

V-392

充腹型SRC構造の疲労限界状態について

鹿児島大学 正 員 〇松 本 進
 鹿児島大学 学生員 米盛 司郎
 鹿児島大学 学生員 小 浜 磨

1. まえがき

昭和61年10月にコンクリート標準示方書の大改訂がなされ、その中に鉄骨・鉄筋コンクリート構造が新しく取入れられた。これに伴って3年ほど充腹型SRC構造の基礎的な力学性状の検討を種々の限界状態の観点から行ってきた。¹⁾²⁾今回は、特に充腹型SRC構造の疲労の問題を取上げた。この種の構造が疲労を受ける場合の基本的な考え方としては、SRC構造が曲げやせん断に対して鉄筋コンクリート部材と鉄骨部材のそれぞれが分担する割合がわかれば、その分担割合に応じた外力作用に対してRC部材および鉄骨部材を切離して通常の疲労の検討を行えば便利であることは否定できない。ここでは、この様な考え方によって疲労の検討を行った場合に生じる結果や問題点について報告するものである。

2. 曲げの作用を受ける場合の疲労限界状態について

図-1は、数回の繰返し载荷を受けた場合のSRC部材の曲げモーメントの分担割合と曲率の関係を示した実測値の一例である。繰返しに伴う分担割合は多少バラツキがあるものの、終局に至るまでの分担割合はほぼ一定と考えても差し支えないと考えられる。この場合の分担割合 α は鉄骨部材とRC部材の曲げ剛性に応じた次式でほぼ推定できることは過去に報告した。

$$RCの分担割合 \alpha_{RC} = \frac{E_{RC} \cdot I_{RC}}{E_{RC} \cdot I_{RC} + E_s \cdot I_s} \quad (1) \quad 鉄骨の分担割合 \alpha_s = \frac{E_s \cdot I_s}{E_{RC} \cdot I_{RC} + E_s \cdot I_s} \quad (2)$$

ただし、 I_{RC} 、 I_s は、ここでは平面保持にしたがって求めている。

従って、設計曲げモーメント M_d とすれば、RC部材および鉄骨部材に作用する曲げモーメントは、上記の分担割合を使えば次式で求められる。

$$M_{RC} = \alpha_{RC} \cdot M_d \quad \text{-----} (3) \quad M_s = \alpha_s \cdot M_d \quad \text{-----} (4)$$

これより、この分担曲げモーメントを用いて、通常の弾性計算を行い、コンクリートの応力、鉄筋の応力、鉄骨の上下縁の応力を算定すれば良いことになる。鉄筋コンクリートについてはコンクリート及び鉄筋の疲労強度式は現行の標準示方書に示された式が用いることができる。一方、鉄骨に関しては日本鋼構造協会の設計疲労指針案による次式を用いることとした。

$$\sigma_{fn} = \sigma_f * \left(\frac{10^6}{N} \right)^{0.18} \quad \text{----} (5) \quad \text{ここに、} \sigma_f = 1800(\text{kg/cm}^2), \sigma_{fn}: \text{基本疲労強度}$$

表-1は、図-2に示す鉄骨・鉄筋コンクリート部材について上記の計算によって求めた疲労の計算結果の一例である。これはほんの1例であるが、現行示方書に従って鉄骨のかぶりを10cm以上取る場合には通常のSRC構造の適用では、SRC構造の疲労は多くの場合RC部材の鉄筋もしくはコンクリートで生じる可能性が高いと考えられる。

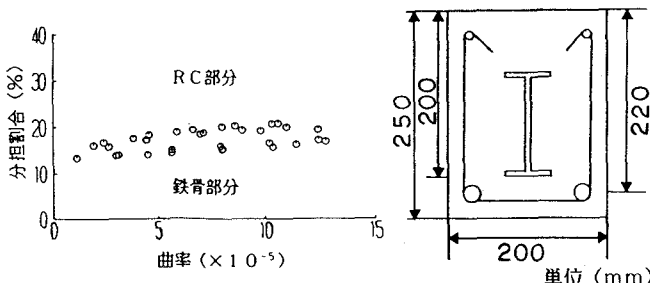


図-1 曲げモーメントの分担割合

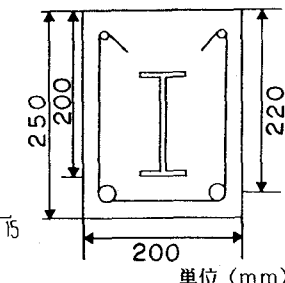
図-2 曲げ疲労用SRC断面 注) 下限は M_u の5%

表-1 疲労計算の結果

上限値	RC	鉄骨	備考
80%	3.8×10^5	10×10^6	鉄筋 D19 S030 $\sigma_{ck} = 300(\text{kg/cm}^2)$
70%	9.3×10^5	4.5×10^{10}	鉄骨 SS41 125 $\times$ 60 $\times$ 6 $\times$ 8 $M_u = 5.29(\text{t}\cdot\text{m})$
60%	4.0×10^{10}	∞	$\alpha_{RC} = 69\% \quad \alpha_s = 31\%$

