

アルミニウム構造物の現状

前田 義裕¹

¹正会員 株式会社 住軽日軽エンジニアリング 新潟支店
(〒950-0965 新潟県新潟市中央区新光町1-7)

要 旨

アルミニウム合金は、その用途が窓枠のサッシなどの建材、アルミ箔から飲料水用の缶材、自動車や鉄道車両のボディー材などの分野に広がり続け、日常生活に欠かすことのできない金属材料のひとつとなってきた。

近年このアルミニウム合金が、土木構造物の分野にも適用され始め、特にアルミニウム合金製橋梁・床版は、適用例が増大してきている。

ここに、橋梁を中心として、アルミニウム合金製の土木構造物について現況を紹介する。

キーワード：アルミニウム合金, FSW, 溶接構造物, 拡幅床版

1. アルミニウム合金の特徴

(1) アルミニウム合金の特徴

アルミニウム合金は、軽く強度が大きい他、他の金属に比較して耐食性に優れるなどの特性をもち、多くの用途や目的に合わせて利用されている。特に、スクラップから地金を再生するために必要なエネルギーが鋼材の約60%ですむ優れたリサイクル性から循環型材料として広く認知されてきている。

アルミニウム合金の種類は、表-1に示すように添加される主たる金属により大きく7種類に分類され、それぞれの用途に合わせて成分が調整される。アルミニウム合金製橋梁など土木構造物で使用される材料としては5000系および6000系があり、素材として主に板材または押出し形材が用意されている。

5000系の特徴はMgを合金の添架主成分にして強度を高めており、非熱処理合金として最も優れた強度をもち、溶接性が良く溶接による強度低下がないため溶接構造物として使用されている。また耐食性にも優れ、海水や工業地帯の雰囲気にも強く、外観を気にしなければ防食処理を施す必要は比較的少ない。但し、押出性はやや劣るため複雑な形状、肉厚の薄い形状の形材の製造は困難な場合がある。

一方、熱処理合金である6000系材料は、焼入れや焼もどしによって材料の強さ、硬さなどが鉄鋼並みの非常に高い強度が得られる合金である。しかしながら、溶接などの入熱により焼き鈍し状態となるため熱影響部の強度は低下する欠点を持っている。但し6000系は押出性に優れるため、中空材を含む複雑な形状の形材の製造が可能であり、従来応力集中による疲労亀裂が発生していた隅肉溶接部を押し出し成形により一体化することが可能である。したがってボルトやリベットなどによる機械的な接合や、溶接と比較して強度低下の低い摩擦攪拌接合(FSW)による接合を行うことにより特徴を生かすことができる。

表 - 1 アルミニウム合金の用途

合金系統名		熱処理	主な用途
1000系	純アルミニウム系	非熱処理合金	日用品, アルミ箔
2000系	Al-Cu系	熱処理合金	航空機, エンジン関係
3000系	Al-Mn系	非熱処理合金	化粧板, アルミ缶ボディ
4000系	Al-Si系	非熱処理合金	ピストン, シリンダーヘッド
5000系	Al-Mg系	非熱処理合金	溶接構造物, 船舶
6000系	Al-Mg-Si系	熱処理合金	建材, 鉄道車両, 構造物
7000系	Al-Zn-Mg系	熱処理合金	航空機, スポーツ用品

(2) アルミニウム合金の物理的性質, 機械的性質

アルミニウム合金と鋼の物理的性質や機械的性質について比較した結果を表 - 2 に示す。

アルミニウム合金のヤング係数は鋼の 1/3 である。このため鋼に比べて撓みやすく、剛性を同一にするためには 3 倍の断面を確保する必要がある。しかし、アルミニウムの比重は鋼の約 1/3 であるため、最終的に構造物としての質量は材料強度も考慮して約 1/2 となる。

