

An Overview of Prestressed Concrete Technology in Australia

オーストラリアにおけるプレストレストコンクリート技術の概要

Thiru Aravinthan

著者紹介



Thiru Aravinthan

BSc.Eng, M.Eng, Dr.Eng, MIEAust, P.E (Oregon, USA)

Lecturer in Structural Engineering
Faculty of Engineering and Surveying
University of Southern Queensland
Toowoomba, Australia

1965年生まれ

1991年 スリランカ ペラデニヤ大学卒

1999年 埼玉大学大学院博士課程修了

スリランカ ペラデニヤ大学工学部土木工学科 助手 (1991年～1993年)

ドービー建設工業(株) 技術センター 主任研究員 (1999年～2002年)

オーストラリア サザン・クイーンズランド大学講師 (2002年～)

1. Introduction

Apart from the native animals such as kangaroos and koalas, among the man-made structures, the first thing that comes to most people's mind in the image of Australia is the Sydney Opera House. This is one of the spectacular structures of the 20th century that is predominantly made of precast-prestressed shell elements. Prestressed concrete technology has been used in Australia for over 50 years. An overview of this technology in Australia is presented in this paper including a brief historical background, noteworthy structures built of prestressed concrete and research and development currently being undertaken in this technology.

2. Historical Background

The use of prestressed concrete in Australia started in the early 1950s. Increased interest in this technology at that time can be attributed to the scarcity and high cost of structural steel shortly after the Second World War¹⁾. An experimental post-tensioned framed structure to serve as ice-tower (to produce ice for the concrete mixers at the construction site) was constructed at Warragamba Dam site in 1952, which is one of the first applications of this technology in Australia^{2,3)} (Fig. 1). The first Australian bridge built with precast prestressed units was at Bowral, New South Wales in 1952, where factory-to-site usage of prestressed concrete units proved to be economical and advantageous⁴⁾. Another prestressed bridge was constructed in 1955 to carry the Bobbin Head Road across the Cockle Creek in Sydney's northern area¹⁾.

The use of lightweight concrete panels with post-tensioning application can be found in a thirty-storey block of flats built in Melbourne in 1969, which is considered to be the most

1. はじめに

オーストラリアといえば、カンガルーやコアラのような自然動物達を除けば、人により造られた構造物、シドニーオペラハウスが思いうかぶ。シドニーオペラハウスは20世紀に建設された代表的な建造物の一つでありプレキャストPCシェル部材が主に用いられている。オーストラリアのプレストレストコンクリート(以下PC)技術は50年以上の歴史を有する。本稿はオーストラリアのPC技術の概要について歴史的背景、代表的なPC構造物の紹介および最近の研究開発について述べる。

2. 歴史的背景

オーストラリアにおいてPC技術は1950年代初期から採用され始めた。当時、PC技術が注目された背景として、第2次世界大戦後間もなく構造物用鋼材が不足し、かつ高価であった事情がある¹⁾。オーストラリア初のPC技術の採用は、1952年にWarragambaダムの建設現場で試験的に建設されたポストテンション方式による骨組構造のIce-tower(コンクリートミキサー用の氷製作タワー)である²⁾³⁾(写真-1)。

オーストラリア初のPC橋は、プレキャストが用いられ1952年にNew South WalesのBowralで建設された。工場にて製作し、現場架設されたプレキャストは、その経済性と優位性を証明した⁴⁾。他のPC橋としては、1955年にSydney北部のCockle Creekを跨ぐBobbin Head Roadに建設された¹⁾。

ポストテンション方式によりプレストレスが導入された軽量コンクリートパネルの採用は、1969年にMelbourneに建設された30階建て住居ビルに見られる。これは当時のプレハブのコンクリート部材を用いた世界でもっとも洗練

