

アルミ景観製品ニュース

一般社団法人 日本アルミニウム協会 土木製品開発委員会
東京都中央区銀座4-2-15 塚本素山ビル TEL.03-3538-0221(代)

No. 28
2015年11月

特集

「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」

アルミ合金製床版が採用された緊急仮設橋が完成

近い将来に発生が予測されている「東南海・南海地震」の備えとして緊急仮設橋が完成し配備されました。この橋梁は近畿地方整備局で開催された「緊急仮設橋に関する検討委員会」において、緊急車両の通行確保を目的に現地で調達可能な機材を使用して2～3日以内での架設可能な構造について議論がなされ、10回にわたる委員会の結果生み出されたものです。初号機となる今回の橋梁には、運搬・架設において軽量で取り扱いが容易なアルミ合金製床版を採用頂きました。(一社)日本アルミニウム協会土木製品開発委員会では防災分野においてもアルミニウムの長を生かした製品の開発を進めて参ります。



アルミ床版設置状況



アルミ床版断面



25 t 車走行試験

アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針



大阪大学 大学院工学研究科
地球総合工学専攻
准教授

大倉 一郎

略 歴

1979年 3 月 大阪大学大学院工学研究科修士課程修了
1979年 4 月 大阪大学工学部助手
1985年 3 月 工学博士（大阪大学）
1991年10月 大阪大学工学部助教授
2007年 4 月 大阪大学大学院工学研究科准教授

アルミニウム合金はこれまで橋の高欄や道路の防護柵など付属品的な用途以外に土木構造物の主要な部材として用いられることはほとんどなかった。しかし耐食性に優れ、軽量であることから、2000年頃から、アルミニウム歩道橋や道路橋用拡幅歩行者用アルミニウム床版が建設されるようになった。2011年には、道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼桁橋が建設され、2015年には、津波対策用の応急橋（道路橋）にアルミニウム床版が採用された。

これらのアルミニウム床版の製作には、摩擦撚拌接合が用いられている。摩擦撚拌接合は1991年に英国の溶接研究所で発明された固相接合法の一種である。摩擦撚拌接合の出現によって、製作面においては、圧延板をMIG溶接で連結して組立てる方法から、押出型材を摩擦撚拌接合で連結して組立てる方法に変わりつつあり、この分野で、我国は世界をリードしている。

他方、アルミニウム合金土木構造物に関する設計基準を見ると、アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針案が軽金属協会から1977年に発刊され、その改定版が1998年に出版されたが、改定版の基本は、初版からほとんど変わっていなかった。これに対して、米国では、最新の研究成果に基づいて、AASHTOにアルミニウム構造編が導入され、欧州では、Eurocode9にアルミニウム構造の設計が規定された。

上述のように、我国では、アルミニウム合金が土木構造物の主要な部材に用いられるようになってきたが、設計基準は旧いままであった。このような状況で、最新の研究成果および知見を取り入れた、新しい設計基準を作成して欲しいとの声が高まった。これまでは、設計基準の改定は日本アルミニウム協会で行われてきたが、アルミニウム構造物を土木界に広めたいとの意図から、今回は改定を土木学会に委託した。同学会の鋼構造委員会の下にアルミニウム合金土木構造物設計・

製作指針作成検討小委員会が2012年9月から2015年3月にかけて設立され、この間、委員会、分科会、ワーキンググループを精力的に開催し、アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針を2015年3月に改定した。指針の詳細は後に続くが、主な特徴は、摩擦撚拌接合を用いた構造設計法に対して規定が設けられたことである。AASHTOおよびEurocode9には、摩擦撚拌接合に関する規定はまだ設けられていない。

