

個案研究：減少鋼筋使用量

Document no. : BR2706
Project reference : -
Revision : 0
Date : 17-09-2020





內容

前言	3
案件說明.....	4
鋼筋	5
鋼筋計算參數	5
結果.....	6
防水膜.....	6
效益	7

前言

越來越多工程提案是因其環保績效高才獲得重用，而不再是單純的因為成本低廉，其主要原因是企業主希望在建構過程和使用年限中減少碳排放。

有許多方式能夠降低工程的碳足跡，通常這些解決方案往往價格不菲，使企業主陷入決定兩難而不禁思考是否該如此進行。

添加 Basilisk 自癒原劑的混凝土會擁有自行修復裂縫的能力，對於結構物需要防水的區域，其維修率會比使用普通混凝土低，也因此使結構物的耐久性獲得大幅提升。

由於裂縫會自行修復，因此自癒混凝土另一項有趣的優勢是，它有可能因為能容許較大的裂縫寬度而減少鋼筋的使用量。在不影響結構安全的前提下，能容許較大的裂縫寬度是有可能在特定範圍內減少鋼筋使用量。減少鋼筋使用量會明顯降低工程碳足跡，畢竟在建築產業中，鋼筋是製造碳排放的兇手之一。再者，除了因減少維修而降低間接成本，減少鋼筋用量也降低了直接成本。

這份報告涵蓋了地下構造物鋼筋減量的個案研究。針對地下構造物設計的鋼筋通常都是為了控制裂縫寬度，對於水密性要求高(阻隔地下水壓)，用於控制裂縫的鋼筋量也會相對提高，因此比維持結構安全所需的鋼筋用量更多(阻隔地下水壓)。

這次作為個案研究的地下構造物將會作為地下室使用，滲水率必須控制在範圍內，原始設計是以防水膜達到水密效果，後來改為以自癒原劑取代防水膜來減少鋼筋用量。此案所節省的成本是以鋼筋用量的公斤數及減少的排碳量來計算。這份報告的方向僅針對因減少鋼筋用量所影響的成本和減碳量，未來更換防水膜所省下的成本我們之後也會列入計算。

案件說明

專案資料

結構物	地下室樓面與牆壁
-----	----------

混凝土成分

水泥類型	CEM III/A 42. N
普通波特蘭水泥	60 %
高爐渣	40 %
爐渣與其他混合物	
自癒原劑	4 kg/m ³

結構設計

強度等級	C30/37
環境條件(曝露等級)	Inside XC1 Outside XC2/XF4/XA2
水密等級	1: 漏水限制在少量，容許些微表面水漬和濕漬

規格設計

隔牆厚度	350 mm
可允許裂縫寬度	0.15 mm
水位高度	4000 mm
滲流量	0.2 L/min (以可允許裂縫寬度依 Poiseuille 公式計算)
混凝土總量(含自癒原劑)	5000 m ³

