

参考資料：他分野技術の応用に関する研究

橋梁の多くは構造体そのものがむき出しになっており、その力の流れと機能を明快に見せることが求められる。それに対して、建築物などは構造体に装飾を施すことによって形作られ、装飾によって美しさを表現し、人間の行動に密接に関わっている。このため、橋梁デザイン本来の構造的合理性と経済性を排除することなく、建築やその他分野のデザイン思想および技術を応用する方法を探ることを試みた。

当初、上記の観点からWG 3として活動していたが、構成メンバーが相次いで転勤や転職したことによりWGから脱退し、研究活動を道半ばで休止せざるを得なくなった。

本資料は、研究の途中経過をとりまとめて報告するものである。

参考資料 1 要素技術に関する情報収集

参考資料 2 他分野の構造設計思想に関する分析

参考資料 3 各種構造体の歴史的変遷

参考資料 1 要素技術に関する情報収集

他分野技術の応用に関する研究 ワーキング活動報告

メンバー構成

- | | | |
|-------|---------------|--------------------------------|
| 増田和裕 | 川田テクノシステム(株) | kazuhiro.masuda@kts.co.jp |
| 石田剛 | 高田機工(株) | t_ishida@takadakiko.co.jp |
| 高須賀文広 | 川鉄橋梁鉄構(株) | takasuka@kawatetsu-bs.co.jp |
| 八馬智 | 千葉大学 | hachima@faculty.chiba-u.jp |
| 堀川伸也 | 東京エンジニアリング(株) | s-horikawa@tec.co.jp |
| 山上武志 | (株)東京鐵骨橋梁 | Takeshi_Yamagami@tk-corp.co.jp |
- (敬称略)

研究の概要

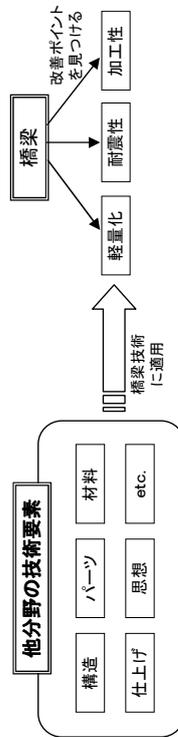
橋の多くは構造体そのものがむき出しになっており、その方の流れと機能を明快に見せることが求められる。それに対して、建築物は構造体に装飾を施すことにより形作られ、装飾によって美しさを表現し、人間の行動に密接に関わっている。

本研究では、橋梁デザイン本来の構造的合理性と経済性を排除することなく、建築やその他分野のデザイン・思想・技術を応用する方法を探っていくものとする。



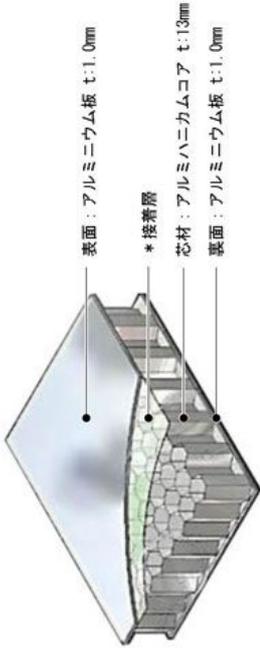
研究の進め方

- (1) 特定の問題領域に絞り込まずに、構造・パーツ・材料などの技術要素を収集する。
- (2) 現状の橋梁デザインに関する改善ポイントを見つける。
- (3) 改善ポイントを整理・分類し、(1)で収集した技術要素を適用する。



技術要素に関する情報収集

- (1) 基本的に、インターネットを利用して情報を収集する。



- (2) 収集した技術要素を分類する。

材料	
構造	○
部分	
仕上げ	
思想	
3E	
Efficiency	
Economy	
Elegance	

- (3) その技術要素が目的とする項目をあげる。

デザイン	
強度	○
コスト	
施工性	
環境	

活動スケジュール(案)

	2005年			2006年				
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
活動方針の設定	→							
情報収集	→	→	→	→	→	→	→	→
改善ポイントの整理		→	→	→	→	→	→	→
3Eの検証				→	→	→	→	→
報告書作成					→	→	→	→
報告書まとめ								→

橋梁デザインにおける3Eに関する研究会(2)

他分野技術の応用に関する研究 ワーキング活動報告

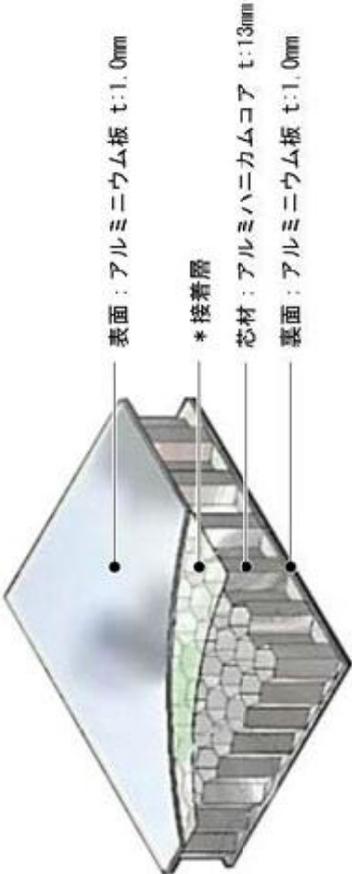
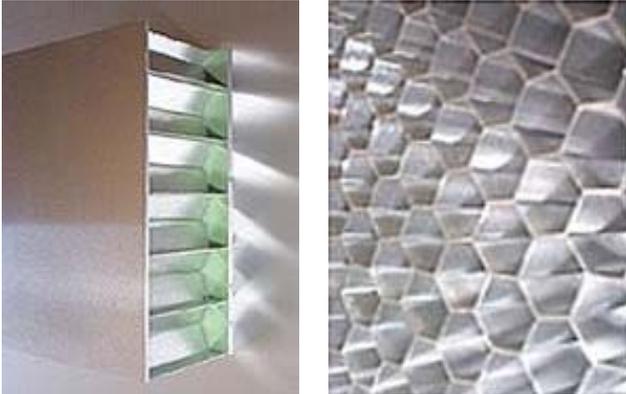
2005年6月17日 第4回全体部会

活動履歴

- 第1回 2005年2月18日(金) 15:00～17:30 川田テイクシステム 会議室
参加者: 増田 石田 高須賀 八馬 山上
- 第2回 2005年5月25日(水) 15:00～17:00 高田機工 会議室
参加者: 増田 石田 八馬 山上

