



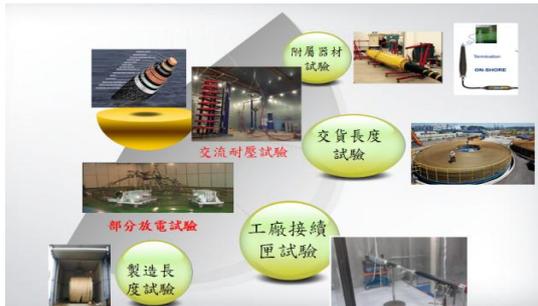
# 檢驗技術簡訊 74

## INSPECTION TECHNIQUE

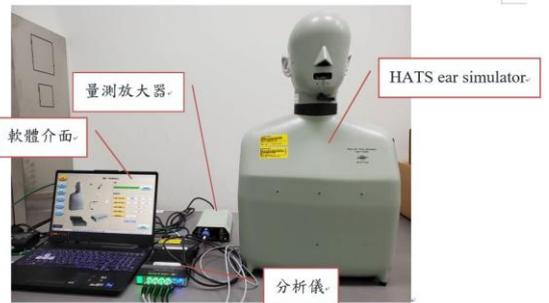
檢驗技術簡訊 第 74 期

2022 年 4 月 出刊

每季 出刊 1 期



海底電纜例行試驗主要試驗項目及試驗方



頭軀幹耳朵模擬器測試設備之構成單元

### ◆ 專題報導

#### 海底電纜標準及測試項目簡介

電氣檢驗科技士 廖金隆；  
財團法人台灣大電力研究試驗中心 工程師 卓良憶

#### 國中小學「班班有冷氣」政策之智慧 冷氣互通性及能源管理系統 (EMS) 需量反應協定檢測驗證介紹

電磁相容科技士 林明山  
財團法人台灣商品檢測驗證中心 組長謝群相

### ◆ 儀器介紹

#### SESAM離岸風力機水下結構分析軟體介紹

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 陳彥中

#### HATS ear simulator(頭軀幹耳朵模擬器)設備簡介

財團法人台灣商品檢測驗證中心 組長 陳正男

### 出版資料

出版單位 經濟部標準檢驗局第六組  
聯絡地址 臺北市中正區濟南路1段4號  
聯絡電話 02-23431833  
傳 真 02-23921441  
電子郵件 irene.lai@bsmi.gov.tw  
網頁位置 <https://www.bsmi.gov.tw/wSite/lp?ctNode=8849&CtUnit=325&BaseDSD=7&mp=1>

發行人 黃志文

#### 工作小組

主 持 人 吳國龍  
召 集 人 陳毓瑛  
總 編 輯 賴澄如  
編 輯 張嫻楨 (化性技術領域)  
林千儷 (綠能技術領域)  
簡勝隆 (電磁相容領域)  
李啟揚 (物性技術領域)  
廖英舜 (高分子領域)  
徐泳言 (電氣領域)  
陳亭宇 (報驗發證領域)

總 校 訂 賴澄如  
網頁管理 王金標 吳文正  
印 製 賴澄如  
G P N 4710003764

### 海底電纜標準及測試項目簡介

電氣檢驗科 技士 廖金隆

財團法人台灣大電力研究試驗中心 工程師 卓良憶

#### 一、前言

海底電纜雖在台灣屬新興領域產品，然而，在歐美地區卻已有200年以上發展歷程。在這200年發展過程中，海底電纜的功能從原本僅具弱電通信傳輸功能，演進到電壓等級具有500千伏(kV)的超高壓電力傳輸。相對海底電纜功能的大幅進步，其測試程序的發展卻顯得停滯不前，主要原因係海底電纜在早期的使用大多用於通信為主，其構造簡單使用電壓不大，傳輸距離僅限於島嶼之間，因此測試方法可依循陸地電纜標準之測試程序。



圖1 世界第一條海底電纜

隨著遠洋鑽油平台的興起，低壓海底電纜的電力傳輸功能已不敷使用，因此33kV中壓等級的海底電纜規格孕育而生。近年來，環保意識抬頭，綠色能源蓬勃發展，其中離岸風力發電扮演了不可或缺的角色，而33 kV等級的海底電纜已不敷單機容量6百萬瓦(MW)以上的離岸風力發電使用，於是歐洲各家海底電纜廠陸續開發出電壓等級66 kV以上的高壓海底電纜。這些高壓海底電纜之規格皆係依循國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)法規要求製造(如IEC 60840、IEC 62067)，但海底電纜因使用場域的特殊性需長時間浸泡於海水中，在輸電的前提下又需增加耐水壓、耐洋流衝擊的能力，因此需在既有陸地電纜的構造下加大鎧裝鋼線之線徑，以提升導體縱向防水能力來對抗海水各層面的破壞，然增加保護的結果伴隨而來的是重量大幅增加、剛性加大、彎曲半徑升高等，再再都會影響施工的困難度。因此，海底電纜的機械應力條件驗證逐漸被施工單位所重視，而IEC亦順應市場需求，於2019年制定IEC 63026標準，使海底電纜終於有一套完整標準可供參考。

#### 二、海底電纜的結構與試驗項目簡述

海底電纜的結構與陸地電纜結構相似(如圖2所示)。結構大體上由銅導體、內/外半導體層、絕緣體、金屬遮蔽層、繃紮帶、被覆層、光纖單元等所構成。

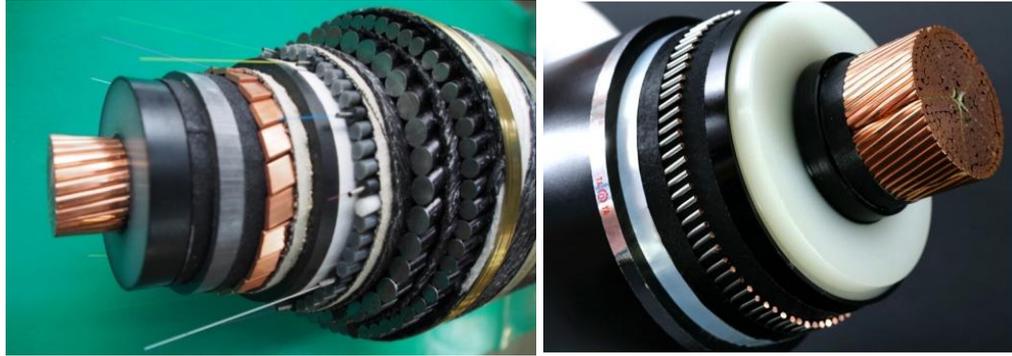


圖2 (左)台澎161 kV海底電纜；(右)台電161 kV電力電纜

但雙方仍有部分差異，其主要差異點如下：

(一) 防水導體

海底電纜為阻止海水在導體間縱向蔓延，結構上會在導體間填充止水帶及止水粉，以因應縱向滲水破壞，而陸地電纜則不需包含防水結構，所以海底電纜需進行縱向阻水測試以驗證導體縱向阻水能力。

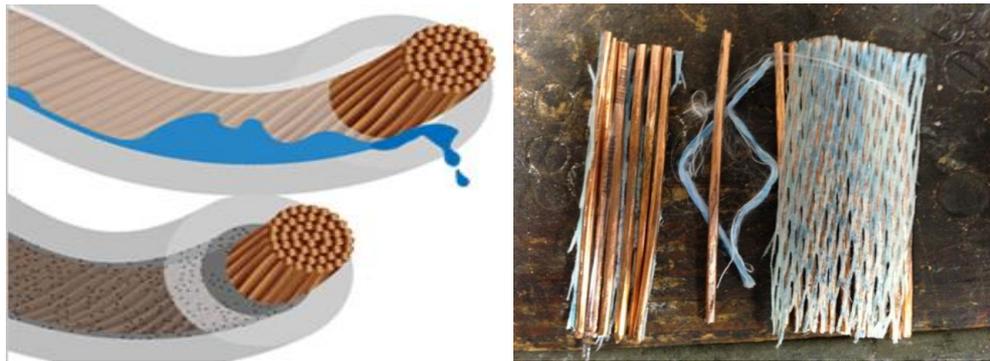


圖3 (左)導體縱向滲水；(右)海底電纜導體間止水帶

(二) 鉛被結構

海底電纜因長期靜置在海底，會受到海水很大徑向(radial direction)壓力，而導致徑向滲水破壞而造成絕緣體劣化(如圖4左所示)。為阻止海水水壓對絕緣體之破壞，結構上會在絕緣體外層包覆一層鉛/鋁金屬層以阻止海水滲透。為驗證這層金屬層的阻水能力，即需進行徑向阻水測試以驗證其阻水效果。



圖4(左)海底電纜經海水滲透後在絕緣體間產生的水樹結構；(右)絕緣層外鉛被結構

### (三) 回流導體層

又稱為遮蔽銅線，主要功能為感應反向電流產生反向磁力線，以抵銷導體電流產生之磁力線，具有保護海底電纜不受感應電壓之危害。

### (四) 大線徑鍍裝鋼線

在陸地電纜設計鋼線鍍裝層具有兩項目的，一是提供金屬屏蔽功能以阻斷電磁波干擾，二是防止遭受外力破壞，而鍍鋅鋼線的線徑通常設計2公厘(mm)。而在海底電纜的設計上，會考量因潮流引起的渦流震動力量，可能造成海底電纜外導體破碎；另因遠洋漁船及大型貨輪等，進行捕魚、停泊時，會有拖網、拋錨等作業，可能會對海底電纜本體造成外力衝擊，故會增加鍍鋅鋼線之線徑，以增加海底電纜的保護能力。但大線徑鍍裝鋼線及鉛被層，相對地亦將造成單位面積重量大幅增加，而使海底電纜在佈放過程中，造成拖曳電纜不易、彎曲半徑增大及定位困難度增加等問題。因此國際大電力會議(International Council on Large Electric System, CIGRÉ)於1997年率先提出CIGRÉ TB 171機械試驗，以驗證海底電纜符合當地海域佈放條件。



圖5 韓國樂星電纜公司(LS)之海底電纜機械捲繞試驗

#### (五) 工廠接頭

電纜在生產過程中，受限製程設備原故，銅導體具固定段長，若需將電纜銜接，陸地電纜的作法係設置電纜接續匣以進行電纜銜接。然海底電纜因海浪關係接續作業施工不易且有接續端防水效果有限等問題，為使防水效果提升，通常海底電纜間採用連續不中斷地方式佈放，在導體間會使用無縫接頭以達成海底電纜的連續性，但導體接續處之張力需進行張力彎曲試驗，以驗證該海底電纜符合佈放作業過程中最大拉力負荷。

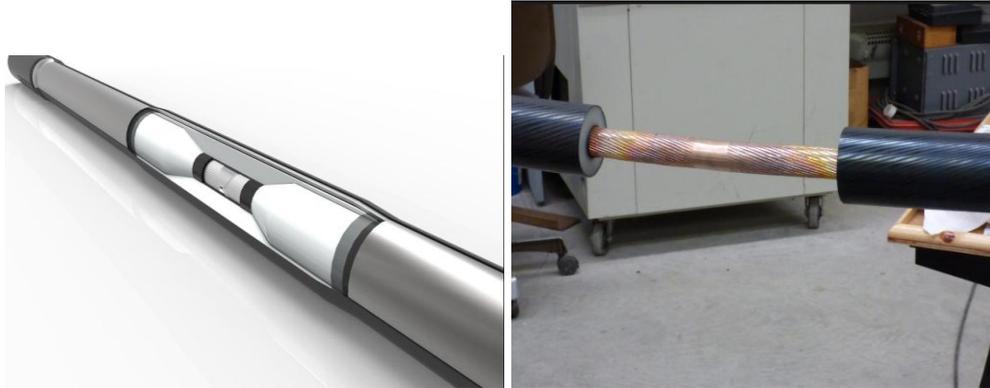


圖6 工廠無縫接頭



圖7 日本住友電氣工業株式會社之海底電纜張力彎曲試驗

#### (六) 光纖單元

陸地電纜通常設置於地下大型管道或涵洞中，如需敷設或維護，這些區域相較海底都還易於施工與維護。然而海洋水深且昏暗無光，人員無法進行例行性維護，因此需在海底電纜內部設置光纖單元進行安全監測。通常海底電纜光纖單元設置位置係與其他保護鎧裝線一起繞捲於導體外層上，其屬於海底電纜附屬元件可依據 ITU-T G.651.1之規定進行檢測。

#### (七) 聚丙烯線外被層

陸地電纜外被層通常使用聚氯乙烯(Polyvinyl Chloride, PVC)材質製成，但PVC硬度較高且抗磨耗能力有限，而海底電纜為因應海底複雜環境而改採

用聚丙烯(polypropylene, PP)線層及合成填充料包覆海底電纜以降低磨擦力、提高彎曲性。另外再結合柏油瀝青屏蔽海水直接接觸，具備耐酸鹼性、耐化學物質、耐碰撞及耐高溫等特性優點。



圖8 海底電纜聚丙烯(polypropylene, PP)線層

以上為海底電纜與陸地電纜差異之處。因此海底電纜測試項目基本上是在陸地電纜IEC 60840及IEC 62067的主架構上，再增加機械、阻水、光纖元件性能等測試程序所構成。相關內容可參閱IEC 63026，其試驗可分為四大部分，分別為例行試驗(routine test)、抽樣試驗(sample test)、型式試驗(type test)及安裝後的電氣試驗(electrical test after installation)，本文將依序進行介紹。