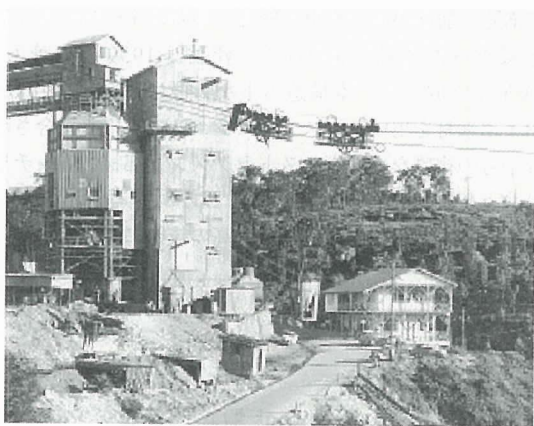


Fig. 1 (写真 - 1) - Warragamba Ice Tower, 1952
Courtesy (提供) : Sydney Catchment Authority

sophisticated prefabricated concrete buildings in the world at that time. The Rip Bridge in Brisbane Water, New South Wales is an arch-shaped prestressed concrete cantilever truss bridge constructed in 1974 (Fig. 2). The 183 m main span has been erected by linking the precast segments progressively together with a lightweight aggregate concrete drop-in span ⁴⁾.

The above examples gives an idea of the developments in prestressed concrete technology in Australia in the early days, where advanced techniques and materials have been used including the precast segmental construction and lightweight aggregate concrete.

3. Noteworthy Structures

Several structures including buildings, bridges and towers have been built in Australia using prestressed concrete. Some of the unique structures built using this technology are discussed in this section.

Sydney Opera House :

The Sydney Opera House is world famous for its beauty and unique shape, and considered to be the busiest performing arts centre in the world (Fig. 3 a). The conceptual designer of this structure was a Danish architect, John Utzon, who won the design



(a) Complete View (全景)



Fig. 2(写真 - 2) - Rip Bridge, NSW, 1974
Source (出典) : <http://www.virtualtourist.com/m/tt/32ae6/> Photo by John

されたビルと考えられる。Rip 橋はアーチ形 PC トラス橋で 1974 年に New South Wales の Brisbane Water に建設された (写真 - 2)。軽量骨材コンクリートを用いた、落し桁を有する 183 m のメインスパンはプレキャストセグメントを順次接合することによって架設された ³⁾。

これらの事例は、プレキャストセグメント構造や軽量骨材コンクリートといった当時最先端の技術や材料を用いたオーストラリアにおける初期の PC 技術の発展過程を示している。

3. 代表的な構造物

オーストラリアでは、ビル、橋梁およびタワーといった構造物が PC 構造にて建設されている。本章では PC 技術が適用された特筆すべき構造物をいくつか紹介する。

シドニーオペラハウス :

シドニーオペラハウスはその優美さと独特な形状で世界的に有名で、もっとも華やかな芸術館である (写真 - 3(a))。構造の基本概念の設計者は、1957 年のコンペで 233 のデザイン応募の中から優勝したデンマークの建築家 John Utzon



(b) Details of Arch Segments and Shell Roof
(アーチセグメントとシェルルーフの詳細)

Fig. 3(写真 3) Sydney Opera House(シドニーオペラハウス)

competition in 1957 among 233 design entries. The design underwent several changes and later taken over by a team of Australian architects. The construction, which commenced in 1959, was completed in 1973. The main feature of this structure is the use of about 6000 complex precast segmental elements (arch shaped ribs and sail-like shells) that are post-tensioned together by over 350 km length of steel cables ⁴⁾ (Fig. 3 b). The construction of these elements and erection of the structure demanded very high precision that was achieved by the use of advanced technologies available at that time.

Captain Cook Bridge :

The Captain Cook Bridge, named after the famous explorer Captain James Cook was built across Brisbane River during 1968 - 1972 (Fig. 4). This is constructed as a precast prestressed concrete free-cantilever bridge with drop in mid-spans ⁵⁾. At the time of completion, the main span of 183 m held the world record for this type of structures for a period of 3 years, which was superseded by the 240 m Hamana Bridge in Japan.

Gateway Bridge :

The Gateway Bridge connecting the major cities Gold Coast and Sunshine Coast was constructed by balanced cantilever method during 1980 - 1986 (Fig. 5). Stretching 1.63 km over Brisbane River, the main span of 260 m held the world record for 15 years for a prestressed concrete free cantilever bridge type ⁶⁾. The box girder bridge is still the largest prestressed concrete single box in the world, where the girder is 15 m deep at the pier with 12 m box width and an overall deck width of 22 m, carrying 6 lanes of traffic. The distinctive shape of the bridge is due to air traffic requirements, restricting its height to be less than 80 m above sea level (all features of the bridge including light poles) while shipping needs demanded a navigational clearance of 55m.

