# 文獻回顧

本章提供現行 RC 矩形梁的設計方法，與非線性驗證方法。

## 現行 RC 矩形梁設計

依據現行台灣混凝土結構設計規範，進行梁設計。以下梁設計流程設置受撓鋼筋與剪力鋼筋。

### RC矩形梁撓曲設計

#### 設計彎矩



其中需考慮在各種使用載重狀況下與載重因數配合。

#### 設計鋼筋量



圖 2.1 矩形梁設計

1. 混凝土壓力塊深度a



1. 混凝土壓力區深度







1. 混凝土壓力塊深度最大值





1. 如(及受拉鋼筋應變超過0.005)



如，受拉鋼筋設置在下層；反之則設置在上層。

1. 如(需要設置受壓鋼筋)
   1. 混凝土壓力C



* 1. 混凝土可抵抗彎矩



* 1. 受壓鋼筋需抵抗彎矩



* 1. 需求受壓鋼筋量





* 1. 平衡混凝土壓力需求受拉鋼筋量



* 1. 平衡壓力鋼筋需求受拉鋼筋量



* 1. 總需求受拉鋼筋量



如，受拉鋼筋量設置在下層，受壓鋼筋量設置在上層；反之受壓鋼筋量設置在下層，受拉鋼筋量設置在上層。

#### 最少鋼筋量

受拉鋼筋量不得小於：



#### 耐震特別規定

拉力鋼筋比不得大於，亦不得大於0.025。構材上下兩面至少各須有兩支鋼筋全長貫通配置。

撓曲構材在梁柱交接面及其它可能產生塑鉸位置，其壓力鋼筋量不得小於拉力鋼筋量之半。在沿構材長度上任何斷面，不論正彎矩鋼筋量或負彎矩鋼筋量均不得低於兩端柱面處所具最大負彎矩鋼筋量之1/4。

#### 現行工程實務上鋼筋切斷點



圖 2.2 大梁撓曲鋼筋配置標準圖

如圖 2.2所示，現行工程實務上層鋼筋切斷點設在淨間距之處。下層鋼筋切斷點，如中央主筋需求量較兩端少，同樣設在淨間距之處，反之，則設在淨間距之或處。

### RC矩形梁剪力設計

#### 設計剪力與彎矩







梁端點I的頂層彎矩容量，考慮鋼筋降伏強度為，並不得考慮強度折減，亦即。其中。

梁端點J的底層彎矩容量，考慮鋼筋降伏強度為，並不得考慮強度折減，亦即。其中。

梁端點I的底層彎矩容量，考慮鋼筋降伏強度為，並不得考慮強度折減，亦即。其中。

梁端點J的頂層彎矩容量，考慮鋼筋降伏強度為，並不得考慮強度折減，亦即。其中。

淨梁長。

重力引致的剪力。

#### 混凝土剪力強度



於耐震設計時，受撓構材之兩端由支承構材面向跨度中央2倍構材深度之範圍內(圍束區)，計算地震引致之剪力，若超過設計剪力之半，且包括地震效應之設計軸壓力小於，則設計其橫向鋼筋時，值應加設為零。

#### 剪力鋼筋需求

1. 如



1. 如









於耐震設計時，受撓構材之兩端由支承構材面向跨度中央2倍構材深度之範圍內(圍束區)，閉合箍筋最大間距不得超過(1)，(2)最小主鋼筋直徑之8倍，(3)閉合箍筋直徑之24倍，及(4)30cm。

#### 現行工程實務上剪力鋼筋分段點



圖 2.3 大梁剪力鋼筋配置標準圖

現行工程實務上，剪力鋼筋分段在梁長處，如圖 2.3所示。

## 非線性分析方法

### 非線性靜力側推分析

### 非線性動力歷時分析

### 增量動力分析

# 梁鋼筋配置最佳化方法

## 梁受撓曲鋼筋切斷點探討

### 需求鋼筋量

延伸自2.1.1節，從2.1.1.1節考慮多種載重組合可得梁的設計彎矩，進而遵循2.1.1.2節以彎矩需求設計鋼筋量，並且須符合2.1.1.3節最少鋼筋量之限制，與2.1.1.4節耐震特別規定限制，最後得到符合規範限制的需求鋼筋量。如下圖 3.1為轉換為需求鋼筋量的範例，橫軸為梁長，縱軸代表鋼筋量，與實線代表鋼筋上層的需求鋼筋量，值愈大代表需求愈高，虛線表示下層鋼筋，其絕對值為需求鋼筋量，絕對值愈大鋼筋需求量愈高。