技術要素に関する情報収集

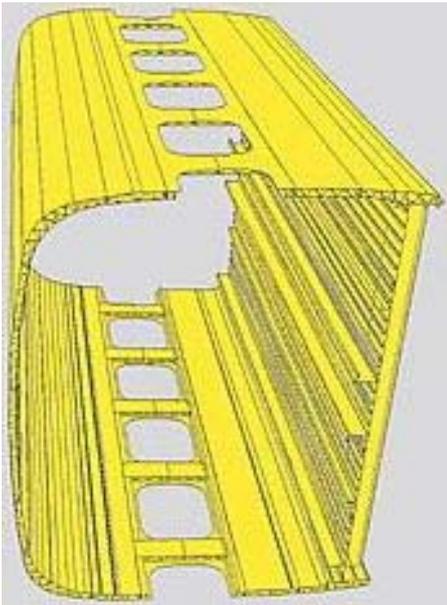
今回は、特に技術要素の利用目的を限定せずに、無作為に情報収集をおこなった。さらに収集を続けたのちに、利用可能な分野に応じて分類をおこなう。現状の橋梁における問題点を洗い出し、収集した技術要素の中から適用可能なものを考察していくものとする。

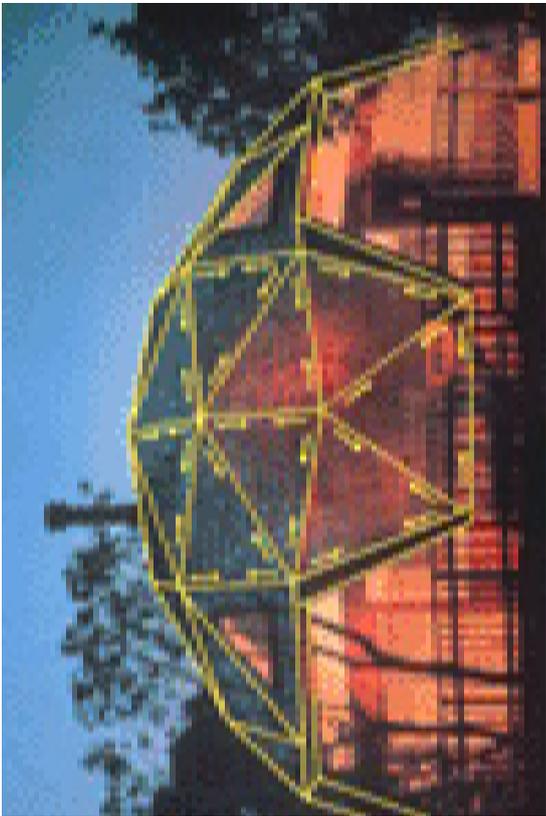
<p>ハニカム構造</p> 		<p>ハニカム構造とは「蜜蜂 (Honey) の巣 (Comb)」のような 6 角形の集合体の意味で、あらゆる方向に対して強度があります。アルミハニカム材を芯材に使うことで、体積の 95%以上が空洞にできるため、超軽量でありながらも高剛性な構造にすることが可能です。また、ハニカムパネルは、全体に均一な接着構造となっているので、リベット、溶接、ビス等の構造と異なり、「応力集中が少ない」ため、耐疲労性にも優れています。</p>	<p>コクヨ株式会社 http://www.souzai.jp/structure/honeycomb.htm</p>			
				材料		
				構造	○	
				部分		
				仕上げ		
				思想		
				3E	Elegance	
					Economy	
					Efficiency	
				デザイン	○	
強度	○					
コスト						
施工性						
環境						
分類						
目的						

クローズドセル構造金属材料	
<p>クローズドセル構造金属材料の開発</p> <p>新しい機能を有する構造材料</p> <p>クローズドセル構造金属材料作製法</p> <p>応用</p> <p>航空機・宇宙構造物用材料 軽量、高強度、高剛性、エネルギー吸収性、制振性、耐熱性、耐熱疲労性</p>	<p>材料 ○</p> <p>構造 ○</p> <p>部分</p> <p>仕上げ</p> <p>思想</p> <p>3E Elegance Economy Efficiency</p> <p>デザイン</p> <p>強度 ○</p> <p>コスト</p> <p>施工性</p> <p>環境</p>
<p>マイクロメートルサイズの粒子に金属をコーティングし、これに等方静水圧負荷・焼結を行い、3次元的に等方なマイクロセル構造材料を作製する技術を開発しています。宇宙構造物や高速輸送体などに適した、軽量で比強度が高く、高剛性、制振性や消音性、衝撃エネルギー吸収性という多数の機能を付加させた構造材料を創製することを目標としています。また、このような材料を開発するための基盤技術として、材料の微小な変形を計測する電子線モアレ法の開発も行っています。</p>	<p>目的</p>
<p>独立行政法人物質・材料研究機構 http://www.nims.go.jp/Smart/research/microcell.html</p>	

エコスハウス			○
			○
材料			○
構造			○
部分			○
仕上げ			○
思想			○
3E			○
Elegance			○
Economy			○
Efficiency			○
デザイン			○
強度			○
コスト			○
施工性			○
環境			○
分類			○
目的			○
<p>エコスハウスはアルミを構造材とする量産化住宅です。基本ユニットは、×型のアルミ押出材を組み合わせた1.2m×1.2mのラチスパネルです。このパネルを現場でボルト締めするだけで組み立てられるため、工期が短くコストを抑えることができます。床、階段、内外装はすべて工場製作のユニットです。1.2mのモジュールで、高い天井高さ(3.6m)と、3階建てまでの階数、さまざまな広さ、形状のプランが可能。住宅だけでなく、オフィスや店舗などさまざまな用途、規模に応用でき、新しいライフスタイルにふさわしい建築を実現します。また、ラチスパネルの再利用により、解体時に産業廃棄物をださないシステムを目指しています。</p>			
<p>SUS 株式会社 ecoms 事業部 http://www.ecomsfit.com</p>			

TOM-MPS 構法	
材料	○
構造	
部分	
仕上げ	
思想	
3E	Elegance
	Economy
	Efficiency
デザイン	
強度	○
コスト	
施工性	
環境	
分類	
目的	
<p>柱が邪魔になる工場等で柱スパンを飛ばした無柱空間のニーズに対応します。</p>	
<p>戸田建設 http://www.toda.co.jp/kenchiku/tcdb/35.html</p>	