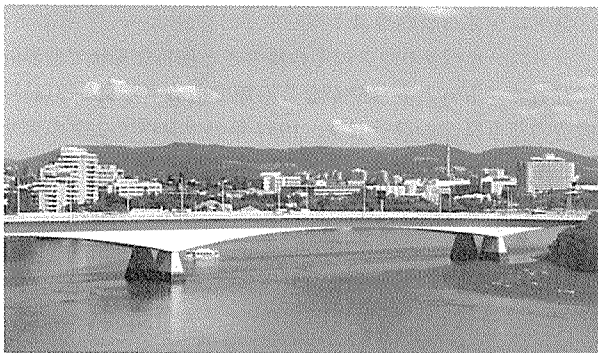


Fig. 4 (写真 - 4) - Captain Cook Bridge in Brisbane, 1972
Source (出典) : <http://www.structurae.de/en/structures/data/str04721.php>
Photo by Katrin Janberg

Sydney Olympic Stadium :

The Stadium Australia (now renamed as Telstra Stadium), built for the Sydney 2000 Olympic games is the largest and most technically advanced stadium ever built with a seating capacity of over 111 000 people (Fig. 6). This structure was built during 1996-1999. Prestressed as well as post - tensioned concrete were

氏である。数回の設計変更を経て、のちにオーストラリアの建築家チームに引き継がれた。建設は1959年に着工し、1973年に完成した。本構造の主な特徴は総延長350 kmにもおよぶ鋼材を用い、ポストテンション方式にて接合された約6千もの複雑なプレキャストセグメント部材（アーチ形状のリブと帆形状のシェル）の使用である⁴⁾（写真 - 3(b)）。これら部材の製作と架設には当時最高の技術による高い精度が要求された。

Captain Cook 橋 :

有名な探検家 James Cook 船長の名前がつけられた Captain Cook 橋は、落し桁を有し、プレキャストを用いた張出し施工により1968年から1972年の間に Brisbane 川に建設された⁵⁾（写真 - 4）。完成当時、その183 mのメインスパンは日本の浜名橋の240 mにとってかわるまでの3年間世界最長であった。

Gateway 橋 :

主要都市である Gold Coast と Sunshine Coast を結ぶ Gateway 橋は1980年から1986年の間に張出し架設工法にて架設された（写真 - 5）。Brisbane 川を跨ぐ延長1.63 kmの橋梁でメインスパン260 mは張出し架設工法にて架設されたPC橋で15年間世界最長であった⁶⁾。PC 1室箱桁橋としては、現在も世界最長であり、脚頭部の桁高15 m、下床版幅12 m、上床版幅22 m（6車線）を有する。その独特な形状は航空による高さ制限から照明灯を含むすべての構造に対して海面上80 m以下と制限されていることによる。一方海上のクリアランスは55 m必要であった。

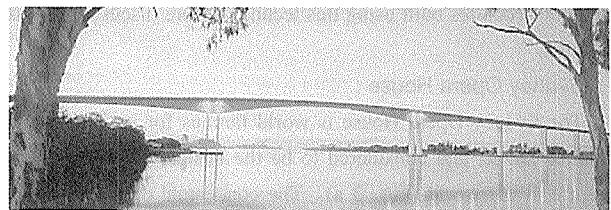


Fig. 5 (写真 5) - Gateway Bridge in Brisbane, 1986
Courtesy (提供) : Queensland Department of Main Roads

シドニーオリンピックスタジアム :

2000年シドニーオリンピック大会のために建設されたオーストラリアスタジアム（現在 Telstra スタジアムと改称）は収容人数11万1千人を誇る今まで建設されたもののうち最大で、かつもっとも先進的な技術が用いられたスタジアムである（写真 - 6）。1996年から1999年の間にPC技術

widely used in this stadium. This stadium was reconfigured to accommodate other sporting and cultural events with a current seating capacity of 80 000 people. In addition to this, there are several other facilities built in the Olympic Park where extensive use of prestressing has been used.