圖 3.1 以設計彎矩，考慮規範限制後，轉化成需求鋼筋量的示例。

### 理論斷筋點

從3.1.1節得需求之鋼筋量後，依據混凝土結構設計規範之第五章規定，需要考慮鋼筋延伸長度，以確保該需求點可產生該鋼筋量之強度，如下圖 3.2所示。

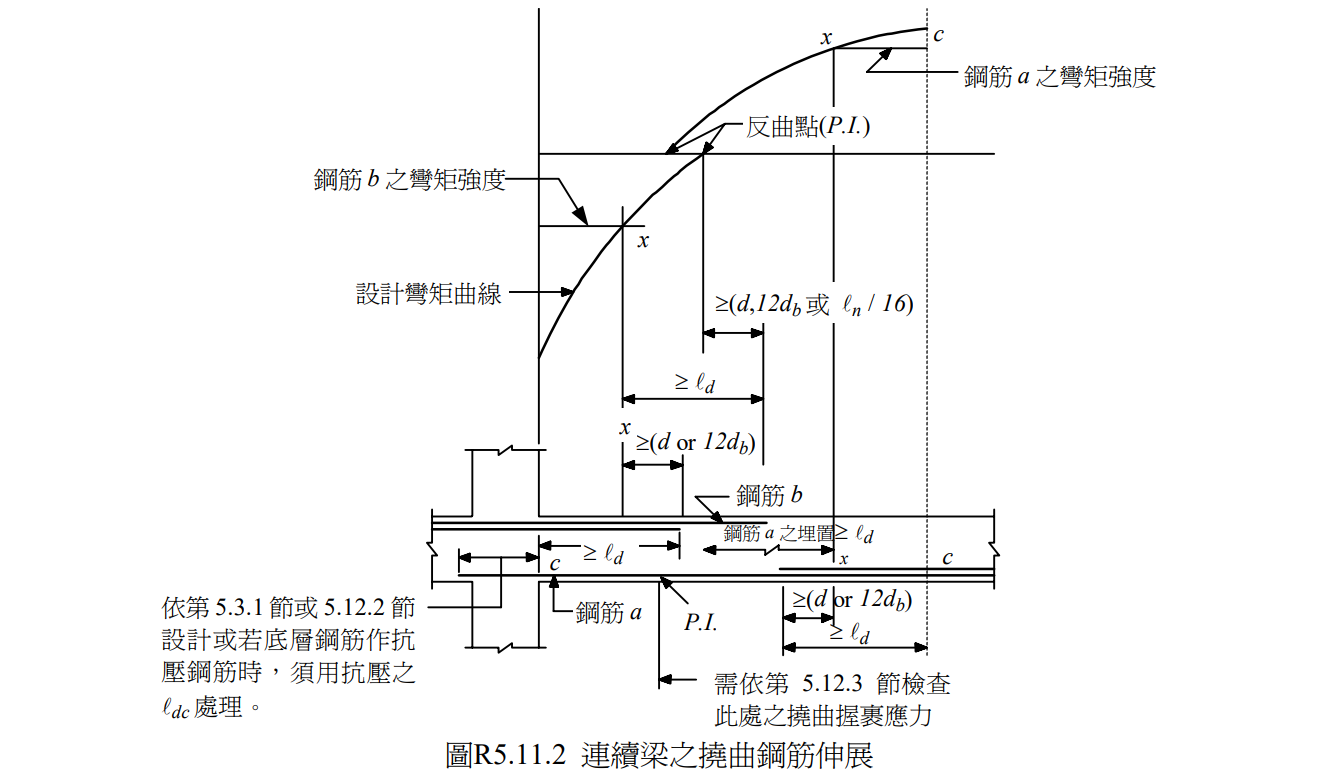


圖 3.2 梁撓曲鋼筋之伸展

另規範規定兩種受拉伸展長度的算法，其一為詳細計算方法，其二為簡易估算方法。為求得符合規範之最短受拉伸展長度，所以以詳細計算方法為主。但因鋼筋之數較多時，所計算出的受拉伸展長度反而會比採用簡易估算方法中第(1)點的規定長。而由於一般梁鋼筋最小淨間距不小於且配置於伸展長度範圍內之的橫向鋼筋符合混凝土結構設計規範中第13.9.5節有關橫箍筋之規定，或符合第4.6.5節剪力鋼筋間距及第4.6.6節最少剪力鋼筋量之規定。所以一般梁可採用簡算法中第(1)點之規定，如表 3.1所示。所以最終受拉伸展長度的算法，是考慮兩種算法，並取小值當作所需的延伸長度。