しかし、指針にはいくつかの課題が残されている。主なものとして次の三つが挙げられる。

1. アルミニウム合金材の靱性

鋼材の靱性はシャルピー吸収エネルギーによって評価される。しかしアルミニウム合金材には低温脆性がないのでシャルピー吸収エネルギーによってその靱性を評価することができない。我国のみならず、AASHTOおよびEurocode9においてもアルミニウム合金材の靱性に対して規定は設けられていない。したがってアルミニウム合金材の靱性を評価する指標を新たに究明する必要がある。靱性評価指標を指針に導入することによって、アルミニウム合金材の強度に対する安全率1.85を鋼材と同じ安全率1.7まで引き下げることができるかと私は考えている。

2. 異種金属接触腐食

鋼橋の補修・補強にアルミニウム合金材を活用する場合、アルミニウム合金材と鋼材との連結部の異種金属接触腐食を防止しなければならない。しかし、現在、これに対する技術は皆無であり、早急に取り組まなければならない課題である。

の改定と今後の課題

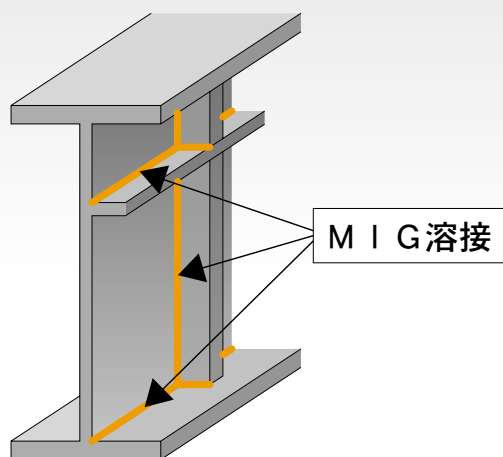
3. 曲げ部材の許容圧縮応力度

図1に示すように、従来の桁は、アルミニウム合金A5083-Oの圧延板を切断し、ウェブにフランジ、垂直補剛材および水平補剛材を、MIG溶接によって隅肉溶接で連結することによって製作される。しかし、0.2%耐力の低いA5083-Oを使って道路橋の桁を設計することは困難であり、道路橋の桁の設計には0.2%耐力の高いアルミニウム合金A6061-T6が使用されなければならない。しかし、A6061-T6は熱処理によって0.2%耐力が高められているので、MIG溶接を施すと、溶接部の0.2%耐力が低下する。したがって、図1に示すような桁をA6061-T6を用いて、MIG溶接によって製作した場合、垂直補剛材をウェブに連結する隅肉溶接の位置で桁の強度が低下する。そこで、T型断面の押出形材を摩擦撹拌接合で連結することにより、図2に示すような、縦補剛されたウェブを有す

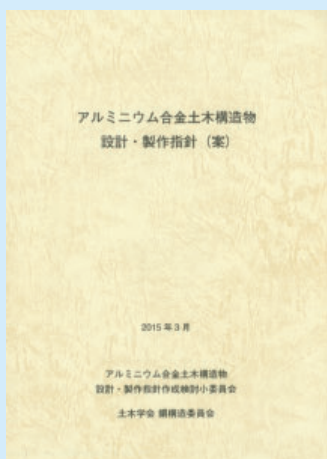
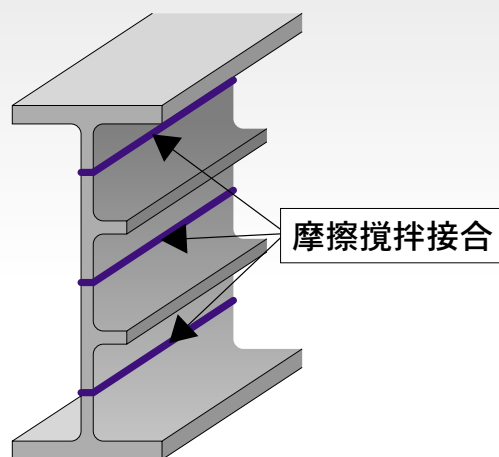
るアルミニウム合金桁を使用しなければならない。この桁には垂直補剛材が存在せず、ウェブを横断する接合がないので、桁の一断面で強度が低下することはない。しかし図2に示すような桁構造に対する規定は、我国のみならず、AASHTOおよびEurocode9においても無い。現在、図2に示す桁の耐荷力に関する研究が私の研究室で行われている。

