地震試驗計畫

試驗摘要

減震試驗在 4"/DN100、8"/DN200 和 16"/DN400 的唯特利 溝槽式機械管道接頭和配件上進行，這些接頭和配件安裝在標準壁厚碳鋼管上。試驗證明，唯特利接頭最適合在地震區的管道系統上使用。試驗計畫遵循國際認可的當前非結構性建築元件試驗之振動臺標準開發。管道裝置在 x 和 y 水準方向上的輸入振幅為 ±3"/76mm，輸入加速度最高為 1.3g，頻率範圍為 1.3 至 33Hz。在試驗條件下，連接的剛性部件和撓性部件表現無可挑剔，記錄的管路峰值加速度超過 7g。在所有試驗期間，注入裝置的水承壓 200 psi/1375 kPa，在試驗過程中或試驗之後，未發現任何壓力損失或洩露。

唯特利公司

唯特利創立於 1925 年，是全球機械管道連接系統的領導者。唯特利為連接管道引入了一個基本理念：將機械栓接的接頭與溝槽相嚙合，並使用橡膠墊圈來密封接合處。

相比 HVAC、管道設備、消防、採礦、工業利用、油田管道系統、飲用水和污水系統中廣泛使用的焊接、螺紋連接、法蘭連接，溝槽管道方法大大減少了安裝時間。

在全球的主要地標和建築物中，處處可見唯特利產品。唯特利系統有剛性和撓性接頭，提供了其它類型的管道連接系統所不具備的設計上的多功能性。

唯特利在地震條件下的表現

早在 20 世紀 40 年代，對於地震區用來為設備連接提供應力消除的唯特利撓性溝槽接頭的使用情況，進行了跟蹤。自那時起，溝槽產品就成為一種標準連接法，因為其具有獨特的設計優勢，能夠根據特定系統的設計要求，提供剛性管道連接和撓性管道連接。在發生過地震活動的地區，唯特利產品已擁有多年的成功使用經驗，因而成為地震區許多項目的標準管道連接法。為證明唯特利產品在不良條件（如地震活動、船上管道系統和高壓迴圈）的表現能力，還執行了很多實地測試和協力廠商試驗。各種試驗的結果證明了唯特利產品在這些不良條件下的可靠性和完整性。

試驗目的

為了展示對新規範要求的合規性，證明所提供的可持續系統能承受住地震活動期間產生的力，維護系統在經受真實地震活動時的系統完整性，唯特利認為有必要對我們的產品進行最先進的試驗。試驗旨在提供分析資料，從而對過去發生地震時成功的“真實”表現給予支持。

由於管道和建築物之間發生不均勻位移；以及管道穿越建築防振縫——管路穿過兩個獨立結構，或管路支承或固定在建築物中獨立的支承結構上（即從屋架支承，然後再是支架支承），致使管路和建築物發生損壞。通過將管道（隔震加固）固定到建築結構，使其隨建築一同移動，可以解決前面這個問題。加固和間隙的設計，必須參考特定的地震加速度和移動幅度。將管路從一個“結構區”穿越另一個結構區，可解決後面的問題。應使用能足夠吸納管道之間發生的不均勻位移的撓性元件（隔震裝置），來安裝管路，這類元件連接在一起，但是通過不同“隔震結構”來支承，或錨固在不同的“隔震結構”上。撓性部件可以讓這些結構以及安裝在每個結 構上的管道在建築物內獨立移動，在地震活動發生期間不會彼此 造成損壞，也不會損壞其它設備。

這項試驗的目標，是證明唯特利溝槽式機械接頭和配件，適用於地震活動期間的安裝和維護管路系統運行的完整性。試驗計畫旨在表明上述兩種情況下的隔震表現。首先，執行試驗是為了證實，安裝在遵循規範的加固管路上的唯特利剛性或撓性接頭， 在遭遇地震活動時能保持完整的性能。其次，執行試驗是為了證明，減震旋轉接頭或偏移管道結構中的撓性接頭，能夠進行充分 的自由移動，從而吸納結構與結構之間或者建築物隔震接合處所發生的不均勻位移。

VICTAULIC（唯特利）是 VICTAULIC（唯特利）公司的注冊商標。© 2008 Victaulic（唯特利）公司。版權所有。

地震試驗

ATLSS 試驗設施

理海大學 (Lehigh University) 的大型結構系統高級技術實驗室（Advanced Technology for Large Structural Systems， ATLSS），是一家國際性的工程研究中心，我們選擇了這家研究中心來執行試驗。ATLSS 中心是地震工程類比網 (NEES) 的成員之一，NEES 由美國國家科學基金會創立，致力於地理分散式共用試驗研究設備場地的合作。理海 NEES 設備場地能夠使用有效力法、擬動態試驗法或擬動態混合試驗法，對大型結構元件、結構子元件和超級元件在地震激發下進行即時試驗。因此，它非常適合對管路系統執行和分析類比的即時多向地震影響。唯特利和理海諮詢了國際知名的設計師和隔震加固系統的供應商，他們對管道試驗裝置的懸掛和加固給予了設計支持。