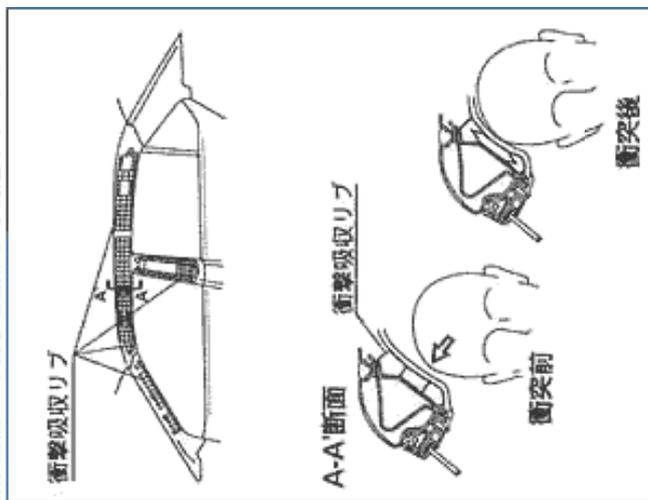
ダブルスキン構造																												
 <p>700系新幹線車両構体のダブルスキン構造</p>  <p>700系新幹線車両屋根構体部分のダブルスキン構造</p> <p>国内におけるすべてのアルミ合金製車両は、昭和37年(1962年)に最初の車両が製作されて以来、これまでに1万両以上も製造されている。また、製造技術の発達でインシヤルコストを考慮した大型の押し出し形材が開発され、製造の簡素化と効率化を図っている。特に700系新幹線車両ではダブルスキン構造の大型押し出し形材が使用され、防音効果も兼ねそなえている。</p> <p>防音壁や防護柵に使用出来ないだろうか？</p> <p>川崎重工業 http://www.khi.co.jp/sharyo/tec_final/tec_al_1.html</p>	<table border="1"> <tr> <td>材料</td> <td></td> </tr> <tr> <td>構造</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>部分</td> <td></td> </tr> <tr> <td>仕上げ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>思想</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3E</td> <td>Elegance</td> </tr> <tr> <td>Economy</td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> </tr> <tr> <td>デザイン</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="5">目的</td> <td>強度</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>コスト</td> <td></td> </tr> <tr> <td>施工性</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>環境</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	材料		構造	○	部分		仕上げ		思想		3E	Elegance	Economy	Efficiency	デザイン		目的	強度	○	コスト		施工性	○	環境			
	材料																											
構造	○																											
部分																												
仕上げ																												
思想																												
3E	Elegance																											
	Economy																											
	Efficiency																											
デザイン																												
目的	強度	○																										
	コスト																											
	施工性	○																										
	環境																											

フラードーム																							
	<p>最小単位で最強のカタチ「三角形」 普通の建築物は、垂直材と水平材によって成立しています。つまり、四角形が造形の基本になっているのですが、四角形というのは、本当は不安定な構造物でもあるわけです。このため、日本の木造建築物では「筋かい」と呼ばれる斜めの木材を加えることで強さを補強しています。四角形に対角線を加えると、2つの三角形に分けることができます。面を作る最小の構造体三角形は圧力に対して非常に強固な構造をしています。つまり三角形がもつとも安定したカタチなのです。しかし、建築における造形の基本として三角形を活用することはこれまでもあまり行われていませんでした。そして、三角形を基本にした正四面体も強固で安定した構造物であることが知られています。</p> <p>三角形を基本単位として新しい橋梁はできないだろうか。ゾムツールで構造検討？</p> <p>エレクター株式会社 http://www.erecta.co.jp/dome/d07-Information/dome7-3.htm</p>																						
	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">分類</td> <td>材料</td> <td></td> </tr> <tr> <td>構造</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">仕上げ</td> <td>部分</td> <td></td> </tr> <tr> <td>思想</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>3E</td> <td>Elegance Economy Efficiency</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">目的</td> <td>デザイン</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>コスト</td> <td></td> </tr> <tr> <td>施工性</td> <td></td> </tr> <tr> <td>環境</td> <td></td> </tr> </table>	分類	材料		構造	○	仕上げ	部分		思想	○	3E	Elegance Economy Efficiency	目的	デザイン	○	強度	○	コスト		施工性		環境
分類	材料																						
	構造	○																					
仕上げ	部分																						
	思想	○																					
	3E	Elegance Economy Efficiency																					
目的	デザイン	○																					
	強度	○																					
	コスト																						
	施工性																						
	環境																						

パッシブセーフティ（自動車） - 1	
	<p>フロント部エネルギー吸収構造</p>
	<p>これら前後のサイドメンバーには間隔を置いてビードを入れるなどの工夫により、衝突時に潰れて衝撃を効果的に吸収します。さらに、オフセット衝突に対しては、左右のサイドメンバーを強固なクロスメンバーで接続し、非衝突側にも衝撃を分散する構造としています。</p> <p>落橋防止装置の設計では、荷重方向を限定した設計となっている。自動車の衝突のように荷重方向にある程度自由度を持たせるべきではないだろうか。</p>
<p>トヨタ自動車 http://www.toyota.co.jp/jp/tech/safety/passive/impact.html</p>	
<p>材料</p> <p>構造 ○</p> <p>部分</p> <p>仕上げ</p> <p>思想 ○</p> <p>3E</p> <p>Elegance</p> <p>Economy</p> <p>Efficiency</p> <p>デザイン ○</p> <p>強度 ○</p> <p>コスト</p> <p>施工性</p> <p>環境</p>	<p>分類</p> <p>目的</p>

パッシブセーフティ（自動車） - 2

乗員頭部への衝撃を緩和する構造のインテリア



斜め前面衝突や側面衝突では、乗員の頭がフロントピラーなどのボディ骨格のインテリアに衝突することがあります。これに対応するために、頭部衝撃緩和構造のインテリアを採用しています。フロントピラーやセンターピラーやルーフサイドインナーレールなどを被う、プラスチックカバーに 衝撃吸収リブや衝撃緩和構造を内蔵し、衝突時に乗員頭部の衝撃を緩和します。

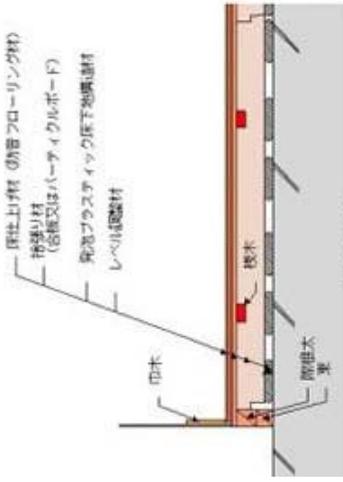
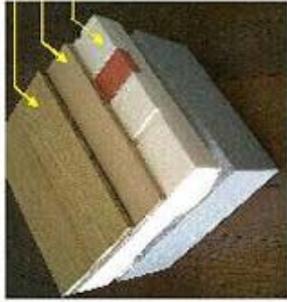
緩衝用のゴムは、高価なため、薄板に加工を施した緩衝材は作れないだろうか。