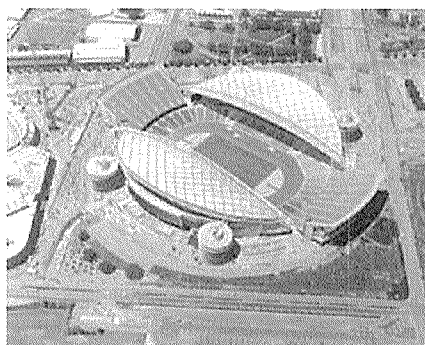


Fig. 6(写真 - 6) - Stadium Australia for Sydney Olympic, 2000
Courtesy (提供) : Engineers Australia

Eureka Tower :

The Eureka Tower, which is currently under construction in Melbourne, will be the world tallest residential building upon its completion in 2005 (Fig. 7). The construction of this 300 m high, 88-storey tower was started in 2001 with an estimated cost of \$240 million. The unique feature of this building is that ultra-high strength concrete of 100 MPa is being used in the lower level columns and 80 MPa in the lower core wall so that the thickness can be reduced to 750 mm instead of 950 mm if 60 MPa concrete were used⁷⁾. Prestressed concrete beams are used for the floor beams in this unique structure.

It is evident from the above examples that prestressed concrete has been used in different forms for various structures. Considering the bridges alone, it can be noted that several types of bridges have been constructed using diverse materials including timber, wrought iron, cast iron, masonry, steel, reinforced concrete and pre-stressed concrete⁸⁾ (Table 1). Though the number of bridges constructed using timber is about

を幅広く用いて建設された。現在スタジアムは他のスポーツや文化的イベントへの利用を目的として収容人数8万人として再建された。また、オリンピック公園内のいくつかの施設がPC技術を用いて建設されている。

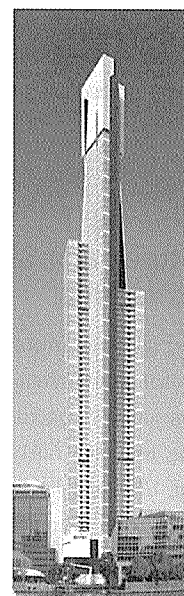


Fig. 7(写真 - 7) - Eureka Tower in Melbourne (Eureka タワー完成予想図)
Courtesy (提供) : Eureka Tower Pty Ltd

Eureka タワー :

現在 Melbourne に建設中の Eureka タワーは 2005 年に完成すると世界最高の住居用ビルとなる (写真 - 7)。高さ 300 m, 88 階建ての建設は予算 2 億 4 千万豪ドル (1 豪ドル = 約 82 円) で 2001 年に着工した。特筆すべき特徴は設計基準強度 80 Mpa の高強度コンクリートを採用していることで、仮に設計基準強度 60 Mpa のコンクリートを使用した場合 950 mm 必要な低層部の耐荷壁厚が 750 mm に押さえられている⁷⁾。(柱部材には、設計基準強度 100Mpa のコンクリートを使用) また PC 梁が床桁として採用されている。

これまで述べてきたように、さまざまな構造物に違った形で PC 技術が採用されている。橋梁に限定した場合、さ

Table - 1 Bridges by Construction Type in Australia (1996 statistics)⁹⁾
(表 - 1 オーストラリアにおける構造形式別橋梁数 (1996 年統計))

Construction Type 構造形式	No. of Bridges 橋梁数	% Bridges 割合 (%)	Total deck area (m ²) 全橋面積 (m ²)	% Deck area 割合 (%)
Steel Beam/Truss/Arch 鋼橋 (桁・トラス・アーチ)	2,378	7.1	1,175,162	15.0
Timber Beam/Truss/Arch 木橋 (桁・トラス・アーチ)	14,111	42.2	137,148	17.5
Reinforced concrete Slab/Beam/Box 鉄筋コンクリート橋 (床版橋・桁・箱桁)	9,723	29.1	1,579,180	20.2
Pre-or post-tensioned concrete Slab/Beam/Box プレストレストコンクリート橋 (床版橋・桁・箱桁)	7,082	21.2	3,656,851	46.7
Other その他	155	0.5	43,313	0.6
Total 合計	33,449	100	7,825,992	100

42 %, it comprises only 18 % of the total deck area, because it is being used only in the smaller bridges in the rural areas. In contrast, concrete including prestressed and post-tensioned is being used widely for larger bridges, with prestressed concrete taking a share of about 46 % of the total deck area. As a result of scarcity of timber together with the need to replace old timber bridges, it is expected that the use of prestressed concrete and other new materials such as fibre composites will increase in future.