試驗要求

遵循當前的振動臺試驗標準，制定了試驗計畫。針對這項試驗計畫，還製造了類比的地面運動。之所以產生這些隨機的地面運動，是為了滿足特定的最低反應譜。

ICC Evaluation Service, Inc.報告，使用了 AC156“通過非結構元件與系統的振動臺試驗確定耐震合格驗證之驗收標準 (Acceptance Criteria for Seismic Qualification by Shake-table Testing of Nonstructural Components and Systems)”來制定試驗方案。這份檔確定了非結構元件（包括管路在內）進行振動臺試驗的最低要求。檔指明了由規定非結構元件設計地震荷載的規範得出的最低反應譜。振動試驗輸入運動的反應譜大於 AC156 中規定的最小反應譜。

AC156 中規定的最小反應譜基於當前建築規範中規定的地震設計荷載。該項試驗計畫採用了《2006國際建築規範》。美國土木工程協會 (American Society of Civil Engineers) 在 ASCE 7-05“建築物和其它結構的最小設計荷載 (Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)”中，對 IBC 2006參考地震荷載進行了規定。管路和其它非結構元件的設計，以等效靜態荷載法為基礎，類似於建築物設計所使用的荷載法。

試驗結構

開發的試驗結構能夠容納大型管路，並實現所需的運動。試驗要求具備對管路和接頭實現較大加速度、位移和速度的能力。水準構架設計用來作為剛性隔板或“建築天花板”，管路的支承便是從該隔板或天花板實現。地震運動先影響頂部結構“天花板”，進而影響管路系統。試驗中使用了三個 NEES 傳動器，來在縱向和橫向施加地震運動。為記錄所有相關的試驗資料，將加速度計、位移感測器和應變計有計劃地部署在預先規劃的位置，來提供試驗計畫的準確記錄。

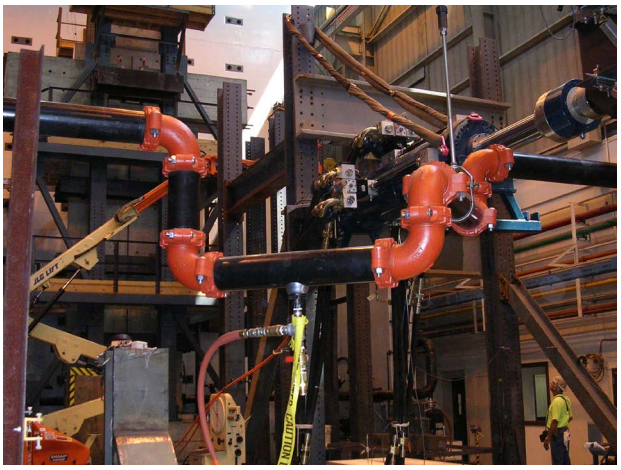
布管長度為 40"/ 12米（2 條 20"/6 米長的管道），有一個 90" 的彎頭，每端有 10"/3 米長，所有這些管道都使用唯特利 07 型或 W07 剛性接頭進行連接。這部分管路按照標準的工業規範要求進行了隔震加固，將之稱為“加固剛性區域”。在“加固剛性區域”的每一端，有一個“撓性區域”，撓性區域由唯特利隔震裝置組成。然後將這些位移裝置連接到不允許發生移動的 ATLSS 反力壁上。因此，管路在“剛性區域”的運動，在隔震裝置裡面產生了相對位移。

剛性區域管路

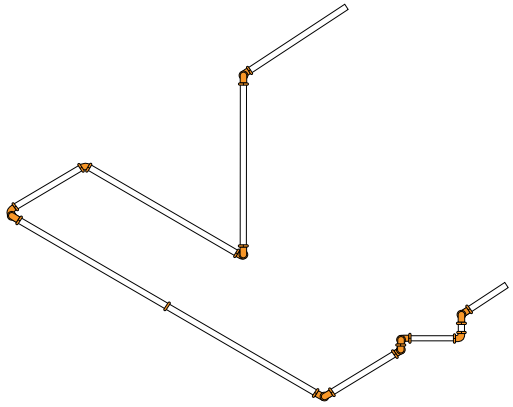
VICTAULIC（唯特利）是 VICTAULIC（唯特利）公司的注冊商標。© 2008 Victaulic（唯特利）公司。版權所有。.