一方で、線膨張係数は鋼の 2 倍であることから、温度変化による伸縮量は 2 倍となるため、その伸縮量の対応には注意を要する。また、アルミニウム合金の耐食性は良好である。鋼と同じように腐食現象は生じ、酸化化合物である酸化アルミが表面に形成されるが、酸化アルミ自体が非常に緻密であることからそれ以上の腐食進行は抑制される。このため、特に厳しい環境でない限り鋼のような防錆処理の必要はないが、化粧塗装を施すことも多い。

表 - 2 アルミニウム合金と鋼の比較

	アルミニウム合金		鋼 (SM400)
	(A6N01S-T5)	(A5083P-O)	
比 重	2.70	2.66	7.85
ヤング係数	$7.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	$7.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$	$2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
線膨張係数	$24 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$	$24 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$	$12 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
融 点	約 650 °C	約 650 °C	約 1,500 °C
引張強さ	270 N/mm ²	290 N/mm ²	400 N/mm ²
降伏点(耐力)	225 N/mm ²	145 N/mm ²	245 N/mm ²
伸 び	12 %	22 %	21 %
構造物としての質量比	約 0.5	約 0.5	1

2. アルミニウム合金製構造物

アルミニウム合金製構造物の事例を以下に示す。

(1) アルミニウム合金製歩道橋

架設工法からの制限、耐震性能の向上のため等、総重量の軽減の必要な歩道橋で、アルミニウム合金製の橋梁が採用される例が増えている。

また、メンテナンスフリーであることから、跨線橋などで機電停止時間が限られ、下面の再塗装が困難である歩道橋に採用された例も見られる。

アルミ合金製橋梁は鋼製の橋梁と同等の断面構成で、板材及び押し出し型材の溶接（一部 FSW を含む）により製作される。現場接合は、主としてハイテンションボルトによって行われる。

以下に、アルミ合金製橋梁（跨線橋）の実施例を示す。

アルミ橋梁

■川棚駅自由通路／長崎県

発注者：川棚町

竣工年度：平成 14 年度

橋長：36.4m

支間長：33.0m

有効幅員：2.5m

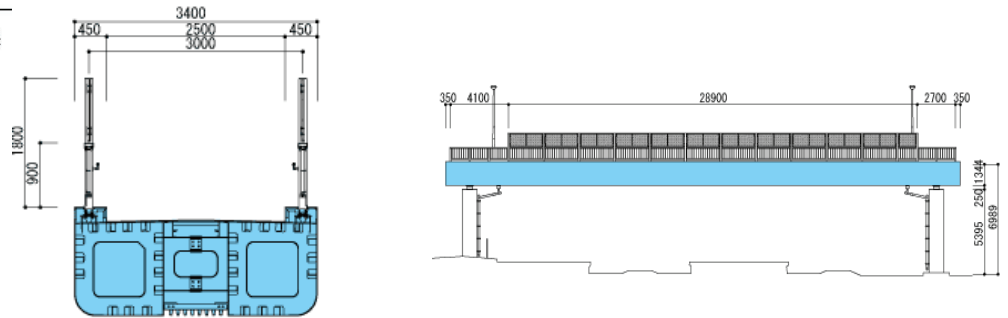


図-1 アルミ橋梁実施例（川棚駅自由通路）



図-2 川棚駅自由通路外観



図-3 川棚駅自由通路内観



図-4 川棚駅自由通路本橋部吊り込み



図-5 川棚駅自由通路支柱・階段部外観

(2) アルミニウム合金製拡幅床版歩道橋

歩道のない既設橋梁に張出しにて歩道を添架する工法で、軽量なアルミニウム合金製の床版を適用し、橋梁の下部工は改修せず、上部工のみの改修（比較的軽微な補強工事を必要とする既存橋梁もある）で歩道添架（拡幅）を行なって歩行者の安全と円滑な通行を確保する。

既設橋梁の端縦桁に張出しブラケットを設置し、このブラケット間にアルミニウム合金製支持梁を渡して、この上に幅（歩道幅）1.5～2.5mのアルミニウム合金製形材を接合（主にFSW）した床版材を設置する。輸送限界を超えない製品であれば支梁と床材を工場にて溶接一体化して現場に搬入し、架設工事では、床版ブロックが軽量であるため、工事期間および交通規制時間を短縮し、周囲への影響を最小限に抑えることが可能となる。