4. Use of External Post-Tensioning in New Structures and Strengthening of Existing Structures

Most of the prestressing concrete structures have been designed and built using conventional post-tensioning methods for cast-in-situ structures and pre-tensioning for precast products. The use of external post-tensioning has been fairly limited in Australia compared to the Europe, USA and Japan. However, the trend seems to be changing recently. There have been some cases where external post-tensioning has been used or is being used in the design of new structures and where this technology has been applied for strengthening of existing structures.

The Melbourne city link project completed in 2000 was one of the largest Australia's infrastructure projects. The Western Link component of the project includes an elevated road comprising a dual three-lane carriageway with 45 metre spans of match cast, externally prestressed, post-tensioned box girders. The twin-elevated viaducts are 5.5 km long and 15 m wide, with nine ramp structures to the viaducts. It is also the first structure in Australia to fully adopt external prestressing as longitudinal support tendons.

Australia's biggest urban road project is the 40 km Westlink M7 motorway whose major construction started in July 2003. This provides the key missing link in the Sydney's orbital network of motorways. The estimated cost of this project is about \$1.6 billion, which is expected to be completed in 2006. This project sponsored by the New South Wales Road & Traffic Authority is a design and construct type of contract. It consists of over 170 bridges, some of which are being currently designed as precast segmental continuous girder bridges with external post-tensioning.

External post-tensioning was applied in the strengthening of the West Gate Bridge in Melbourne. The West Gate Bridge consists of two multi-span precast concrete segmental box girder approach viaducts and a central cable stayed steel box girder Bridge. To ease the traffic congestion, an extra lane was added by removing the existing emergency stopping lane and modifying the lane widths. In addition, the capacity of the bridge had to be increased due to increase in traffic loads. Flexural strengthening of the main girders was done using external post-tensioning. For other strengthening requirements, CFRP laminates and sheets has

さまざまな形式の橋梁が木、錬鉄、鋳鉄、石、鋼、鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリートといった種々の材料により建設されていることが注目される⁸⁾(表-1)。橋梁数では、木橋が約42%を占めているが橋面積として18%にすぎないことは、地方の小規模橋梁にのみ採用されていることを示している。対照的にPC橋は橋面積で46%を占めていることから長大橋を含め広く採用されていることがわかる。木材の不足および古い木橋のかけ替えの必要性から将来的にPC橋および繊維を用いた複合構造のような他の新材料の採用が増加することが期待される。

4. 新構造物および既設構造物の補強に対する外ケーブルの採用

ほとんどのPC構造は従来から現場製作においてはポストテンション方式により、またプレキャスト製品においてはプレテンション方式により設計、施工されている。これまでオーストラリアでの外ケーブルの採用は欧米および日本と比較してかなりかぎられている。しかしながら、最近の傾向は変化しはじめており、新設構造物の設計および既設構造物の補強に対して外ケーブルの採用が見られる。

2000年に完成したMelbourne city linkプロジェクトはオーストラリアのインフラ整備事業として最大級であった。西部接続部では外ケーブルによるポストテンション方式PC箱桁が支間45mのマッチキャストにより片側3車線上下線の高架橋に採用されている。2つに並んだ高架橋は延長5.5km、幅員15mで9つのランプ構造を有している。またこれは橋軸方向の主鋼材として全外ケーブルを採用したオーストラリア初の構造である。

オーストラリア最大の都心道路プロジェクトは40kmにおよぶWestlink M7 motorwayの建設で主要部は2003年に着工された。これによってシドニーの環状高速道路網の欠けていた重要な部分が繋がることになる。プロジェクト予算は約16億豪ドルで2006年に完成が予定されている。この事業は、New South Wales 道路交通局により出資され、デザインビルド契約を採用している。170橋以上の橋梁が計画されており、そのうちいくつかの橋梁は外ケーブルを用いた連続プレキャストセグメント橋により現在設計中である。