地震試驗

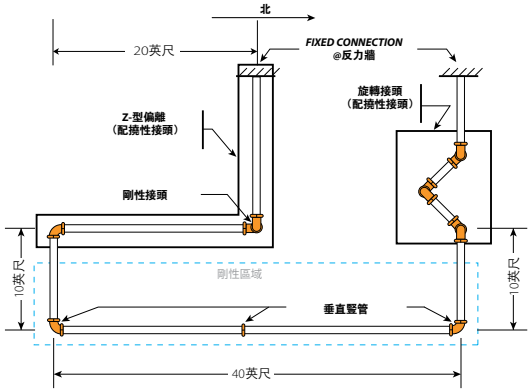
減震旋轉接頭



減震環路

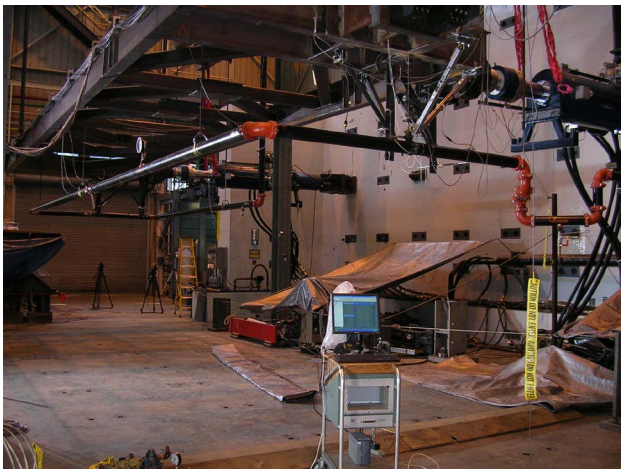


減震環路 – 剛性/撓性區域

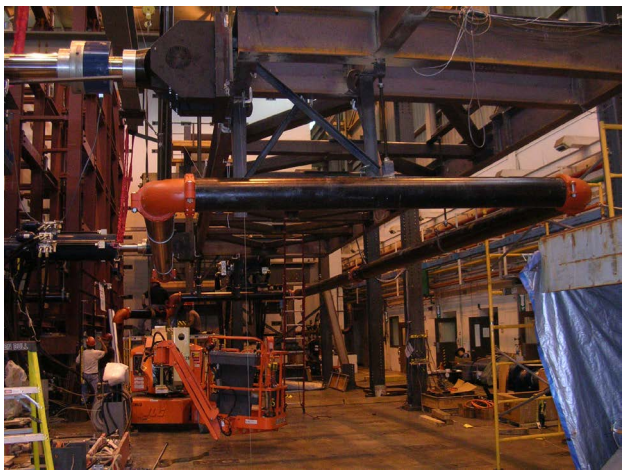


試驗中使用了兩個不同的隔震裝置，“剛性區域”的每端各一個。一個裝置是 Z 型偏移結構，另一個是減震旋轉接頭。這兩種結構均運用了唯特利 77 型和 W77 撓性接頭的偏轉和旋轉特點，以補償“剛性區域”和反力壁之間產生的不均勻管道位移。

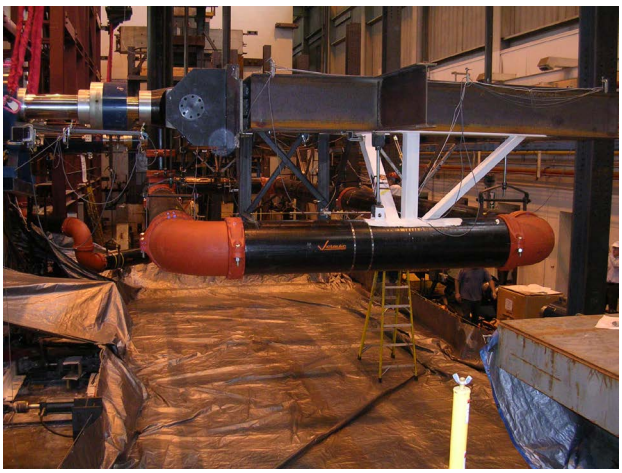
4"/DN100試驗裝置



8"/**DN200試驗裝置**



16"/**DN400試驗裝置**



VICTAULIC（唯特利）是 VICTAULIC（唯特利）公司的注冊商標。© 2008 Victaulic（唯特利）公司。版權所有。

地震試驗

試驗選用了三種大小的管道：4"/DN100, 8"/DN200 和 16"/DN400。各尺寸管道系統都作為一個整體進行了單獨實驗。在每個管路裝置上，執行了多項試驗，來證明唯特利接頭應對各種地震狀況的能力。這三種試驗使用的是相同的接頭和管道。這些試驗包括靜態位移試驗、正弦振動試驗和震動試驗。在所有試驗期間，管路注入了水，加壓為 200 psi/1375 kPa。

