l_d) \\ B_5 \cosh\{\omega_n(x-l_d)\} \sin\{\omega_n(x-l_d)\} + B_6 \cosh\{\omega_n(x-l_d)\} \cos\{\omega_n(x-l_d)\} \\ + B_7 \sinh\{\omega_n(x-l_d)\} \sin\{\omega_n(x-l_d)\} + B_8 \sinh\{\omega_n(x-l_d)\} \cos\{\omega_n(x-l_d)\} \\ + W_n A_3 \cosh\{c_n(x-l_d)\} + W_n A_4 \sinh\{c_n(x-l_d)\} & (l_d \leq x \leq l) \end{cases}$$

$$\text{曲げモーメント: } M_s(x) = \frac{1}{Z_{li}} \{M + N_s(x) a_i\} - \frac{1}{4\omega_i} \frac{d^3 V_s(x)}{dx^3}$$

未定係数 $A_1 \sim A_4$ および $B_1 \sim B_8$ は $x = 0$ に対する対称条件， $x = l_d$ に対する連続条件， $x = l$ に対する境界条件から決定できる。

結果・結論

$\sigma_{su}(x)$: 鋼板の上面応力
 $\sigma_{fl}(x)$: CFRPの下面応力



導出した断面力の理論式より，鋼板およびCFRPの縁応力を算出し，FEM解析および断面合成による値と比較した。

計算例

Material properties and dimensions of members

Steel plate	E_s	200,000 N/mm ²	t_s	12 mm
	ν_s	0.30	t_{sd}	9, 6 mm
			l_d	25, 5 mm
CFRP	E_f	150,000 N/mm ²	t_f	4, 8 mm
	ν_f	0.35	l	100 mm
	E_e	2,500 N/mm ²	b	50 mm
Adhesive	ν_e	0.36	h	0.2 mm
	G_e	919 N/mm ²		

本研究で導出した理論解析結果はFEM解析結果とおおむね一致していることから理論解析の妥当性が確認できる。

また，等曲げモーメントを受ける断面欠損補修鋼板では，断面欠損部の鋼板およびCFRPの表面応力は合成断面理論と同程度であることがわかった。