MelbourneのWest Gate橋の補強には外ケーブルが採用された。West Gate橋は2つの2径間プレキャストセグメント箱桁のアプローチ橋と中央支間の鋼箱桁の斜張橋から構成されている。交通渋滞を緩和する方法として既設非常駐車帯をなくし、幅員構成を変更することにより車線数を追加した。これにともない交通荷重の増加に対して主桁の耐荷力向上が必要となり、主桁の曲げ耐力補強に外ケーブルが採用された。他の補強工法として採用された炭素繊維(CFRP)シートは、世界の炭素繊維を用いた補強工事のなかでも最大規模といわれている⁹⁾。

以上で紹介した事例から考えると、筆者はオーストラリアにおいては、外ケーブルはまだ十分に活用されていないと考えている。1994年から2002年の日本における筆者の経験によれば、当初は設計者の間で好まれなかった全外ケ

been used. This is said to be the largest project using carbon fibres for strengthening on any bridge in the world⁹⁾.

From the above discussions, it is the author's view that the application of external post-tensioning is yet to be fully explored/utilised in Australia. It is worth mentioning that based on the Author's personal experience in Japan during the period of 1994-2002, there was reluctance among the designers to adapt full external prestressing in the early days, which changed remarkably during 2000 - 2002. Observing such changes, it is believed that use of external post-tensioning in Australia will tremendously increase in the near future.

5. Current Research and Developments

Strengthening of Structures Using External Post-tensioning :

With the view that there is tremendous potential in the application of external post-tensioning in Australia, especially in the strengthening of structures, there are several research projects being carried out at the University of Southern Queensland (USQ) by the author (Fig. 8). Among these, the use of external post-tensioning for strengthening of headstocks (bent-caps) is worth mentioning. Unlike traditional flexural strengthening of beams, the strengthening of headstocks pose some unique problems due the nature of the structure where both shear and flexure play important roles. Some interesting results have been obtained especially on the shear strengthening application where the size of existing shear crack and the effect of crack repair makes a tremendous influence on the strength increase of such members. These results are being adapted for the strengthening of the portal-frame substructure of Tenthill Creek Bridge in Gatton (a small town between Brisbane and Toowoomba). It is worth noting that the main girders of this particular bridge have been strengthened by external post-tensioning to cater for increased traffic load (Fig. 9).

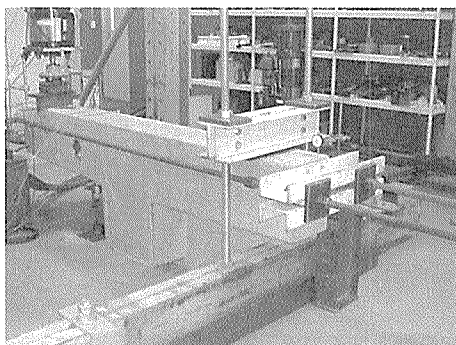


Fig. 8(写真 - 8) - Strengthening of Headstocks Using External Post-tensioning
(外ケーブルによる橋脚横梁部補強)

World First RPC Road Bridge :

The application of Reactive Powder Concrete (RPC) has been used in pedestrian bridges, including the Sakata-Mirai Bridge in Japan. However, the bridge over Shepherds Gully Creek Bridge

ケーブル構造が 2000 年から 2002 年の間に顕著に採用の方向に向かった。同様に近年中にオーストラリアでも外ケーブルの採用が飛躍的に伸びることが期待される。

5. 最近の研究開発

外ケーブルを用いた構造物の補強 :

オーストラリアでの外ケーブルの採用について、とくに補強分野におけるそのすばらしい潜在能力に着目し、サザンクィーンズランド大学（以下 USQ）にていくつかの研究を筆者は行っている（写真 - 8）。これらの研究のなかでも橋脚横梁部の補強に外ケーブルを採用する研究は特筆に値する。従来の梁の曲げ補強と違い、橋脚横梁部補強においては、曲げとせん断の両方が作用する部材であるために特有の課題を有する。とくにせん断補強への適用において、いくつかの興味深い結果が得られている。すでにせん断ひび割れが発生している場合、ひび割れの大きさと、そのひび割れの補修の効果が、橋脚横梁部のような部材の耐力向上において大きく影響するというのである。この結果は Gatton（Brisbane と Toowoomba 間にある小さな町）にある Tenthill Creek 橋の門型ラーメン橋脚補強に採用されている。この橋は主桁において交通量増加への対応を目的とした外ケーブル補強が行われていることでも注目される（写真 - 9）。