### 三、海底電纜的例行試驗(routine test)介紹

例行試驗主要是驗證海底電纜成品結構是否完整，試驗程序可分為：製造長度試驗、工廠接續匣試驗、交貨長度試驗及附屬器材試驗。因電纜廠生產長度有其限度，考量海底電纜之防水性，故採用無縫銜接。為符合離岸風力機電力傳輸需求，需靠接續作業來滿足風場實際需求，故在標準內定義了製造長度、工廠接續、交貨長度以及終端匣等附屬元件(通常終端匣視為電纜的一部分)之試驗。此外，尚需進行部分放電試驗與交流電壓試驗來確保電纜品質符合穩定送電需求，並以X射線(X-ray)檢查交接介面是否混入瑕疵或金屬夾雜物。



圖9 例行試驗主要試驗項目及試驗方法

#### 四、海底電纜的抽樣試驗(sample test)介紹

抽樣試驗旨在查驗電纜生產完成後其結構是否符合設計需求，主要試驗可分為帶電金屬電阻量測、電容量測、絕緣部熱固試驗、構造查驗及金屬層特性試驗等，如下圖所示。

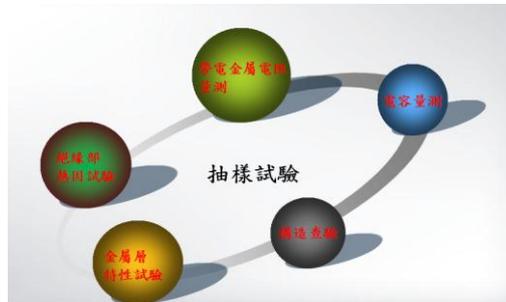


圖10 抽樣試驗主要試驗項目

#### 五、海底電纜的型式試驗(type test)介紹

型式試驗是海底電纜整體完整性查驗，以證明製造商有能力進行海底電纜生產並符合風場營運要求。主要試驗項目涵蓋機械試驗、滲水試驗、電氣試驗及非電氣試驗等四大領域。各別說明如下：

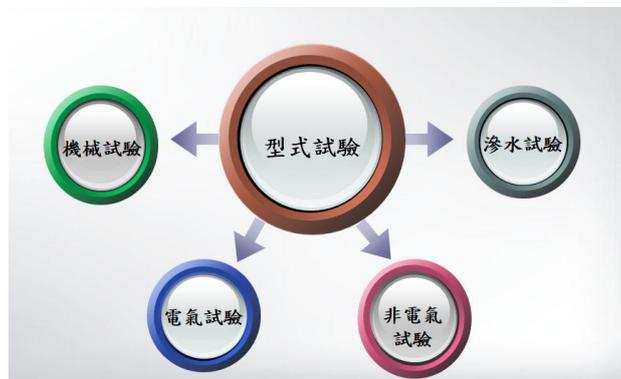


圖11 型式試驗主要試驗類別

##### (一) 機械試驗

如同前段說明，海底電纜為了對抗洋流破壞與海水侵蝕，增加了大線徑鋼線鎧裝保護及鉛被防水結構，但伴隨產生結構笨重、彎曲半徑過大等問題。機械試驗在海底電纜布纜前進行，旨在確認布纜過程中，海底電纜的本體能適應該工程中捲繞、拉伸、彎曲等作業。機械試驗可再分為捲繞試驗及彎曲張力試驗兩部分：

##### 1. 捲繞試驗

此項試驗在模擬海底電纜在製造或敷設時捲繞的情形，海底電纜在捲繞操作時可能會造成扭轉進而破壞其結構，因此在捲繞試驗後檢驗海

底電纜結構是否受損非常重要。捲繞試驗應在至少可形成8整圈的適當長度的海底電纜上進行試驗，試驗段的中間應至少安裝2個工廠接頭，2個工廠接頭的末端之間最小距離應為2整圈的長度。繞圈的形狀應與海底電纜製造或運輸時的情況相同，接著分別以順時針與逆時針方向捲繞3次。試驗結束後應不產生絕緣、金屬層和外被層損傷或鎧裝鋼線永久變形。

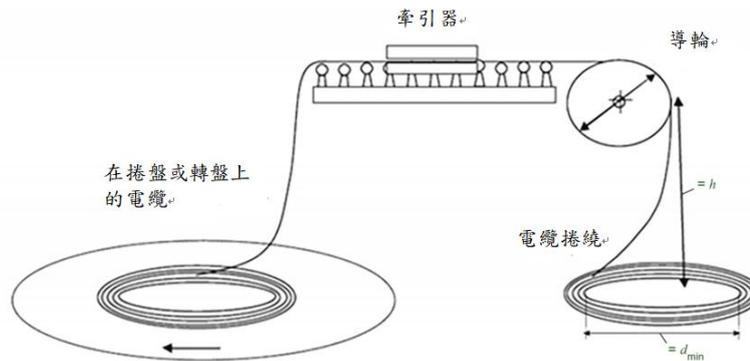


圖12 捲繞試驗佈置示例

## 2. 彎曲張力試驗

該試驗用以驗證廠商在海底電纜的敷設和常規的修復操作時，施加於海底電纜上的張力是否會扯斷海底電纜本體。本項試驗需從經過捲繞試驗後且至少含1個工廠接頭的海底電纜進行試驗。其試樣長度應至少為30公尺，海底電纜的張力應與該產品的宣告值相符，於包含工廠接頭的電纜上，使用合適的設備在不改變彎曲方向的情況下，連續於捲盤上盤繞及解開，共計3次。在進行試驗時，必須確保後續試驗中使用的所有電纜都經過完整的3次彎曲。試驗後應不產生絕緣、金屬層和外被層損傷或鎧裝鋼線斷裂等情形。

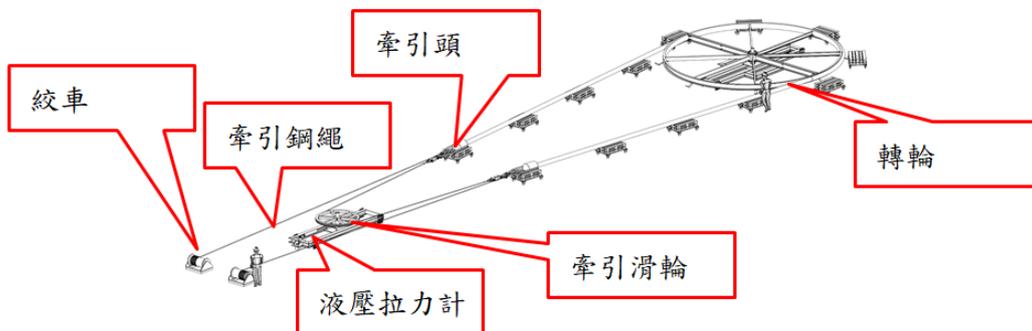


圖13 張力彎曲試驗的設置示例

## (二) 滲水測試

滲水試驗是驗證海底電纜在最深水域發生電纜本體破損後，海水可滲透的最大範圍，分為縱向阻水與徑向阻水，如圖14至圖16所示。

縱向阻水測試主要是驗證導體浸水後沿電纜長度方向最大縱向滲透距離，執行試驗前，電纜製造商應先申明該海底電纜經10天滲水試驗後允許的電纜導體最大滲水距離( $d_1$ )。試驗時需在樣品的一端切除大約長50mm的圓環，直至電纜的導體，樣品的另一端加以密封。將樣品浸入最大敷設水深的壓力容器中，以模擬電纜在最深區域的電纜故障，水壓應盡可能快地上升至規定的壓力值，試驗連續10天，水溫控制在(5~35)°C之間。試驗結束後，取出樣品，在距離圓環 $d_1$ 位置切斷電纜，可通過末端的目視檢驗與吸水試紙加以確認，不得檢測出水分。

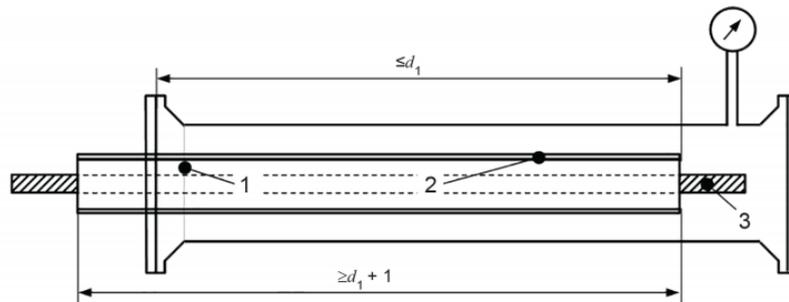


圖14 導體縱向阻水試驗裝置



圖15 導體縱向阻水試驗現況

徑向阻水測試是驗證鉛被層止水能力，執行試驗前，電纜製造商應先申明該海底電纜經10天滲水試驗後允許的電纜導體最大滲水距離( $d_2$ )。在試樣的中部或試樣末端距離1公尺位置切除大約50mm的圓環，直至電纜的金屬層，將試樣放置於壓力容器中，經受10天在水溫為(5~35)°C施加壓力，該負荷迴圈中導體溫度應達到電纜導體最高工作溫度+(5~10)°C，並在加熱的最後至少保持2小時恆定溫度。試驗結束後，取出試樣，在距離圓環 $d_2$ 位置處檢查絕緣體表面是否有水分的存在。

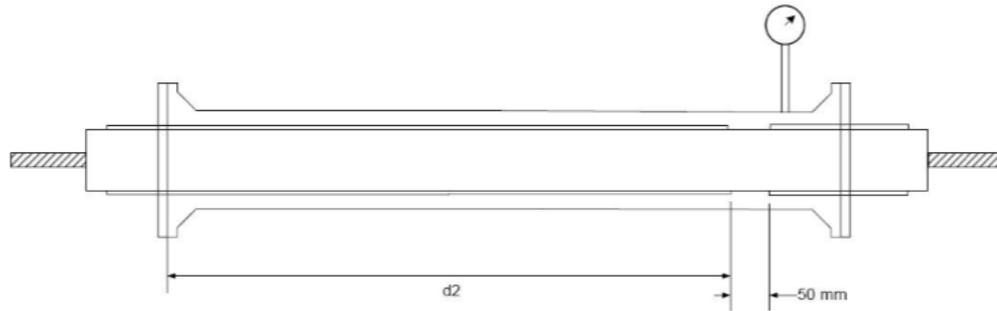


圖16 徑向阻水試驗裝置

### (三) 電氣試驗與非電氣試驗

海底電纜如能順利通過機械檢測與滲水試驗，僅能證明海底電纜在施工過程中能承受拉伸張力及彎曲變形，並能滿足長時間防水特性要求，但尚無法驗證送電時的穩定性要求，這部分仍需參照IEC 60840之規定執行試驗，可分為電氣與非電氣測試。電氣試驗要求包含5項， $\tan\delta$ 量測、熱循環加壓測試、部分放電試驗、電擊突波電壓試驗及交流耐壓試驗。



圖17 電氣試驗主要試驗項目

通過電氣試驗表示海底電纜在輸電的過程中，能保持導體溫度穩定，可滿足抗突波電壓、瞬時暫態過電壓等要求。然而，海底電纜在產品生命週期長達20年的過程中，難免會產生高/低溫潛變、絕緣材質高溫變形劣化、絕緣強度不足等破壞機制，因此，海底電纜具備良好的絕緣/外被層材質始能提供穩定供電保障，而絕緣/外被層材質需靠非電氣試驗才能佐證，非電氣試驗要求包含絕緣/外被層老化前後機械性能試驗、外被層加熱變形試驗、絕緣熱固試驗、絕緣/外被層收縮試驗等。



圖18 非電氣測試主要試驗項目

#### 六、海底電纜安裝後的電氣試驗(electrical test after installation)介紹

雖然海底電纜佈放前須進行部分放電試驗與交流耐壓試驗以查驗其結構的完整性，並針對生產後成品進行抽驗，以目視或導體電阻量測方式查驗成品各組件符合設計條件要求。然而，施工海域地形起伏不定、海底電纜本體相當笨重、洋流衝擊的影響皆會對海底電纜本體造成破壞，進而縮短送電壽命，因此需在海底電纜安裝完成後進行驗收試驗以查核海底電纜本體完整性。相關驗收試驗可採用之方式有直流耐壓、交流耐壓、時域反射法(Time Domain Reflectometry, TDR)等。其中直流/交流耐壓係用於查驗海底電纜之絕緣系統經施工後能負荷送電要求，而時域反射法是利用TDR設備與搭配電纜環(cable link)，取得電纜波傳播特性的“波紋(fingerprint)”，進而透過波紋分析海底電纜本體是否有無斷裂或變形。