トヨタ自動車

<http://www.toyota.co.jp/jp/tech/safety/passive/absorption.html>

分類	材料		
	構造	○	
仕上げ	部分		
	思想	○	
	3E	Elegance	
		Economy	
Efficiency			
目的	デザイン	○	
	強度		
	コスト		
	施工性		
	環境		

<p>吊り下げ型吸音体</p> 	<p>材料</p>	
	<p>構造</p>	
	<p>部分</p>	○
	<p>仕上げ</p>	○
	<p>思想</p>	
	<p>3E</p>	Elegance Economy Efficiency
	<p>デザイン</p>	
	<p>強度</p>	
	<p>コスト</p>	○
	<p>施工性 環境</p>	○
<p>分類</p>		
<p>目的</p>		
<p>工場や機械室などでは、大きな騒音が発生し、就労者の作業環境が損なわれることが少なくありません。作業空間内だけでなく、周辺近隣への騒音対策も必要です。これらの室内では、騒音対策として壁や天井面を吸音処理することが多いのですが、設計上の制約などから吸音材の背後に空気層を設けることができず、大きな吸音効果が得られないのが現状です。そこで、吸音材の背後に空気層を持たせるために形状を直方体とし、天井面から吊り下げるなどの配置により、高い吸音性能が得られる吊り下げ型吸音体を開発しました。</p>		
<p>http://www.okumuragumi.co.jp/technology/construction/environment/hangdown.html</p>		

防音フローリング床システム																													
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>床断面図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>断面構成写真</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">防音フローリング床システムの概要</p>	<p>近年、集合住宅の居住性能への関心が高まり、高度な性能が要求されるようになってきました。最近では、日本住宅性能表示制度にも見られるように、建物の性能を設計段階から積極的に表示していく法整備もなされ、音環境に係わらず住宅の性能に対する購入者の関心は益々高まっています。</p> <p>本床システムは、日本住宅性能表示制度の特別評価方法認定により、大梁に接しない居室(0辺拘束居室)における等級表示が可能(等級3)です。0辺拘束居室での認定は、一般的な躯体床構造(ボイドスラブ)では日本で最初です(現評価基準では0辺拘束の居室は最低等級(等級1)としか表示できません)。さらに、軽量床衝撃音については、拘束条件に関係なく等級5(最高等級)と表示することが可能であり、高度な性能を達成した防音フローリング床システムです。</p>																												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">材料</td> <td style="width: 50%;">○</td> </tr> <tr> <td>構造</td> <td></td> </tr> <tr> <td>部分</td> <td></td> </tr> <tr> <td>仕上げ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>思想</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3E</td> <td>Elegance</td> </tr> <tr> <td>Economy</td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> </tr> <tr> <td>デザイン</td> <td></td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td></td> </tr> <tr> <td>コスト</td> <td></td> </tr> <tr> <td>施工性</td> <td></td> </tr> <tr> <td>環境</td> <td></td> </tr> </table>	材料	○	構造		部分		仕上げ		思想		3E	Elegance	Economy	Efficiency	デザイン		強度		コスト		施工性		環境		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">分類</td> <td style="width: 50%;">○</td> </tr> <tr> <td>目的</td> <td></td> </tr> </table>	分類	○	目的	
材料	○																												
構造																													
部分																													
仕上げ																													
思想																													
3E	Elegance																												
	Economy																												
	Efficiency																												
デザイン																													
強度																													
コスト																													
施工性																													
環境																													
分類	○																												
目的																													
<p>奥村組</p> <p>http://www.okumuragumi.co.jp/technology/construction/environment/bouon.html</p>																													

ガラス																									
<p>Q. 叩いても割れないガラス</p> <p>A 絶対に、割れない建築用のガラスはありませんが、熱処理、又は化学処理をする事で、通常のガラスが持っている強度の5倍くらいにする事が出来ます。</p> <p>※ ガラスはなぜ割れる なせ脆いのか？ 何とかが割れないガラスができないか。長い間研究が続けられて きました。そして分かったことは、ガラス表面の微小な傷(クラック)が割れる原因だと言うことです。 物が割れるということは、ガラスの場合珪素と酸素の結合が切れると言うこと です。 ところが この結合の力が大変強くよほど相性がよいのであろう。 この結合を切るのには 1 ミリ四方で 1 トンの力を要するのです。(子供の頭に一 万トンの船がのった 様な力) しかし、現実には通常のガラスはその百分の一の力で割れてしまいます。これ は、ガラスの表面に、目に見えない無数の傷が 存在する からです。その傷の一つに力が集中してそこから傷が伸びていき成長し破壊が 発生するのです。過冷却液体のガ ラスは その他の固体構造に特有の結晶の粒界 が無いため、そこで傷の延長が食い止められないのです。(東洋経済新報 社、保 谷ガラス編集「ガラスあれこれ」出典)</p>	<table border="1"> <tr> <td>材料</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>構造</td> <td></td> </tr> <tr> <td>部分</td> <td></td> </tr> <tr> <td>仕上げ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>思想</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">3E</td> <td>Elegance</td> </tr> <tr> <td>Economy</td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> </tr> <tr> <td>デザイン</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td></td> </tr> <tr> <td>コスト</td> <td></td> </tr> <tr> <td>施工性</td> <td></td> </tr> <tr> <td>環境</td> <td></td> </tr> </table>	材料	○	構造		部分		仕上げ		思想		3E	Elegance	Economy	Efficiency	デザイン	○	強度		コスト		施工性		環境	
材料	○																								
構造																									
部分																									
仕上げ																									
思想																									
3E	Elegance																								
	Economy																								
	Efficiency																								
デザイン	○																								
強度																									
コスト																									
施工性																									
環境																									
分類																									
目的																									
<p>ガラスは難しいか。しかし、割れないガラスもあるという。(http://ss.nikkei.co.jp/ss/sozo/1-6.html) 出典：日経新聞</p> <p>大阪板硝子販売 http://www.osgco.com/glass_faq.htm</p>																									

参考資料2 他分野の構造設計思想に関する分析

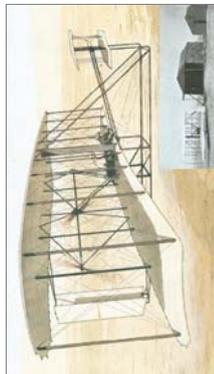
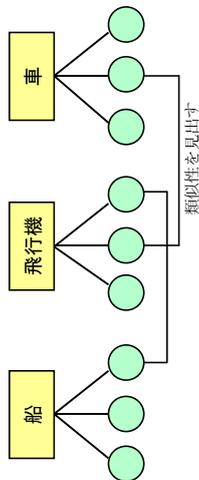
橋梁デザインにおける3Eに関する研究部会(2)
他分野技術の応用に関する研究 ワーキング活動報告