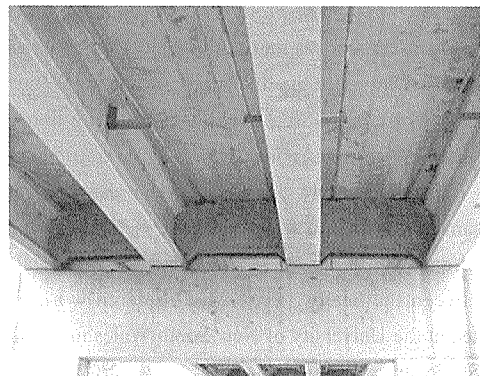


Fig. 9(写真 - 9) - Tenthill Creek Bridge in Gatton, Queensland

世界初の超高強度繊維補強コンクリート（RPC）車道橋 :

これまで超高強度繊維補強コンクリート（以下 RPC）は日本における酒田みらい橋のような歩道橋に採用されている。しかし、Shepherds Gully Creek に架かる橋は、世界初

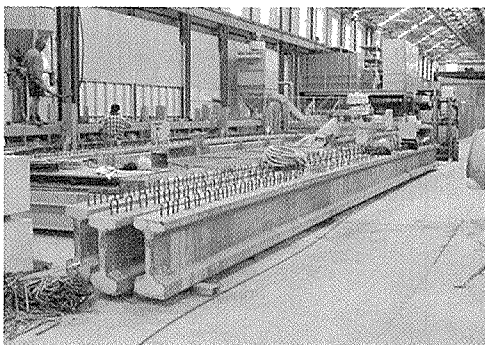


Fig. 10 (写真 - 10) - Production of RPC Pre-tensioned Girders at UNSW
(UNSW におけるプレテンション RPC 桁の製作)



Fig. 11 (写真 - 11) - Australia's First Fibre Composite Bridge Built in Toowoomba
(Toowoomba に架設されたオーストラリア初の繊維複合橋)

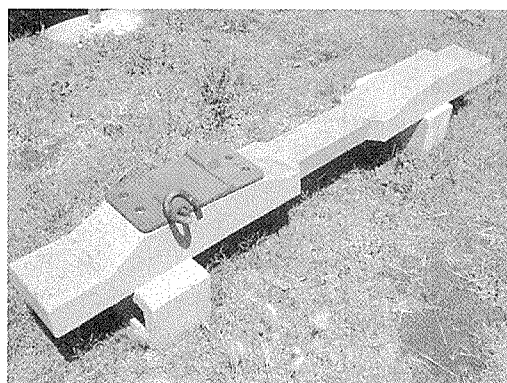


Fig. 12 (写真 - 12) - Prototype of a Prestressed Fibre Composite Railway Sleeper
(繊維補強コンクリートを用いた PC 枕木の試作品)

will be the first bridge in the world to be constructed for normal highway traffic loading¹⁰⁾. This bridge is being constructed approximately 150 km north of Sydney replacing an existing timber bridge. It comprises four traffic lanes plus a footway. This bridge is designed where the live loading is the maximum of T44 and HLP 320 truck loading. It is worth noting that the live loading used in Australia is one of the heaviest traffic loads in the world. The superstructure comprises of 16 precast pre-tensioned RPC beams and an in-situ reinforced concrete deck slab. The slab is placed onto thin precast RPC permanent formwork slabs that span between the beams. Extensive research work has been conducted at the University of New South Wales in collaboration with VSL Prestressing, Australia (Fig. 10).

Application Engineered Fibre Composites :

The application of fibre composites to civil and structural engineering has been successfully carried out by the Fibre Composite Design and Development (FCDD) centre at USQ. The unique mechanical and chemical characteristics of fibre composites combine to challenge the supremacy of conventional materials such as steel, timber and concrete in particular in areas that are weight and/or corrosion sensitive. Australia's first fibre composite bridge was developed and built in Toowoomba in 2002

の一般幹線道路として建設される橋である¹⁰⁾。この橋は Sydney の約 150 km 北に既設の木橋かけ替えの新設橋として建設されている。幅員は 4 車線と歩道により構成されている。設計活荷重は T 44 と HLP 320 のうち不利となる荷重により設計されている。世界でも大きい活荷重のひとつであるオーストラリアの活荷重が採用されていることは特筆すべきである。上部工は 16 本のプレテンション方式 RPC 桁と場所打ちコンクリート床版で構成されている。この床版には主桁間に薄い RPC 板を埋設型枠として用いている。RPC 技術の発展を目的とした研究がニューサウスウェールズ大学 (UNSW) と VSL オーストラリアの共同研究で行われている (写真 - 10)。

