

自充填混凝土以不銹鋼還原渣取代部分水泥之可行性研究

Feasibility Study of Self-Compacting Concrete Containing Stainless Steel Reduced Slag

沈永年¹ 周佳晏² 廖培丞²

Yeong-Nain Sheen¹, Chia-Yen Chou², Pei-Cheng Liao²

摘 要

本研究以不銹鋼還原渣取代部分水泥拌合成自充填混凝土，達到減少水泥用量之節能減碳訴求，降低爐渣事業廢棄物對環境衝擊及節省混凝土成本。本研究採用不銹鋼還原渣依不同比例取代部分水泥，針對自充填混凝土之新拌性質、硬固性質進行比較，探討不銹鋼還原渣取代部分水泥之可行性。結果顯示，不銹鋼還原渣部分取代水泥量 0~30% 之自充填混凝土配比可滿足設計目標。坍流度大於 600mm，V 型漏斗流下時間 7~20sec，箱型填充高度大於 300mm，具良好工作性及自充填能力。抗壓強度於 28 天齡期均大於 420kgf/cm²，超音波波速值超過 4,000 m/s，符合自充填性及高強度性要求。即不銹鋼還原渣可部分取代水泥減少水泥用量，降低自充填混凝土成本，並達到不銹鋼爐渣資源化之目的，減少爐渣事業廢棄物對環境的衝擊。

關鍵詞：自充填混凝土、不銹鋼還原渣、工程性質。

Abstract

In this study, Stainless Steel Reduced Slag (SSRS) to replace part of the cement to mix Self-Compacting Concrete (SCC), reducing the amount of carbon reduction aspirations of the cement, reducing the environmental impact of slag industrial waste and saving concrete cost. In the study, depending on the proportion of SSRS to replace part of the cement, compared for SCC fresh properties and hardened properties, explore the feasibility of SCC using SSRS to replace part of cement. The results show that SSC with the SSRS substitution level of 0~30% are observed to achieve the goal designs. For instance, the slump flow and filling high of box-test are measured to be greater than 600 mm and 300 mm, respectively; V-funnel falling time is ranged from 7-20 sec. It also implies that SCC containing up to 30% SSRS can provide a good workability and self-compactness ability. In addition, the strength and durability of the SCC were further investigated. The cylindrical compressive strength and pulse velocity at 28 days were greater than 420 kgf/cm² and 4,000 m/s, compliance with self-filling and high strength

103 年 1 月 29 日收件 103 年 5 月 16 日受理

國立高雄應用科技大學土木工程系¹教授²碩士生(¹ Professor, ² Graduate Student, Department of Civil Engineering, National Kaohsiung University of Applied Sciences)。

requirements. As regards above testing results SSRS can partially replace cement to reduce the amount of cement to reduce the cost of SCC and achieve the purpose of the SSRS recycling, reducing slag industrial waste impact on the environment.

Key words: Self-Compacting Concrete (SCC), Stainless Steel Reduced Slag (SSRS), Engineering properties.

一、前言

近年來國際標準組織 (International Organization for Standardization, ISO) 積極推動以環境保護為主要訴求的 ISO 14000, 鼓勵產業界由組織內部規畫、改善有關環保及污染預防設施以達永續發展。因此將產品製程污染防治及廢棄物回收減量、資源化成為各國永續發展之重要課題。以 2011 年粗鋼產量為 2,017.5 萬公噸, 其中電弧爐產量為 987.7 萬公噸, 占總數 49%, 高爐產量為 1,029.8 萬公噸占 51%。由粗鋼年產量推估, 2011 年約產生轉爐渣、氧化電爐渣、還原電爐渣等 270 餘萬公噸之煉鋼爐渣 (台灣資源再生協會, 2012; 周佳晏, 2013; Zhang Huaiwei, 2011), 爐渣 (Steel Slag) 早期被視為毫無價值的廢棄物, 現在已成為世界各產鋼國家再生利用的重點研究項目。在日本與法國已達到利用率 100%, 中國大陸與德國約為 80% 以上 (黃兆龍、江奇成, 2002; 黃偉慶, 2000)。在 1988 年, 日本東京大學岡村 甫教授所研發之自充填混凝土 (Self-Compacting Concrete, SCC), 澆置過程中不需要額外震動與搗實, 由混凝土本身的填充性來填補鋼筋間隙及模板角落, 達到混凝土內部的緻密與面層的自平, 且不因高流動性而造成粒料析離的現象發生。特別在主要構件處以及鋼筋密集處可自行充填至模內並免搗實, 同時降低噪音污染與勞動成本 (Okmura, H., 1997)。SCC 之充填性能需藉由適當的配比設計與調整, 並配合特殊化學摻料的使用所達成。採用自充填混凝土, 以省去混凝土澆置過程中, 用在混凝土輸送、振動、搗實等環節上的大量人力, 使「人」的因素減到最低的程度。除可確保工程的施工品質, 並可因為適當的施工流程管理與人工的免除, 落實混凝土施工自動化。黃兆龍博士於 1992 年將「耐久性、安全性、工作性、經濟性及生態性」等概念帶入傳統設計配比, 提出「黃氏緻密配比混凝土設計法」。採用顆粒堆積及材料科學原理, 使骨材緻密堆積降低骨材孔隙率以 N 值估計漿體量, 以堆積方法求得飛灰與細粒料之最佳比例 α , 再求得飛灰、細粒料及粗粒料最佳比例 β (黃兆龍, 2003)。

二、試驗計畫

(一) 試驗材料

本研究使用之水泥為品牌水泥第 I 型, 性質符合 CNS 61 規定; 電弧爐不銹鋼還原渣採用華新麗華股份有限公司提供已安定化之電弧爐不銹鋼還原渣; 飛灰採用台電興達火力發電廠之 F 級飛灰, 其性質符合 CNS 10896 規範; 細骨材取自里港地區之細粒料細度模數為 2.68, 其性質符合 CNS 1240 混凝土粒料之要求規定, 篩分析結果之粒徑分布曲線落於 CNS 1240 混凝土粒料規定上下限之間, 如圖 1 所示; 粗骨材取自里港地區之三分石, 標稱最大粒徑為 19mm, 細度模數為 6.96, 篩分析結果之粒徑分布曲線落於 CNS 1240 混凝土粒料規定上下限之間, 其性質符合 CNS 1240 混凝土粒料之要求規定。粗骨材粒徑分布圖如圖 2 所示; 藥劑採用優積企業有限公司提供之 HPC 2,000 多元有機酸流動化第二型塑化劑。將粗、細粒料進行篩分析試驗、比重試驗、吸水率等基本性質試驗, 材料性質表如表 1 所示, 不銹鋼還原渣基本性質如表 2 所示。