圖19 台澎海底電纜交流耐壓試驗

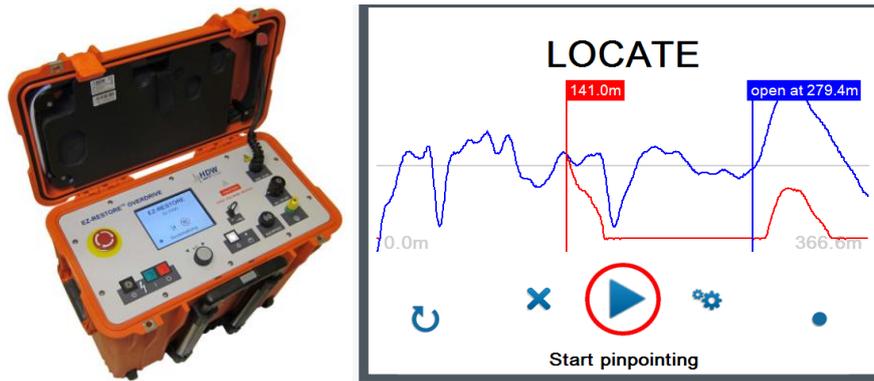


圖20 (左)時域反射(TDR)設備；(右)海底電纜實際量測波紋

雖然海底電纜與陸地電纜的功能皆為電力傳輸且結構十分相近，卻因設置地點的差異，海底電纜尚需額外考量洋流、船錨可能造成的外力衝擊以及海水壓力滲透的絕緣破壞，任一項衝擊皆會減少海底電纜的使用年限，考量海底電纜的特殊性，國際電工委員會另訂IEC 63026標準以進行海底電纜性能查驗，期望藉由上述試驗程序，增加海底電纜壽命、送電穩定性及發電效益。

#### 七、參考文獻：

- (一) IEC 60840:2011 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ( $U_m = 36$  kV) up to 150 kV ( $U_m = 170$  kV) – Test methods and requirements.
- (二) IEC 62067:2011 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ( $U_m = 170$  kV) up to 500 kV ( $U_m = 550$  kV) – Test methods and requirements.
- (三) IEC 63026:2019 Submarine power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 6 kV ( $U_m = 7.2$  kV) up to 60 kV ( $U_m = 72.5$  kV) – Test methods and requirements
- (四) 余維文，102，海底輸電電纜線路器材定型試驗及品質查證，行政院所屬機關因公出國人員出國報告書，臺北。
- (五) CIGRÉ TB 177:1997 Recommendations for Mechanical Tests on Submarine Cables.
- (六) ITU-T G.651.1:2018 Transmission media and optical systems characteristics – Optical fibre cables: Characteristics of a 50/125  $\mu\text{m}$  multimode graded index optical fibre cable for the optical access network
- (七) Sven MUELLER-SCHUETZE, Heiner OTTERSBERG, Carsten SUHR, Ingo KRUSCHE, Norddeutsche Seekabelwerke, 2015, Development of submarine MV-AC power cable with aluminum conductor, Versailles 21-25 June

# 國中小學「班班有冷氣」政策之智慧冷氣互通性及能源管理系統

## (EMS) 需量反應協定檢測驗證介紹

電磁相容科技士 林明山

財團法人台灣商品檢測驗證中心 工組長 謝群相

### 一、前言

政府109年7月宣布投入323億元，推動全國中小學「班班有冷氣」政策，建置全國約3,300所中小學能源管理系統(Energy Management System, EMS)，及裝設18萬多台冷氣設備，目的除讓孩子們在最舒適的校園環境中安心學習，同時運用EMS管理校園冷氣、太陽光電、儲能設備等能源設備，系統設定全校冷氣開啟時段等，自動監控用電量，超過設定上限就會警示，落實校園智慧化電能管理，達到智慧節能效果，掌握整體用電，未來結合台電自動需量反應(ADR)方案，減少學校電費支出，為此對於冷氣與校園能源管理系統提出新要求，冷氣設備須具備通訊介面符合CNS 16014智慧家庭之裝置互連協定規範，校園能源管理系統須具通訊模組依CNS 16014通訊標準協議控制冷氣，及具備等同OpenADR 2.0b VEN規格之自動需量反應通訊功能，因此通過CNS 16014智慧家庭之裝置互連協定及需量反應協定OpenADR 2.0b檢測是必要的。

### 二、智慧冷氣與校園能源管理系統(EMS)整合要求

「班班有冷氣」政策將建置18萬多台冷氣設備，同時建置校園能源管理系統整合管理18萬台不同廠牌，多樣機種之冷氣設備，進行包括計費儲值系統、用電管理、自動需量反應、即時用電資訊呈現、用電查詢、統計報表、系統管理等功能，以利學校管理其用電，降低電費支出，為達成系統整合要求，校園能源管理系統(EMS)架構如圖1所示(資料來源:電力系統改善暨冷氣裝設計畫-校園能源管理系統(EMS)委託建置案功能需求規範)。

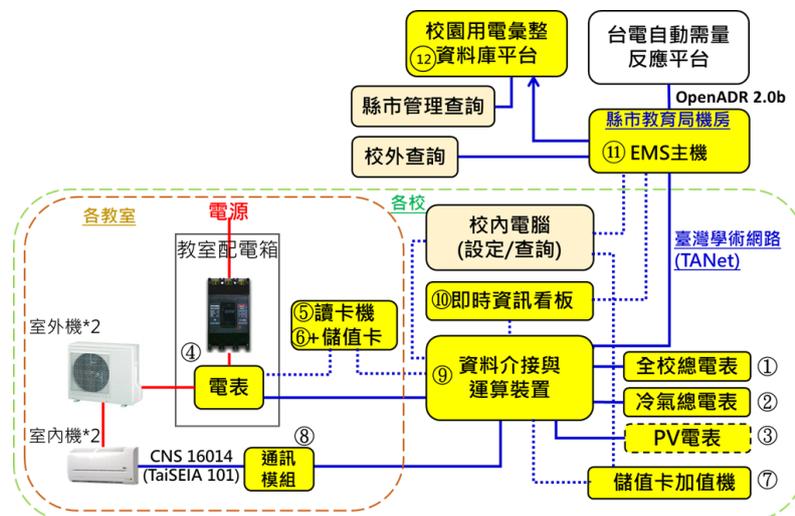


圖 1 校園 EMS 系統架構

- 智慧冷氣要求需具有智慧控制通訊介面，且符合CNS 16014智慧家庭之裝置互連協定規範，檢附符合CNS 17025(ISO/IEC 17025)認可實驗室出具之CNS 16014測試報告，及商品驗證登錄證書之型號具有加註「具通訊埠」之文字。
- 校園EMS系統通訊模組之通訊介面，採用UART通訊方式，通訊模組端子為USB Type A (公)，依CNS 16014通訊標準控制冷氣。
- 校園EMS系統EMS主機具資訊收集、儲存及EMS管理功能等，與台電自動需量反應平台介接資料功能，執行自動需量反應，具備等同OpenADR 2.0b VEN規格之通訊功能，接受台電自動需量反應平台(OpenADR 2.0b VTN)之訊號。

校園EMS系統對內透過通訊模組之共通通訊介面與CNS 16014協定，與冷氣設備進行溝通，取得冷氣狀態資訊與產品資訊，並可以透過CNS 16014協定進行開關機、運作模式、溫度、風速等控制調整，因所有建置之冷氣設備不管廠牌與型號都符合CNS 16014規範，降低系統整合難度，能加速系統布建，以及節省未來維護成本(冷氣更換替代不限廠牌型號)。

對外透過需量反應協定OpenADR 2.0b與台電自動需量反應平台連線，接受台電自動需量反應平台之訊號，並依所選用之方案，包括卸載量約定型、冷氣循環控制型及溫度控制型方案，進行冷氣運轉模式調控。系統接收卸載時段與需求卸載量後，待卸載時間點時須自動輸出卸載控制指令至所有教室冷氣機進行卸載。因EMS主機都通過需量反應協定OpenADR 2.0b檢測，確保主機可以正常接收台電自動需量反應平台訊號，正確判讀需量反應事件要求，進行需量調度，完成與台電訂定之需量反應措施。

標準檢驗局已透過計畫協助檢測單位建立CNS 16014智慧家電與需量反應OpenADR協定檢測技術能量，提供國內智慧家電與能源管理系統業者此所需檢測服務，協助廠商產品開發與政策推動，接下來就分別介紹CNS 16014智慧家庭之裝置互連協定及需量反應協定OpenADR 2.0b之檢測。

### 三、CNS 16014標準檢測介紹

標準檢驗局鑑於物聯網時代來臨，以台灣智慧能源產業協會(TaiSEIA)發布之「智慧家庭物聯網主從通訊架構」之產業標準為基礎，106年制定公布CNS 16014<sup>(一)</sup>「智慧家庭之裝置互連協定」國家標準，使不同廠牌之智慧家電具備共通語言，可相互連結並透過網路控制，並於107年12月公告CNS 16090<sup>(二)</sup>「智慧家庭之裝置互連協定測試法」，TaiSEIA協會依此推動TaiSEIA 101智慧家庭產品驗證制度，智慧家庭之理想將不再遙不可及，此標準可促進相關技術與應用擴散普及，越來越多智慧家電走入家庭後，將帶給民眾更舒適與便利之生活環境，同時對推動國內家電廠商投入智慧市場是一劑強心針，依共通標準下的國家規範進行智慧家庭裝置、智慧家庭能源管理系統與綠能物聯網裝置開發，可以加速發展更完整的智慧綠能產品研發，國內超過9成冷氣廠商將此標準

技術運用於其產品，CNS 16014智慧家庭之網路裝置互連檢測技術在此產業生態扮演不可或缺之角色。

此標準定義智慧家庭裝置之應用層協定，使家庭網路中之智慧家電(smart appliance, SA)及其他裝置可經由有線或無線網路互連，涵蓋智慧家庭雲端系統(cloud system, CS)、智慧家庭中之家庭閘道器(home gateway, HG)、家庭網路轉接器(home network adaptor, HNA)，以及智慧家電裝置，如圖2所示(資料來源：CNS 16014)。



圖2 CNS 16014標準架構

CNS 16090 標準 SA 符合性測試內容主要在標準第 5 節說明，說明 SA 與 HNA 之通訊介面採用 UART 通訊方式，通訊速率預設為 9,600 bps。HNA 端接頭為 USB Type A (公)，SA 端接頭則未規定，故若 SA 與 HNA 接頭型式不符時，則可藉由轉接線連接，如圖 3 所示(資料來源：CNS 16090)。其中端子腳位之定義如圖 4 所示(資料來源：CNS 16090)。TX/RX 訊號準位必需符合 5V CMOS 訊號準位規格，而 HNA 需由 SA 供應 5 V~12 V 電源。

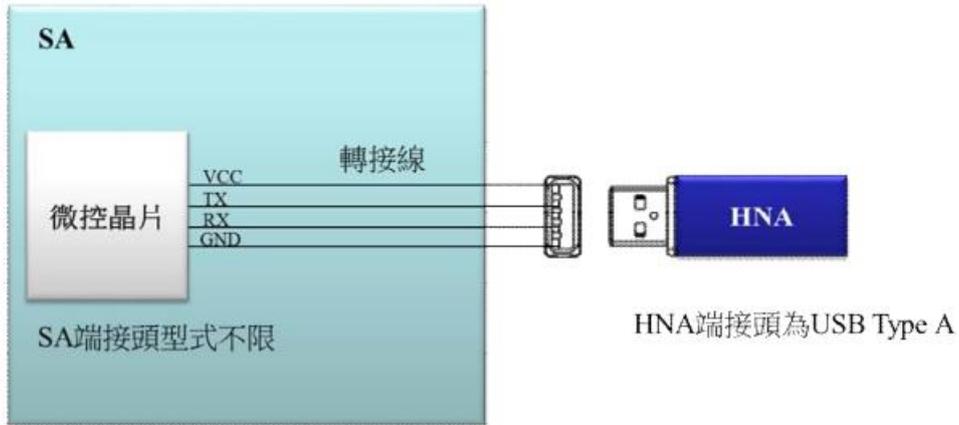


圖3 SA與HNA之介接示意圖

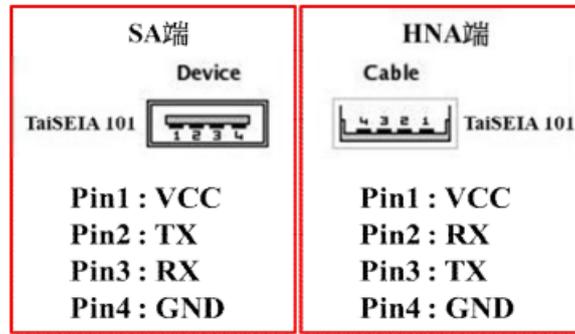


圖 4 SA 與 HNA 之連接端子腳位定義

因此 SA 之符合性測試項目包含通訊介面之訊號位準、VCC 腳位電壓，以及應用層協定通訊測試。SA 符合性測試配置圖如圖 5 所示(資料來源：CNS 16090)，其中於受測 SA 與 HNA 模擬器之轉接線連接處，分線連接示波器以進行訊號位準及電壓量測。

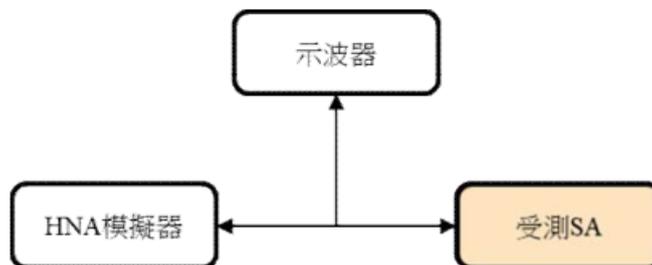


圖 5 SA 符合性測試配置圖

SA 的測試設置完成後，HNA 模擬器將產生並傳送 TaiSEIA 101 裝置監控請求封包至受測 SA，受測 SA 應依據收到之 TaiSEIA 101 裝置監控請求封包，經解譯執行後回傳對應之 TaiSEIA 101 裝置監控回應封包。