1977年に発刊されたアルミニウム合金土木構造物設計・製作指針案の委員長は私の恩師前田幸雄先生（大阪大学名誉教授）であった。同先生に軽金属協会に紹介していただき、今日に至っている。道路橋用アルミニウム床版を開発し、アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針を改定した。先生の期待に少しは応えることができたと思っている。アルミニウム合金土木構造物に興味を抱く研究者および技術者が育ちつつあるので、今後ともアルミニウム業界からの応援をお願いしたい。

【図1】



【図2】



「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針（案）」 購入ご案内

「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針（案）」は、公益社団法人土木学会のホームページより購入できます。同学会ホームページの「刊行物案内」より「講習会テキスト」に入り、「その他の講習会・シンポジウム」の項目にあります。価格は、1冊2,500円（土木学会会員は、2,250円）、送料450円となります。

URL: <http://www.jsce.or.jp/publication/detail/detail.asp?id=2834>

講習会を土木学会と共催

土木製品開発委員会と土木構造物委員会は、「アルミニウム合金材の鋼橋への活用技術ならびにアルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」に関する講習会」を土木学会と共催で6月4日に東京(於土木学会講堂)、10月6日に大阪(於大阪大学中之島センター)において開催しました。

第1部では、「アルミニウム合金材の鋼橋への適用検討小委員会」にて議論を重ねてきた内容の内、アルミニウム合金土木構造物の事例紹介、アルミニウム製品を用いた鋼橋の長寿命化に向けた取り組み、アルミニウム床版が適用された橋の定期観察および実車載荷試験、RC床版をアルミニウム床版に取り替えることによる耐震性向上に関する検討について紹介しました。

第2部では、「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針作成検討小委員会」で作成した「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」の内容について説明しました。

演題と講演者は、以下のとおりです。

第1部「アルミニウム合金材の鋼橋への適用に関する調査報告」

- ・アルミニウム合金製床版による橋梁添架式歩道の事例およびその他実績紹介
大 島 勤 (住軽エンジニアリング)
- ・アルミニウム製品を用いた鋼橋の長寿命化に向けた取り組み
金 澤 宏 明 (横河ブリッジ)
- ・試験施工されたアルミニウム床版－鋼桁橋の定期観察および実車載荷試験
長 尾 隆 史 (日本軽金属)
- ・RC床版をアルミニウム床版に取り替えることによる鋼アーチ橋の耐震性向上に関する解析的検討
野 中 哲 也 (名古屋工業大学)

第2部「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」

- ・アルミニウム合金土木構造物設計の適用範囲とその基本並びに許容応力度(1章～4章)
長 尾 隆 史 (日本軽金属)
- ・アルミニウム合金材の溶接接合継手および高力ボルト接合継手(5章, 7章, 9章の一部)
大 島 勤 (住軽エンジニアリング)
- ・アルミニウム合金材の摩擦撹拌接合継手(6章, 9章の一部)
岡 田 俊 哉 (UACJ)
- ・アルミニウム合金材の疲労設計(8章)
石 川 敏 之 (関西大学)

両会場とも土木コンサルタント、橋梁メーカー、行政関係、アルミメーカーなどから多数の参加がありました。



講習会の模様
(写真は、10月6日大阪大学中之島センターでの講習会)

アルミニウム合金土木構造物 設計・製作指針(案)の紹介

1998年に発刊された「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針案」以降、アルミニウム合金材の耐荷力、接合に関する新たな研究成果や知見が数多く報告されている。それらを取り入れて、2015年3月に土木学会鋼構造委員会アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針作成検討小委員会の編集のもと、「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」が発刊された。目次は以下の通りである。

