

# ReadingPRO 시스템 개발 납품 보고서

프로젝트명: ReadingPRO - 읽기 능력 진단 및 평가 시스템  
발주처: 전국독서새물결모임  
개발 기간: 2026년 1월 26일 ~ 2026년 2월 11일  
(17일간)  
보고서 작성일: 2026년 2월 11일  
버전: v1.0

## 목차

- [프로젝트 개요](#)
- [개발 계획서](#)
- [기술 아키텍처](#)
- [기능 구현 내역서](#)
- [오류 수정 내역서](#)
- [개발 일지 \(Git 히스토리\)](#)
- [추가 개발 필요 사항](#)
- [견적 및 비용 분석](#)
- [운영 가이드](#)
- [부록](#)

## 1. 프로젝트 개요

### 1.1 프로젝트 목적

ReadingPRO는 초·중·고 학생의 읽기 능력을 체계적으로 진단하고, 교사와 학부모에게 AI 기반 피드백을 제공하는 웹 기반 교육 평가 시스템입니다.

### 1.2 프로젝트 범위

| 항목     | 내용  |
|--------|---|
| 대상 사용자 | 학생, 교사(진단담당), 연구자, 관리자, 학부모, 학교관리자 (7개 역할)    |
| 핵심 기능  | 읽기 진단 평가, AI 피드백 생성, 발문 학습 모듈, 종합 보고서         |
| 플랫폼    | 웹 애플리케이션 (반응형 디자인)                            |
| 배포 환경  | Railway (클라우드 PaaS)                           |
| 기술 스택  | Ruby on Rails 8.1, PostgreSQL, Turbo/Stimulus |

### 1.3 프로젝트 규모 요약

| 지표        | 수치                            |
|-----------|-------------------------------|
| 총 개발 기간   | 17일 (2026.01.26 ~ 02.11)      |
| 총 커밋 수    | 449건                          |
| 총 코드 라인 수 | 약 4,671줄 (Ruby/ERB/JS/CSS 기준) |
| 총 파일 수    | 538개                          |
| 모델 수      | 55개                           |
| 컨트롤러 수    | 54개                           |
| 서비스 클래스 수 | 29개                           |
| 뷰 템플릿 수   | 164개                          |

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| DB 테이블 수    | 70개             |
| DB 마이그레이션 수 | 72개             |
| 개발자 수       | 1명 (+ AI 어시스턴트) |

## 2. 개발 계획서

### 2.1 개발 목표

- 학생 읽기 능력의 정량적·정성적 진단 시스템 구축
- AI(GPT-4o-mini) 기반 자동 피드백 및 종합 보고서 생성
- 7개 역할별 맞춤 대시보드 제공
- 개인정보 보호를 위한 익명화 계정 체계 구현
- 발문을 통한 사고력 신장 학습 모듈 개발
- 클라우드 기반 안정적 배포 환경 구축

### 2.2 개발 방법론

- Agile/Iterative 방식:** 단계별 개발 → 테스트 → 배포 → 피드백 반복
- AI 페어 프로그래밍:** Claude AI 어시스턴트 활용한 개발 가속화
- Git 기반 버전 관리:** 기능별 커밋, 이슈 추적

### 2.3 개발 단계 (실제 진행)

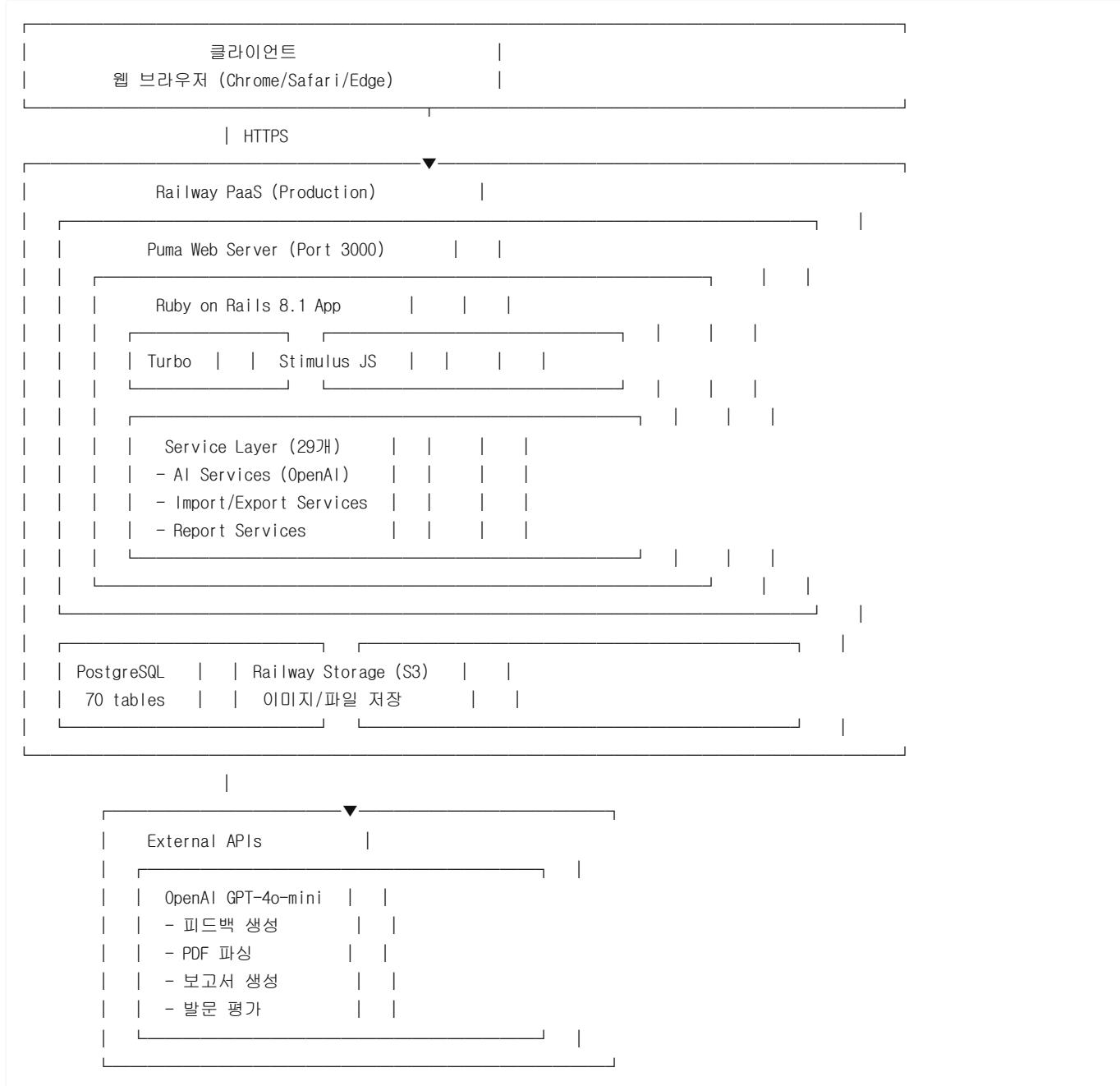
| 단계       | 기간          | 주요 내용                                 |
|----------|-------------|---------------------------------------|
| Phase 1  | 01/26       | 프로젝트 초기 설정, Rails 앱 생성, Railway 배포 설정 |
| Phase 2  | 01/26~01/27 | 데이터베이스 스키마 설계, 핵심 모델 구현, Admin UI     |
| Phase 3  | 01/28~01/30 | 인증 시스템, 피드백 시스템, 문항 관리, 학생 평가         |
| Phase 4  | 01/30~01/31 | DB 재구조화, 성능 최적화, API 레이어 구현           |
| Phase 5  | 02/01~02/03 | 모니터링, 학생/교사/학부모 대시보드, REST API        |
| Phase 6  | 02/03~02/04 | 학부모 포럼, 문항 응행 재설계, 진단지 시스템            |
| Phase 7  | 02/05~02/06 | 개인정보 보호, 학교 담당자 관리, Turbo 호환성         |
| Phase 8  | 02/07       | Railway 배포, 종합 보고서, 프로필/비밀번호 변경       |
| Phase 9  | 02/09       | 도서 관리, 디자인 시스템, UI/UX 접근성 개선          |
| Phase 10 | 02/10       | 발문 학습 모듈 V1/V2 전체 구현                  |
| Phase 11 | 02/11       | 리치 텍스트 에디터, 독서력 진단지, 서식 편집 기능         |

