

ボルト間隔がサンドイッチ板の変形状に及ぼす影響に関する実験的研究

大阪市立大学大学院

学生員

○小西 直哉

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員

角掛 久雄

大阪市立大学大学院

学生員

初鹿 将司

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員

小林 治俊

1. はじめに

鋼コンクリートサンドイッチ板は、沈埋トンネルをはじめとし土木構造物に多く採用されるようになっており、一般に外殻鋼板とコンクリートをダイヤフラムやリブにより構成された構造により利用される事が多い。しかし、近年溶接を伴うダイヤフラム等を用いず貫通させたボルトを利用し、形状保持やずれ止めの役割を担わせる構造のサンドイッチ板が、落石覆工[1]や橋梁床版[2]に適用されている。ただし、このボルトを用いた構造に対しては、対象構造物に合わせた荷重を載荷することにより必要とする性能評価に主眼をおいた研究がほとんどであり、基本的力学特性に着目した研究は少ない。そこで、ボルトを用いた鋼コンクリートサンドイッチ板を対象に、ボルト配置間隔の違いによる力学特性を検討するため、静的載荷実験を行った。

表-1 供試体一覧

| 名称       | ボルト配置     |
|----------|-----------|
| sand-0   | なし        |
| sand-200 | 200 mm 間隔 |
| sand-150 | 150 mm 間隔 |
| sand-125 | 125 mm 間隔 |
| sand-100 | 100 mm 間隔 |

2. 供試体概要

供試体は一辺 1,200 mm の正方形で外殻鋼板厚 3.2 mm ,コアコンクリート厚 93.6 mm の全厚 100 mm である。実験変数はボルト間隔のみとし、表-1 に示すような 5 種類の供試体を作成した。ただし、sand-0 は、鋼とコンクリートを接着剤（ショーボンド # 202）により付着させている。また、ボルトには M16 を用い、106 N・m のトルクを加えている。例として sand-100 供試体を図-1 に示す。図に示すように鋼板の中心線上と対角線上に沿って上下鋼板の外側にひずみゲージおよび変位計を設置し計測を行った。また本実験における載荷装置の概要を図-2 に示す。実験では純スパン 1,000 mm の四辺単純支持とし、載荷荷重を供試体の中心に円形部分分布荷重(φ150)として繰り返し漸増載荷により作用させた。表-2 に各部材の材料定数を示す。

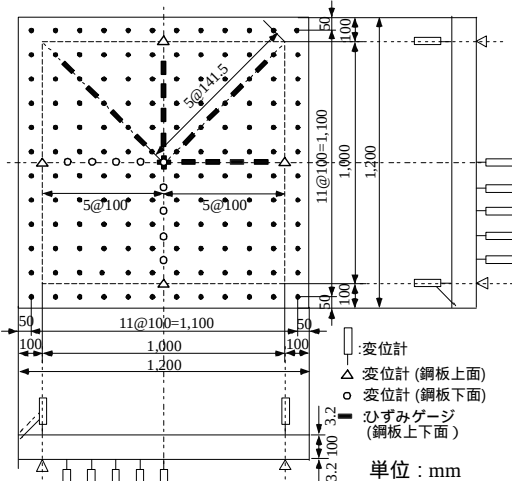


図-1 供試体概要 (sand-100)

3. 実験結果

各供試体の載荷荷重  $P$  と板中央下面変位  $d_c$  の包絡線を図-3 に示す。ただし供試体 sand-0 は降伏する前に下鋼板とコンクリートに付着切れが生じたので、その時点で実験を終了した。図より、ボルトを設置した全ての供試体は、70 kN 付近までは類似した挙動を示し、その後、ボルト間隔が大きいものから順次降伏している事が分かる。すなわち、初降伏の値に対してはボルト間隔の影響が大きく現れるが、弾性レベルの挙動ではボルトの有無および量に対する差異はほとんど

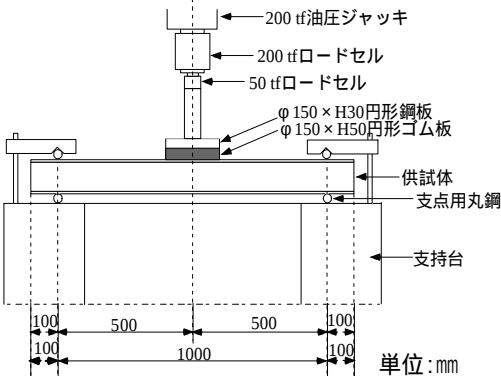


図-2 載荷装置

表-2 材料定数

|            | 圧縮強度<br>(MPa) | 降伏強度<br>(MPa) | 引張強度<br>(MPa) | 弾性係数<br>(GPa) | ポアソン比 |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| コンクリート     | 28.7          | -             | 2.2           | 27.4          | 0.208 |
| 鋼板 (SS400) | -             | 244.3         | 346.7         | 206.6         | 0.285 |
| ボルト (M16)  | -             | 443.0         | 526.1         | 203.1         | -     |

ど見られない結果となった。降伏後の挙動を見ると sand-200, 150 ではほぼ一定の勾配で上昇しており、sand-125, 100 では変位 10 ~ 20 mm の間で荷重に減少が生じている。20 mm 以降の

