

鋼コンクリートサンドイッチ床版の終局挙動解析

長崎大学大学院
長崎大学工学部構造工学科
ショーボンド建設(株)
ショーボンド建設(株)

学生会員 ○ 小嶋 悟
正会員 松田 浩
正会員 山下 幸生
正会員 佐野 正

1 はじめに

サンドイッチ構造は、表面材と芯材とで構成される層状の構造体である。

図1に示すように、曲げ荷重を受ける部材の内部に生じる応力は上・下面層の表面に最大応力が生じるが、中央部の芯層には曲げ応力の発生は少ない。サンドイッチ構造は、この応力の発生の高い部位に剛性の高い材料を配置し、応力の発生が少ない部位に軽量材を配置することで構造物の無駄な贅肉を省き、必要最小限の材料を有効に活用することで、軽量かつ剛性の高い構造体を可能とする。本研究はこのサンドイッチ構造に注目し、鋼板をボルトおよびナットで接合した鋼コンクリートサンドイッチ梁について、ボルト間隔および締め付け力、鋼板厚が力学的特性に及ぼす影響を、実験および解析により検討するものである。

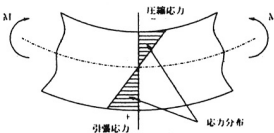


図1. 曲げ荷重を受ける梁の応力分布

2 鋼コンクリートサンドイッチ床版載荷実験

2.1 実験概要

実験は、長さ1800mm、幅600mm、高さ162mmの供試体を用いて行った。図2に各供試体の形状寸法を示す。

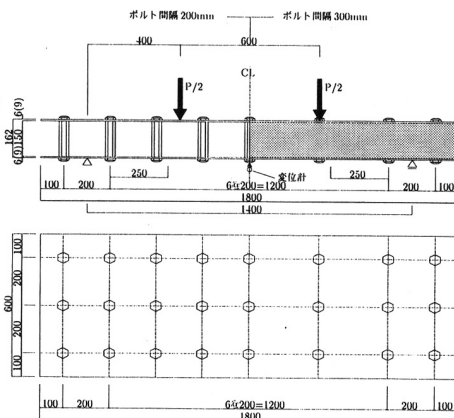


図2. 供試体形状寸法

供試体に使用した高力高ナットの形状を図3に、ボルト周辺図を図4にそれぞれ示す。



図3. ボルト形状図

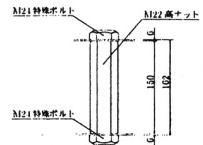


図4. ボルト周辺図

各使用材料の物性値を表1に示す。高力高ナットと高力ボルトはF10T相当の耐力(882MPa以上)を持つものを使用した。

表1. 使用材料の物性値

使用材料	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)
鋼板 (SS400)	344	398	2.03×10^5
高力ボルト	F10T 相当品		
高力高ナット	F10T 相当品		

コンクリートは上下鋼板を高力高ナットと高力ボルトで接合した後、側面から打設した。ここで問題となるのが、解析を行う際、鋼とコンクリートの付着強度をどのように考慮するかであるが、今回は鋼板と高力高ナットに離型剤を塗布した後、コンクリートを打設することで付着を避けるものとした。載荷方法は、支点間隔1400mmで単純支持し、上部から長さ600mm、幅100mm、および厚さ12mmの載荷板を介して2点載荷を行った。

2.2 実験結果および考察

実験における結果をそれぞれの影響要因別に以下にまとめた。

ここでの影響要因とは、前に説明したボルト間隔および締め付け力、鋼板厚である。

2.2.1 ボルト間隔の影響

実験結果を図5に示す。

図5に示すように、ボルト間隔200mmの方が、ボルト間隔300mmと比較して変形が小さくなった。また、最大荷重については、ほぼ等しい値となった。

表2. 試験要因

供試体 No.	ボルト		鋼板		コンクリート		
	間隔 (mm)	締め付け力 (kN)	鋼板厚 (mm)	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)			
1	200	137	6	23	53	65	
2	300	222	9				

