OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	溶接シミュレーション技術を活用した立体ブロックの高精度組立に関する研究
Author(s)	佐野, 仁則
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53998
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　佐野仁則　）	
論文題名	溶接シミュレーション技術を活用した立体ブロックの高精度組立に関する研究

論文内容の要旨

船の建造工程は，加工，小組立，組立，地上総組，船台（ドック），岸壁工事に分けられ，建造効率向上のポイントはいかに船台期間を短縮するかである．そのためには作業環境が悪い船台上での精度不良による手直し作業や歪取作業を極力少なくする必要があり，本研究では高精度なブロックの製作と多くの工数を要する歪取作業の上流化を実現することを目標として，従来の経験ベースではなく理論予測に基づいた立体ブロックの高精度組立法の開発を行った．研究内容の要約は以下の通りである．

第一章では，現在の造船業界における船の建造法を工作精度管理および歪取りを含めた修正作業の現状について分析し，建造期間の短縮という観点から問題点の抽出を行った．また，溶接組立変形と歪取に注目して従来の組立精度の考え方を詳細に分析し，本研究で取組むべき課題を設定した．

第二章では，構造物の溶接組立における変形や寸法誤差の原因は溶接による局部収縮と位置決め時に部材間に存在するギャップや目違いとそれらの矯正であることを示し，これらが考慮できる解析法として本研究で採用した固有変形法の基本的な考え方について述べた．固有変形法は大阪大学接合科学研究所が開発した手法であり，溶接構造物の設計や生産に携わる技術者が溶接組立変形を予測し改善対策を検討する際に簡便に使用できるという特長を有する実用的な変形予測法である．

第三章では，自動車運搬船の薄板甲板を対象に，固有変形法を用いたシミュレーションを行いパネルの局部座屈に対する溶接入熱の影響を検討し，従来の連続溶接に対して断続溶接の優位性を示した．さらに実際の自動車運搬船のカーデッキに断続溶接を採用し搭載後のカーデッキの歪計測行った結果，許容値を超える歪の発生件数が従来船と比較して約50%となり，大幅に建造工期が短縮できることを確認した．また，甲板ブロックの搭載順序について検討を行い，厚板甲板ブロックの搭載を先行させることは，薄板甲板への圧縮残留応力の重畳が防げるためパネルの座屈変形防止に有効であることを示した．

第四章では，立体ブロック製作時におけるブロックの寸法精度に及ぼす位置決め要領の影響に注目し固有変形法を用いたシミュレーションにより寸法誤差の発生メカニズムを分析し，誤差の主要な原因が位置決めの誤差であることを示した．さらに位置決めの際に蓄積される誤差を軽減する方法としてキー自由度に注目した位置決め法を提案した．この方法は次工程の溶接で生じる変形を予測し，これをキャンセルする逆変形を導入した位置決め法であり，基本的な概念を２次元トランスリングモデルを用いて説明した．さらに船側ブロックを例に，固有変形法を用いたFEM解析によりその有効性を示した．

第五章では，ビルジブロックの製作時にしばしば経験するがその原因が明らかにされていない捩れ変形を対象に，捩れ変形のメカニズムを分析し，ギャップ矯正で発生する残留応力による座屈がその原因であることを明らかにした．さらに，防止対策として内底板を取り込みブロックの捩れ剛性を高くすることが有効であり，発生した捩れ変形は線状加熱により除去することができることを示した．

第六章では，フェリーの建造において船台期間が延びる原因の一つが歪取であることに注目し，歪修正作業を工場内で実施し作業を上流化する建造法の有効性についてシミュレーションを用いた検討を行った．その結果，歪修正作業を上流化してもブロック搭載時においてパネルの座屈変形が再発する懸念は応力集中が存在する開口部周辺を除けばほとんど無いことが明らかとなった．この知見に基づき実際のフェリーを対象に歪修正の上流化を実施した結果，後工程への工事渡しが従来船より20日ほど早まり工期短縮に大きく貢献できた．

第七章では，本論文で得られた研究結果を総括すると共に，今後の課題を示した．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　佐野仁則　）	
論文審査担当者	（職）　氏　名 主査　教授　村川英一 副査　教授　大沢直樹 副査　教授　藤久保昌彦 副査　准教授　芹澤久