### 2.4 품질 관리

- 코드 리뷰:** AI 기반 자동 코드 리뷰
- 보안 스캔:** Brakeman 보안 분석 도구 활용
- 코드 스타일:** RuboCop (Rails Omakase 설정)
- 버전 관리:** PaperTrail을 통한 모델 변경 이력 추적
- 에러 추적:** ErrorLog 모델을 통한 운영 에러 기록

## 3. 기술 아키텍처

### 3.1 시스템 구성도



### 3.2 기술 스택 상세

| 레이어    | 기술               | 버전       | 용도          |
|--------|------------------|----------|-------------|
| 백엔드    | Ruby on Rails    | 8.1.2    | 웹 프레임워크     |
| 데이터베이스 | PostgreSQL       | 최신       | 관계형 DB      |
| 프론트엔드  | Turbo + Stimulus | Rails 내장 | SPA-like UX |
| 인증     | bcrypt           | 3.1.7    | 비밀번호 해싱     |
| AI 연동  | ruby-openai      | 최신       | GPT API 호출  |
| 파일 처리  | Active Storage   | Rails 내장 | 이미지/파일 업로드  |

|           |                  |          |                  |
|-----------|------------------|----------|------------------|
| 클라우드 스토리지 | AWS S3 (Railway) | -        | 영구 파일 저장         |
| PDF 처리    | pdf-reader       | 최신       | PDF 파싱           |
| 엑셀 처리     | caxlsx + roo     | 최신       | 엑셀 생성/읽기         |
| 페이지네이션    | Kaminari         | 최신       | 목록 페이징           |
| 감사 추적     | PaperTrail       | 17.0     | 모델 변경 이력         |
| 캐싱        | SolidCache       | Rails 내장 | HTTP/Fragment 캐싱 |
| 배포        | Docker + Railway | -        | 컨테이너 배포          |

### 3.3 데이터베이스 모델 구조 (핵심 55개 모델)

#### 사용자/인증 (6개)

| 모델                 | 설명                 |
|--------------------|--------------------|
| User               | 통합 사용자 계정 (7개 역할)  |
| Student            | 학생 프로필 (학교, 학년, 반) |
| Teacher            | 교사 프로필             |
| Parent             | 학부모 프로필            |
| SchoolAdminProfile | 학교관리자 프로필          |
| School             | 학교 정보 (도메인, 시퀀스)   |

#### 평가 콘텐츠 (10개)

| 모델                  | 설명            |
|---------------------|---------------|
| ReadingStimulus     | 읽기 지문 (모듈 단위) |
| Item                | 문항 (MCQ/서술형)  |
| ItemChoice          | 객관식 선택지       |
| Rubric              | 채점 루브릭        |
| RubricCriterion     | 루브릭 기준        |
| RubricLevel         | 루브릭 수준        |
| EvaluationIndicator | 평가 영역 (대분류)   |
| SubIndicator        | 세부 지표 (소분류)   |
| DiagnosticForm      | 진단지           |
| DiagnosticFormItem  | 진단지-문항 연결     |

#### 진단 실행 (6개)

| 모델             | 설명       |
|----------------|----------|
| StudentAttempt | 학생 진단 시도 |
| Response       | 학생 응답    |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| ResponseRubricScore  | 서술형 루브릭 점수 |
| ResponseFeedback     | 응답 피드백     |
| Feedback             | 종합 피드백     |
| DiagnosticAssignment | 진단지 배정     |