3. せん断の作用を受ける場合の疲労限界状態

図-3は、数回の繰返し載荷を受けた場合のSRC部材のせん断力の分担割合と曲率の関係を示した実測値の一例を示したものである。曲げ同様に、繰返しに伴う分担割合はバラツキがみられるが、使用状態時には分担割合はほぼ一定と考えても差し支えないようである。この様に考えると、この場合の分担割合は前記した式(1)、(2)でほぼ推定できる。一方、終局に近づくにつれて鉄骨の分担割合が大幅に大きくなることも確かめられている。

そこで、SRC部材の疲労の検討を図-4に示すような断面で行うとすると、まず終局せん断耐力は現行では建築学会で示された累加型強度方式を採用せざるを得ない。この場合で、表-2に示すように、終局時の鉄骨の受け持つせん断の分担割合は52%程度となり、これは先に使用限界状態時に得られる分担割合22.4%に対して2.35倍程度鉄骨の分担割合が増えたことになる。いま、疲労限界状態時では使用限界状態時と基本的には同じであるので、SRC部材のせん断に対する分担割合を曲げ同様に曲げ剛性の比から求めると、RC部材および鉄骨部材それぞれに作用するせん断力は次式で求められる。なお、設計せん断力を S_d とする。

$$S_{RC} = \alpha_{RC} \cdot S_d \text{ -----(6)}$$

$$S_s = \alpha_s \cdot S_d \text{ -----(7)}$$

これより、この分担せん断力を用いて、RC部材については現示方書のせん断疲労強度式を適用すれば良いことになる。一方、鉄骨部材についてはこの分担せん断力を用いて、弾性理論により主引張応力度を算定し、この値と式(5)から得られる σ_{fn} を比較検討をすれば良いことになる。

表-3は、疲労における終局せん断耐力を累加型強度方式で求めたものに対して上限せん断力を50%、60%、70%と設定したときに鉄骨部分とRC部分に分担されるべきせん断力を示している。同表から、上限せん断力が70%の時にRC部材が受け持つべき分担せん断力がすでにRC部材のせん断耐力を超えてしまうことがわかる。実際問題として、静的載荷試験からはこの70%上限せん断力作用時にはRC部材はせん断破壊は生じないので、ここで採用した使用限界状態時のせん断分担割合の考え方を採用することには無理が生じることがわかる。この理由は、累加型方式による終局強度の推定精度が余り良くないことや上限せん断力が大きくなるにつれてRC部材と鉄骨部材の分担割合が終局に近づくと変わってくる事が考えられる。

4. おわりに

現在、SRC部材の疲労試験を継続中であり、その結果は講演当日に発表する予定でいる。なお、曲げに対する疲労は今回報告した方法で十分に検討可能であるが、せん断疲労に対してはせん断の終局強度を累加型方式で求める前提で検討を行っており、分担割合の考え方と整合性を持たせるためには使用時から終局時にいたる分担割合を変化させることで解決を図る予定でいる。

<参考文献> 1) 松本他；充腹型SRC構造の限界状態設計方法 表-2 終局強度

への適用に関する問題点、土木学会第44回年次学術講演会

2) 松本他；充腹型SRC構造の曲げひび割れ幅について、平成2年土木学会西部支部研究発表会

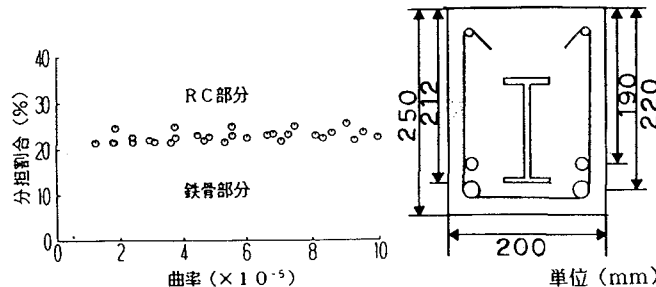


図-3 せん断力の分担割合

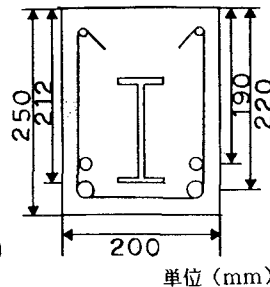


図-4 せん断疲労用SRC断面

RC	4.92(t)	備考
ス9-ラップ	3.43(t)	鉄筋 D19 D16 S030 $\sigma_{sk}=300(\text{kg/cm}^2)$ 鉄骨 SS41 125#60#6#8 $\alpha_{RC}=48\% \quad \alpha_s=52\%$
鉄骨	9.06(t)	
合計	17.41(t)	

表-3 分担せん断力

上限値	RC	鉄骨	$\alpha_{RC}=77.6\%$ $\alpha_s=22.4\%$
70%	9.46(t)	2.73(t)	
60%	8.11(t)	2.34(t)	
50%	5.42(t)	1.57(t)	