

合成床版の鋼板反応と疲労強度との関係について

大阪大学工学部 正員 松井繁之

大阪大学大学院 学生員 ○文 兑景
大阪大学工学部 正員 福本勝士

1. まえがき 鋼・コンクリート合成床版供試体の輪荷重走行疲労試験の結果、スタッドのシヤーオフが主要破壊現象であり、その疲労強度は既往の押抜き試験結果と比較すると大幅に低下したことを一昨年報告した¹⁾。しかし、合成床版中に用いた鋼板厚は4.5~10mmの薄い鋼板であったため、従来のH鋼に溶接されているスタッドの押抜き疲労強度と異なっても当然とも思われる。そこで、鋼板厚をパラメーターとして、合成床版の輪荷重走行試験と1本の押抜き試験供試体の疲労試験を行うとともに3次元有限要素法を用い、応力集中部であるスタッド根元部を定量的に調

べ、鋼板厚とスタッドの疲労強度との関係を明らかにすることにした。

2. 輪荷重走行疲労試験 供試体の概要を図-1に示す。鋼板厚はスタッド(Φ13mm)溶接による変形が生じない最低限度である鋼板厚と、あまり経済性を損なうことなく剛性を高めることができる鋼板厚を考慮し、6mmと9mmの2種類を採用し、各々TYPE-A(鋼板厚:6mm)とTYPE-B(鋼板厚:9mm)と名付けた。横リブはスタッドに作用するせん断力の回転角度を減少させるため鋼板上面に溶接した²⁾。疲労試験は輪荷重走行疲労試験機を用いて行った。

各供試体の載荷荷重と疲労寿命を表-1に示す。載荷荷重はType-Aは15ton、Type-Bは載荷回数100万回までは10tonそれ以降は15tonとした。

各供試体で観察したスタッド破断位置を図-2に示す。○は疲労亀裂がある程度進展したもので、●は完全疲労破断したものである。表-1と図-2から鋼板厚を厚くしても疲労寿命、スタッドの疲労破断数が低減できなかったことが分かる。これらスタッドの破断後、両供試体とも最終破壊では中央部のコンクリートが陥没するという押抜きせん断破壊の破壊性状を呈した。

3. 1本スタッドの押抜き試験

試験のパラメーターである鋼板厚は4.5, 6.0, 9.0mmとフランジ厚12mmの鋼の4種類を用意した。供試体の形状寸法を図-3に示す。4.5, 6.0, 9.0mmシリーズの供試体は、スタッド根元部の回転拘束を合成床版に近似させるため、H鋼と鋼板の間に約3mm程度の隙間を設けた。

疲労試験結果を表-2に示す。破壊性状は試験終了後破断面を詳細に観察し、図-4のように三つに分けた。タイプ①はスタッド軸部が溶接余盛部から抜け出すような疲労破壊するもの、タイプ②は疲労亀裂が溶接余盛部下側から入り、余盛部

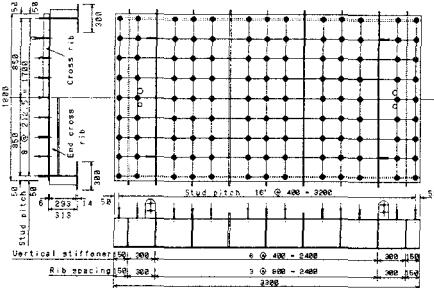


図-1 供試体の概要図

表-1 載荷回数と荷重

供試体	載荷回数(荷重)
A	349,806(15ton)
B	1,000,000(10ton) 264,200(15ton)

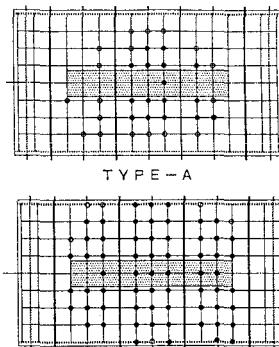


図-2 スタッド破断位置

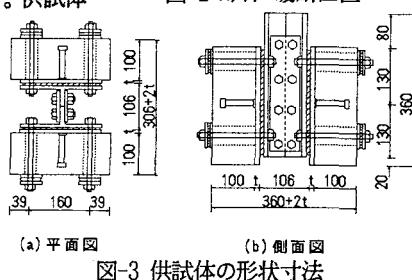


図-3 供試体の形状寸法

をつけたままスタッドが疲労破断するもの、タイプ③は疲労亀裂が鋼板下面まで斜めに進展し、鋼板が疲労破壊するものである。全供試体の疲労試験結果を縦軸にせん断応力振幅を用いて整理しS-N図にプロットしたら図-5のようになる。データは各S-N曲線のまわりに極めてバラツキの少ない状態で分布している。破壊性状が異なるタイプ③を除けば、6.0mmシリーズと9.0mmシリーズの疲労寿命はH鋼シリーズより大きく伸びている。鋼板厚が厚くなるとスタッド根元部の回転を拘束し、疲労寿命が減少したと思われる。