活動履歴

- 第1回 2005年2月18日(金) 15:00~17:30 川田テックシステム 会議室
 参加者: 増田 石田 高須賀 八馬 山上
- 第2回 2005年5月25日(水) 15:00~17:00 高田機工 会議室
 参加者: 増田 石田 八馬 山上
- 第3回 2005年6月29日(水) 15:00~17:00 東京鉄骨橋梁 会議室
 参加者: 増田 八馬 山上

他分野の構造設計思想に関する分析

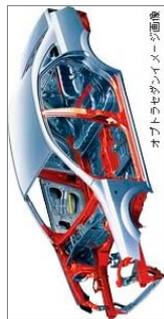
- 船、飛行機、車の分野に絞り込んで調査する。
- それぞれの分野におけるデザイン思想を、時代とそとの社会背景もあわせて探り出す。



ケーブルによる構造



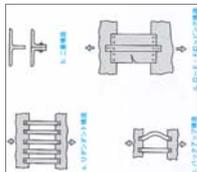
スケルトン構造



モノコック構造



セミ・モノコック構造



フェイルセーフ構造

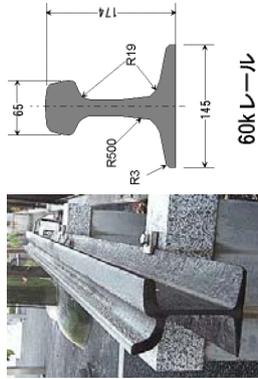
ディテールにおける問題点の洗い出し

- 橋梁の特定部位に着目し、問題点を洗い出す。
- 問題点を解決するために応用可能な素材を探し出す。

箇所	問題点
検査路	<ul style="list-style-type: none"> 橋を下から見ると、維持管理目的の大掛かりな装置にもかかわらず、デザイン性は考慮されていない。 溶融亜鉛メッキ仕様となっているため、色彩がよくない。
排水	<ul style="list-style-type: none"> V P管を用いて無塗装の場合、排水システム自体が目立つ。同色塗装が望ましい。 支持金具は客先ごとの標準図である程度定められており、デザイン性は皆無。 支持金具にデザイン性を持たせれば桁内、桁間に納めなくても見せるデザインが可能では？ 最近では外面に排水管を這わせることは少なく、一般の人々の目に触れることは少なくなっている。
遮音壁	<ul style="list-style-type: none"> 最近では比較的高い品物のデザイン性が増えている。 風荷重によって、床版や桁に与える影響が大きいが、風は通すが音は遮断するような構造を考案することができれば良い。
落橋防止	<ul style="list-style-type: none"> デザイン性がない。 機能さえ満たせば十分という土木的発想。 落橋防止装置は美観を大いに損ねている。(脚付きブラケットなど)
支承	
汚れ対策 水回り処理	
吊りビース	<ul style="list-style-type: none"> 部品は小さいが、数が多いため見た目日に与える影響は大きい。 デザイン性を持たせることが必要。 足場用吊りビースは美観を損ねると共に、疲労上好ましくもないが、塗装の塗り替えやその他補修時には必要となる。そのビースを用いて化粧板を取り付けることが可能なら、桁本体が被覆でき、美観的に優れる。

身近なものに見る「I」を大きくする工夫

① 鉄道レール



60kレール

鉄道のレールはフランジ構造

モノレールの軌道はたて長の長方形

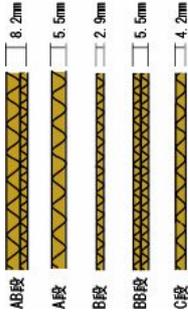
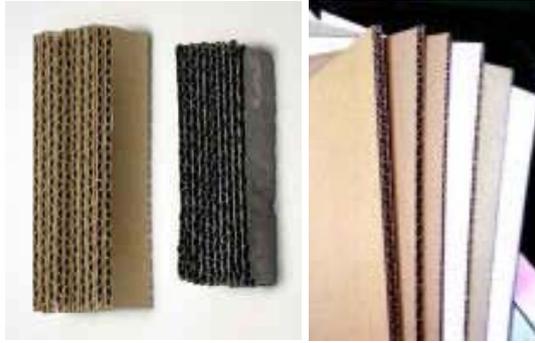
② コンテナ車(貨車)