#### 발문 학습 (7개)

| 모델                          | 설명        |
|-----------------------------|-----------|
| QuestioningModule           | 발문 모듈     |
| QuestioningModuleTemplate   | 발문 템플릿    |
| QuestioningModuleAssignment | 발문 배정     |
| QuestioningSession          | 발문 세션     |
| QuestioningProgress         | 발문 진행 상태  |
| QuestioningReport           | 발문 보고서    |
| QuestioningTemplate         | 발문 질문 템플릿 |

#### 기타 (10개+)

| 모델                       | 설명         |
|--------------------------|------------|
| AttemptReport            | 종합 결과 보고서  |
| Book                     | 도서 관리      |
| Announcement/Notice      | 공지사항       |
| ConsultationPost/Comment | 상담 게시판     |
| ParentForum/Comment      | 학부모 포럼     |
| FeedbackPrompt/History   | AI 프롬프트 관리 |
| DiscussionMessage        | AI 토론 채팅   |
| ArgumentativeEssay       | 논증적 글쓰기    |

#### 3.4 컨트롤러 구조 (54개)

```

app/controllers/
├── admin/          (7개) - 시스템 관리자
|   ├── announcements, error_logs, notices
|   ├── roles, system, users
|   └── base_controller
├── api/v1/         (8개) - REST API
|   ├── diagnostic_forms, evaluation_indicators
|   ├── items, responses, rubrics
|   ├── stimuli, student_attempts, sub_indicators
|   └── base_controller
└── diagnostic_teacher / (13개) - 진단담당교사
    ├── dashboard, feedback, comprehensive_reports

```

```

|   └── questioning_modules, questioning_sessions
|   └── school_admins, schools, student_responses
|   └── consultations, consultation_comments/requests
|   └── forums, forum_comments, notices
|       └── (base implicit)
└── researcher /      (7개) - 연구자/문항개발자
    └── dashboard, diagnostic_forms
    └── evaluation_indicators, sub_indicators
    └── items, stimuli
        └── reading_proficiency_diagnostics
└── student /      (7개) - 학생
    └── dashboard, assessments, responses
    └── results, questioning, questioning_sessions
        └── consultations, consultation_comments
└── parent /      (3개) - 학부모
    └── dashboard, forums, forum_comments
└── school_admin /      (2개) - 학교관리자
    └── dashboard, imports
└── concerns /      (3개) - 공통 모듈
    └── api_authentication, api_error_handling
    └── api_pagination

```

### 3.5 서비스 레이어 (29개)

| 서비스                                 | 용도                      |
|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>AI 서비스</b>                       |                         |
| FeedbackAiService                   | AI 피드백 생성 (GPT-4o-mini) |
| ComprehensiveReportService          | AI 종합 보고서 생성            |
| QuestioningEvaluationService        | 발문 AI 평가                |
| QuestioningDiscussionService        | AI 토론 채팅                |
| GuidedReadingService                | 가이드 리딩 AI               |
| ArgumentativeEssayEvaluationService | 논증 글쓰기 AI 평가            |
| QuestioningReportService            | 발문 보고서 AI 생성            |
| ReadingReportService                | 읽기 보고서 AI 생성            |
| <b>데이터 처리</b>                       |                         |
| OpenaiPdfParserService              | PDF 문항 AI 파싱            |
| PdfItemParserService                | PDF 데이터 DB 저장           |
| StudentBatchCreationService         | 학생 일괄 생성                |
| StudentResponseImportService        | 학생 응답 엑셀 임포트            |
| ReadingProficiencyImportService     | 독서력 진단 임포트              |
| ScoreResponseService                | 응답 자동 채점                |
| <b>유ти리티</b>                        |                         |
| KeysetPaginationService             | 커서 기반 페이지네이션            |

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| BundleIntegrityValidator          | 모듈 무결성 검증   |
| KeyConceptExtractorService        | 핵심 개념 추출    |
| QuestioningProgressService        | 발문 진행 상태 관리 |
| QuestioningLevelConfig            | 발문 수준 설정    |
| FeedbackPromptGeneratorService    | 피드백 프롬프트 생성 |
| ReadingReportPromptLoader         | 보고서 프롬프트 로드 |
| QuestioningReportMarkdownService  | 보고서 마크다운 변환 |
| AnswerKeyParserService            | 정답 파싱       |
| AnswerKeyTemplateService          | 정답 템플릿      |
| StudentResponseTemplateService    | 응답 템플릿      |
| ReadingProficiencyTemplateService | 독서력 템플릿     |
| CacheWarmerService                | 캐시 예열       |
| PerformanceBenchmark              | 성능 벤치마크     |
| QueryAnalyzer                     | 쿼리 분석       |

## 4. 기능 구현 내역서

### 4.1 역할별 기능 현황 요약

| 역할                   | 구현 기능 수 | 구현 상태 |
|----------------------|---------|-------|
| 학생 (Student)         | 8개      | 완료    |
| 교사/진단담당교사 (Teacher)  | 12개     | 완료    |
| 연구자 (Researcher)     | 10개     | 완료    |
| 시스템 관리자 (Admin)      | 6개      | 완료    |
| 학부모 (Parent)         | 5개      | 완료    |
| 학교관리자 (School Admin) | 4개      | 완료    |
| 공통                   | 4개      | 완료    |

### 4.2 학생 기능 상세

| #   | 기능명    | 설명                            | 상태 |
|-----|--------|-------------------------------|----|
| S-1 | 대시보드   | 레이아웃 차트(9축 SVG), 최근 피드백, 공지사항 | 완료 |
| S-2 | 읽기 진단  | 진단지 선택 → 문항 풀이 → 제출           | 완료 |
| S-3 | 결과 확인  | 시도별 결과 상세 조회, 점수 분석           | 완료 |
| S-4 | 종합 보고서 | AI 생성 종합 보고서 열람               | 완료 |
| S-5 | 발문 학습  | 3단계 발문 학습 (책문열기→이야기나누기→삶적용)   | 완료 |

|     |           |                           |    |
|-----|-----------|---------------------------|----|
| S-6 | 발문 역량 보고서 | 9개 역량 레이더 차트, PDF/MD 다운로드 | 완료 |
| S-7 | 상담 게시판    | 교사와의 상담 요청 및 대화           | 완료 |
| S-8 | 나의 역량     | 역량 프로필 레이더 차트 + 바 차트      | 완료 |