この工法は、橋軸直交方向に補強を行った箇所にブラケットを取り付けることでコンクリート橋の一部にも適用可能であり、既に10例ほどの実施例がある。

アルミ拡幅床版

■玉川橋／秋田県大仙市

発注者：国土交通省東北整備局湯沢河川国道事務所

竣工年度：平成19年度～20年度

歩道延長：650m

有効幅員：2.0m

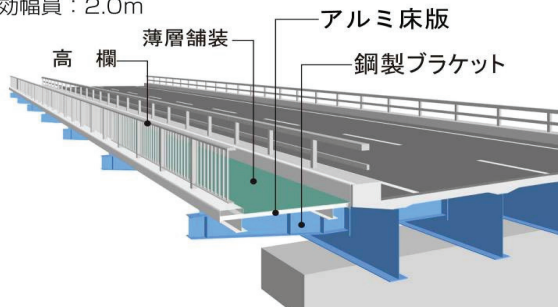


図-6 アルミ拡幅床版実施例（玉川橋）



図-9 玉川橋アルミ床版搬入



図-10 玉川橋アルミ床版吊り込み



図-7 玉川橋拡幅前外観



図-8 玉川橋拡幅後外観



図-11 玉川橋拡幅後内観

(3) コンパクトブリッジ

橋長 10m 前後の既設の橋梁に側道橋を添架するもので、アルミニウム合金製の橋梁を工場で作成し、更に舗装・高欄の取付けも行なった完成品として現場に搬送する。

現場では、あらかじめ橋梁の橋台にあと施工アンカーで張出しブラケットを取付けておき、搬入した側道橋を重機によりブラケット上に吊り込み固定するのみで3～4時間ほどで架設工事が完了する。

アルミニウム合金製側道橋の自重が小さく（W：2m L：10m で完成重量2～3t）、簡易な張出しブラケットで支持が可能であり、独立した側道橋用に必要とされる橋台設置の土木工事を省略し、工事費・工事期間を縮減する工法として採用が増大している。

本工法の派生型としては、橋脚の間隔が比較的小さい（概ね15m程度）橋梁で、橋台および各橋脚に張出しブラケットを取り付けて、コンパクトブリッジ同様工場にて完成させた側道橋をブラケット間に順次架設する工法もある（橋脚ブラケット方式拡幅）。既存橋（地覆、高欄等）の改修と合わせ、荷重増を既存橋脚が支持する許容範囲に収めることが可能であれば、河川内に新たな構造物（橋台、橋脚）を構築することなく側道橋を架設することが可能となり、優位性が大きい工法である。

コンパクトブリッジ[®]

■小川橋／東京都町田市

発注者：東京都

南多摩東部建設事務所

竣工年度：平成20年度

歩道延長：10.15m

有効幅員：2.0m

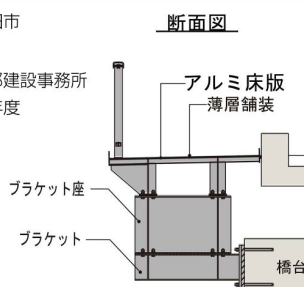


図-1 3 中央橋吊り込み

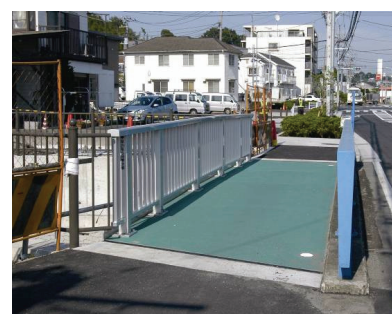


図-1 4 中央橋拡幅後内観

図-1 2 コンパクトブリッジ 実施例 (中央橋)



図-1 5 橋脚ブラケット方式拡実施例 (十軒橋)



図-1 6 十軒橋桁下外観図