

負モーメントとをける合成桁の疲勞破壊に対する考察

大阪大学工学部 正員 ○前田 幸雄

大阪大学工学部 G. J. MEDVED

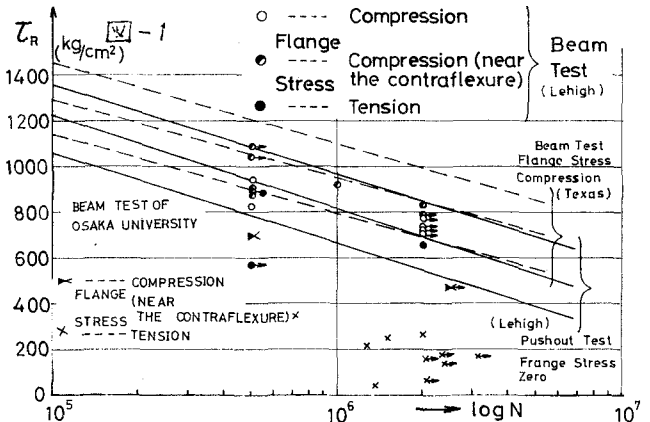
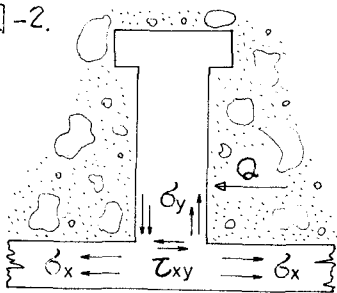
おれ止めにスタッドを用いたプレストレスしない連続合成桁の疲勞特性,特に中間支處近傍の負モーメントとをける領域の性質と明かにする爲に,スパン 5.0m の單純支持合成桁が負モーメント状態で繰返疲勞を集中荷重とをける場合について,試験桁 10 本に行った実験の結果と昨年土木学会関西支部と大会の講演会に発表した。本研究はこの実験結果と主応力によつて評価し,疲勞破壊と作用応力の間の関係と明かにせんとしたものである。

1. セン断応力振幅と繰返数の関係

に示された実験結果の特性(図-1)

2. スタッド根元部に働く応力,図-2.

図-2.



σ_x = 合成桁の曲げによる鋼桁のフランジ引張応力; τ_{xy} , σ_y = 外力及びスラブ・鋼桁間の合成作用によつてスタッドに働く推力 Q によるセン断応力とスタッドの曲げ応力。

(1) セン断力の計算式(左支處と原支として x 軸ととり; u_1, u_2 は荷重の座標と示す)

$$0 \leq x \leq u_1: \frac{\sigma_c}{\sigma_c'} = 1 - \left\{ \sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{u_1}{L} \right) \right] + \sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{u_2}{L} \right) \right] \right\} \frac{\cosh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(\frac{x}{L} \right) \right]}{\sinh \frac{\pi}{\sqrt{c}}} \quad (1)$$

$$u_1 \leq x \leq u_2: \frac{\sigma_c}{\sigma_c'} = \frac{\sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(\frac{u_1}{L} \right) \right]}{\sinh \frac{\pi}{\sqrt{c}}} \left\{ \cosh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right] - \cosh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(\frac{x}{L} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

$$C = \frac{1}{\sigma_c / \sigma_c'} \cdot \frac{\pi^2 E}{L^2 J_c} \cdot \frac{A_b A_f}{A_b + A_f} \cdot \delta \quad (3), \text{ ここで } A_b, A_f = \text{夫々, 鋼桁及び鉄筋の断面積, } E = \text{鋼材の弾性係数, } J_b = \text{鋼桁の断面二次モーメント,}$$

J_c = 合成桁の重心に関する鋼断面の断面二次モーメント, L = 合成桁反間長, δ = スラブと桁の間のおれ量, σ_c, σ_c' = 夫々不完全, 完全合成桁の場合のスラブと桁の接觸面に働く単位長當りの水平セン断力, $0 \leq x \leq u_1$ は shear span の範囲, $u_1 \leq x \leq u_2$ は 2 荷重点間の範囲である。

(2) フランジ応力の計算式 (σ_x, σ_x' = 夫々, 不完全, 完全合成桁の場合のフランジ縁端曲げ応力)

$$0 \leq x \leq u_1: \sigma_x = \sigma_x' + \frac{yz + i_b^2}{J_b} \cdot \frac{A_f A_b \pi P L}{J_b (A_f + A_b) + A_f A_b \pi^2} \cdot \frac{\sqrt{c}}{\pi} \frac{\sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{u_1}{L} \right) \right] + \sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{u_2}{L} \right) \right]}{\sinh \frac{\pi}{\sqrt{c}}} \sinh \left(\frac{\pi x}{\sqrt{c} L} \right) \quad (4)$$

$$u_1 \leq x \leq u_2: \sigma_x = \sigma_x' + \frac{yz + i_b^2}{J_b} \cdot \frac{A_f A_b \pi P L}{J_b (A_f + A_b) + A_f A_b \pi^2} \cdot \frac{\sqrt{c}}{\pi} \frac{\sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{x}{L} \right) \right] + \sinh \left[\frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(\frac{x}{L} \right) \right]}{\sinh \frac{\pi}{\sqrt{c}}} \sinh \left(\frac{\pi x}{\sqrt{c} L} \right) \quad (5)$$