#### 4.3 교사/진단담당교사 기능 상세

| #    | 기능명        | 설명                       | 상태 |
|------|------------|--------------------------|----|
| T-1  | 대시보드       | 학교별 통계, 학생 현황, 진단 배정 관리  | 완료 |
| T-2  | 학생답 관리     | 엑셀 일괄 업로드, AI 피드백 생성     | 완료 |
| T-3  | 피드백 시스템    | MCQ/서술형 피드백, AI 프롬프트 최적화 | 완료 |
| T-4  | 피드백 배포     | 일괄/개별 피드백 배포 워크플로우       | 완료 |
| T-5  | 종합 보고서     | AI 보고서 생성, 일괄 배포         | 완료 |
| T-6  | 발문 모듈 배정   | 학교→학생 2-tier 배정 시스템      | 완료 |
| T-7  | 발문 세션 관리   | 전체 학생 세션 현황 모니터링         | 완료 |
| T-8  | 발문 피드백 배포  | 단계별 피드백 배포 워크플로우         | 완료 |
| T-9  | 상담 관리      | 학생 상담 요청 응답              | 완료 |
| T-10 | 학교 담당자 관리  | 학교/학생/학부모 통계             | 완료 |
| T-11 | 공지사항 관리    | 공지 작성/수정/삭제              | 완료 |
| T-12 | 독서력 진단지 관리 | 진단지 목록/검색/관리             | 완료 |

#### 4.4 연구자 기능 상세

| #    | 기능명           | 설명                      | 상태 |
|------|---------------|-------------------------|----|
| R-1  | 대시보드          | 통계 카드, 빠른 액션, 최근 활동     | 완료 |
| R-2  | 평가 영역 관리      | 평가 지표/세부 지표 CRUD        | 완료 |
| R-3  | 모듈 관리 (문항 은행) | 지문+문항 카드 뷰, AI 분석, 복제   | 완료 |
| R-4  | 진단지 구성        | 모듈 조합으로 진단지 생성/편집       | 완료 |
| R-5  | 지문 관리         | ReadingStimulus CRUD    | 완료 |
| R-6  | 문항 관리         | Item CRUD, 필터/검색/정렬     | 완료 |
| R-7  | 문항 등록         | PDF 업로드 → AI 파싱 → 자동 생성 | 완료 |
| R-8  | 프롬프트 관리       | AI 프롬프트 CRUD + 11개 시드   | 완료 |
| R-9  | 도서 관리         | Book CRUD, 장르/수준/상태 필터  | 완료 |
| R-10 | 리치 텍스트 에디터    | 서식 편집, 이미지 업로드, 보기 박스   | 완료 |

#### 4.5 관리자 기능 상세

| # | 기능명 | 설명 | 상태 |
|---|-----|----|----|
|   |     |    |    |

|     |           |                     |    |
|-----|-----------|---------------------|----|
| A-1 | 사용자 관리    | 역할 배지, 사용자 생성/편집/삭제 | 완료 |
| A-2 | 공지사항 관리   | Announcement CRUD   | 완료 |
| A-3 | 에러 로그     | 시스템 에러 조회/관리        | 완료 |
| A-4 | 시스템 관리    | 시스템 설정 및 모니터링       | 완료 |
| A-5 | 역할 관리     | 역할별 권한 설정           | 완료 |
| A-6 | Dev 계정 전환 | 개발 중 역할 전환 툴바       | 완료 |

#### 4.6 학부모 기능 상세

| #   | 기능명      | 설명                 | 상태 |
|-----|----------|--------------------|----|
| P-1 | 대시보드     | 자녀 진단 결과 요약, 미니 차트 | 완료 |
| P-2 | 진단 결과 조회 | 자녀 시도별 상세 결과       | 완료 |
| P-3 | 종합 보고서   | AI 종합 보고서 열람       | 완료 |
| P-4 | 학부모 포럼   | 학부모 간 정보 공유 게시판    | 완료 |
| P-5 | 상담 요청    | 교사에게 상담 요청         | 완료 |

#### 4.7 학교관리자 기능 상세

| #    | 기능명      | 설명                   | 상태 |
|------|----------|----------------------|----|
| SA-1 | 대시보드     | 학교 통계, 학생/교사 현황      | 완료 |
| SA-2 | 진단 배정 관리 | 진단지 배정/회수            | 완료 |
| SA-3 | 학생 일괄 등록 | 엑셀 임포트로 학생/학부모 일괄 생성 | 완료 |
| SA-4 | 학교 포트폴리오 | 학교별 데이터 격리           | 완료 |

#### 4.8 공통 기능

| #   | 기능명     | 설명                         | 상태 |
|-----|---------|----------------------------|----|
| C-1 | 로그인/인증  | Session 기반, 역할별 리다이렉트      | 완료 |
| C-2 | 프로필 관리  | 전체 역할 공통 프로필 + 비밀번호 변경     | 완료 |
| C-3 | 반응형 디자인 | 1024px/768px 브레이크포인트       | 완료 |
| C-4 | 개인정보 보호 | 익명 ID 체계 (학교도메인_S-/P-XXXX) | 완료 |

### 5. 오류 수정 내역서

#### 5.1 오류 수정 통계

전체 449건의 커밋 중 약 159건이 버그 수정(fix) 관련 커밋입니다.