キーワード：サンドイッチ板，合成構造，変形状，ボルト

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 TEL 06-6605-2723

変位ではボルトを用いた全ての供試体の勾配（剛性）は類似する結果となった．そこで，途中で荷重に減少がみられた sand-125 に着目し，載荷荷重ごとの下面の変形分布を確認することとし，図-4 に示した．図から分かるように荷重 350 kN までは局所的な変形は生じていないが，400 kN 以降では明らかに中央付近に大きな変形が生じている．これは中央変位約 12 mm 以降，荷重 350 kN まで作用させた後で押し抜きせん断変形が卓越したためと考えられる．図-3 において中央変位が 12 mm 付近で荷重が 350 kN を超えてから一度小さくなり，かつ変形が進行している事からも，この荷重が下がった時（○印）にコアコンクリートに押し抜きせん断変形が生じたと考えられる．載荷終了後，ボルトを用いた全ての供試体でコアコンクリートには押し抜きせん断によるコーン状のひび割れが確認されていることから，ここでは○印の荷重をコアコンクリートの押し抜きせん断破壊荷重と定義する．ただし，sand-200，150 においてはこのような明確に荷重が下がる変化点が現れていないので定義しないこととした．また，供試体ごとの変形性状を検討するため，各供試体の最大荷重時の中央変位で無次元化した変位分布を図-5 に示した．これよりボルト間隔が小さくなる程，載荷点部に大きな変形が集中していることが分かる．すなわち，塑性変形後はボルト間隔の影響が大きくなり，ボルト間隔が小さいほど曲げ変形しにくくなる代わりに，押し抜きせん断変形の影響が大きくなると考えられる．

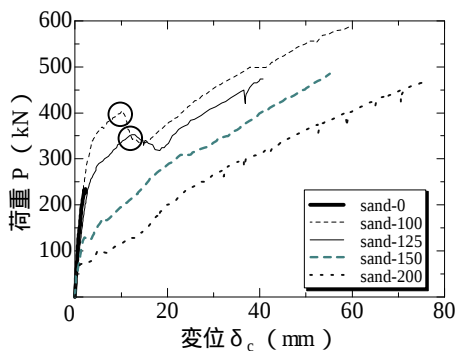


図-3 各供試体下面の中央変位

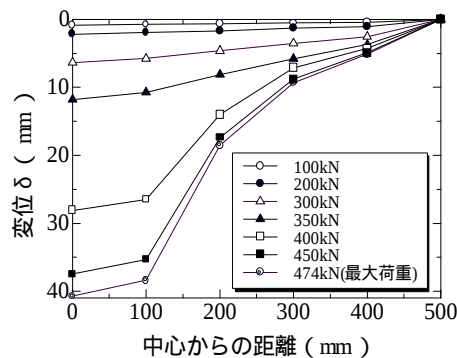


図-4 下面の変位分布 (sand-125)

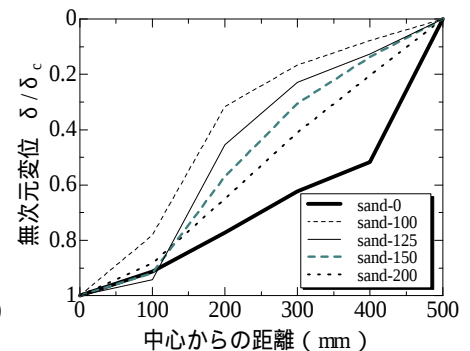


図-5 無次元変位の分布

次に，算定した押し抜きせん断耐力および実験で得られた荷重を図-6 に示す．ただし，算定式には角田ら [3] の提案式を準用している．最大荷重は押し抜きせん断により上鋼板が破断した時の荷重となったことから，部分分布荷重内にボルトが配置されている sand-100 を除いて類似した値となった．ただし，算定値よりも全てにおいて大きな値となっている．しかし，押し抜きせん断破壊荷重と算定値は近似した値を示す結果となった．

#### 4. まとめ

ボルト間隔がサンドイッチ板の変形性状に与える影響を検討するため静的載荷実験を行った結果を以下に示す．

- 1) 全供試体において，曲げひび割れおよび押し抜きせん断ひび割れが生じた．
- 2) 弾性変形については，ボルトの有無および量に対する差異はほとんど見られなかった．
- 3) 初降伏荷重および塑性変形後の変形性状に対しては，ボルト間隔が大きな影響を与えた．
- 4) 算定押し抜きせん断耐力は最大荷重値より小さな値となったが，本研究で定義した押し抜きせん断破壊荷重と近似した値となった．

参考文献 1) 池田他：実規模鋼コンクリート合成ロックシェッドの重錘落下実験，第 5 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp. 245-250，2000.6；2) 近藤他：ハーフプレハブ化した鋼コンクリートサンドイッチ床版，第 4 回複合構造に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp. 255-258，1999.11；3) 角田他：鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断耐力に関する実験的研究，土木学会論文集，第 229 号，pp. 105-115，1974.9

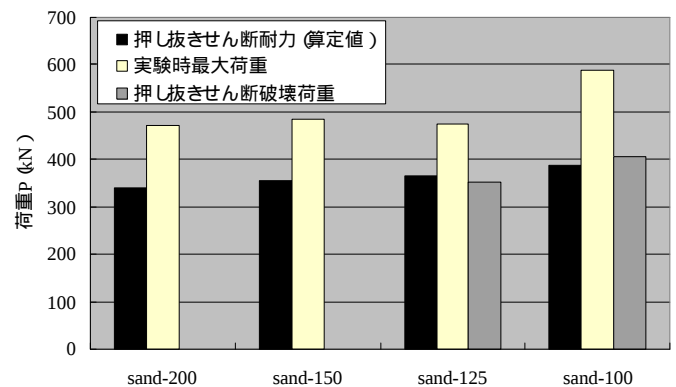


図-6 せん断耐力の算定値および実験値