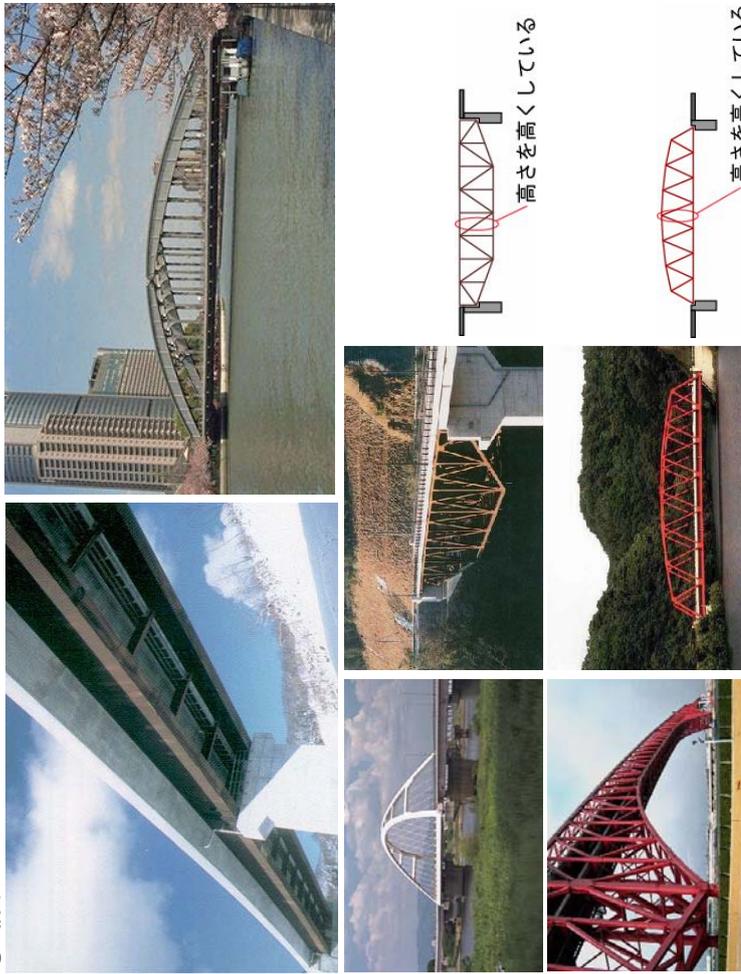
③ トタン板



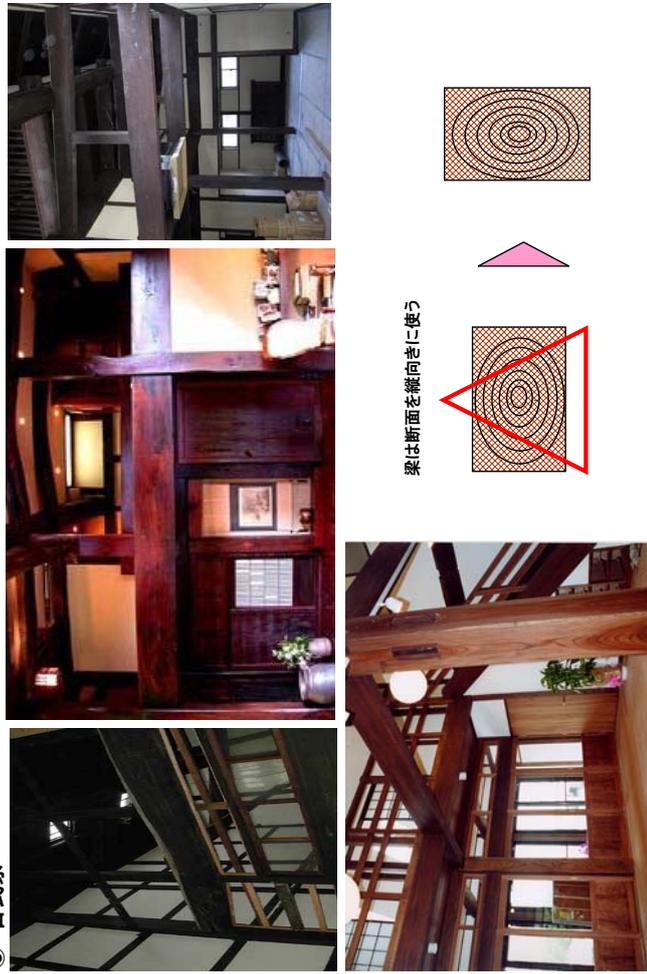
④ 段ボール



⑤ 橋げた

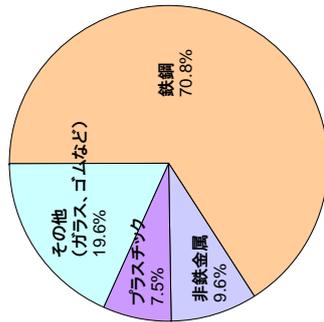


⑥ 古民家

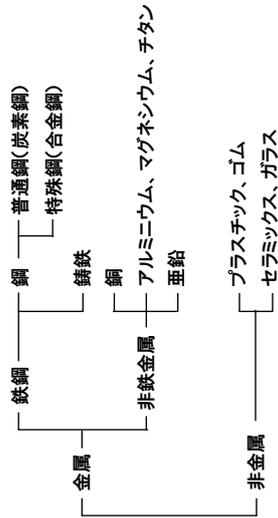


1) 自動車に使用される材料

①乗用車に使用される材料の構成割合 (1997)



②主な自動車用材料



2) 自動車の軽量化技術

①自動車の軽量化技術の大まかな流れ(材料的側面から)

<p>鉄鋼 (高張力鋼)</p>		<p>・材料の高強度性を 利用して軽量化を図る</p>
<p>アルミニウム</p>		
<p>プラスチック (CFRP)</p>		<p>・CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) ・F1レーシング車のボディに使用 ・形状の自由度が高い</p>

②自動車における軽量化技術の動向

■ボディ

- ・ダウンサイジング
- ・構造最適化
 - a. サイドメンバのストレート化 (従来、屈曲していたボディ両サイドの骨状部材をストレート化する)
- ・新工法、新材料への置換
 - a. ハイドロフォーミング (液圧を利用して成形するプレス方法。パイプ状部材の成形に有利)
 - b. YAGレーザー、ワンウェイ溶接 (線状溶接のため、従来のスポット溶接よりも強度が高く、軽量化可能)
 - c. 高周波焼入れによるボディ軽量化 (板金部材でも高周波焼入れすることにより強度が上がり、軽量化可能)
 - d. アルミスペースフレーム
 - e. 不等厚一体パネル (平板の状態では厚みの違う板を接合し、その後プレスする)

■シャシー

- ・新工法、新材料への置換
 - a. ハイドロフォーミング (液圧を利用して成形するプレス方法。パイプ状部材の成形に有利)
 - b. サスペンション、シャシー部材のアルミ化
 - c. アルミ押し出し材を使用した井桁フレーム
 - d. ローラー成形 (ロール成形されたU字溝を溶接で閉断面とせずに閉断面のまま使用)

■エンジン

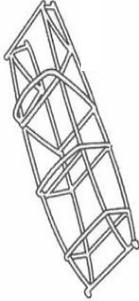
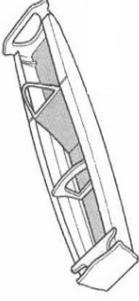
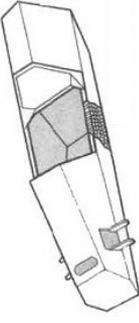
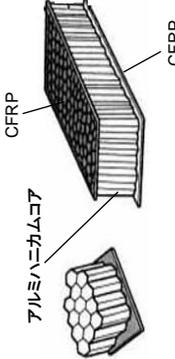
- ・新技術による更なる小型化、軽量化
 - a. アルミシリンダブロック
 - b. アルミ鍛造ピストン (鍛造ピストンより高強度にできるため、軽量化が可能)
 - c. オイルパンのMg合金化
 - d. 吸気マニホールドの樹脂化、モジュール化
 - e. 中空カムシャフト

■装備品

- ・部品の構造合理化
 - a. 電動パワーステアリング
 - b. モジュール化による部品点数削減、軽量化
 - c. ECU(Electronic Control Unit)の統合
- ・材料置換
 - a. ガラスの樹脂化
 - b. ルーフラックの樹脂化
 - c. パンパーフェイシアの樹脂(PP)化と高弾性率、高流動化による薄肉化
 - d. PETフェルト、PPフェルトによるダッシュパネルパッド
- ・小型化