#### 5.2 주요 오류 수정 내역 (카테고리별)

##### 5.2.1 데이터베이스/스키마 관련 (18건)

| 날짜    | 오류 내용                                | 수정 사항                               |
|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 02/07 | ResponseRubricScore.score 컬럼 미존재     | .level_score로 컬럼명 수정                |
| 02/07 | PaperTrail 15.2 ActiveRecord 8.1 비호환 | PaperTrail 17.0으로 업그레이드             |
| 02/07 | SolidQueue 테이블 미존재 500 에러            | db:schema:load로 전체 테이블 생성           |
| 02/07 | Zeitwerk eager loading 충돌            | module Student → class Student:: 수정 |
| 02/06 | School 모델에 parents 연관 미존재            | GuardianStudent 조인으로 변경             |
| 02/06 | attempt alias 사용 시 조인 에러             | student_attempt 실제 이름 사용            |
| 02/06 | AVG 쿼리 PG::GroupingError             | .reorder(nil).pick() 사용             |
| 02/05 | ItemChoice.choice_score 컬럼 변경        | is_correct boolean으로 업데이트           |
| 02/03 | StudentAttempt에 form alias 미존재       | diagnostic_form 접근 alias 추가         |
| 01/31 | 모델 중복 class 선언                       | 중복 제거                               |
| 01/31 | Notice 모델 미존재 참조                     | 모델 참조 정리                            |

#### 5.2.2 인증/보안 관련 (12건)

| 날짜    | 오류 내용                         | 수정 사항                          |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|
| 02/11 | CSRF 핸들러 turbo_stream 형식 누락   | turbo_stream + any 형식 추가       |
| 02/11 | CookieOverflow + 학생ID 대소문자 매칭 | 쿠키 크기 관리 + 대소문자 정규화            |
| 02/11 | 엑셀 임포트 학생 매칭 오류               | 학교별 prefix 기반 매칭으로 변경          |
| 02/09 | PDF 업로드 CSRF 토큰 검증 에러         | CSRF 토큰 처리 수정                  |
| 02/07 | 로그인 페이지 테스트 계정 노출             | 테스트 계정 정보 제거                   |
| 02/05 | Turbo AJAX 로그인 422 에러         | data-turbo="false" + 303 리다이렉트 |
| 01/31 | Turbo가 로그인 품 인터셉트             | capture-phase 이벤트 리스너          |

#### 5.2.3 뷰/UI 관련 (35건+)

| 날짜    | 오류 내용                      | 수정 사항                  |
|-------|----------------------------|------------------------|
| 02/11 | 역량 프로필 차트 배치 문제            | 레이더 차트+바 차트 좌우 배치      |
| 02/11 | 발문 서식 미표시                  | HTML 렌더링 지원 추가         |
| 02/11 | 선택지 편집 저장 안됨               | contenteditable 동기화 수정 |
| 02/10 | ERB case/when 컴파일 에러       | if/elsif 패턴으로 변경       |
| 02/10 | L1 초저학년 가독성                | 지문 패널 UI 개선            |
| 02/10 | 레이더 차트 미렌더링                | turbo:load 이벤트 바인딩     |
| 02/09 | 사이드바 활성 상태 불일치             | Turbo 호환 네비게이션 수정      |
| 02/07 | show_student_report 500 에러 | 존재하지 않는 연관관계 제거        |

#### 5.2.4 배포/인프라 관련 (15건)

| 날짜    | 오류 내용                           | 수정 사항                    |
|-------|---------------------------------|--------------------------|
| 02/11 | Railway 볼륨 권한 문제                | RAILWAY_RUN_UID=0 설정     |
| 02/11 | Active Storage 라우트 충돌           | catch-all 라우트 순서 조정      |
| 02/07 | Thruster 호환성 문제                 | Thruster 제거, Puma 직접 바인딩 |
| 02/07 | seed_data.rb 빌드 시 DB 연결         | initializer에서 제거         |
| 02/07 | docker-entrypoint db:prepare 실패 | db:migrate로 변경           |
| 02/06 | favicon 502 에러                  | 에셋 경로 수정                 |

### 5.2.5 비즈니스 로직 관련 (25건+)

| 날짜    | 오류 내용                | 수정 사항            |
|-------|----------------------|------------------|
| 02/11 | 서술형 문항 루브릭 없이 422 에러 | 루브릭 optional 처리  |
| 02/10 | 발문 제출 후 다음 단계 이동 불가  | 단계 전환 로직 수정      |
| 02/10 | 배포 완료 단계 상세 미표시      | 배포 상태 쿼리 수정      |
| 02/07 | MCQ 피드백 0개 표시        | AI 응답 키 정규화      |
| 02/07 | 피드백 생성 오류            | production 로깅 개선 |
| 01/30 | AI 종합 피드백 쿼리 버그      | 쿼리 로직 수정         |
| 01/30 | 학생 시도 없을 때 500 에러    | nil 체크 추가        |

## 5.3 에러 해결 패턴 정리

| 에러 유형                    | 근본 원인                 | 해결 패턴                |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| PG::UndefinedColumn      | 구/신 스키마 컬럼명 차이        | rails runner 컬럼 확인   |
| Can't join to 'alias'    | ActiveRecord alias 사용 | 실제 association 이름 사용 |
| PG::GroupingError        | .first의 ORDER BY      | .reorder(nil).pick() |
| AssociationNotFoundError | 미존재 관계 참조             | 모델 관계 재확인            |
| ActionView::SyntaxError  | ERB에서 case/when 사용    | if/elsif로 대체         |
| CookieOverflow           | 세션 데이터 과다             | flash 메시지 크기 제한      |
| Turbo 422 에러             | Turbo AJAX 인터셉트       | data-turbo="false"   |

## 6. 개발 일지

### 6.1 커밋 통계

| 카테고리                     | 커밋 수  | 비율    |
|--------------------------|-------|-------|
| 기능 추가 (feat/Feature/Add) | ~148건 | 33.0% |
| 오류 수정 (fix/Fix)          | ~159건 | 35.4% |
| 리팩토링 (refactor)          | ~18건  | 4.0%  |

|                       |              |             |
|-----------------------|--------------|-------------|
| UI/디자인 (style)        | ~14건         | 3.1%        |
| 인프라/배포 (deploy/chore) | ~32건         | 7.1%        |
| 문서화 (docs)            | ~12건         | 2.7%        |
| 성능 최적화 (Perf)         | ~8건          | 1.8%        |
| 디버그 (debug)           | ~8건          | 1.8%        |
| 기타                    | ~50건         | 11.1%       |
| <b>합계</b>             | <b>~449건</b> | <b>100%</b> |