為檢測受測 SA 之 UART 介面之 TX 腳位輸出及 RX 腳位接收之訊號位準是否符合 5V CMOS 訊號位準規格，以及 VCC 腳位電壓是否為 5~12V 範圍內，應於受測 SA 與 HNA 模擬器之轉接線連接處，分線連接示波器進行訊號位準及電壓量測，並以訊號產生器取代 HNA 模擬器，進行可接受訊號位準及通訊速率檢測。

CNS 16090 標準 SA 符合性測試章節定義 SA 適用之預設項目，例如：SA 開機暖機所需時間、SA 關機所需時間、5.2.2 通訊功能測試步驟間之執行時間間隔，以及運轉模式設定之服務功能測試中，各運轉模式設定測試完成後，進行後續測試所需設定之運轉模式等，應由受測 SA 廠商於送測時註明。進行 SA 測試時之預設項目及預設值，皆應註記於測試報告備註欄中。

SA 符合性測試的功能測試，主要分為 5.2.1 SA 通訊介面測試與 5.2.2 SA 通訊功能測試。

SA 通訊介面測試應評估 SA 通訊介面符合性，根據 CNS 16014 所定義 SA 通訊介面規格，檢測 TX/RX 訊號位準、通訊速率及 VCC 腳位電壓，項目包含：訊號位準測試、通訊速率測試、腳位電壓測試。

SA 通訊功能測試應評估 SA 之通訊功能，受測 SA 應依據接收自 HNA 模擬器之 TaiSEIA 101 裝置監控請求封包，回應適當之 TaiSEIA 101 裝置監控回應封包。測試程序應進行 SA 註冊及各別產品資訊讀取、SA 運轉狀態資訊讀取及寫入之通訊功能測試，以及失敗通訊狀態測試。

#### 四、需量反應協定 OpenADR 2.0 檢測介紹

OpenADR 由美國勞倫斯伯克利國家實驗室 (Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL) 的需量反應研究中心 (Demand Response Research Center, DRRC) 所提出，並在 2010 成立 OpenADR Alliance，透過該協會將需量反應標準 OpenADR (Open Automated Demand Response Communications Specification) 推動成美國國家標準與國際標準 IEC 62746-10-1:2018，為目前國際主要自動需量反應通訊協定標準，近年發展已擴大 OpenADR 的用途，以滿足多樣化之市場需求。

目前 OpenADR 2.0 在北美等許多地方進行採用，包括加利福尼亞州、內華達州、德克薩斯州、佛羅里達州、亞利桑那州、夏威夷以及歐洲、中國大陸、日本和韓國等全球各地，台電自動需量反應系統也有採用；最新聯盟發展主軸協助電力能源公司管理不斷增長的分散式電源，其中包括可再生能源、儲能、需求反應及電動汽車充電，OpenADR 標準支持所有 DER 資源的通信，以管理 DER 資源的負載狀態，能量輸入和功率特性的變化。

OpenADR 2.0 標準<sup>(三)</sup><sup>(四)</sup>為具彈性之資料模型協定，促進電力服務提供者、用戶群代表 (aggregator) 與終端使用者間之共同資訊交換，以開放規格之概念，使所有人皆能實作雙向信息指令系統，提供伺服器 (Virtual Top Node, VTN) 將資訊發布至訂閱使用該資訊之自動化客戶端 (Virtual End Node, VEN)。

OpenADR 2.0 標準涵蓋 VTN 與 VEN 間(或 VTN/VEN 配對)之信號資料模型，並包含設施所採取之特定 DR 電力縮減或轉移策略的相關資訊，VEN 與 VTN 間的傳輸有 Pull 與 Push 模式，透過 Simple Http 或 XMPP 協定方式傳輸，此標準之功能服務如下：

- 註冊(EiRegisterParty)：註冊係用以識別諸如 VEN 及相關各方之實體，此為用戶、VEN、VTN、投標者等各種角色進行互動前必須執行之步驟。
- 事件(EiEvent)：電價反應、需量事件功能及資訊模型是需量反應之核心，此服務係用以呼叫交易中之效能資訊，服務參數及事件資訊區別不同型式之事件，事件型式包括可靠性事件、緊急事件...等等，此外還可定義針對交易中其他動作之事件。
- 報告或回饋(EiReport)：設定資源狀態回應之周期性或一次性資訊的能力。
- 選擇或撤銷(EiOpt)：因應可用性之短期變動，以建立及溝通由 VEN 至 VTN 之選擇加入及選擇退出排程。

OpenADR 2.0 認證測試標準<sup>(五)</sup><sup>(六)</sup> 定義 OpenADR 2.0 符合性要求，及測試案例與符合性規則及測試規格間的對應關係，測試案例之範圍著重於驗證 VTN 與 VEN 間之交換訊息，及驗證任一例外情況獲得妥善處理，服務不會中斷，且驗證安全性機制，DUT(Device Under Test, 受測裝置)回應資料內容的功能行為的驗證，不在驗證測試的範圍內，例如，測試案例將測試 VEN 確認收到 DR 事件，但不會驗證 VEN 是否真的因為此訊息而卸載容量。

OpenADR 2.0 定義數種測試情境共包含 EiRegisterParty 服務、EiOpt 服務、EiReport 服務、EiEvent 服務、EiEvent 移植 OpenADR A 規範服務及一般服務共 6 種測試案例情境，OpenADR 2.0 為針對應用層訊息交換之通訊協定，用作 VTN 和 VEN 兩端裝置間之雙向溝通，故測試中所扮演腳色為 DUT 另一端，如測試 VEN Push 裝置時，測試工具就會扮演 VTN Push 的腳色，如圖 6 所示。測試 VTN 時：



測試 VEN 時：



圖 6 OpenADR 檢測架構圖

測試工具(Test Harness, TH)將扮演與 DUT 互動之另一方(VEN 或 VTN)的角色，每個測試案例都會定義一組先決條件、由 VEN/VTN 訊息交換序列組成的測試情境，以及預期結果，執行該測試情境將造成 DUT 及 TH 之間的資料交換被加以分析，分析的項目包括下列：

- 訊息互動的形式如預期，包括正確回應資料，例如，收到 oadrCreatedEvent 資料作為 oadrPoll 的回應是錯誤的；適當要求資料，例如，含有 oadrCreatedOpt 資料的要求是錯誤的。
- 資料的 XML 格式正確性。
- 資料符合 OpenADR 2.0B 綱要。
- 符合 OpenADR 規範規格定義之特定符合性規則。
- 達到測試案例的目的，如測試案例可能預期 VEN 傳送”optOut”的 optType，如果沒收到的話，測試案例即失敗。

## 五、結論

目前校園透過CNS 16014智慧冷氣與具需量反應OpenADR協定之EMS系統達到校園智慧化電能管理，及結合台電自動需量反應（ADR）方案，減少學校電費支出，政府也同步推動「校校會發電」創能，透過全國校園增設太陽光電設施，預估每年創造的發電量3.7億度，是新設冷氣耗能2.6億度的1.45倍，估計未來家庭、大樓建築、校園與社區會越來越多太陽能系統、家用儲能系統與電動車充電系統等能源系統設置，CNS 16014智慧家庭之裝置互連協定也規劃涵蓋這些能源系統，完善這些能源系統與智慧電網及智慧家庭間相關檢測能量，將可幫助智慧電網及智慧校園政策推動，及綠能科技產業發展。

## 六、參考文獻：

- (一) CNS16014:2017，智慧家庭之裝置互連協定，標準檢驗局.
- (二) CNS16090:2018，智慧家庭之裝置互連協定測試法，標準檢驗局.
- (三) OpenADR 2.0 Profile Specification A Profile, 1.0, OpenADR Alliance.
- (四) OpenADR 2.0 Profile Specification B Profile, 1.1, OpenADR Alliance.
- (五) OpenADR 2.0A Certification Test Specification, 1.1.2, OpenADR Alliance.
- (六) OpenADR 2.0B Certification Test Specification, 1.1.2, OpenADR Alliance.

## 儀器介紹

### SESAM離岸風力機水下結構分析軟體介紹

財團法人金屬工業研究發展中心 工程師 陳彥中

#### 一、前言：

行政院於民國105年起，經濟部加速離岸風力發電開發，原規劃114年離岸風電3GW目標，行政院108年3月加碼提高至5.5GW，並規劃民國115-124年，每年建置1GW離岸風電的計畫，將進入大量建置與運維階段，配合離岸風電產業政策，以在地化關鍵零組件水下基礎對象，建置相關分析驗證能量以提升國內業者之國際競爭力，提供我國產業具公信力的驗證技術，協助深化外商與本土產業合作，進而使本土產業鏈打入國際綠能產業市場。

SESAM離岸風力機水下基礎分析軟體由挪威商立恩威(DNV)開發維護，已於近十年在歐洲累積許多離岸風場驗證技術及經驗，並擁有相對完善的離岸風力機模擬分析技術。SESAM能夠對複雜結構之風力機水下基座進行負載模擬分析，使風場專案驗證人員與驗證審查人員得以透過此模擬分析軟體進行獨立負載計算與結構強度檢核。

#### 二、SESAM軟體介紹

SESAM離岸風力機水下基礎分析軟體可以建立複雜結構之風力機水下基座(如：管架型(Jacket type))有著全面的模擬分析能力，風場專案驗證人員得以透過此模擬分析軟體進行獨立負載計算，在建立結構幾何模型方面，SESAM能夠快速地建立分析模型，並且對於結構之結點(Node)所需要符合之相關參數能夠很容易地進行偏移與修正；在環境負載方面，SESAM能夠模擬風、波浪、海流、土壤結構互制、地震、海嘯...等離岸環境條件；在標準檢核方面，SESAM已內建不同標準(如：EN、API、DNVGL、NORSOK...等)對於離岸結構設計之要求，在結構完成ULS、FLS、ALS以及SLS之分析後，SESAM能夠根據所選之標準評估結構是否具有足夠之承載力。

SESAM 搭配局內已有之Bladed 可進行離岸風力機特定場址負載計算，一併應用於風場專案驗證之獨立負載計算中，包含整體分析法(Integrated approach)與超級元素法(Super-element approach)，並可進一步應用於專案驗證審查之結構強度複驗中。

以下摘要介紹各個模組之功能：

- (一) GeniE：SESAM的基本模組，可對平面和直線結構如平板和直線樑等，以及設備、艙室等建模；為結構、水動力模型及地樁／土壤互制分析預設輸入，可對基本的有限元素計算結果進行後處理。



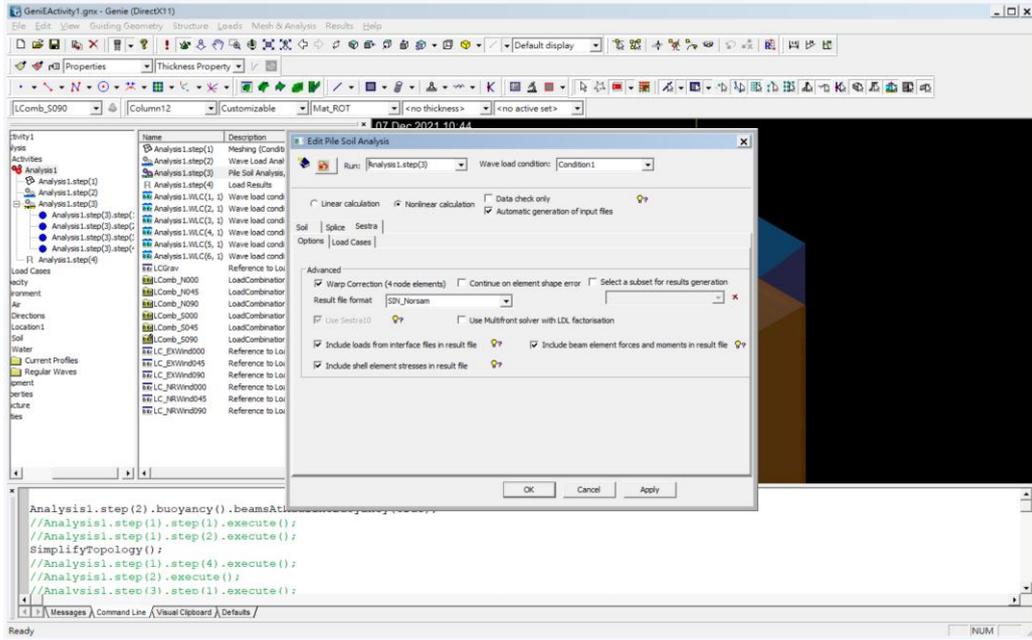


圖3 Sestra 操作畫面

(四) Splice：進行非線性地樁—土壤分析(可在GeniE中直接設定地樁／土壤的輸入參數)。

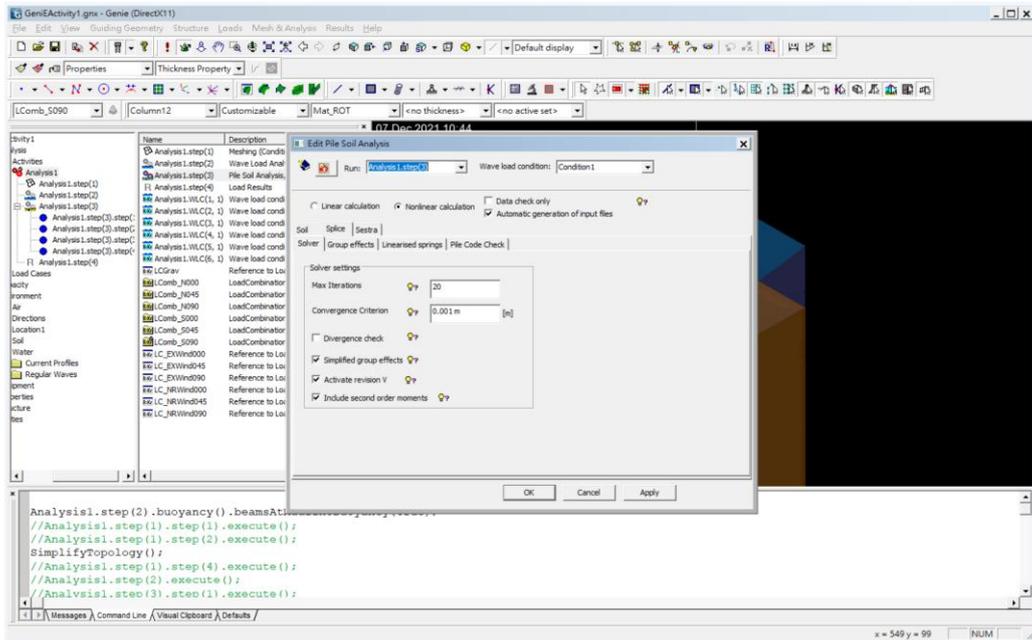


圖4 Splice 操作畫面

(五) SESAM Wind Manager：用於離岸風力機水下結構疲勞計算的模組，可與上部風力機進行資料交換包括Bladed、HawC2、BHawC及Fast。水下結構建模與有限元素、強度計算之疲勞分析需結合GeniE使用。