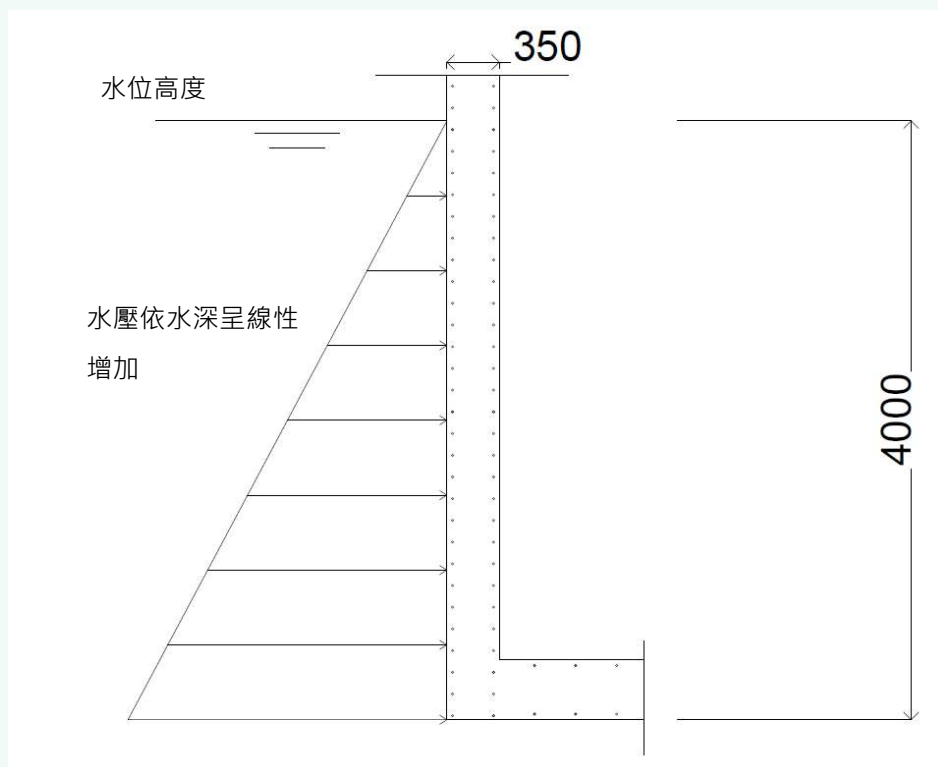
鋼筋

此結構物的設計是參照歐盟規範 1992-3 table 7.105 的水密等級 1，可容許裂縫寬度為 0.15mm，添加自癒原劑後，混凝土可容許裂縫寬度可提升至 0.25mm。可容許裂縫寬度會依自癒原劑的劑量及滲流量而異，也會受水位高度與牆壁厚度所影響。

鋼筋計算參數

w_{max} 計算值：	0.15 mm
w_{max} 使用自癒原劑：	0.25 mm
強度等級：	C30/37
鋼筋直徑 $w_{max} = 0.15$ mm：	20 mm
鋼筋直徑 $w_{max} = 0.25$ mm：	16 mm
鋼筋彈性模數(楊氏模數)：	$2 * 10^5$ N/mm ²
牆壁厚度：	350 mm
鋼筋強度等級：	B500 ($f_y = 500/1.15 = 435$ N/mm ²)
混凝土覆面層：	35 mm

此結構物用於控制裂縫的鋼筋量高於維持結構安全所需的鋼筋量。



* w_{max} 為最大裂縫寬度

結果

裂縫寬度 [mm]	鋼筋用量 [mm ² /m]	每立方米鋼 筋量差(kg)	鋼筋減少比例	5000 立方米 二氧化碳當 量差異 [t]	每立方米混 凝土節省成 本
0.15	4179	32	34 %	341	5 歐元
0.25	2745				

以成本來說，假設鋼筋的成本為每公斤 1.20 歐元(包含人工和其他成本)，在鋼筋上每立方米約可節省 38 歐元。以每立方米加入 4 公斤的自癒原劑(依歐洲建議售價)來換算，每立方米混凝土約可節省 5 歐元。這些節省的成本僅以抗裂鋼筋減量來計算，降低維護成本和延長使用年限所節省的成本則未列入計算。

二氧化碳當量的計算方式是依以下標準：

1 公斤鋼筋 = 2.131 kg CO₂-eq (參照荷蘭國家環境資料庫)

防水膜

最初設計的防水膜已用自癒原劑取代，直接成本的減少未列入此報告中，不使用防水膜已可省下 6 週的施工時間。地下結構物的結構板必須固定在混凝土樓板上，接著在這些結構板上鋪設防水膜，所有固定錨都必須將四周封閉以防水分滲入，不過在此案中可完全省去這些工序。此外，使用自癒原劑還可免除施工人員在固定時損壞防水膜的風險。

效益

綜上所述，其實不用防水膜已經省下成本了，若可減少鋼筋用量只會省下更多成本。除此之外，使用自癒原劑還有更多的優勢，例如：

自發性修復系統

完全不需人工就可自行修復裂縫。

減少維修率

可降低混凝土結構物的維修率，因此特別適用於常因裂縫需要維修的結構物。

延長使用年限

增加混凝土的效能與耐久，降低生命週期成本。

水密性混凝土

可自行修復裂縫、重複產生防水保護層。

減少鋼筋用量

其自癒能力可讓結構設計容許較大的裂縫寬度，降低抗裂鋼筋用量。

可修復寬度 1mm 內裂縫

可封閉寬度 1mm 內裂縫(看劑量)。

再生混凝土可自行修復

能夠克服再生混凝土常見的裂縫控制問題。

降低碳足跡

混凝土使用壽命延長、不需要防水膜、減少鋼筋用量或是使用再生混凝土都能夠明顯降低碳足跡。