## 6.2 일별 개발 활동

| 날짜       | 커밋 수 | 주요 작업                     |
|----------|------|---------------------------|
| 01/26    | 8    | 프로젝트 초기 설정, Railway 배포    |
| 01/27    | 3    | Admin SSR, 사이드바, Stimulus |
| 01/28    | 5    | 인증 시스템, 기능 개발             |
| 01/29    | 15   | 보고서 시스템, 학부모 포럼           |
| 01/30    | 58   | 피드백 시스템, 문항 관리 (최다 커밋)    |
| 01/31    | 18   | DB 재구조화, 모델 정리            |
| 02/02~03 | 45   | API, 성능 최적화, 대시보드         |
| 02/04    | 5    | 문항 응행 재설계                 |
| 02/05    | 17   | 개인정보 보호, Turbo 설정         |
| 02/06    | 16   | 학교 담당자, 하드코딩 제거           |
| 02/07    | 29   | Railway 배포, 종합 보고서        |
| 02/09    | 12   | 도서 관리, 디자인 시스템            |
| 02/10    | 46   | 발문 모듈 V1/V2 전체 구현         |
| 02/11    | 42   | 리치 텍스트, 독서력 진단, 서식 편집     |

## 6.3 주요 마일스톤

| 날짜    | 마일스톤          | 내용                            |
|-------|---------------|-------------------------------|
| 01/26 | 프로젝트 시작       | Rails 8.1 앱 생성, Railway 최초 배포 |
| 01/28 | 인증 완료         | DB 기반 사용자 인증 시스템              |
| 01/30 | 피드백 MVP       | AI 피드백 생성 + 문항 관리             |
| 02/03 | 전체 대시보드       | 6개 역할 대시보드 완성                 |
| 02/05 | 개인정보 보호       | 익명 ID 체계 구현                   |
| 02/07 | Production 배포 | Railway 안정 배포 + 종합 보고서        |
| 02/10 | 발문 모듈 완성      | 3단계 4수준 발문 학습 시스템             |

## 7. 추가 개발 필요 사항

### 7.1 미구현 기능

| 우선순위 | 기능             | 설명                     | 예상 공수 |
|------|----------------|------------------------|-------|
| 높음   | 테스트 코드         | 단위/통합/시스템 테스트 작성       | 2~3주  |
| 높음   | 비밀번호 찾기        | 이메일 기반 비밀번호 재설정        | 3일    |
| 높음   | 데이터 백업         | 자동 DB 백업 및 복원 체계       | 2일    |
| 중간   | 실시간 알림         | Action Cable 기반 알림 시스템 | 1주    |
| 중간   | Researcher D그룹 | 진단 결과 분석 대시보드 (현재 숨김)  | 2주    |
| 중간   | 학생 데이터 대시보드    | 교사용 학생 데이터 시각화         | 1주    |
| 중간   | 다국어 지원         | I18n 기반 영어/한국어 전환      | 1주    |
| 낮음   | 이메일 알림         | 피드백 배포/보고서 완료 알림       | 3일    |
| 낮음   | 데이터 내보내기       | 전체 데이터 CSV/Excel 다운로드  | 3일    |
| 낮음   | 접근 로그          | 사용자 접근 기록 및 분석         | 3일    |

### 7.2 개선 필요 사항

| 영역    | 현 상태                   | 개선 방향                        |
|-------|------------------------|------------------------------|
| 성능    | 기본 캐싱 적용               | Redis 캐싱, CDN 적용             |
| 보안    | 기본 인증/CSRF             | 2FA, IP 제한, Rate Limiting    |
| UI/UX | 디자인 토큰 30% 적용          | 나머지 70% CSS 변수화              |
| 접근성   | 기본 ARIA 적용             | WCAG 2.1 AA 완전 준수            |
| 모바일   | 반응형 기본 적용              | 모바일 전용 UX 최적화                |
| CI/CD | GitHub → Railway 자동 배포 | 테스트 자동화 파이프라인 추가             |
| 모니터링  | 기본 에러 로그               | APM 도구 (Datadog/NewRelic) 연동 |

### 7.3 기술 부채

- 하드코딩 색상:** CSS에 약 173개 하드코딩 색상값 잔존 (P2-P3 단계 필요)
- 디버그 코드:** 일부 console.log, debug: 커밋 잔존
- N+1 쿼리:** 일부 컨트롤러에서 eager loading 미적용
- 테스트 부재:** 자동화 테스트 미작성 (수동 테스트만 진행)
- API 문서화:** REST API 문서 (Swagger/OpenAPI) 미작성

## 8. 견적 및 비용 분석

### 8.1 프로젝트 규모 분석

| 항목 | 수치 | 복잡도 |
|----|----|-----|
|----|----|-----|

|            |                     |     |
|------------|---------------------|-----|
| 데이터베이스 테이블 | 70개                 | 대규모 |
| 비즈니스 모델    | 55개                 | 대규모 |
| 컨트롤러       | 54개                 | 대규모 |
| 서비스 클래스    | 29개                 | 중규모 |
| 뷰 템플릿      | 164개                | 대규모 |
| API 엔드포인트  | ~120개               | 대규모 |
| 외부 API 연동  | 2개 (OpenAI, AWS S3) | 중간  |
| 사용자 역할     | 7개                  | 복잡  |

## 8.2 기능점수(FP) 기반 견적

기능점수 산출

| FP 유형           | 항목 수              | 가중치 | 소계              |
|-----------------|-------------------|-----|-----------------|
| 외부 입력 (EI)      | 85개 (폼, 업로드, API) | 4.0 | 340             |
| 외부 출력 (EO)      | 45개 (보고서, 대시보드)   | 5.0 | 225             |
| 외부 조회 (EQ)      | 60개 (검색, 필터, 뷰)   | 3.9 | 234             |
| 내부 논리 파일 (ILF)  | 55개 (DB 모델)       | 7.5 | 412             |
| 외부 인터페이스 (EIF)  | 2개 (OpenAI, S3)   | 5.0 | 10              |
| <b>총 미조정 FP</b> |                   |     | <b>1,221 FP</b> |