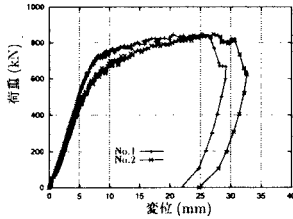


図 5. ボルト間隔の影響

2.2.2 ボルト締め付け力の影響

実験結果を図 6 に示す。

図 6 に示すように、荷重 270kN 付近までは、ボルトの締め付け力の影響は見られなかったが、荷重 270kN 以降、ボルトの締め付け力 222kN に比べボルトの締め付け力 137kN の方が、変形は大きくなった。また、最大荷重については、ほぼ等しい値となった。

表 3. 試験要因

供試体 No.	ボルト		鋼板		コンクリート		
	間隔 (mm)	締め付け力 (kN)	鋼板厚 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	23	53	65
3	200	137	6	9	○	○	○
4	300	222	9	23	○	○	○

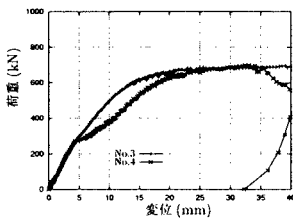


図 6. ボルト締め付け力の影響

2.2.3 鋼板厚の影響

実験結果を図 7 に示す。

図 7 に示すように、鋼板厚 9mm タイプの方が、鋼板厚 6mm タイプに比べ同一荷重に対する変形は小さくなった。また、最大荷重については、鋼板厚 9mm タイプの方が、鋼板厚 6mm タイプに比べ大きな値となった。

表 4. 試験要因

供試体 No.	ボルト		鋼板		コンクリート		
	間隔 (mm)	締め付け力 (kN)	鋼板厚 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	23	53	65
5	200	137	6	9	○	○	○
6	300	222	9	23	○	○	○

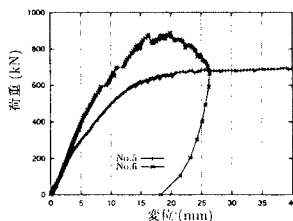


図 7. 鋼板厚の影響

2.3 解析概要

図 8 に解析モデルの一例を、図 9 にボルト部の解析モデルを示す。モデルは、供試体の対称性を考慮して、スパン方向および幅方向の 1/2 領域とした 1/4 モデルとした。ボルト形状など細部のモデル化については、実験に使用されたものと同じ高力高ナットをノギスで計測し、その値を用いるものとした。本解析モデルは、コンクリート充填前の中実状態において実験結果と比較・検証し、良好な結果が得られた上で、コンクリートを充填したモデルへと発展させている。

尚、ここで、鋼とコンクリートは CONTACT により接触を考慮しており、今回は、接触を考慮することの有用性を実証するため、鋼とコンクリート間の付着を考慮しないモデルにおける解析結果と付着を考慮したモデルの解析結果をボルト間隔の影響 (2.3.1) についてのみ比較・検討した結果を示す。

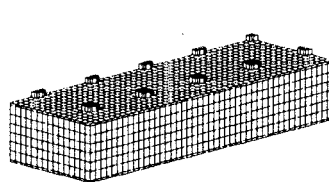


図 8. 解析モデル (全体)

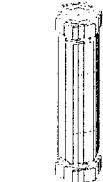
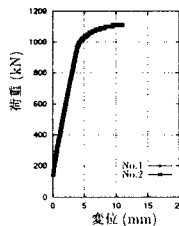


図 9. 解析モデル (ボルト部)

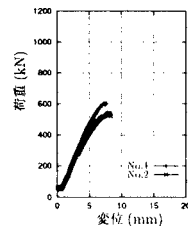
2.4 解析結果および考察

解析結果を図 10 に示す。

図 10 に示すように、接触を考慮しないものはボルト間隔の影響が全く現れなかったのに対して、接触を考慮したものは図 5 に示す実験結果と同様、ボルト間隔の影響が顕著に現れた。



接触考慮なし



接触考慮あり

図 10. 接触考慮の有無 (ボルト間隔の影響)

3 まとめおよび今後の予定

今回の解析では、鋼とコンクリート間の接触を考慮する必要性を実証することができた。

今後は非線形域においても追従可能なパラメータを作成し、解析により終局後の挙動を更に追従したいと考えている。このことが可能となれば、ボルト間隔および締め付け力、鋼板厚の異なる様々な解析モデルを作成し、この諸要因の最適な組み合わせにより、より経済的かつ合理的な設計が可能になるものと期待される。