表 3.1 受拉伸展長度之簡易估算如下表之規定。



所以把需求鋼筋量轉換成鋼筋支數後加上延伸長度後，就可以得到理論斷筋點。如下圖 3.3所示。

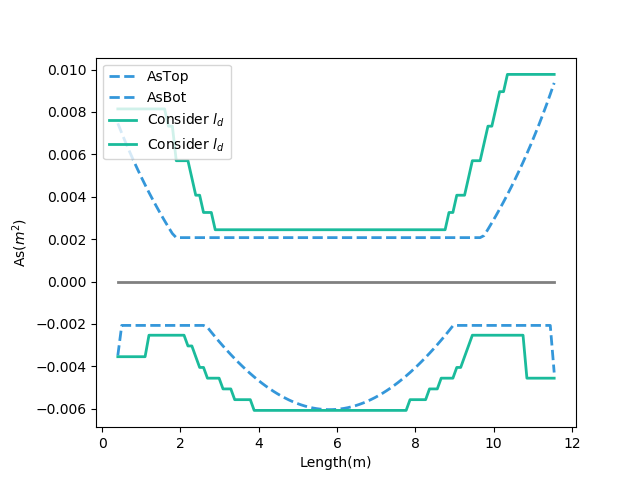


圖 3.3 考慮延伸長度後的理論斷筋點

### 最佳化方法

## 橫向鋼筋分斷區域探討

# 結構數值模型建立

由於想要量化多點斷筋的效果，所以建立簡單模型來驗證，因為真實世界的模型太過於複雜參雜了很多因素，不容易做分析量化研究。

# 非線性分析驗證結果

目前還只需要做兩點斷筋的驗證，這是因為施工上還沒有做多點斷筋的案例，而兩點斷筋折減的效果就不錯了，所以只驗證比較急迫的選項

# 結論與建議

## 結論

本研究探討鋼筋配置最佳化，包含撓曲鋼筋的最佳切斷點以及剪力鋼筋的最佳分段處，以期減少鋼筋的用量。進一步探討鋼筋配置最佳化適合使用在哪些特定的條件下，並設計分析模型以驗證其節省用量之幅度。並初步探討鋼筋配置最佳化後，材料節省的用量與施工成本的增加。並以多種非線性分析方法做最佳化配置後的耐震性能評估，包含非線性靜力側推分析和非線性動力歷時分析。綜合本研究各章節內容，提出以下結論：

1. 撓曲鋼筋配置除需符合彎矩需求外，尚需加上延伸長度，使需求處的鋼筋可發展出預期的撓曲強度。
2. 發現影響多點斷筋用鋼量的因素主要有兩個。一是較短的延伸長度，而會影響到延伸長度的除了規範的公式參數外，還有梁長也會影響，梁長越長相對的延伸長度就越短；二是彎矩需求變化的斜率越大，多點斷筋用鋼量越少，而會影響到彎矩的變化的是側力與重力的比值，比值越小用鋼量越少，另外梁長同樣也會影響側力與重力的比值，梁長越長側力與重力的比值也越小。
3. 依據以上的兩者變因做用鋼量折減幅度的評估，設計地震力由小到大的工址與梁長由短到長的不同模型。並得出梁長6米的結構並不適合做撓曲鋼筋的最佳化，因其鋼筋的用量與傳統配置的鋼筋用量趨近於一致，甚至會產生多點斷筋的用鋼量較傳統斷筋多的狀況。而梁長9米與12米的結構模型做兩點斷筋的最佳化大約可以節省5%的鋼筋用量，並且地震力越小鋼筋用量可以進一步降低。
4. 鋼筋多個切斷點可以有效減少鋼筋用量，但同時施工複雜度也會上升，所以需要考慮施工增加的成本與減少用鋼量的平衡，而現行還未有應用於施工環境下的案例，所以尚還無法精確評估施工複雜度增加所造成的成本影響。而若是做兩點鋼筋切斷最佳化，會和傳統斷筋的方式的複雜度相同，並不會增加施工的複雜度，所以節省多少的鋼筋用量就可以節省多少的成本。
5. 做鋼筋切斷點最佳化的驗證需要設定中央多個塑角點，以確實反映減少於中央鋼筋的用量，並且發現不管是傳統斷筋或是多點斷筋，都有可能在梁中央產生塑角。
6. 做非線性靜力側推分析的三個方法中，考慮高模態的分析方法Multi-Modes Combination不太穩定，可能無法產生合理的側推曲線，所以同時需要以另一個考慮高模態的分析方法Modal Pushover Analysis做驗證。
7. 轉化非線性靜力側推曲線與增量動力分析結果畫在同一張圖時，會發現靜力分析與動力分析的結果差異很大，這是由於兩個的表示方式不同。若把縮放不同大小的地震歷時轉換成反應譜後，與靜力側推曲線找出性能績效點，多個性能點連成曲線會與增量動力分析的結果類似。
8. 多點斷筋中的兩點斷筋，使用多種非線性分析方法，包含非線性靜力側推分析、非線性動力歷時分析與非線性增量動力分析，做出來的結果發現多點斷筋僅會影響少許的耐震強度，甚至不會影響耐震強度，與傳統斷筋方法的耐震性能近乎相同，且兩者皆符合規範限制。

## 建議

1. 做完梁鋼筋切斷點最佳化，還需處理最終實際真的節省多少鋼筋用量，因為實際上鋼筋的切斷都還是會有浪費。
2. 由於現在使用排列組合做最佳化，若考慮很多斷筋點，會造成程式運行過久，可考慮以分群的演算法做最佳化。
3. 做與營造廠議價的成本評估，包含未來的施工成本。
4. 可考慮風力的對於建築物的分析。