### FP → 개발 비용 환산

- 한국 SW산업 평균: **1 FP ≈ 약 55만원** (2025 기준, 중규모 프로젝트)
- FP 기반 총 견적: 1,221 FP × 55만원 = 약 6,715만원**

## 8.3 상향식(Bottom-up) 견적

| 모듈                        | 난이도 | 예상 인/일 | 단가(만원) | 소계(만원) |
|---------------------------|-----|--------|--------|--------|
| <b>1. 인증/권한 시스템</b>       | 상   | 10     | 40     | 400    |
| - 7개 역할 기반 접근 제어          |     |        |        |        |
| - Session 인증, 프로필/비밀번호 변경 |     |        |        |        |
| <b>2. 개인정보 보호 시스템</b>     | 중   | 5      | 40     | 200    |
| - 익명 ID 체계, 학교별 시퀀스       |     |        |        |        |
| - 학생/학부모 일괄 생성 서비스        |     |        |        |        |
| <b>3. 읽기 지문 관리</b>        | 상   | 12     | 40     | 480    |
| - CRUD + PDF 업로드 + AI 파싱  |     |        |        |        |
| - 리치 텍스트 에디터, 이미지 업로드     |     |        |        |        |
| <b>4. 문항 관리 시스템</b>       | 상   | 15     | 40     | 600    |

|                         |    |    |    |       |
|-------------------------|----|----|----|-------|
| - MCQ + 서술형 + 루브릭       |    |    |    |       |
| - 선택지 서식 편집, 정답 설정      |    |    |    |       |
| <b>5. 진단지 관리</b>        | 중  | 8  | 40 | 320   |
| - 모듈 조합 진단지 생성          |    |    |    |       |
| - 드래그앤드롭 순서 변경          |    |    |    |       |
| <b>6. 학생 진단 시스템</b>     | 상  | 12 | 40 | 480   |
| - 시도, 응답 제출, 자동 채점      |    |    |    |       |
| - 결과 확인, 피드백 조회         |    |    |    |       |
| <b>7. AI 피드백 시스템</b>    | 최상 | 15 | 50 | 750   |
| - GPT-4o-mini 연동        |    |    |    |       |
| - MCQ/서술형 피드백, 프롬프트 최적화 |    |    |    |       |
| <b>8. 종합 보고서 시스템</b>    | 상  | 10 | 50 | 500   |
| - AI 7개 섹션 보고서 생성       |    |    |    |       |
| - 일괄 생성/배포, MD 렌더링      |    |    |    |       |
| <b>9. 발문 학습 모듈</b>      | 최상 | 20 | 50 | 1,000 |
| - 3단계 4수준 학습            |    |    |    |       |
| - AI 토론, 논증 글쓰기, 가이드 리딩 |    |    |    |       |
| - 역량 보고서, PDF/MD 다운로드   |    |    |    |       |
| <b>10. 독서력 진단지 관리</b>   | 중  | 5  | 40 | 200   |
| - 진단지 목록/검색/관리          |    |    |    |       |
| - 엑셀 일괄 업로드             |    |    |    |       |
| <b>11. 교사 대시보드</b>      | 상  | 10 | 40 | 400   |
| - 학생 현황, 피드백 배포         |    |    |    |       |
| - 발문 세션 관리, 상담          |    |    |    |       |
| <b>12. 학부모 대시보드</b>     | 중  | 5  | 40 | 200   |
| - 자녀 결과, 포럼, 상담         |    |    |    |       |
| <b>13. 학교관리자 대시보드</b>   | 중  | 5  | 40 | 200   |
| - 학교 통계, 배정 관리          |    |    |    |       |
| <b>14. 시스템 관리자</b>      | 중  | 5  | 40 | 200   |
| - 사용자/공지/에러 관리          |    |    |    |       |
| <b>15. 도서 관리</b>        | 하  | 3  | 30 | 90    |
| - Book CRUD, 필터링        |    |    |    |       |

|                       |   |                |    |                |
|-----------------------|---|----------------|----|----------------|
| <b>16. REST API</b>   | 상 | 8              | 40 | 320            |
| - 8개 API 컨트롤러         |   |                |    |                |
| - 인증, 에러처리, 페이지네이션    |   |                |    |                |
| <b>17. UI/UX 디자인</b>  | 상 | 12             | 40 | 480            |
| - 디자인 시스템, 반응형        |   |                |    |                |
| - 접근성, 레이더 차트(SVG)    |   |                |    |                |
| <b>18. 배포/인프라</b>     | 상 | 8              | 40 | 320            |
| - Docker, Railway, S3 |   |                |    |                |
| - CI/CD, 환경 설정        |   |                |    |                |
| <b>19. 프로젝트 관리</b>    | - | 10             | 30 | 300            |
| - 요구분석, 설계, 문서화       |   |                |    |                |
| <b>합계</b>             |   | <b>168 인/일</b> |    | <b>7,440만원</b> |

#### 8.4 인건비 산출 (SW기술자 노임단가 기준)

한국소프트웨어산업협회 2025년 기준 SW기술자 등급별 노임단가 적용:

| 등급             | 일 단가     | 월 단가        | 투입 기간 | 소계                 |
|----------------|----------|-------------|-------|--------------------|
| 고급기술자 (백엔드)    | 434,000원 | 8,680,000원  | 2개월   | 17,360,000원        |
| 고급기술자 (프론트엔드)  | 434,000원 | 8,680,000원  | 1.5개월 | 13,020,000원        |
| 고급기술자 (AI/ML)  | 500,000원 | 10,000,000원 | 1개월   | 10,000,000원        |
| 중급기술자 (DB/인프라) | 340,000원 | 6,800,000원  | 0.5개월 | 3,400,000원         |
| PM (프로젝트 관리)   | 500,000원 | 10,000,000원 | 0.5개월 | 5,000,000원         |
| <b>인건비 합계</b>  |          |             |       | <b>48,780,000원</b> |