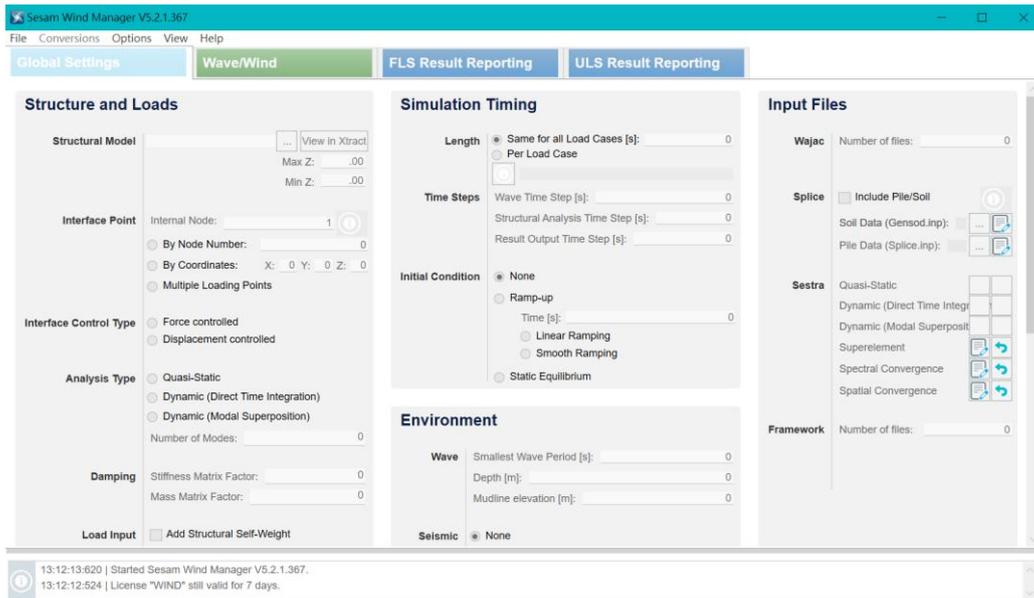


圖5 SESAM Wind Manager 操作畫面

(六) Framework：可支援地震分析並對樑元素進行疲勞強度分析，可選方法包括：準時域靜態分析、頻譜分析或時域分析方法。

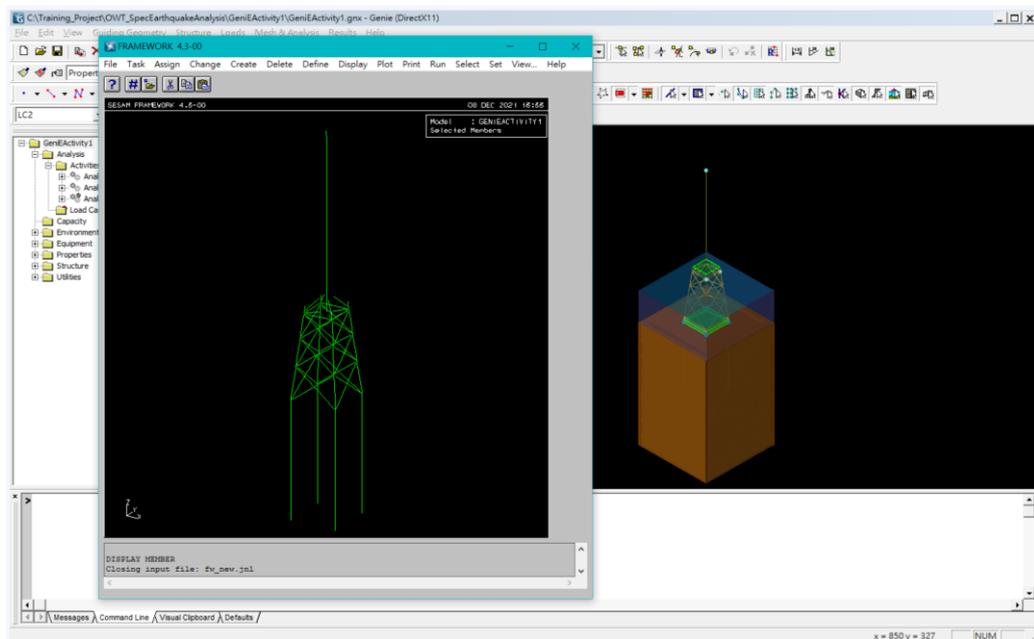


圖6 Framework 操作畫面

(七) Xtract：通用後處理工具。可顯示結構有限元素分析結果包括：結構變形、受力、應力及面壓；顯示水動力分析結果包括：運動、靜水及水動壓力與自由面升高；顯示疲勞分析結果包括：疲勞壽命及長期應力水準。