繊維複合構造技術の適用 :

土木および構造技術への繊維複合技術の適用は、USQ 内に設置されている Fibre Composite Design and Development (FCDD) センター (繊維複合技術設計・開発センター) にて成果をあげている。繊維複合構造に特有の機械的、化学的特性はとくに重量や腐食性の点において従来材料である鋼、木材、コンクリートの優位性を脅かすものである。オーストラリアでの最初の繊維を用いた複合橋は 2002 年に Toowoomba に建設された (写真 - 11 : コンクリートと箱

(Fig. 11). Currently, the FCDD is looking at possible applications of fibre composites with prestressing, the development of pre-tensioned fibre composite railway sleepers is one such example (Fig. 12).

6. Concluding Remarks

Prestressed concrete has been used in Australia for nearly half a century. Even in the early days of the development of this technology, innovative structures have been built using the most advanced technology available at that time. The application of external post-tensioning is limited at this stage, but it will be only a matter of time to realise the potential benefits of this technology. With the development of new materials such as fibre composites and reactive powder concrete, it is believed that the prestressing technology will take a new dimension in the 21st century in Australia.

Acknowledgements

The author wishes to acknowledge all those who provided me with photographs and granting permission to use them for this article.

型繊維の複合床版橋)。現在、FCDD センターはプレストレス技術への繊維の適用の可能性を研究している。その1例として繊維補強コンクリートにプレテンション方式にてプレストレスを導入した鉄道用枕木の開発がある(写真-12)。

6. おわりに

オーストラリアにおいてPC技術は半世紀に渡って適用されてきた。PC技術の初期の発展段階においてさえ、その当時における最先端の技術を用いて、革新的な構造物が建設されてきた。現時点では外ケーブルの採用は限定されているが、その技術の潜在的な優位性が認識されるのは単に時間の問題であろう。繊維複合構造やRPCといった新材料の開発とともに21世紀オーストラリアのPC技術は更なる発展が期待される。

謝 辞

本稿に写真を提供して頂き、その掲載を許可して頂いた皆様に感謝する。

References

参考文献

- 1) Warner, R.F., Rangan, B.V., Hall, A.S. and Faulkes, K. A., *Concrete Structures*, Longman (1998), p. 18.
- 2) National Precast Concrete Association & Concrete Institute of Australia, *Precast Concrete Handbook*, NPCA&CIA (2002), p.1-3.
- 3) Macdonald, S. The *Investigation and Repair of Historic Concrete*, NSW Heritage Office (2003), p.16.
<http://www.heritage.nsw.gov.au/docs/Concrete_Part_2.pdf>.
- 4) Australian Academy of Technological Sciences and Engineering Technology, Ch.6 - Engineering Construction and Building, *Technology in Australia 1788-1988* (2001).
<<http://www.austehc.unimelb.edu.au/tia/310.html>>.
- 5) *Structurae: International Databases and Gallery of Structures* (2003)
<<http://www.structurae.de/en/structures/data/str04721.php>>.
- 6) *Structurae: International Databases and Gallery of Structures* (2003)
<<http://www.structurae.de/en/structures/data/str02214.php>>.
- 7) Cement and Concrete Association of Australia, *High Strength Concrete at Eureka Tower, Mix*, Vol. 12 (2003).
- 8) Austroads, *RoadFacts 2000*, (2000), p. 28.
- 9) Kalra, R. and Neubauer, U. Strengthening of the West Gate Bridge with Carbon Fibre Composites - A Proof Engineers Perspective, *Proc. of 21st Biennial Conference of CIA* (2003). pp. 254-254.
- 10) Cavill, B. and Chirgwin, G. The World First RPC Road Bridge at Shepherds Gully Creek, NSW, *Proc. of 21st Biennial Conference of CIA* (2003). pp. 89-98.

(訳者：箕谷一範 (ピーシー橋梁(株) 本社技術開発部))

【2003年12月19日受付】