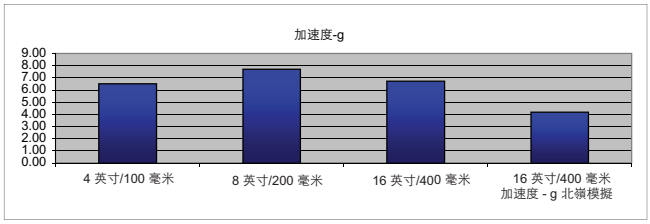
靜態位移試驗是每個裝置在 x 和 y 水準方向發生 ± 4"/102 毫米移動的情況下進行的。正弦振動試驗是每個裝置在正弦加速度下進行的（記錄的頻率範圍為 1.3Hz 至 33Hz）。震動試驗是每個裝置在受到三級地震運動的情況下進行的。震動試驗期間的所負載的最高條件為：水準移動 ± 3"/76 毫米，加速度為 1.3 g。

還執行了另外兩種試驗。首先是對 8"/DN200 管路裝置展開試驗。其次是進行震動試驗，以剛性接頭替換撓性接頭，並再次執行 所有試驗。其次進行試驗的是 16"/DN400 管路裝置。根據標準計畫試驗，完成了對北嶺地震的即時多向混合模擬。之所以執行這項試驗，是為了研究安裝在三層高的建築物中管路系統對於真實地震的反應。在該項試驗期間進行了兩次測試。首先，裝置受到所計算的北嶺地震振幅 ½ 的影響。然後，裝置受到所計算振幅的 1.07 倍的影響。

試驗結果

唯特利接頭的性能卓越。在所有試驗中，沒有任何管道接頭滲漏的跡象。管道始終保持 200 psi/1375 kPa 的內壓力。即使是在大量的隔震加固零件被破壞之後，管路和接頭仍表現出極其堅固結實的特點。

根據隔震裝置記錄的峰值加速度如下：



4"/DN100 裝置 – 6.51 g
8"/DN200 裝置 – 7.70 g
16"/DN400 裝置 – 6.71 g
16"/DN400 北嶺地震模擬 – 4.17 g

隔震裝置的性能同樣出色。所有不均勻位移一一被吸納。應注意到，傳動器中測量到的荷載極低，這表明隔震裝置的剛度達到最小。這就有效證明實驗裝置最大程度降低荷載及由隔震支架或錨點引致的應力。

芮氏震級值

儘管我們很多人將“芮氏震級”和地震聯繫在一起，但“芮氏震級”是對地震活動中釋放的能量的測量，而並非建築物或管路系統設計工具。它是一個用來比較不同地震活動相對強度的實用工具，但不能用於直接預測特定建築物或管道系統將在地震運動過程中承受的運動或力。

結構工程師設計的建築物和管路系統，要能承受住由地震地表運動引起的位移和加速度，而地表運動並不只與釋放的能量有關，還和場地土壤性質、建築類型/構造、和震中的接近程度以及其它等因素有關。由於建築規模和形狀、建設方法（如鋼筋、混凝土、 木質框架）、固有頻率以及建築內部的特定位置的不同，建築物本身以及基礎設施在建築物內部的移動可能存在相當大的不同。管路系統的設計和實現要根據結構工程師規定的位移和力進行。這些設計參數隨建築物的固有頻率、場地的地震活動度以及所提議的管路系統在結構內部的位置而變。由於我們的試驗參數基於頻率範圍的歷史資料記錄以及上面記錄的加速度的典型值，而不是基於“芮氏震級”值，因此試驗參數與任何特定的“芮氏震級” 值均不相關。

由某個特定地點發生的特定的地震引起的加速度/位移的大小，不僅隨釋放的能量多少（芮氏等級）而變，而且也隨以下因素而變：

1. 震中距離（距離越小，產生的力/位移越大）
2. 土壤條件（土壤越軟，產生的力/位移越大）
3. 建築物類型（建築物的結構類型和高度/寬度影響固有頻率，從而改變建築物/管路對地震的反應方式）

WCAS-7E6M77

VICTAULIC（唯特利）是 VICTAULIC（唯特利）公司的注冊商標。© 2008 Victaulic（唯特利）公司。版權所有。