ここで, y = 鋼桁重心から引張フランジ縁端迄の距離, z = 鋼桁と鉄筋の各重心間の距離, i_b = 鋼桁の重心軸回りの鋼桁断面の回転半径, P = 集中荷重 1' の大きさ。

(3) スタッドの曲げ応力 σ_y は弾性床の中に埋め込まれた杭の頭が固定で、杭頭に曲げモーメントとせん断力が働く条件を求める。

(4) 主応力 σ_1 の計算式: $\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \frac{\sigma_y}{2}}{2} + \left[\left(\frac{\sigma_x - \frac{\sigma_y}{2}}{2} \right)^2 + \frac{\tau_{xy}^2}{4} \right]^{1/2}$ (6)

(5) WEIBULL 分布式 $\log \log \left[\frac{1}{1-P(\sigma)} \right] = b \log (\sigma - \sigma_0) - b \log (\sigma_a - \sigma_0)$

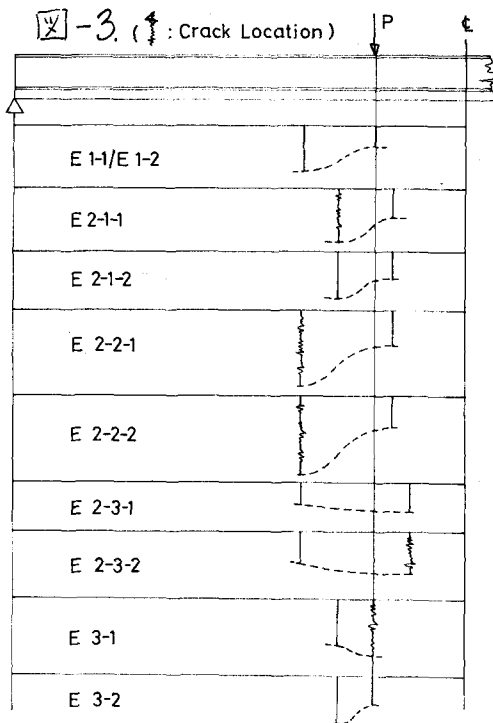
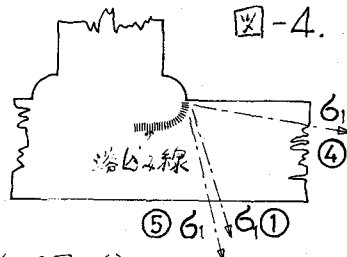
-0.3622 (7) によって統計的解析を行う。ここで、

P = 破壊の確率; σ_a, σ_0, b = 常数パラメーター。

3. 主応力の計算値(表-1)、主応力の分布(図-3)、主応力の方向(図-4)

(c=疲労亀裂位置) 表-1. 主応力

試験桁 記号	断面 位置 x (cm)	主応力 σ_1 (kg/cm ²)				R	繰返数	
		max.	min.	振幅			σ_{min} σ_{max}	破壊総 (10 ⁶) (10 ⁶)
E 1-1	160	1428	600	828	0.42	-	-	2.0
E 1-2	200	908	408	500	0.45	-	-	3.0
E 2-1-1	180	1676	563	1108	0.34	1.25	-	-
	210	1144	418	726	0.36	-	-	-
E 2-1-2	180	1460	568	892	0.39	-	-	2.23
	210	1001	418	583	0.41	-	-	-
E 2-2-1	160	2575	993	1582	0.39	0.5-1.0	-	-
	210	1263	500	763	0.40	-	-	-
E 2-2-2	160	2226	955	1271	0.43	1.96	-	-
	210	1091	482	609	0.44	-	-	-
E 2-3-1	160	702	320	382	0.46	-	-	2.0
	200	845	386	459	0.46	-	-	-
	220	836	382	454	0.46	-	-	-
E 2-3-2	160	1158	596	562	0.51	-	-	-
	220	1361	708	653	0.52	1.33	-	-
E 3-1	180	1609	580	1029	0.36	-	-	-
	200	1825	656	1169	0.36	1.46	-	-
E 3-2	180	1370	580	790	0.42	-	-	2.23
	200	934	412	522	0.44	-	-	-



4. 主応力の最大値と繰返数の関係(図-5)

(破壊の確率: 10, 50, 90 %)

せん断応力とフランジ応力の組合せが疲労破壊の原因となる多軸応力状態の疲労問題であって、主応力が最大値をとる断面位置で疲労亀裂が発生することが明かにされ、2000回で50%確率の疲労破壊と生ずる最大主応力は $R=0.34 \sim 0.52$ の応力繰返で 1520 kg/cm^2 、主応力振幅では 1020 kg/cm^2 である。