#### 8.5 비용 요약

| 산출 방식             | 금액             |
|-------------------|----------------|
| 기능점수(FP) 기반       | <b>6,715만원</b> |
| 상향식(Bottom-up) 기반 | <b>7,440만원</b> |
| 인건비 기반            | <b>4,878만원</b> |

#### 최종 견적 (가중 평균)

| 구분    | 금액             | 비고                |
|-------|----------------|-------------------|
| 최소 견적 | <b>5,000만원</b> | 핵심 기능만, 최소 마진     |
| 표준 견적 | <b>6,500만원</b> | 전체 기능, 적정 마진 (추천) |
| 최대 견적 | <b>8,000만원</b> | 유지보수 포함, 충분한 마진   |

## 8.6 월간 운영 비용

| 항목                    | 월 비용                        | 비고           |
|-----------------------|-----------------------------|--------------|
| Railway Hosting (Pro) | ~\$20 (약 27,000원)           | Starter Plan |
| PostgreSQL (Railway)  | ~\$5 (약 6,800원)             | 포함           |
| OpenAI API            | \$30100 (약 40,000~135,000원) | 사용량 비례       |
| Railway Storage (S3)  | ~\$5 (약 6,800원)             | 이미지/파일       |
| 도메인/SSL               | ~\$1 (약 1,400원)             | Railway 포함   |
| 월 운영비 합계              | 약 82,000 ~ 177,000원         |              |
| 연간 운영비                | 약 98만원 ~ 212만원              |              |

## 8.7 유지보수 비용 (선택)

| 항목        | 월 비용    | 내용                  |
|-----------|---------|---------------------|
| 기본 유지보수   | 100만원/월 | 버그 수정, 소규모 변경       |
| 표준 유지보수   | 200만원/월 | + 기능 개선, 성능 최적화     |
| 프리미엄 유지보수 | 350만원/월 | + 신규 기능 개발, 24시간 대응 |

# 9. 운영 가이드

## 9.1 배포 환경

| 항목    | 값   |
|-------|---|
| 플랫폼   | Railway   |
| 프로젝트명 | enchanting-rebirth  |
| 서비스명  | ReadingPRO  |
| URL   | <a href="https://readingpro-production.up.railway.app">https://readingpro-production.up.railway.app</a> |
| 배포 방식 | GitHub push → 자동 배포   |

## 9.2 환경 변수

DATABASE\_URL - PostgreSQL 연결 (자동 설정)  
SECRET\_KEY\_BASE - Rails 시크릿 키  
RAILS\_ENV=production  
RAILS\_SERVE\_STATIC\_FILES=1  
RAILS\_LOG\_TO\_STDOUT=1  
OPENAI\_API\_KEY - OpenAI API 키

주의: RAILS\_MASTER\_KEY는 설정하지 말 것!

## 9.3 배포 명령어

```
# 코드 변경 배포 (GitHub push 또는)
railway up --detach

# 단순 재시작
railway redeploy --yes
```

## 9.4 테스트 계정

| 역할   | 이메일  | 비밀번호                |
|------|--|---------------------|
| 관리자  | <a href="mailto:admin@ReadingPro.com">admin@ReadingPro.com</a>                           | ReadingPro\$12#     |
| 연구자  | <a href="mailto:researcher@ReadingPro.com">researcher@ReadingPro.com</a>                 | ReadingPro\$12#     |
| 진단교사 | <a href="mailto:teacher_diagnostic@ReadingPro.com">teacher_diagnostic@ReadingPro.com</a> | ReadingPro\$12#     |
| 학생   | <a href="mailto:shinmyung_s-0001@shinmyung.edu">shinmyung_s-0001@shinmyung.edu</a>       | shinmyung.edu_\$12# |
| 학부모  | <a href="mailto:shinmyung_p-0001@shinmyung.edu">shinmyung_p-0001@shinmyung.edu</a>       | shinmyung.edu_\$12# |

## 10. 부록

### 10.1 상세 문서 목록

| 문서             | 위치  |
|----------------|---|
| 스키마 마이그레이션 가이드 | docs/raw_data/development_history/SCHEMA_MIGRATION_2026_02_04.md  |
| 로그인 시스템 이슈     | docs/raw_data/development_history/LOGIN_ISSUES_HISTORY_2026_02.md |
| 개발 히스토리        | docs/raw_data/development_history/                                |
| API 문서         | app/controllers/api/v1/ (코드 내 문서)                                 |

### 10.2 Gem 의존성 목록

| Gem            | 용도             |
|----------------|----------------|
| rails 8.1.2    | 웹 프레임워크        |
| pg             | PostgreSQL 어댑터 |
| puma           | 웹 서버           |
| turbo-rails    | SPA-like UX    |
| stimulus-rails | JS 프레임워크       |
| bcrypt         | 비밀번호 해싱        |
| ruby-openai    | OpenAI API     |
| aws-sdk-s3     | S3 스토리지        |
| kaminari       | 페이지네이션         |
| paper_trail    | 감사 추적          |
| pdf-reader     | PDF 파싱         |

|                  |        |
|------------------|--------|
| caxlsx           | 엑셀 생성  |
| roo              | 엑셀 읽기  |
| csv              | CSV 처리 |
| image_processing | 이미지 변환 |

### 10.3 데이터베이스 테이블 전체 목록 (70개)

▶ 테이블 목록 펼치기

---

### 서명

| 구분     | 서명                  |
|--------|---------------------|
| 개발자    | SkillupDoma         |
| 보고서 작성 | Claude AI Assistant |
| 작성일    | 2026년 2월 11일        |

---

본 보고서는 *ReadingPRO* 시스템의 개발 과정, 기능 구현, 오류 수정, 검적을 종합적으로 기술한 납품 문서입니다.