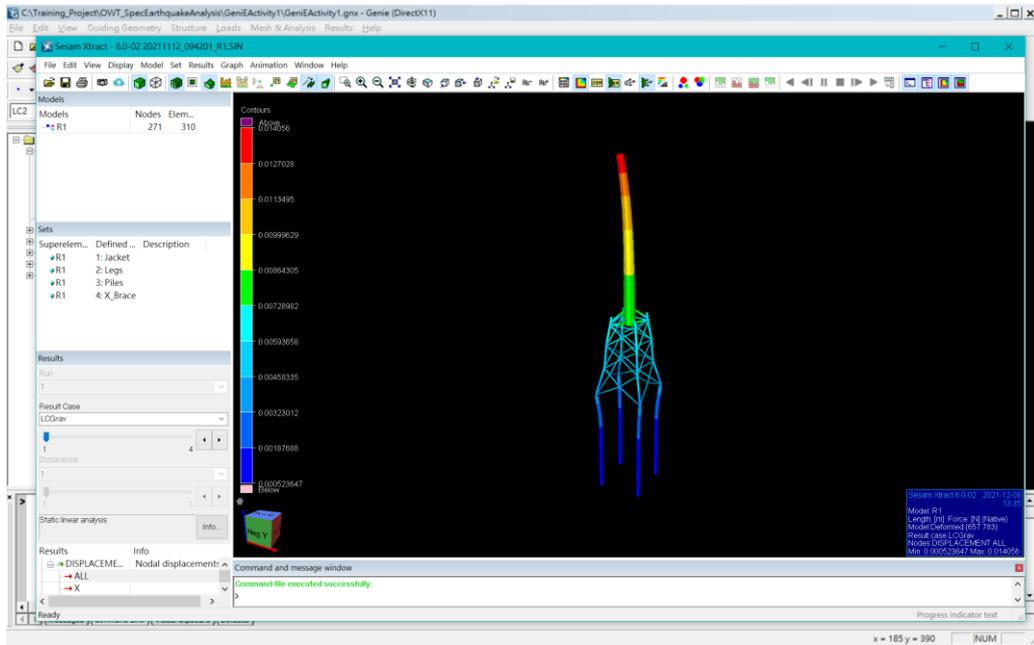


圖7 Xtract 操作畫面

(八) Installjac：管架型(Jacket type)水下結構的下水及扶正計算。

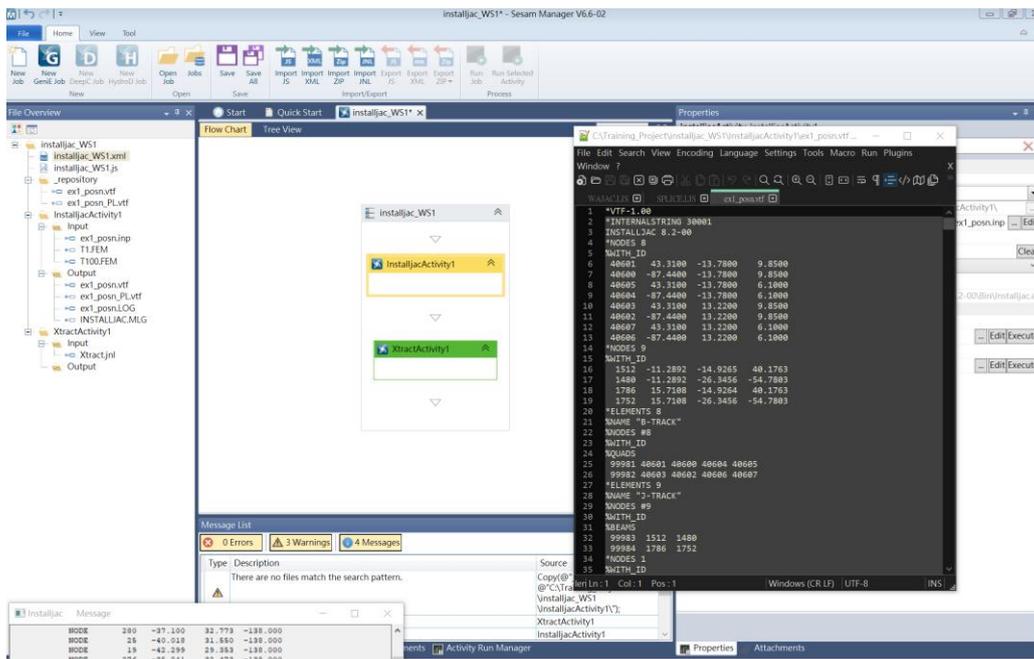


圖8 Installjac 操作畫面

(九) FNCorrosion：可針對固定式、浮動式及水下結構的腐蝕防護系統建模和分析。

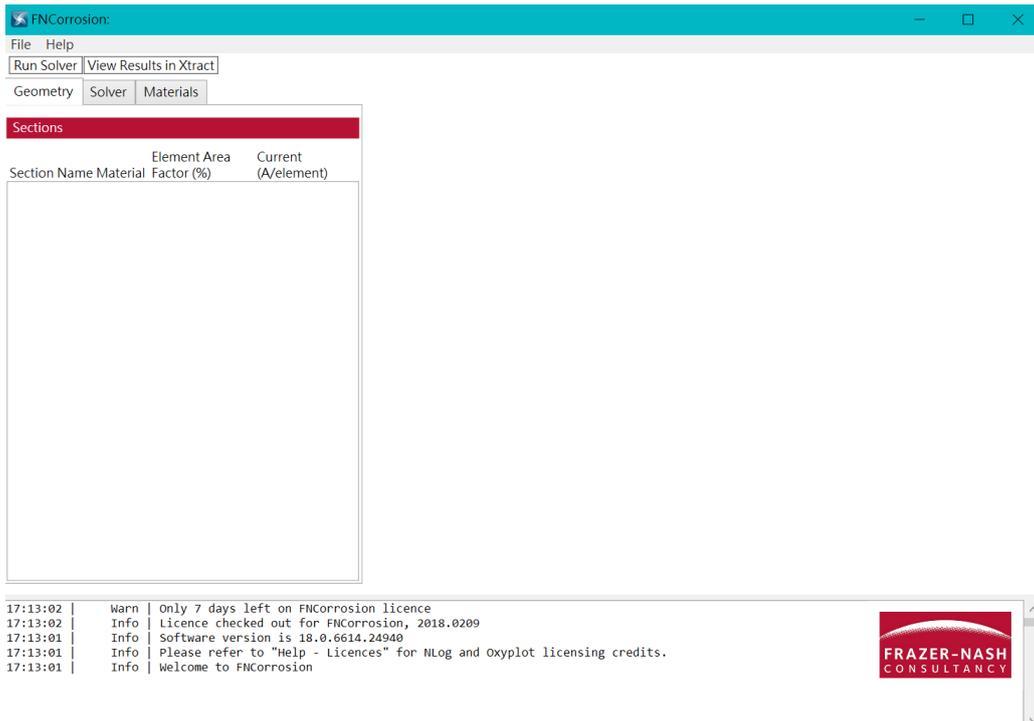


圖9 FNCorrosion 操作畫面

### 三、SESAM軟體分析案例簡介

SESAM可以分析相當複雜的結構情況，因此，其輸入參數與輸入方式也有一定程度的門檻，故以下簡單展示水下結構分析之操作過程。

首先建立各個樑(Beam)的截面(Section)幾何，截面位於樹狀資料夾之 Properties > Sections 中，以本案為例，共建立19種截面幾何。

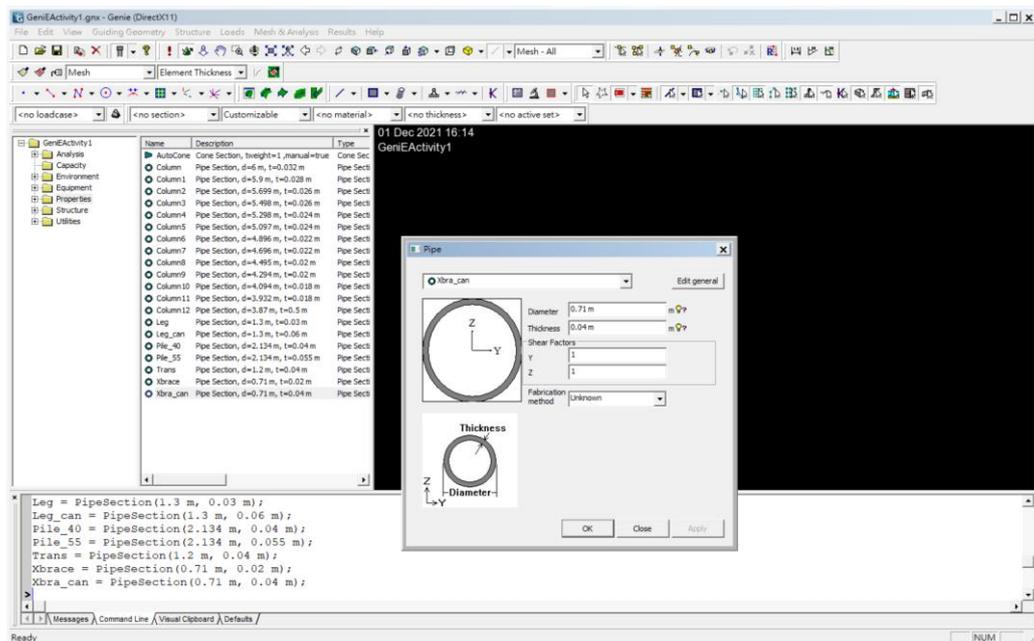


圖10 建立截面幾何

本案例中材料依不同結構位置分成4類，材料位於樹狀資料夾之 Properties > Materials 中，如圖11所示。

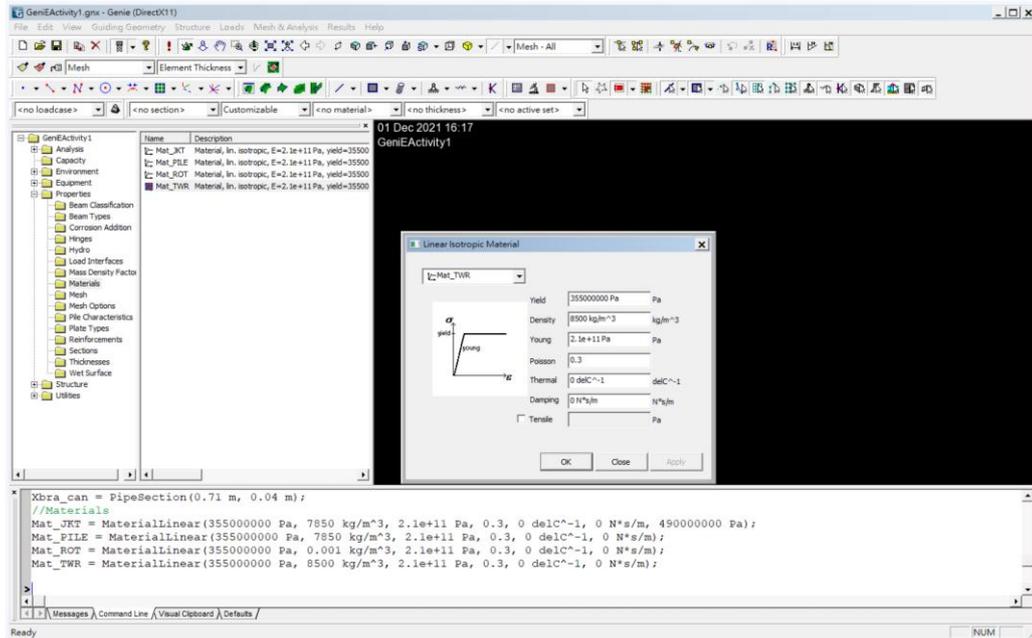


圖11 建立材料性質

建立套管(Can)結構，套管為各桿件之相連結構，可由軟體自動生成，位於樹狀資料夾之 Properties > Reinforcements 中，設定介面中 Update reinforcement length取消，便不會自動更新套管結構尺寸，如圖12所示。

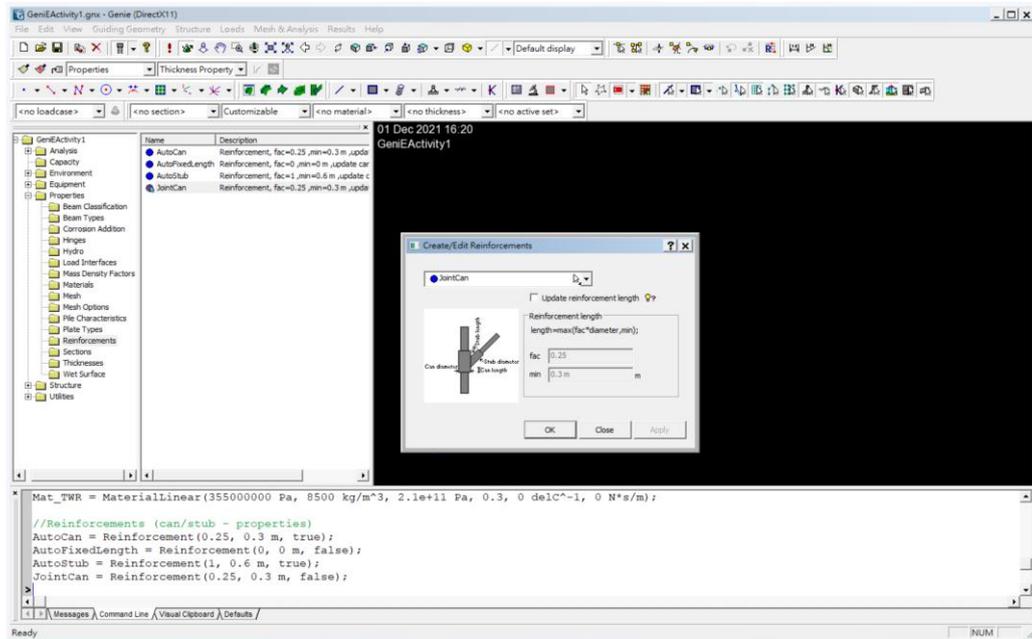


圖12 建立套管結構尺寸

建立水動力屬性，依據環境資料輸入，位於樹狀資料夾之 Properties > Hydro中，輸入參數包含管件直徑、各阻力係數等，如圖13所示。

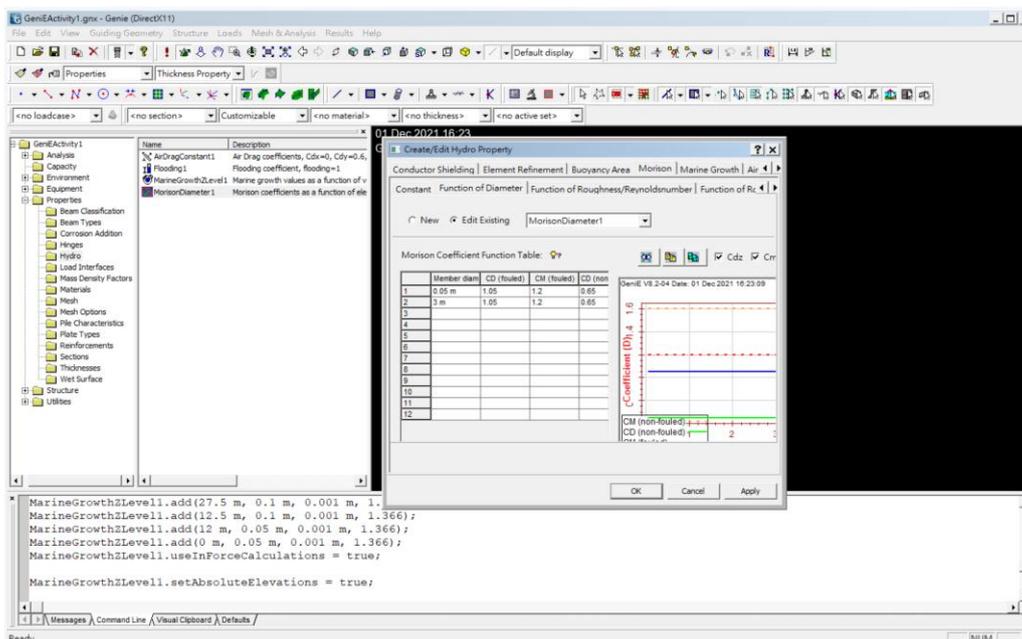


圖13 建立水動力屬性

建立海流屬性，依據環境資料輸入，位於樹狀資料夾之 Environment > Water > Current Profiles 中，輸入各高層之流速，如圖14所示。

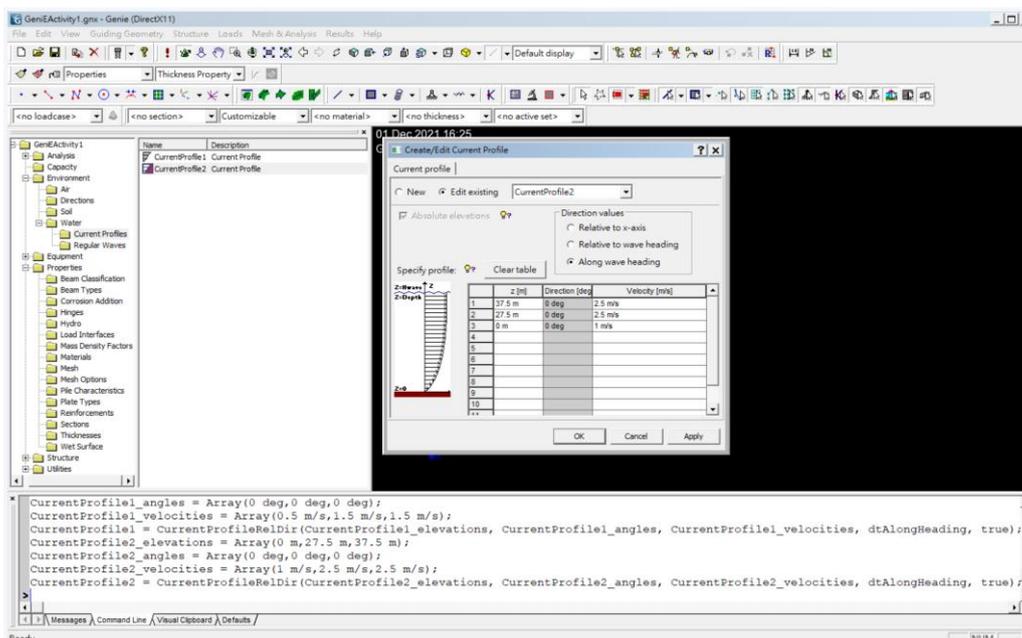


圖14 建立海流屬性

建立波浪屬性，依據環境資料輸入，位於樹狀資料夾之 Environment > Water > Regular Waves 中，輸入各種浪況，並可組成Wave set，如圖15所示。

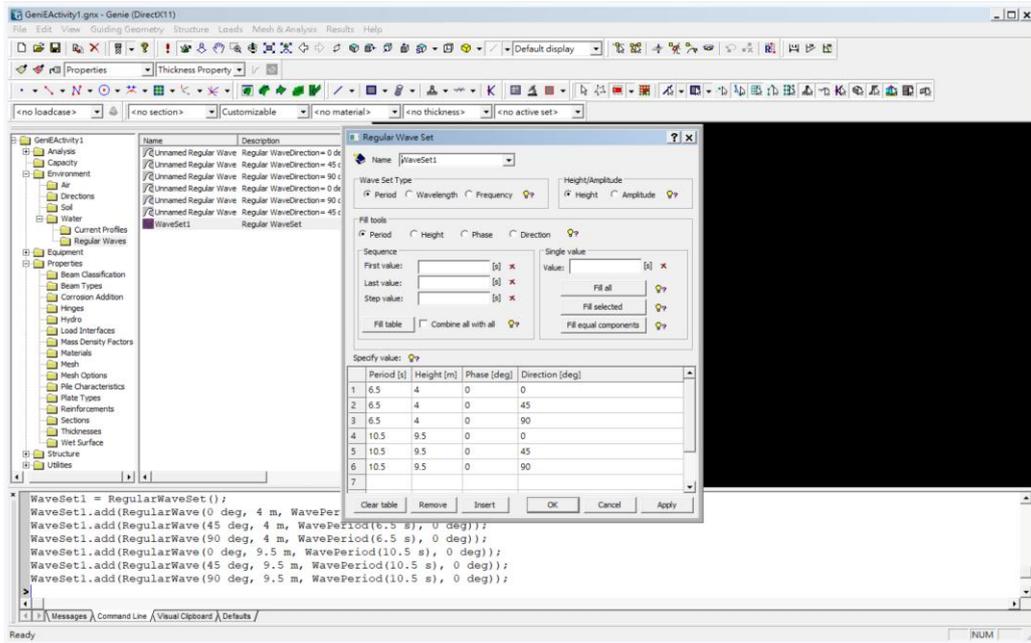


圖15 建立波浪屬性

建立土壤屬性，依據環境資料輸入，位於樹狀資料夾之 Environments > Water > Regular Waves 中，輸入各種土壤曲線，並組成 Soil data，如圖16所示。