論文審査の結果の要旨

船の建造工程は，加工，小組立，組立，地上総組，船台（ドック），岸壁工事に分けられ，建造効率向上のポイントはいかに船台期間を短縮するかである．そのためには作業環境が悪い船台上での精度不良による手直し作業や歪取り作業を極力少なくする必要があり，本研究では高精度なブロックの製作と多くの工数を要する歪取り作業の上流化を実現することを目標として，従来の経験ベースではなく理論予測に基づいた立体ブロックの高精度組立法の開発を行っており，研究内容の要約は以下の通りである．

第１章では，現在の造船業界における船の建造法を工作精度管理および歪取りを含めた修正作業の現状について分析し，建造期間の短縮という観点から問題点の抽出を行っている．また，溶接組立変形と歪取りに注目して従来の組立精度の考え方を詳細に分析し，本研究で取組むべき課題を設定している．

第２章では，構造物の溶接組立における変形や寸法誤差の原因は溶接による局部収縮と位置決め時に部材間に存在するギャップや目違いとそれらの矯正であることを示し，これらが考慮できる解析法として本研究で採用した固有変形法の基本的な考え方について述べている．固有変形法は大阪大学接合科学研究所が開発した手法であり，溶接構造物の設計や生産に携わる技術者が溶接組立変形を予測し改善対策を検討する際に簡便に使用できるという特長を有する実用的な変形予測法である．

第３章では，自動車運搬船の薄板甲板を対象に固有変形法を用いたシミュレーションを行い，パネルの局部座屈に対する溶接入熱の影響を検討し，従来の連続溶接に対して断続溶接の優位性を示している．さらに実際の自動車運搬船のカーデッキに断続溶接を採用し搭載後のカーデッキの歪計測行った結果，許容値を超える歪の発生件数が従来船と比較して約 50%となり，大幅に建造工期が短縮できることを確認している．また，甲板ブロックの搭載順序について検討を行い，厚板甲板ブロックの搭載を先行させることは薄板甲板への圧縮残留応力の重畳が防げるためパネルの座屈変形防止に有効であることを示している．

第４章では，立体ブロック製作時におけるブロックの寸法精度に及ぼす位置決め要領の影響に注目し，固有変形法を用いたシミュレーションにより寸法誤差の発生メカニズムを分析し，誤差の主要な原因が位置決めの誤差であることを示している．さらに位置決めの際に蓄積される誤差を軽減する方法としてキー自由度に注目した位置決め法を提案している．この方法は次工程の溶接で生じる変形を予測し，これをキャンセルする逆変形を導入した位置決め法であり，基本的な概念を２次元トランスリングモデルを用いて説明している．さらに３次元船側ブロックを例に，固有変形法を用いた FEM 解析によりその有効性を示している．

第５章では，ビルジブロックの製作時にしばしば経験するがその原因が明らかにされていない捩れ変形を対象に，捩れ変形のメカニズムを分析し，ギャップ矯正で発生する残留応力による座屈がその原因であることを明らかにして

いる．さらに，防止対策として内底板を取り込みブロックの捩れ剛性を高くすることが有効であり，発生した捩れ変形は線状加熱により除去することができることを示している．

第６章では，フェリーの建造において船台期間が延びる原因の一つが歪取りであることに注目し，歪修正作業を工場内で実施し作業を上流化する建造法の有効性についてシミュレーションを用いた検討を行っている．その結果，歪修正作業を上流化してもブロック搭載時においてパネルの座屈変形が再発する懸念は応力集中が存在する開口部周辺を除けばほとんど無いことを明らかにしている．この知見に基づき実際のフェリーを対象に歪修正の上流化を実施した結果，後工程への工事渡しが従来船より 20 日ほど早まり工期短縮に大きく貢献している．

第７章では，本論文で得られた研究結果を総括すると共に，今後の課題を示している．

以上のように，本論文は船の建造に携る生産技術者の立場から，船の建造法を工作精度管理および歪取りを含めた修正作業の現状について分析することにより問題点を明らかにし，その解決策として理論予測に基づいた立体ブロックの高精度組立法の構築を試みたものであり，わが国の造船業が経験ベースの建造法から脱皮し，シミュレーション技術を積極的に活用した新しい建造法に向かうべきであるという方向性を具体的に示している．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．