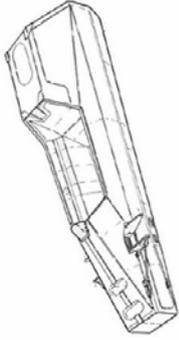
3) 自動車のボディー構造の変遷

自動車の中でも、F1車のボディーには、特に軽量性と剛性の両方が高いレベルで要求される。ここでは、F1車のボディー構造の変遷を紹介する。

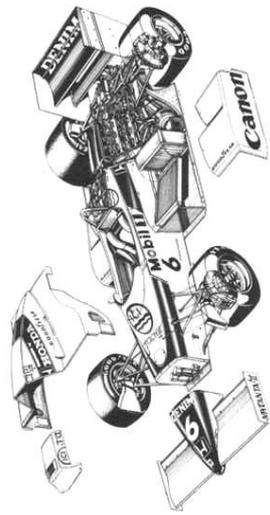
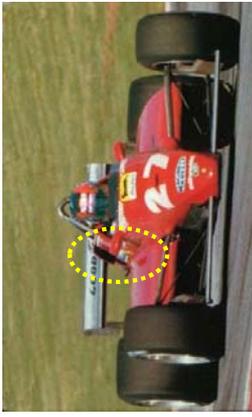
1960頃	<p>①スペースフレーム</p> 	<p>1960年代のF1では、鋼管を用いたスペースフレームを使用していた。4本の縦通材の他にトラス(筋かい)を入れたり、フープ(輪)を設けたりしてフレームとしての剛性を高くしていた。</p>
1970頃	<p>②モノコックフレーム</p> 	<p>薄いアルミ板を箱形に加工し、それでフレームとしての剛性を得る方法。左右にチューブ状の構造を設けているため、ツインチューブモノコックとも呼ばれていた。スペースフレームより軽く、剛性も高いため、性能と安全性がともに向上した。</p>
1975頃	<p>③アルミハニカム・モノコック</p> 	<p>蜂の巣のように、六角形を集合したコアをアルミ箔で造り、この両側をアルミ合金板でサンドイッチした構造。モノコックフレームでは、剛性を高くするために、モノコックの断面積を大きくしなければならなかったが、ハニカムコアを挟むことで薄い断面にすることが可能となった。また、クラッシュの際に、このコアの部分がつぶれて衝撃を吸収する役目も持っていた。</p>
1980頃	<p>④カーボンファイバー・ハニカムモノコック</p>  <p>アルミハニカムコア</p> <p>CFRP</p>	<p>アルミハニカムに使用していたアルミ合金板を、カーボンファイバーを使用したCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)に置き換えることで、ボディー剛性は飛躍的に向上した。これも航空産業との共同によって生まれた構造。CFRPは、もとはロケットや戦闘機など、コストをあまり気にしない分野で使用されていた材料であり、かなり高価。カーボンファイバーを使用するようになってから、ドライバーの死亡事故は激減した。</p>
⑤ケブラー・ハニカムモノコック		<p>カーボンファイバーが非常に高価なのに対し、ケブラー(アラミド繊維)は強度はカーボンの1/3程度であるが、安価に製造可能。また、カーボンファイバーの欠点である耐衝撃性にも強い。</p>

⑥サイドパネルのモノコック化

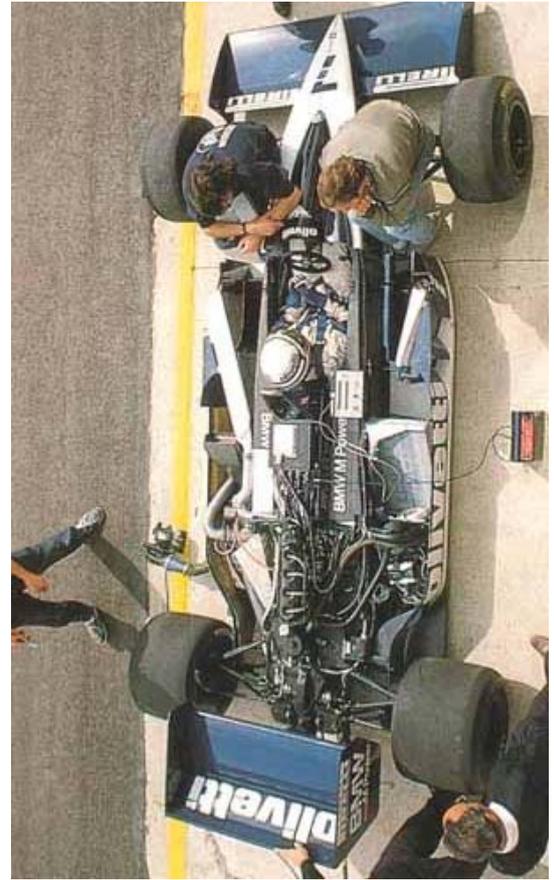
1985頃



F1車のボディーで最も構造的に弱いのは、コックピットの開口部である。コックピットのサイドパネルも、ボディーと一体のモノコックとし、強度低下をカバーした。



ウィリアムズ FW10 HONDA



②セミ・モノコック構造

部材を単独パーツとすることの利点は、大きく以下の3点に集約される。

- ①部品点数が減ることによって製造コストが削減できる
- ②木目や接合部材がなくなることによる軽量化
- ③力をスムーズに伝達できる形状とすることによる無駄な材料の削減(シエイブアップ)

ここでは、単独パーツの代表的な事例として、「モノコック構造」と「シェル構造」を紹介する。

1)モノコック構造

①モノコック構造

「応力外皮構造」とも呼ばれるが、卵のように外皮だけで形をととのえ、胴体に加わるあらゆる荷重に対して、構造全体で耐えるようにした構造。材料効率は極めて高く、軽量化が実現できる。



陸軍戦闘機(1923)
(木製モノコック)



潜水艦



競技用電気自動車



ロケット



モノコックバス



モノコック電車



カニ(甲殻類)



ガスタンク

戦後、多くの航空機技術者が鉄道や自動車の世界に移り、モノコック構造の車両(モノコック電車、モノコックバス)を多く設計した。しかし、モノコック構造では大きな窓がつけられないため、バスや電車においては、次第に他の構造(スケルトン構造)に変わっていった。



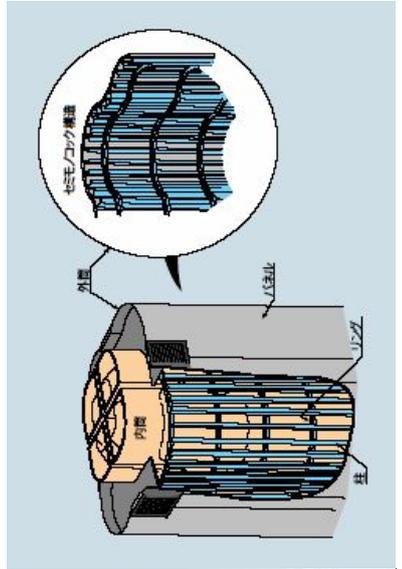
モノコック構造のように外皮だけの構造ではなく、フレーム、外板、縦通材の各構造部材が分担して荷重に抵抗する構造。モノコック構造よりも剛性が高いため、安全性が特に重視される構造物に採用される。