- 1章 総 則
- 2章 設計の基本
- 3章 許容引張応力度と許容せん断応力度
- 4章 許容圧縮応力度
- 5章 溶接継手
- 6章 摩擦撚拌接合継手
- 7章 ボルト接合継手
- 8章 疲労設計
- 9章 製 作
- 付録A アルミニウム合金板摩擦接合継手の
すべり試験方法

本稿では、新たな研究成果や知見を取り入れた「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」の概要について紹介する。

●設計の基本（2章）

米国や欧州の設計規準であるAASHTOやEurocode9では、アルミニウム合金土木構造物の安全性の照査は、限界状態設計法でなされるが、本指針(案)は、許容応力度設計法に従っている。我国の設計技術者は未だ限界状態設計法に馴染みが薄い現状を考慮して、本指針(案)を限界状態設計法で起草することは時期尚早と判断した。

本章では、許容応力度を与えるための基本式を規定している。ここでは標準となる安全率の値を示しているが、対象となる土木構造物に対して求められる安全性のレベルに応じて許容応力度を調整して使用するものとしている。

●許容引張・せん断応力度の規定（3章）

土木構造物に使用できるアルミニウム合金材の母材および強度低下が生じる溶接部と摩擦撚拌接合部に対して、許容引張応力度と許容せん断応力度を与えた。また、接合部が存在する場合の部材の許容応力度を規定した。

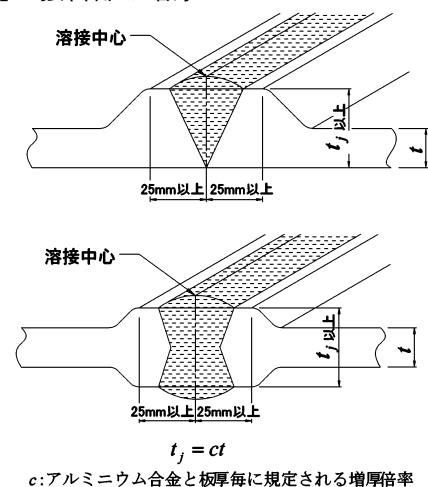
●押出型材の許容応力度の規定（4章）

本指針(案)では、押出型材の許容軸方向圧縮応力度および圧縮を受ける板要素の許容応力度を与えた。これにより、押出型材を用いたトラス構造物の設計が可能となっている。しかし溶接および摩擦撚拌接合による組立て部材の許容軸方向圧縮応力度ならびに曲げ部材の許容圧縮応力度に関しては、十分なデータをそろえることができなかったので起草を見送った。次回の改定で、これらの許容応力度を規定し、梁・桁などの曲げ部材の設計に対応する予定である。

●溶接継手ならびに摩擦撚拌接合部の強度低下に対する継手部の増厚の規定（5章）

6000系アルミニウム合金の完全溶込み開先溶接継手および摩擦撚拌接合による突合せ接合継手においては、接合部の強度が低下する。この接合部の強度低下は、接合部の板厚を部分的に厚くすることによって補うことができる。押出型材は部分的に板厚を厚くすることが容易であるので、本指針(案)では、押出型材に対して、接合部を部分的に増厚する規定を設けた（図1参照）。AASHTOおよびEurocode9では、6000系アルミニウム合金の接合部が強度低下を起こすことに対して、それを補うことに関する規定は設けられていない。

【図1】 接合部の増厚

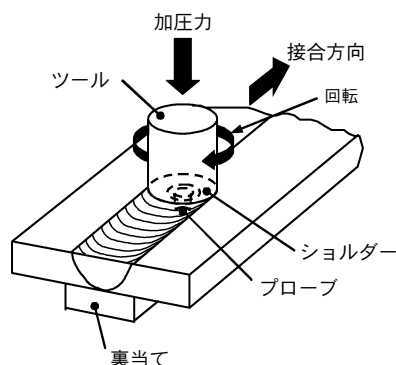


●摩擦撚拌接合継手の設計法の規定（6章、9章）

本指針(案)では、摩擦撚拌接合（図2）継手の設計法を与えるとともに、摩擦撚拌接合部の品質検査の方法を与えた。AASHTOおよび

Eurocode9ともに、摩擦撹拌接合は未だ取り扱われていない。したがって本指針(案)は、アルミニウム合金土木構造物の設計・製作に摩擦撹拌接合を導入した最初の指針であるといえる。