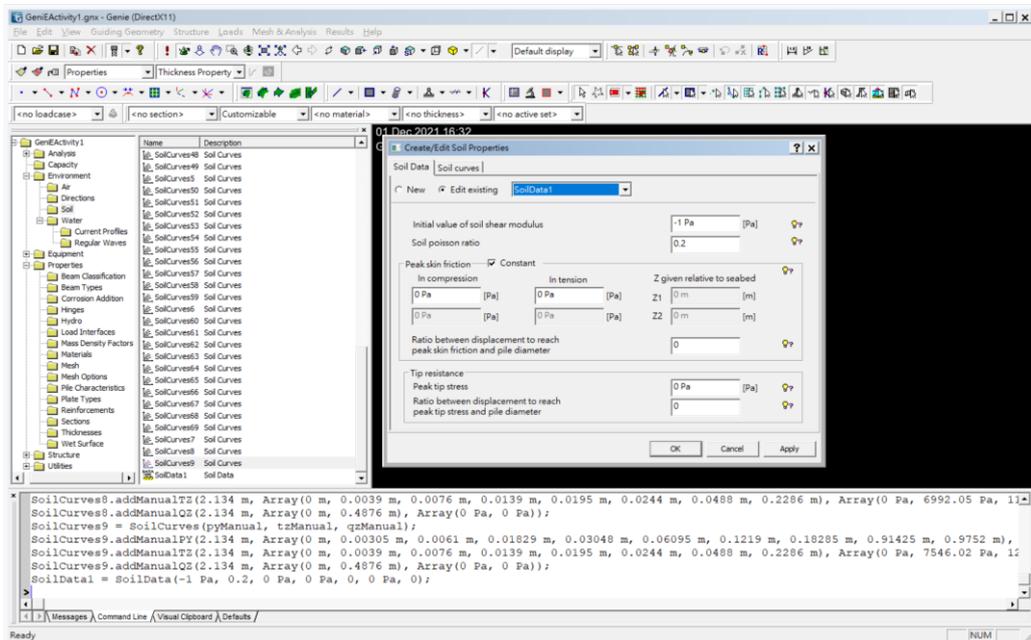


圖16 建立土壤性質

建立結構幾何，依據設計資料輸入，可直接輸入座標，或是透過繪圖工具列繪製，並設定各線條之截面幾何，最後加上簡化後之點質量，如圖17所示。

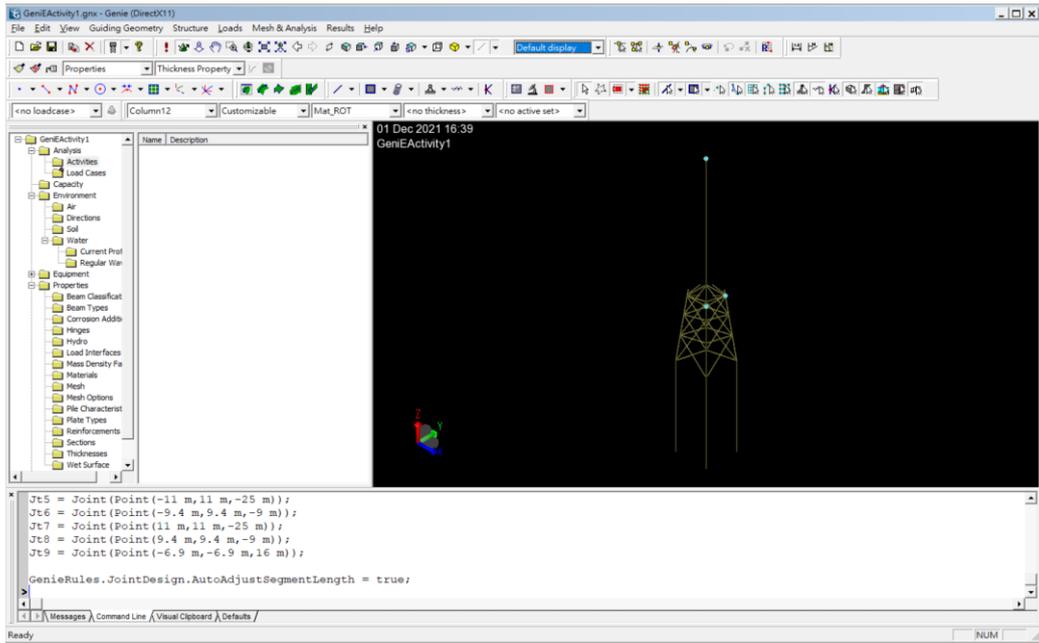


圖17 建立結構幾何

建立環境條件，依據環境資料輸入，輸入海水深度與土壤深度，並匯入先前製作完成之土壤性質，如圖18所示。

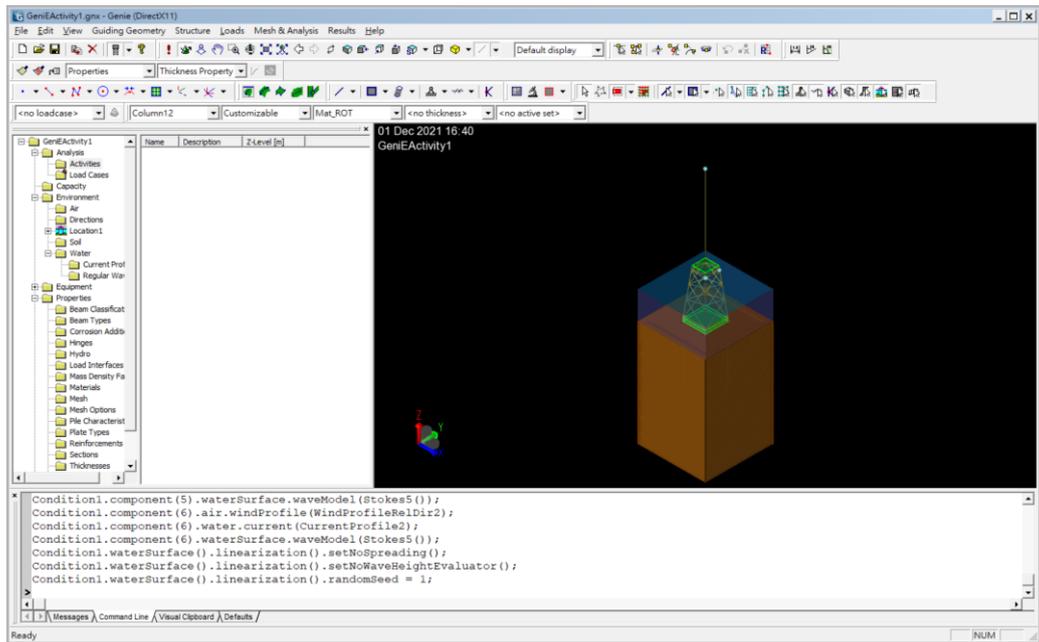


圖18 建立環境條件

建立負載狀況，依據負載條件輸入，設定各個方向的風負載，以及結構本身的自重負載，如圖19所示。

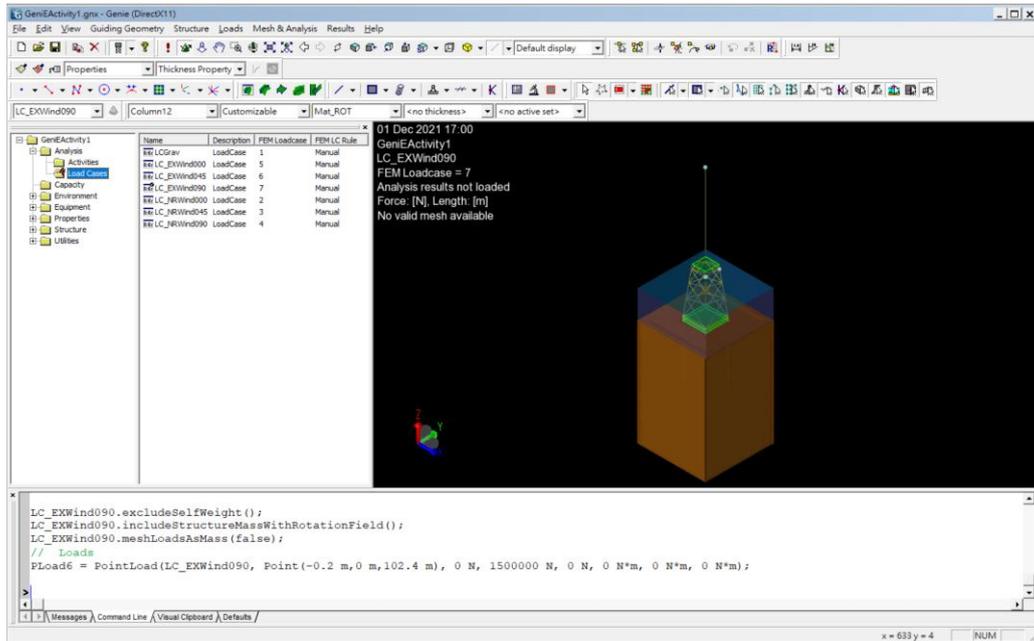


圖19 建立負載狀況

建立分析案例，選用先前步驟所建立之參數並加入分析案例中，其中負載狀況可依不同條件進行組合，如圖20中所示。

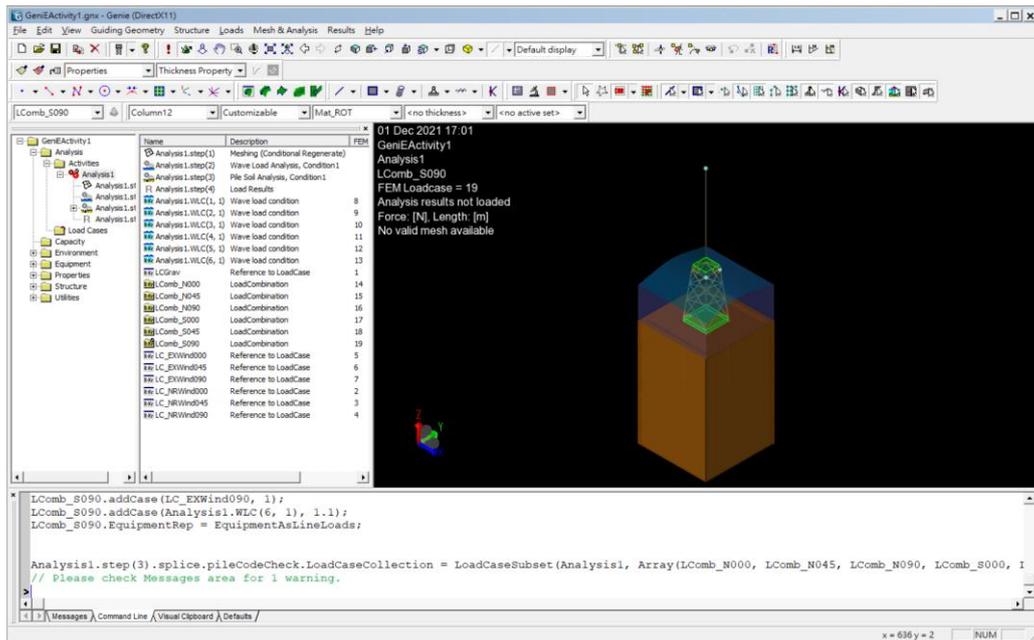


圖20 建立分析案例

執行分析，對分析案例按下右鍵選擇Activity Monitor，勾選欲分析項目(預設會全部勾選)，並按下Start開始分析，分析過程中包含自動建立網格(Mesh)的過程，完成後會顯示Done!，完成後便可開啟分析結果，如圖21中所示。