ジャンボジェット



YS11型機



新名古屋火力発電所

2) シェル構造

モノコック構造に似ているが、特にシェル構造と呼ぶ場合には、構造体が殻と呼ばれるなめらかな曲面で構成されているのが特徴。殻は曲面であることよってその形状を保持し、荷重にも抵抗する。



オペラハウス (オーストラリア)



Parroquia del Señor del Campo Florido (メキシコ)



Iglesia de San Jose Obrero (メキシコ)



国際工業技術センター (フランス)



航空博物館 (スウェーデン)



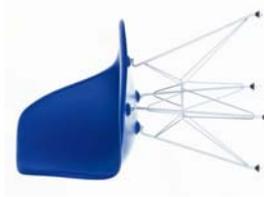
ハインベルグ・スポーツセンター
・テニスホール (スウェーデン)



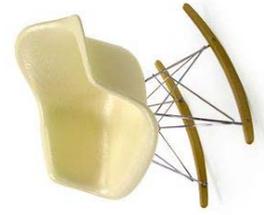
グロップスゲン・ナチュラシニアター (ドイツ)



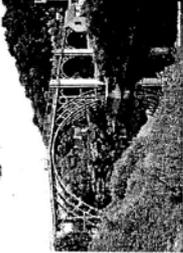
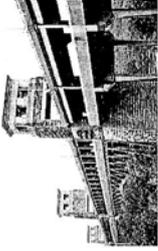
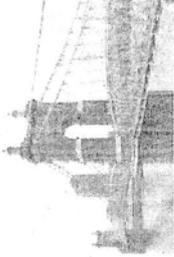
貝殻



椅子



参考資料3 各種構造体の歴史的変遷

西暦年	1735年	1750年	1800年	1850年	
施工国	イギリス?	ドイツ	イギリス	イギリス	アメリカ
橋名	Coalbrookdale橋		フランス	ブリタニア橋	ナイアガラ橋
竣工年	1779年	1791年	1820年	1832年	1855年
					
形式	アーチ橋	??	吊橋	箱桁	吊橋
支間長					
使用材料	鑄鉄	錬鉄	錬鉄	錬鉄	錬鉄
材料技術の変遷	ダービーの コークス高炉 (1735年) → 鑄鉄	バドル錬鉄 (1783年)		ベッセマ製鋼法(1855年) マルテン平炉製鋼法(1864年) トーマス塩基性炉(1878年)	
特徴		世界初の鑄鉄橋	錬鉄チェーンの吊橋	ワイヤーケーブル	最初全錬鉄橋 PGの元祖 平行線ケーブル
社会情勢					

■ 自動車の歴史

	時代背景	生産背景	技術背景
1900			
1905			
1910		1908 T型フォード 生産開始 自動車の大衆化、大量生産への移行	
1914	第1次世界大戦	1911 モーリス・オクスフォード生産開始 ライン生産による大量生産	
1915			
1920	大量輸送時代へ	1923 アメリカで高速道路建設開始	
1925		公共交通機関の発達	
1930	世界恐慌	1927 オースチンセヴン生産開始 ・アルミニウム製のボディ ・4輪ブレーキ	
1935			
1940	第2次世界大戦	軍用車の生産増大へ 1940 アメリカ軍配送車としてジープ生産開始	
1945			
1950		1948 ビートル生産開始	
1955			
1960		1959 ミニ生産開始	1958 すばる360モノコックボディ採用。 1960 トヨタかんぱん方式導入
1965			1967 世界初ロータリーエンジン
1970			
1975			
1980			1978 国産車 高張力鋼板採用。
1985			
1990			1990 NSX量産にあたりアルミニウム溶接の専用機を開発。 (アーク溶接機、スポット溶接機)
1995			
2000			
2005			

■ 詳細情報

モノコック

モノコックとは「モノコック」の「モノ」は「単一の」という意味で「コック」は卵などの「殻」を表し、自動車の車体が卵の殻状をなしているのがモノコックボディであり、応力外皮構造ともいう。

ハイテン

高張力鋼板ハイテンとはHigh Tensile Strength Steel Sheetsの略称で、引張り強さが高い鋼板のこと。自動車用冷延鋼板では、普通鋼板が強さ270MPa(メガパスカル 応力の単位)以上に対し、ハイテンは強さが340MPa以上として規定されている。一部、超ハイテンと呼ばれる鋼板も使用され始め、自動車の軽量化、高剛性化がいつそう可能になる。

かんぱん

1960年代に「かんぱん」が考案され、実用化された。後工程は、部品使用時に外した「かんぱん」に表示された必要数を前工程に引き取りに行き、前工程は部品引き取り時に外した「かんぱん」に表示された必要数を生産するというように、「かんぱん」は後工程の運搬指示と前工程の生産指示の道具として広く利用されるようになった。

構造・材料に着目した歴史

船体	材料	特徴	歴史
いかだ 	木、竹、草		
くり船(丸木船) 	木		
構造船(組立船) 	木船	木板を木または鉄の釘で接合 内部フレーム構造 竜運材の取り付け	15~17世紀 大航海時代 18~19世紀 産業革命
	鉄船 1787~1890	木材に比べて強度が大きい 大型の船の建造が可能 鉄処理でどんな形にも形成できる 木船に比べて寿命が長い 二重底や隔壁を造ることが可能	1807 グラモント号(米)一世 世界初の外輪式蒸気船 1814 スチブソンの蒸気機 関車 1819 サウアンナ号(米)一初 めての大西洋横断 1853 ペリー-浦賀交航
	被覆船		
コンクリート船 1849~ 		鋼材の節約 建造期間の短縮 工機設備の簡易化 特殊技能の不要 材料入手が容易 建造費の低下 維持費の低下 水抵抗の減少 耐火性の増大 振動の減少	1914 第一次世界大戦 1989 第二次世界大戦

	鋼船 1862~	単材フレームの出現 特設ピラーの出現 区画式二重底の出現 船体内部に水タンク設置 横材式のほかに縦材式構造の出現	
	高張力鋼使用船	引張り強さが軟鋼の50%増 大型船の頂部構造に使用	
	FRP船 20世紀~	強度が大きい 腐食性と耐久性に優れる 船体为非磁性である 船底汚損、腐食などによる抵抗増加が無い	
	アルミニウム船	軽量	