【図2】 摩擦撹拌接合



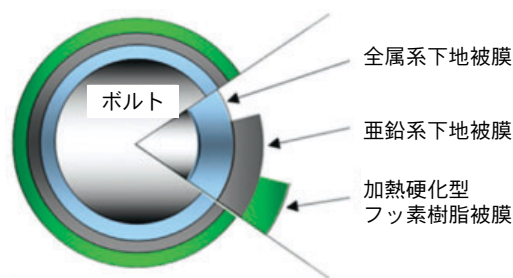
●ボルト接合継手（7章、9章）

アルミニウム合金板摩擦接合継手には、異種金属接触腐食の対策として、これまで溶融亜鉛めっき鋼製高力ボルトが用いられてきた。溶融亜鉛めっき鋼製高力ボルトにはF8Tの軸力が導入される。これに対して、フッ素樹脂コート鋼製高力ボルト（図3）は、フッ素樹脂表面皮膜が、鋼製高力ボルト自身の腐食を防止するだけでなく、電氣的絶縁性能を有するので、アルミニウム合金板と鋼製高力ボルトが接触した場合に起こる異種金属接触腐食も防止し、F10Tの軸力を導入することができる。したがって、フッ素樹脂コート鋼製高力ボルトを使用することにより、溶融亜鉛めっき鋼製高力ボルトよりボルトの使用本数を少なくすることができる。しかし、フッ素樹脂コート鋼製高力ボルトを使用する場合、アルミニウム合金板のクリープのみならず、ボルト表面のフッ素樹脂被膜のクリープによってボルト軸力が低下する。本指針(案)では、フッ素樹脂コート鋼製高力ボルトを摩擦接合用として使用できる条件を与えた。

さらに、鋼製高力ボルトに導入された軸力に対して、座金直下の連結板の表面にへこみを生じさせず、疲労荷重などの繰返し荷重に対してボルトにゆるみを生じさせない条件として母材と連結板の最小板厚の規定を設けた。

製作に関して、摩擦面にブラスト処理を施す場合の必要な表面粗さを規定するとともに、疲労強度を低下させないブラスト処理の範囲を規定した。

【図3】 フッ素樹脂コート鋼製高力ボルトの例



●疲労設計（8章）

国際溶接学会の疲労設計指針に規定されている溶接継手の疲労強度に加え、摩擦撹拌接合継手の疲労強度を与えた。アルミニウム合金の部材または継手は裸使用されるのが普通であり、それらの疲労強度には腐食の影響が考慮されなければならない。本指針(案)では、室内の疲労試験で得られた疲労強度に腐食影響係数を乗ずることにより、腐食による疲労強度の低下を考慮できるようにした。さらに、高力ボルト摩擦接合継手を用いた場合、ボルト孔周辺の連結板の表面または母材の表面にこすれによって疲労き裂が発生するので、鋼製高力ボルト摩擦接合継手に対しても疲労強度を与えた。

今後、土木構造物の主要な部材として、耐食性に優れ、軽量であるアルミニウム合金材の適用が増加すると考えられるので、アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)が設計の基準書になると考えている。

関西大学 環境都市工学部

都市システム工学科 准教授 石川 敏之

株式会社住軽日軽エンジニアリング

設計技術部 構造物チーム 次長 大島 勤

日本軽金属株式会社 グループ技術センター

解析・設計グループ 長尾 隆史

土木製品開発委員会構成会社

天野アルミニウム株式会社
神鋼建材工業株式会社
J F E 建材株式会社

三協立山株式会社
株式会社住軽日軽エンジニアリング
株式会社 L I X I L

昭和電工アルミ販売株式会社
積水樹脂株式会社
株式会社 U A C J