4.3 次元有限要素法による解析 鋼板厚の影響を明らかにするため

疲労亀裂発生位置であるスタッド溶接部の応力について3次元有限要素法解析を行った。合成床版の輪荷重走行試験結果からスタッドの疲労亀裂発生点は図-6に示す余盛部上側止端と下側止端の2箇所であつた。余盛部上側止端から亀裂が発生する場合、スタッド母材と溶接金属との接合面では疲労亀裂模様は見られなかつた。この接合面は付着していないと考えるのが妥当である。そこで、解析においてこの接合面を一体化したものと分離したものの2種類について解析を行つた。これらの応力分布を精度よく調べるために、溶接周辺部の要素を同じ大きさでできるだけ細かく分割した。

解析結果の主なものとして、図-7にポイント①と②に発生する集中応力を示す。鋼板厚が厚くなるほどポイント②に発生するZ方向の集中応力が大きくなり、ポイント①に発生するX方向の集中応力は小さくなる傾向がある。4.5mmシリーズはポイント①に発生するX方向の集中応力が大きくなつて鋼板が疲労破断したと思われる。

以上から、最適鋼板厚はタイプ①とタイプ②が同時に発生する鋼板厚と考えると、スタッド直径13mmの場合、図-7から約8mmであることが言える。

5. 結論 鋼板厚をパラメーターとした輪荷重走行試験、押抜き試験と3次元数値解析から以下のことが分かった。
 ①輪荷重走行試験結果、鋼板厚を厚くしても疲労寿命が向上しなかつたのは鋼板が厚くなればスタッド根元部の回転を拘束することによるポイント②のZ方向の応力集中が高くなり、スタッドの抜け破壊を起こしやすくなるためである。
 ②スタッド一本の押抜き試験で、スタッドの疲労強度と鋼板厚の関係が得られ、さらに3次元有限要素法によって、スタッド直径13mmの場合、最適鋼板厚は約8mmであると推定できる。

参考文献 1) 松井・佐々木・武藤・渡辺：合成床版の走行荷重による疲労試験（第二報）、土木学会関西支部年次学術講演概要集、I-42、昭和62年4月

2) 松井・文・福田・高田：走行荷重下における改良型

合成床版の疲労挙動について、土木学会関西支部年次学術講演概要集、平成3年4月

表-2 疲労試験結果

供試体	応力振幅	疲労寿命	破壊性状
4.5	17	1,100,000	③
	19	156,130	③
	21	114,850	③
6.0	19	2,310,000	②
	21	500,000	③
	23	110,000	①
9.0	19	58,770	①
	21	406,690	①
	23	82,920	①
H	17	8,350,000	②
	19	431,330	①
	21	85,000	①

応力振幅 (kgf/mm²)

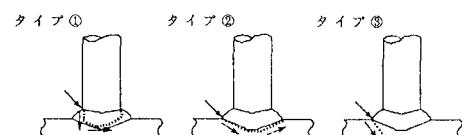


図-4 破壊性状

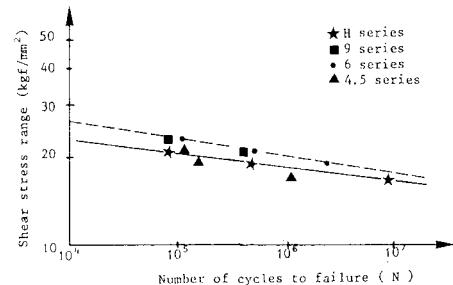


図-5 S-N曲線

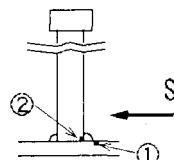


図-6 疲労亀裂発生点

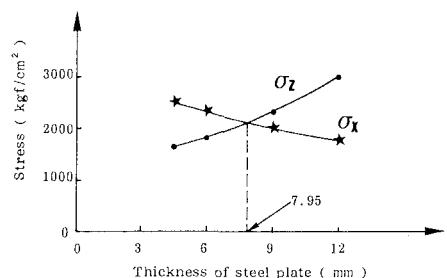


図-7 数値解析結果