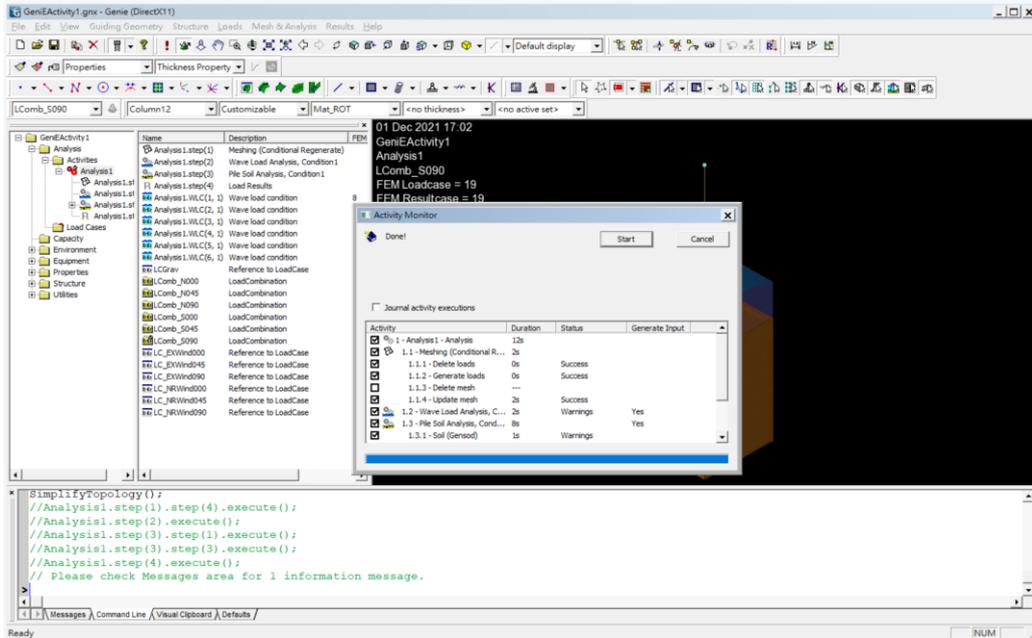


圖21 建立分析案例

顯示分析結果，對分析結果(\*.lis檔案，本案例為 splice.lis )按下右鍵選擇 Open，檔案中包含許多計算過程中的參數，在檔案尾端可以看到各個基礎(Pile)所承受的負載，如圖22中所示。

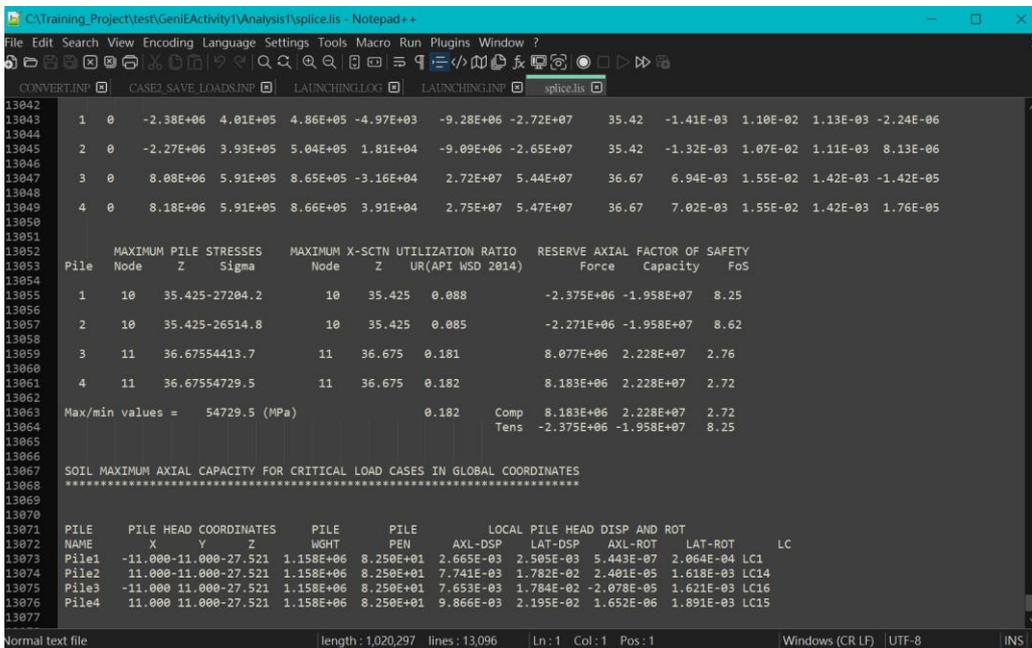


圖22 顯示分析結果

#### 四、結論

SESAM離岸風力機水下基礎分析軟體是一套功能相當強大，且支援複雜水下基礎結構模型的整合分析軟體，但本軟體不包含上部風力機之分析計算功

能，仍需與局內已採購之另一套軟體Bladed合作使用。從前面的模組介紹與操作過程中可以發現SESAM的操作並不是以使用者端去設計的，部份的功能甚至需要透過指令來完成，但SESAM支援腳本檔案進行計算，可以不用透過UI介面完成，在軟體的相容性上是相當方便的，惟軟體入門之門檻較高，仍然需要有相關專業知識背景之人員操作才有辦法完成一次完整的計算。

## 五、參考文獻

(一) SESAM User Manuel, 2021, DNV AS

(二) 圖片皆取自軟體操作截圖

## HATS ear simulator(頭軀幹耳朵模擬器)設備簡介

財團法人台灣商品檢測驗證中心 組長 陳正男

### 一、前言

世界衛生組織(WHO)曾於 2015 年 World hearing day: Make listening safe 國際護耳日的文章<sup>(一)</sup>中提出警訊，由於不當地使用個人音頻設備以及在嘈雜的娛樂場所中暴露在破壞性的高音量所導致的聽力損失問題日益嚴重，推估有 11 億年輕人口（12-35 歲）會面臨聽力損失的風險。尤其近年來受新冠疫情影響，全球宅經濟升溫，個人化娛樂活動如追劇、聽音樂、手機遊戲等使用量飆高，根據華科慈善基金會「2020 年耳機使用習慣」網路調查<sup>(二)</sup>，發現超過五成民眾會因處於通勤吵雜環境下，自動調高耳機音量，長時間使用恐成「娛樂性聽損」高風險族群！有鑒於此，標準檢驗局增購 HATS ear simulator(頭軀幹耳朵模擬器)設備，依據 CNS 15027/EN 50332/CNS 15598-1 標準，來為消費者把關。

### 二、HATS ear simulator(頭軀幹耳朵模擬器)設備介紹

依據國際標準法規(IEC 60318-4 and ITU-T Rec. P.57 Type 3.3)要求所建置出的頭軀幹耳朵模擬器，有內置耳朵和嘴巴模擬器的人體模型，可真實再現一般成年人頭部與軀幹的聲學特性。主要設計用於對電話聽筒、耳機、音頻會議設備、麥克風、耳機、助聽器和聽力保護器等進行現場電聲測試。測試設備之構成單元由頭軀幹耳朵模擬器搭配量測放大器、訊號分析儀及控制介面所組成，如圖 1 所示。

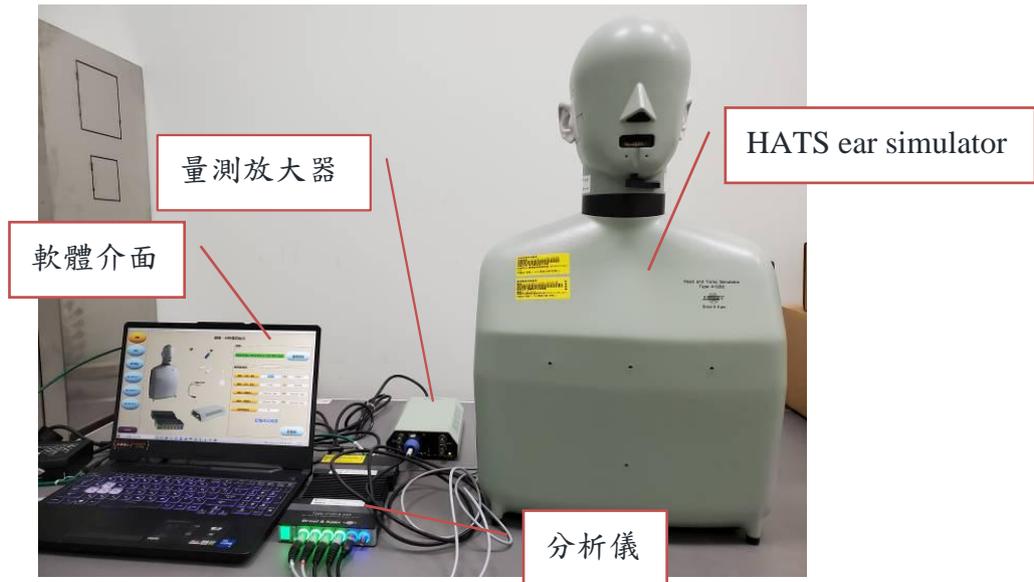


圖 1 測試設備之構成單元

### 三、檢測項目介紹

測試設備之基本架構主要是建立在 CNS 15027(EN 50332)的檢測方法，以「聲音系統設備—與個人音樂播放器相關之頭戴式耳機及耳戴式耳機—最大聲壓位準量測法」區分為以下 3 部分：

1. CNS 15027-1 第 1 部：套裝設備之一般量測法。
2. CNS 15027-2 第 2 部：個人音樂播放器與頭戴式耳機之匹配—兩者單獨提供或以套裝設備提供。
3. CNS 15027-3 第 3 部：聲音劑量管理之量測法。

另於 CNS 15598-1 影音、資訊及通訊技術設備—第 1 部：安全要求中明訂其輻射能量源分級限制值相關要求，如表 1 所示：

表 1 輻射能量源分級限制值

來源		等級		
		RS1	RS2	RS3
個人音樂播放器聲音最大聲壓 <sup>1</sup>	聲音輸出	≤ 85 dB(A)	≤ 100 dB(A)	> RS2
	類比輸出	≤ 27 mV	≤ 150 mV	> RS2
	數位輸出	≤ -25 dBFS	≤ -10 dBFS	> RS2
個人音樂播放器聲音顯露劑量 <sup>1</sup>	聲音輸出	100 % CSD = ≤ 80 dB(A)/40 h	≤ 100 dB(A)	> RS2
	類比輸出	≤ 15 mV	≤ 150 mV	> RS2
	數位輸出	≤ -30 dBFS	≤ -10 dBFS	> RS2

註 1：收聽裝置及個人音樂播放器不要求故障試驗量測。

#### 四、軟體介面介紹：

相關 CNS 15027 的檢測可透過本套軟體逐一實現。軟體開啟後一開始會指引確認前端設備是否已連接以完成分析儀初始化的動作(如圖 1)，下一步會導引您完成校正程序(如圖 2)，接著填入客戶資訊與環境參數(如圖 3)，之後選擇欲執行的測試項目，例如 CNS 15027-1 之聲壓測試(如圖 4)、CNS 15027-2 之可攜式播放器測試(如圖 5)、CNS 15027-2 之類比耳機測試(如圖 6)、CNS 15027-2 之數位(無線)耳機測試(如圖 7)以及 CNS 15027-3 之聲音顯露劑量測試(如圖 8)。各項測試中按下產出報表即能將報告結果產出(如圖 9)。



圖 2 前端分析儀初始化

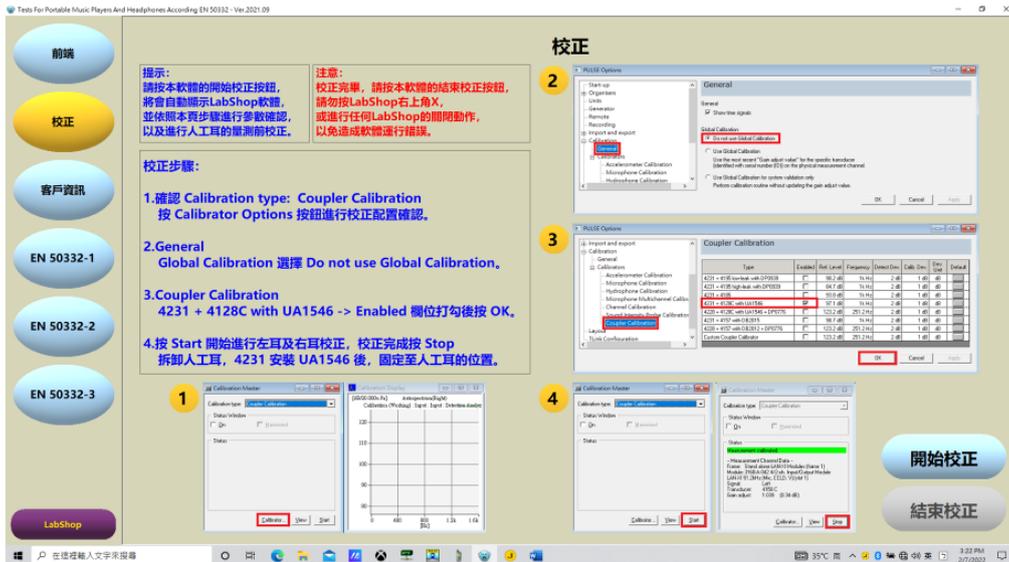


圖 3 校正程序



圖 4 客戶資訊及環境參數



圖 5 EN50332-1(同 CNS 15027-1) 聲壓測試



圖 6 EN 50332-2(同 CNS 15027-2) 可攜式播放器測試



圖 7 EN 50332-2(同 CNS 15027-2) 類比耳機測試



圖 7 EN 50332-2(同 CNS 15027-2) 數位(無線)耳機測試



圖 9 EN 50332-3(同 CNS 15027-3) 聲音顯露劑量測試

## 五、結論：

由於目前市面上藍芽耳機普遍盛行，然而能檢測數位藍芽耳機的實驗室卻寥寥無幾，為因應 113 年耳機將列為強制檢驗項目，特建置本套量測系統預先鋪路，讓未來購買耳機使用的消費者能更放心更安全的享受音樂所帶來的美好體驗。

## 六、參考文獻

- (一) World hearing day 2015：Making listening safe，110/12/23 檢索，取自 <https://www.who.int/news-room/events/detail/2015/03/03/default-calendar/world-hearing-day-2015-make-listening-safe>
- (二) 聽覺照顧雲，110/12/23 檢索，取自 <https://hearingcare.psa.org.tw/>